

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur

& de la Recherche Scientifique

Université de Blida: SAAD DAHLEB

Faculté d'Aéronautique

## Projet de Fin d'Etude

En vue de l'obtention du Diplôme  
de Technicien Supérieur  
Option: Structure

# Etude descriptive-Structurale de l'hélicoptère

Type Ми-4А

Réalisées par :

❖ M<sup>elle</sup> TAIEB ALLAH Fatiha

❖ M<sup>elle</sup> BELLEMOU Dalila

Dirigé par :

M. KIRAD Abdelkader



Promotion 2003





# Remerciements

- *Avant tout, nous remercions dieu tout puissant qui nous a donné force de parvenir à donner fin à notre modeste travail et éclairé notre chemin jusqu'au bout.*
- *Merci à notre promoteur Mr. KIRAD ABDELKADER pour son aide précieuse et ses encouragements.*
- *Nous tenons à exprimer notre extrême gratitude à l'égard des enseignants de l'institut d'aéronautique de Blida pour leur encadrement durant nos trois années d'étude.*
- *En fin, nous remercions à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'accomplissement de ce modeste travail. (NABIL)*

**FATIHA et DALILA**

## Sommaire :

Résumé	1
Introduction	2
Historique	
<b>Chapitre I : généralités sur les hélicoptères</b>	
I-1- introduction	4
I-2 -les giravions	4
I-2-1- l'autogire	4
I-2-2- le combine	5
I-2-3- le convertible	6
I-2-4- l'hélicoptère	7
I-3- les composants de l'hélicoptère	8
I-3-1- La cellule	8
I-3-2 -Le moteur	8
I-3-3 -La boîte de transmission principale	9
I-3-4 -Le moyeu et les pales	9
I-3-5 -L'arbre d transmission arrière	9
I-3-6 -Le train d'atterrissage	9
I-4 principe de fonctionnement	9
I-4-1- Fonctionnement du rotor de l'hélicoptère	10
I-4-2- Le vol stationnaire	11
I-4-3- Vol en translation	12
I-5 utilisation	13
I-5-1 l'intérêt de l'hélicoptère dans les différents domaines	13
I-5-2 missions de l'hélicoptère	13
a) -Missions militaires et navales	14
b) -Transport de passagers	14
c) - agriculture	15
d) -Missions civiles diverses	15
e) Travail aérien	16
<b>Chapitre II : description générale de l'hélicoptère</b>	
II-1- introduction	17
II-2- description de l'hélicoptère type MI-4A	17
II-2-1-les fuselages	17
a- but et généralités	17
b- qualité d'un fuselage	17
II-2-2-la poutre de queue	19
II-2-3-les atterrisseurs des hélicoptères	19
II-4--aile et empennages	21
II-3-le rotor principal	23
II-3-1-le rotor	23

II-3-2-les trois axes d'articulations du rotor	24
a- L'axe de variation de pas	24
b- L'axe d'articulation de traînée	24
c- L'axe de battement horizontale	24
II-3-3-types des rotors	26
a- rotor rigides	26
b- rotor a pales articulées	27
II-3-4-les pales	27
a-technologie d'une pale	27
b-les éléments constitutifs de la pale	28
c-les différentes formes des pales	30
II-3-5-le moyeu	31
II-3-6-mat rotor	32
II-4- rotor arrière	33
II-5- plateau cyclique	35
II-6- commandes des rotors	36
II-6-1- rôle des commandes	36
II-6-2- mode d'action des commandes	36
a- action du levier de pas collectif	37
b- action du manche cyclique	38
b-1- Déplacement longitudinal du manche	38
b-2- Déplacement du manche(a droite ou a gauche)	38
II-7-les moteurs	39
II-7-1-les différents groupes de moteurs	40
a-moteur a piston	40
b-turbomoteur	40
b-1-les turbomoteurs a roues solidaires	40
b-2-les turbomoteurs a roues de travail	40
II-7-2-les instruments de bord	41
<b>Chapitre III: Principes dans la construction</b>	
III-2 construction de l'hélicoptère centrale du fuselage .type MI-4A	42
III-2-1: fuselage	42
a- partie centrale du fuselage	42
A-1- partie centrale du fuselage de l'hélicoptère en version cargo et sanitaire	42
a-1-1- les couples	43
a-1-2- longerons et lisses	45
a-1-3- plancher de la soute	45
a-1-4- plancher de poste de pilotage	45

a-1-5- revêtement de la partie principale du fuselage	46
a-1-6- panneaux d'accès de la partie principale du fuselage	46
a-1-7- Ferrure de fixation du bâti de la boîte de transmission	46
- Ferrure supérieur de fixation du bâti – moteur	46
- Ferrure inférieur de fixation du bâti moteur	46
a-1-8- verrière du poste de pilotage	47
a-1-9- trappe de la soute	49
a-1-10 nacelle	49
a-2- fuselage de l'hélicoptère en version de sauvetage	50
a- 3- partie principale du fuselage de l'hélicoptère en version passager	50
a-3-1- partie arrière du fuselage de l'hélicoptère en version passager	52
a-3-2- capot de la boîte de transmission principale de l'hélicoptère en version passager	52
a-3-3- cabine de passagers	52
b- poutre de queue	54
c- poutre porte rotor anti couple	55
d- stabilisateur	57
- équipement auxiliaire	58
- poste de pilotage	58
- la soute	59
- Equipement de transport du personnel	60
- équipement manutention	61
- Equipement sanitaire	61
III-2-2- rotor sustentateur	62
- généralité	62
- Caractéristique du rotor sustentateur	62
a- pale de rotor sustentateur	62
b- Tête de rotor sustentateur.	64

III-3-2- rotor anti- couple.	65
a- rotor anti-couple B-5 31 -X3.	65
a-1- généralité	65
- caractéristiques du rotor anti-couple B- 531-x 3.	66
- construction du rotor anticouple B- 531-x 3.	66
b- rotor anticouple B- 531-x2	68
- caractéristique stiques	68
- construction du rotor anticouple B- 531-x 2	68
Conclusion	
Bibliographie	

# Résumé

## Résumé:

Le but de notre étude était de voir la technologie de construction de l'hélicoptère type (Mi-4A) de fabrication Russe et de rencontrer les différents composants de sa structure. Nous avons concentré nos efforts sur l'étude descriptive de la coque, car elle représente la partie importante de l'ensemble hélicoptère, nous a permis notamment de traiter les différentes versions de ce type d'hélicoptère tel que la version utilisée dans les opérations de sauvetage, version sanitaire, version de transport voyageurs.

## المخلص

كان الهدف من هذه الدراسة التعرف إلى تكنولوجيا بناء الطائرة المروحية نوع (Mi-4A) الروسية الصنع، والتطرق إلى مكونات مختلف أجزائها ولقد ركزنا جهودنا على الدراسة الوصفية للهيكل باعتباره الجزء الأهم في جسم المروحية، كما أمكنتنا هذه الدراسة من الإطلاع على أنواعها المتعددة والمستعملة في عمليات الإنقاذ، وعمليات الإسعاف ورحلات نقل المسافرين.

## Summary:

The goal of our study was to see the technology of construction of the standard helicopter (Mi-4A) of Russian manufacture and to meet the various components of its structure. We concentrated our efforts on the descriptive study of the hull, because it represents the significant part of the helicopter unit, in particular enabled us to treat the various versions of this type of helicopter such as the version used in the rescue operations, medical version, version of travelers transport.



# Introduction

## ***Introduction:***

La principale qualité de l'hélicoptère est le pouvoir de se maintenir immobile dans l'air, dans ce but les voies de recherche ont été nombreuses et les efforts continus.

De nos jours seul l'hélicoptère, aéronef à voilure tournante s'est imposé le stade de l'utilisation pratique, c'est la raison pour la quelle on va étudier cet appareil volant et on essayera d'éclaircir en particulier la construction de l'hélicoptère type  $M_{H-4A}$  en expliquant le rôle des éléments essentiels qui le constitue suivant le plan de travail qu'il comporte trois (03) chapitres.

Chapitre 01: Le chapitre traite une généralité sur l'hélicoptère.

Chapitre 02: Le chapitre traite une description générale sur l'hélicoptère.

Chapitre 03: Le chapitre traite la construction de l'hélicoptère type ( $M_{H-4A}$ ).



## HISTORIQUE

### ▪ **Historique D'évolution des Aéronefs à voilure tournante :**

Il est impossible d'établir quand a germé dans l'esprit de l'homme le désir de voler, le rêve de se mouvoir dans l'air à l'imitation des oiseaux. Cela a du se passer dans la nuit des temps.

Dans l'antiquité, la faculté de voler représentait indiscutablement un signe de puissance d'essence naturelle, parce que, même après que l'homme se fut considéré comme le maître de son élément naturel la terre, et qu'il eut réussi à affronter les eaux, le ciel au dessus de sa tête lui demeurera hors d'atteinte.

Des siècles durant, voler resta un rêve irréalisable.

En suite certains commencèrent à oser. Ils pensèrent qu'un homme muni d'une paire d'ailes attachées à son corps devait suffire à le soutenir, s'il se lançait du haut d'une tour.

C'est le cas de ( GIOVANI DAMIANI ) aux alentours de l'an 1500, et après une tentative échappée resta estropié toute sa vie.

En fait, c'est LEONARD DEVINCI , né en 1452, près de FLORENCE, qui pose pour la première fois le problème sur des bases scientifiques. Il dessina une machine à ailes tournantes, et l'appela ( Hélix pteron ) ( aile spirale – en grec ), ce nom est l'an cêtre du mot ( Hélicoptère ) utilisé aujourd'hui , ses études montre qu'il avait résolu le problème de calcul de la surface de sustentation et qu'il connaissait de nombreuses règles fondamentales de physique et d'aérodynamique .

Il est vraisemblable qu'à un certain moment, de VINCI se soit rendu compte que l'énergie musculaire du corps ne pouvait suffise à mouvoir cette machine. Trois siècles après des dizaines, d'hommes ne purent jamais aller plus loin que la rédaction de projets fantaisistes et irréalisables, le problème de la puissance nécessaire pour soulever ces appareils reste posé.



L'avènement du moteur à essence vers 1900 résolut ce problème, et de vrais hélicoptères parviennent – de justesse – à décoller. Ces premières machines à voilure tournante étaient instable, et les pilotes d'essai n'aimaient pas s'y risquer, sauf pour des essais à l'entrave, le problème de maintenir en l'air une telle machine sans basculer s'est révélé très difficile à résoudre.

.Bien que les deux premiers hélicoptères aient volé quatre ans à peine après le premier vol propulsé des frères WRIGHT, la technique propre aux voilures tournantes n'a été que très difficilement maîtrisée. C'est ainsi que les études théoriques se développent sous l'impulsion du colonel «RENARD» et en 1907. « PAUL CORNU » décolle à bord d'un appareil de sa conception. La même année, « LOUIS BREGUET » réalise la même performance.

Les appareils et les vols se multiplient mais il faut attendre les travaux de l'ingénieur espagnol « Juan de la CIERVA » sur les autogires (machines proches de l'hélicoptère ). Pour que l'hélicoptère puisse se développer la « CIERVA » met au point entre 1930 et 1940 le (MOYEU ARTICULE) qui permet à un aéronef muni d'un rotor le vol d'avancement. Dès lors, ces progrès fut lent jusqu'en 1936, malgré la persévérance des chercheurs, (PETROZY ET VON KAR MAN) en Autriche, berliner et bothezat aux Etats-Unis, l'espagnol fescara) en France, D'axanico en Italie, QEMICHEN en France , FLORINE en Belgique et bien d'autres .

Cependant, dès 1923, l'autogire, de conception mécanique plus simple, fut développé par l'autogire, de conception mécanique plus simple, fut développé par l'Espagnol ( JUAN DE LA CIERVA ) qui apporta des solutions très élégantes et fécondes au dessin des rotors.

La technique de l'hélicoptère s'affirma ensuite avec les appareils de (BREGUET ET DORAND), ( France, 1936 de FOCKE ), ( Allemagne, 1938) et de SIKORSKY (ETATS-UNIS, 1936) .

L'hélicoptère put enfin dans les années 50 donner toute sa mesure grâce au turbomoteur, léger, puissant, fissile à monter.

# Chapitre I

## Généralité sur les hélicoptères



## 1-1. INTRODUCTION :

Dans ce chapitre on va présenter L'hélicoptère d'une façon générale, historique, son principe de fonctionnement, ses composants et les missions .

## 1-2- LES GIRAVIONS :

La sustentation des appareils volants est assurée par le moyen de surface profilée appelé voilure.

- Pour l'avion la voilure étant : l'aile et l'empennage.
- Pour les giravions c'est le rotor qui est aussi appelé voilure tournante.

On désigne par ce nom tout aérodyne dans la sustentation est assurée totalement ou partiellement par une ou plusieurs hélices d'axe vertical, de grand diamètre.

Dans la famille giravion il existe quatre types :

- .. l'autogire
- le combiné
- le convertible.
- l'hélicoptère.

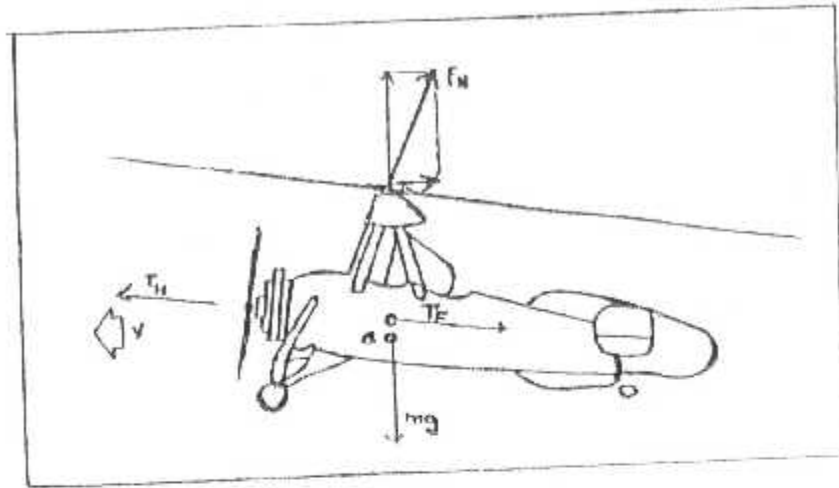
### 1-2-1- L'AUTOGIRE :(voir figure 1-1)

C'est un appareil dont le rotor ne reçoit pas de puissance et n'assure que la sustentation. Il tourne en auto-rotation sous l'effet de la vitesse de translation.

La propulsion est assurée par un turbo-propulseur au une hélice d'axe horizontale entraînée par un moteur classique.

3. Cette machine ne peut donc pas faire de vol immobile, mais seulement monter ou descendre sous des pentes très élevées : c'est un avion à grand

écart de vitesse qui ignore la perte de vitesse et peut utiliser des terrains très courts.



**Figure I-1** : L'autogire

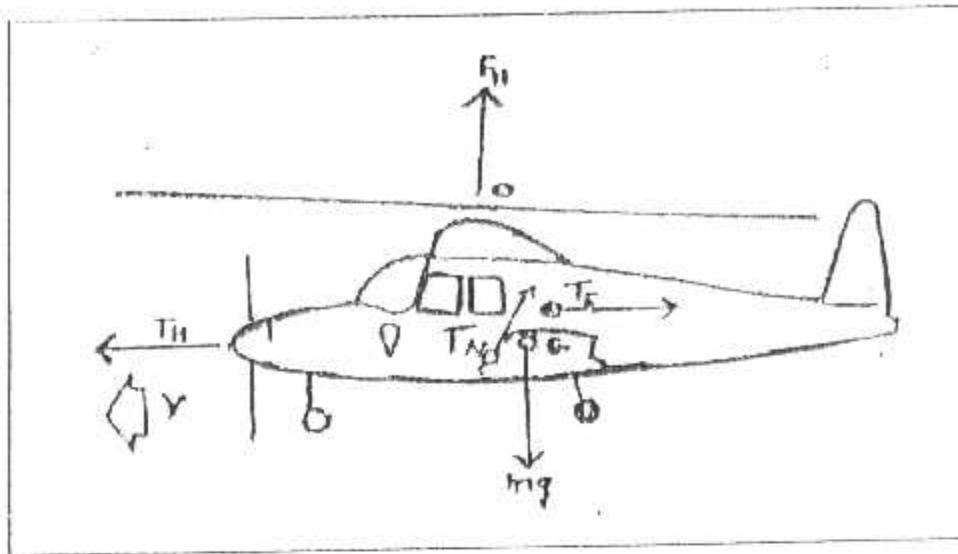
Dans le schéma de la figure 1 :

- $T_h$  : la traction de l'hélice.
- $M_g$  : le poids de la machine.
- $F_n$  : la portance rotorique.
- $T_f$  : la traînée de l'appareil.

**1-2-2- LE COMBINÉ :** (voir figure I-2)

Comme son nom l'indique, il s'agit là de la combinaison de la formule hélicoptère et de la formule avion, son rotor peut, suivant la phase de vol envisagée recevoir ou ne pas recevoir de la puissance mécanique.

Le combiné peut donc, comme un hélicoptère, décoller et atterrir verticalement et faire du vol immobile. En translation, le combiné vole comme un autogire : son rotor, animé d'un mouvement d'auto rotation grâce à la vitesse de translation, assure une partie de la portance, l'autre partie de la portance étant assurée par une aile auxiliaire, une hélice traduite d'axe horizontal ou un turboréacteur crée l'effort horizontal nécessaire au mouvement de translation.



*Figure ( 1-2) : le combiné*

$F_h$  : la portance de l'aile auxiliaire

**1-2-3- LE CONVERTIBLE ( voir figure 1-3 et 1-4):**

Cette désignation est employée pour tous les giravions qui changent de configuration géométrique au cours du vol, de décollage et atterrissage en configuration hélicoptère, vol en croisière en configuration avion, les rotors sont basculés de  $90^\circ$  pour servir l'hélicoptère. Ceci est le cas du convertible à rotors basculants. (Pour mémoire, on rappelle que l'on peut concevoir des convertibles à rotors stopables, qui arrêtés dans certaines configurations servent d'aile en vol de translation rapide et des convertibles à rotors repliables, la propulsion étant assurée par un organe auxiliaire.



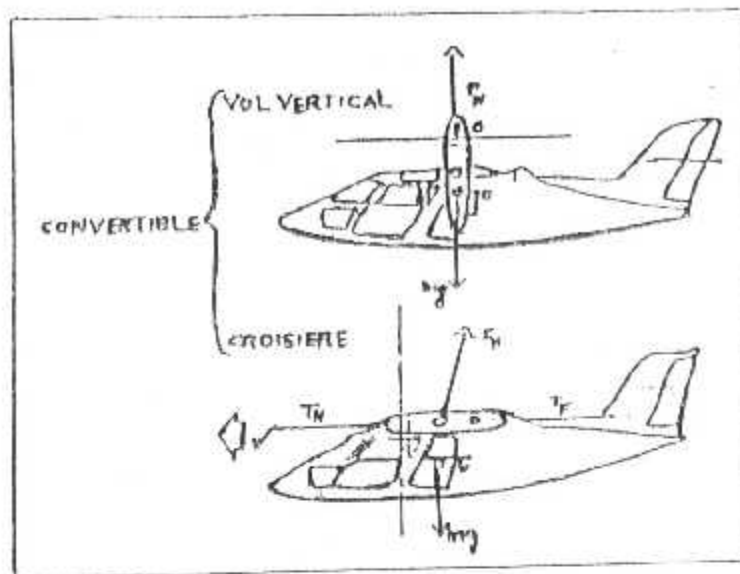


Figure 1-3 : Le convertible

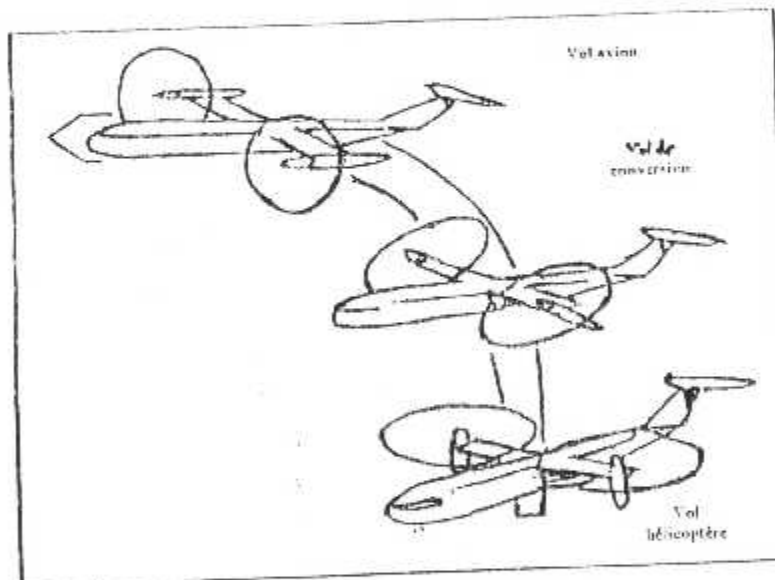


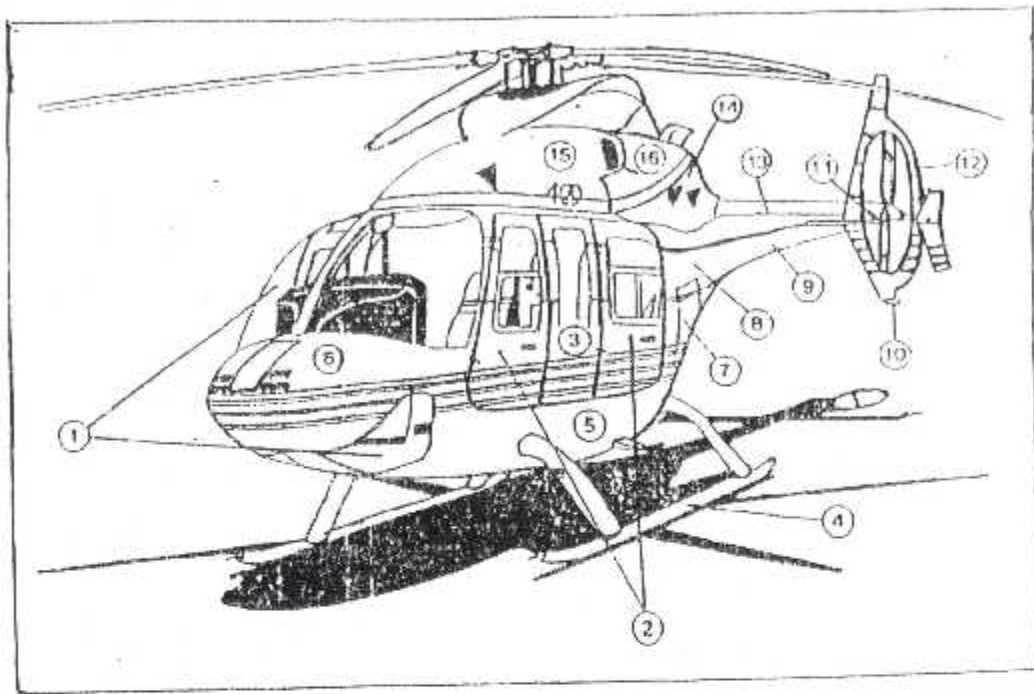
Figure 1-4 : Le vol d'un convertible

**1-2-4- L'HELICOPTERE : ( Voir figure 1-5)**

Hélicoptère, véhicule de locomotion aérienne (aéronef) plus lourd que l'air, dont la portance n'est pas assurée par des ailes fixes comme celles des avions classiques, mais par un ou plusieurs rotors motorisés, mis en rotation autour d'un arbre vertical au-dessus du fuselage.



Les Hélicoptères peuvent s'élever ou descendre à la verticale, rester stationnaires, et évoluer vers l'avant, vers l'arrière, ou latéralement.



*Figure 1-5 : L'hélicoptère*

### 1-3- LES COMPOSANTS DE L'HELICOPTERE :

Pour se familiariser avec l'hélicoptère, ses problèmes et ses possibilités, on peut examiner les éléments constitutifs de l'appareil léger.

#### 1-3-1- LA CELLULE :

Elle est extrêmement légère avec habitacle transparent indispensable pour une bonne visibilité vers le bas.

#### 1-3-2- LE MOTEUR :

De nos jours, c'est le plus souvent un turbomoteur à grand régime de rotation et en rapport avec la puissance à la masse élevée.



Pour un appareil d'une masse de 2000 kg la puissance est voisine de 500 ch ( 368 k w ) .

**1-3-3- LA BOITE DE TRANSMISSION PRINCIPALE :**

Il s'agit d'un réducteur qui permet de passer du régime moteur (élevé) au régime rotor ; situé entre 300 et 400 tours par minutes et qui, par conséquent, doit transmettre des couples très grandes tout en restant léger .

**1-3-4- LE MOYEU ET LES PALES :**

Le moyeu est complexe à cause des trois articulations et des commandes de pas (général et cycliques).

**1-3-5- L'ARBRE DE TRANSMISSION ARRIERE :**

Il s'agit d'un rotor simplifié avec commande de pas générale seulement pour faire varier sa poussée.

**1-3-6- LE TRAIN D'ATTERRISSAGE :**

Il peut être constitué de patin ou de roues.

**1-4- PRINCIPE DE FONCTIONEMENTS :**

Sur l'hélicoptère, le rotor assure à la fois la sustentation et la propulsion, pour cela il dispose plusieurs articulations, celle de traînée, de battement, et de pas, on distingue alors deux types de vol : le vol stationnaire, et le vol en translation.



#### 1-4-1- FONCTIONNEMENT D'UN ROTOR D'HELICOPTERE : (Voir figure 1-6)

La principale qualité de l'hélicoptère est de pouvoir se maintenir immobile dans l'air, cette propriété, il la doit à l'hélice de grand diamètre qu'il comporte et que l'on nome (rotor principal).

Le rotor est constitué de (pales) (leur nombre varie selon les appareils ) et d'un moyeu dont la conception est une particularité de l'hélicoptère.

Il est en effet nécessaire de lier les pales au moyeu par des articulations, il s'ensuit une complication mécanique qui est l'une des premières caractéristiques de l'hélicoptère.

Dans la plupart des appareils en service actuellement, les pales qui constituent la voilure tournante, son articuler selon trois axes, battement, traînée et pas.

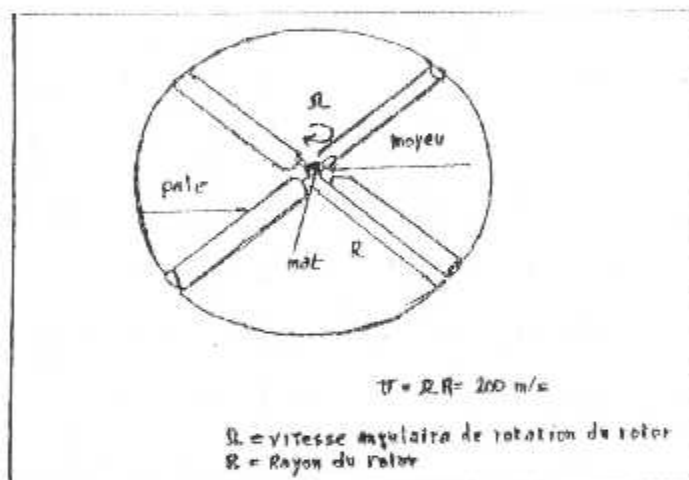


Figure 1-6 : Rotor Principal

A priori, on pourrait penser que les efforts aérodynamiques de portance risquent de replier le rotor comme un parapluie, en fait ; une simple évolution de la force d'inertie centrifuge montre qu'elle est largement prépondérante et tend la pale à la manière d'un système de haubans.

( la force centrifuge vent vingt a trente fois l'effort de portance ).



#### 1-4-2- LE VOL STATIONNAIRE :

Pour compenser le couple du rotor principal, on dispose d'un petit rotor que l'on nomme rotor ante-couple, dont le plan de rotation est perpendiculaire à celui de rotor principal.

La poussée  $F_A$  fournie par ce petit rotor doit vérifier la relation :

$$C = l.F_A$$

$l$  : distance des axes des deux rotors.

$C$  : Moment du couple moteur de rotor principal.

On montre que la puissance nécessaire en vol stationnaire pour sustenter un poids  $f_n$  est :

$$P = \frac{l}{f} \cdot \frac{(f_n)^{3/2}}{\sqrt{2} \cdot \rho \cdot S}$$

En Expriment :

- La puissance  $P$  en watts.
- Le poids sustente  $f_n$  en Newtons.
- La surface volumique  $\rho$  de l'air en Kg.
- Le coefficient  $f$  est appelé « qualité sustentation » du rotor en « Chiffre de mérite ».

Cette relation montre que l'on a l'intérêt à donner un diamètre aussi grand que possible au rotor et justifie les configurations adaptées par les constructeurs.

On conçoit donc aisément qu'il soit possible d'assurer la sustentation d'un appareil à l'aide d'un rotor, on peut même penser que l'appareil se trouvera en conditions particulièrement satisfaisantes d'équilibre stable, du fait que le centre de traction est situé au-dessus du centre de gravité.

7.



Il reste néanmoins à lui trouver un moyen de pilotage pour permettre les manœuvres et contrer les effets du vent et de turbulence atmosphériques.

C'est là, qu'apparaît la nécessité de disposer d'un moyen articuler, l'articulation de pas permet de commander celui – ci aux cours d'un tour de rotor.

On augmente le pas lorsque la pale est en (2), on le démunie lorsqu'elle se trouve en (4). Cette variation de pas est une modification d'incidence pour l'aile que constitue la pale et il lui correspond une augmentation de portance en (2) et une diminution en (4).

Les pales étant articulées en battement et les effets se composant avec la force d'inertie centrifuge, tout se passe comme si le disque que constitue le rotor avait été incliné d'un angle  $\alpha$  par rapport à la situation (primitive), (la variation cyclique du pas) aboutit à la création en plus de la force de sustentation d'une force de propulsion, situé vers l'avant.

On pourra alors tirer une partie de cette nouvelle force pour contrer la turbulence ou amorcer un mouvement de translation vers l'avant.

La command qui permet d'obtenir cet effet porte le nom de : (commande de variation cyclique de pas )

#### **I-4-3- VOL DE TRANSLATION :**

Il est possible d'utiliser l'effet de variation cyclique du pas obtenir une composante de traction du rotor principal.

L'appareil va se trouver alors légèrement incliné vers l'avant en analysant le champ de vitesses auquel se trouvent soumises les pales, du rotor on voit que chaque section de pale est soumise à deux composantes de vitesse. La première résulte du mouvement de rotation du rotor est fonction du rayon auquel se trouve la section de pale, elle est égale à  $(W_r)$  si  $W_c$  est la



vitesse de rotation par seconde et si  $r$  est le rayon de la section considérée en mètres.

La seconde a pour origine le mouvement de translation de vitesse  $V$ .

Dans le cas où les pales sont articulées sur le moyeu selon l'axe de battement, la pale qui monte le plus s'élève, celle qui monte le moins s'abaisse et ces deux mouvements sont stables car la montée et la descente des pales au cours de leur révolution jouent comme des variations d'incidence.

Pour l'instant, il semble donc que le domaine de vitesse de l'hélicoptère se situe au-dessous de 400 km/h .

Du point de vue du pilotage, l'hélicoptère possède en translation beaucoup de caractères communs avec l'avion. Un manche à balai commande le pas cyclique qui assure, comme on l'a vu précédemment, le contrôle en roulis et tangage de l'appareil. Le contrôle en lacet est fourni par deux pédales comme sur avion, mais ici les pédales font varier la poussée du rotor anti-couple.

La seule commande originale est le levier de pas générale qui permet de faire varier la poussée du rotor principale (force de sustentation )

### **1-5- UTILISATION :**

#### **1-5-1- L'INTERET DE L'HELICOPTERE DANS LES DIFFERENTS DOMAINES :**

Grâce à ces caractéristiques particulières (vol stationnaire, décollage à partir de surfaces réduites...).

l'hélicoptère est une machine polyvalente qui permet de réaliser plusieurs tâches différentes.

#### **1-5-2- MISSIONS DE L'HELICOPTERE :**

L'hélicoptère s'impose pour toutes les missions correspondant à des manœuvres verticales et à des vols stationnaires, par contre il ne fait jamais



songer à utiliser un tel appareil dès qu'une translation à plus de 350 km/h est nécessaire.

**a- MISSIONS MILITAIRES ET NAVALES :**

Les sauvetages (mer, terre, montagne) sont toujours très spectaculaires et se traduisent par un rendement inestimable. Du fait que des vies humaines peuvent être sauvées.

Un appareil spécialement équipé pour cette mission possède un treuil avec un câble long d'une trentaine de mètres, la vitesse de remontée est généralement voisine de 0.5 à 1m/s.

Les parachutages et transports de troupes revêtent une importance particulière, du fait que ce genre de mission est possible dans les deux sens, c'est -à -dire que l'hélicoptère peut amener du personnel mais aussi l'emporter.

Parmi les missions d'observation, il y a lieu de signaler le réglage des tirs d'artillerie, le repérage des sous-marins, les liaisons rapides entre unités éloignées.

Les porte - avions modernes sont équipés d'hélicoptère, et le repliage éventuel des pales constitue toujours un avantage certain, ne serait- ce qu'en réduisant l'emplacement de stockage et en favorisant le transport des appareils jusqu'à l'aire d'en vol.

**b- TRANSPORT DE PASSAGERS :**

Les hélicoptères servent au transport de passagers (par exemple : entre aéroport et centre ville) et aux liaisons entre îles démunies de piste. Mais étant chers et d'exploitation coûteuse, ils n'ont guère pu concurrencer d'autres modes de transport de passagers, on les emploie surtout dans des applications spéciales où aucune autre machine ne conviendrait, comme en





maintes opérations de sauvetages: sauver des marins d'un naufrage, dégager des habitants de régions dévastées par des séismes ou des inondations ...

En définitive, l'hélicoptère se déplace moins vite que l'avion, mais le gain de temps réside dans la suppression des temps morts au départ et à l'arrivée, quant à son extension, elle est à envisager dans tous les pays ne disposant pas d'aéroports. Il est en effet aisé d'aménager un héliport, sorte d'aire de petites dimensions équipées de dégagements pour le parking des appareils et des voitures particulières, ainsi que d'ateliers d'entretien.

c- AGRICULTURE :

Il n'est pas de moins sans que l'on nous parle des résultats obtenus en protégeant les récoltes grâce au saupoudrage de produits insecticides ou acaricides au ras du sol. La pulvérisation par avion se fait à une attitude d'au moins une centaine de mètres, sauf toute fois au – dessus des plaines de grandes étendus ;

Le produit risque alors d'être disséminés par le vent. En utilisant un hélicoptère, le saupoudrage s'effectue réellement au ras du sol, et un autre le souffle du rotor permet de plaquer vers le bas le produit de traitement, et même de la faire rebondir vers le haut, ce qui le laisse se déposer sur le dessus et sur le dessous des feuilles et branches, grâce à l'hélicoptère, une telle opération présente un intérêt incontestable.

d-MISSIONS CIVILES DIVERSES :

Ces missions sont si variées, que seules quelques – unes peuvent être citées. D'ailleurs prises un peu au hasard :

- Edification d'ouvrage d'art : transport de matériaux dans des régions d'accès peu aisé.
- surveillance régulière des grands travaux, ne serait ce qu'en permettant l'exécution de photos aériennes variées qui dépouillées ultérieurement,



permettent, par comparaison, de contrôler l'état d'avancement sans le moindre équivoque.

- relevés topographiques à grande échelle et, d'une façon général, tous travaux de prospection géologique (éventuellement avec appareils détecteurs).
- Missions éventuelles de tourisme et de petit transport.
- Missions sanitaires ( ambulance , transport des blessés )
- Surveillance des régions côtières ou des encombrements routiers.
- sauvetage en montagne ou dans des régions inaccessibles.
- Transport rapide de skieurs dans des où n'existe aucune installation à terre.
- Remplacement des installations portuaires dans des régions qui en sont dépourvues, cette mission est relativement peu développée à l'heure actuelle car l'appareil lourd spécialement conçu pour ce genre de mission n'existe pas encore au stade d'exploitation.

e-TRAVAIL AERIEN :

Le travail aérien, sous ces multiples aspects, est un domaine où l'hélicoptère s'est imposé car il est le plus souvent irremplaçable.

L'hélicoptère permet de déposer des charges en montagne, au sommet des tours en construction et certains appareils ont été conçus pour jouer le rôle de grue volante. Dans le domaine de la recherche pétrolière, qu'il s'agisse d'assurer la relève ou le ravitaillement des équipes de forages, la liaison par hélicoptère entre la base à terre et la plate-forme en mer est pratiquement constante.

# Chapitre II

## Déscription Générale de l'hélicoptère



II-1- INTRODUCTION :

Pour mieux comprendre la construction de l'hélicoptère, on a jugé utile de faire d'abord une description élémentaire de l'appareil.

II-2- DESCRIPTION GENERALE DE L'HELICOPTERE

II-2-1- LES FUSELAGES :

A- BUT ET GENERALITES :

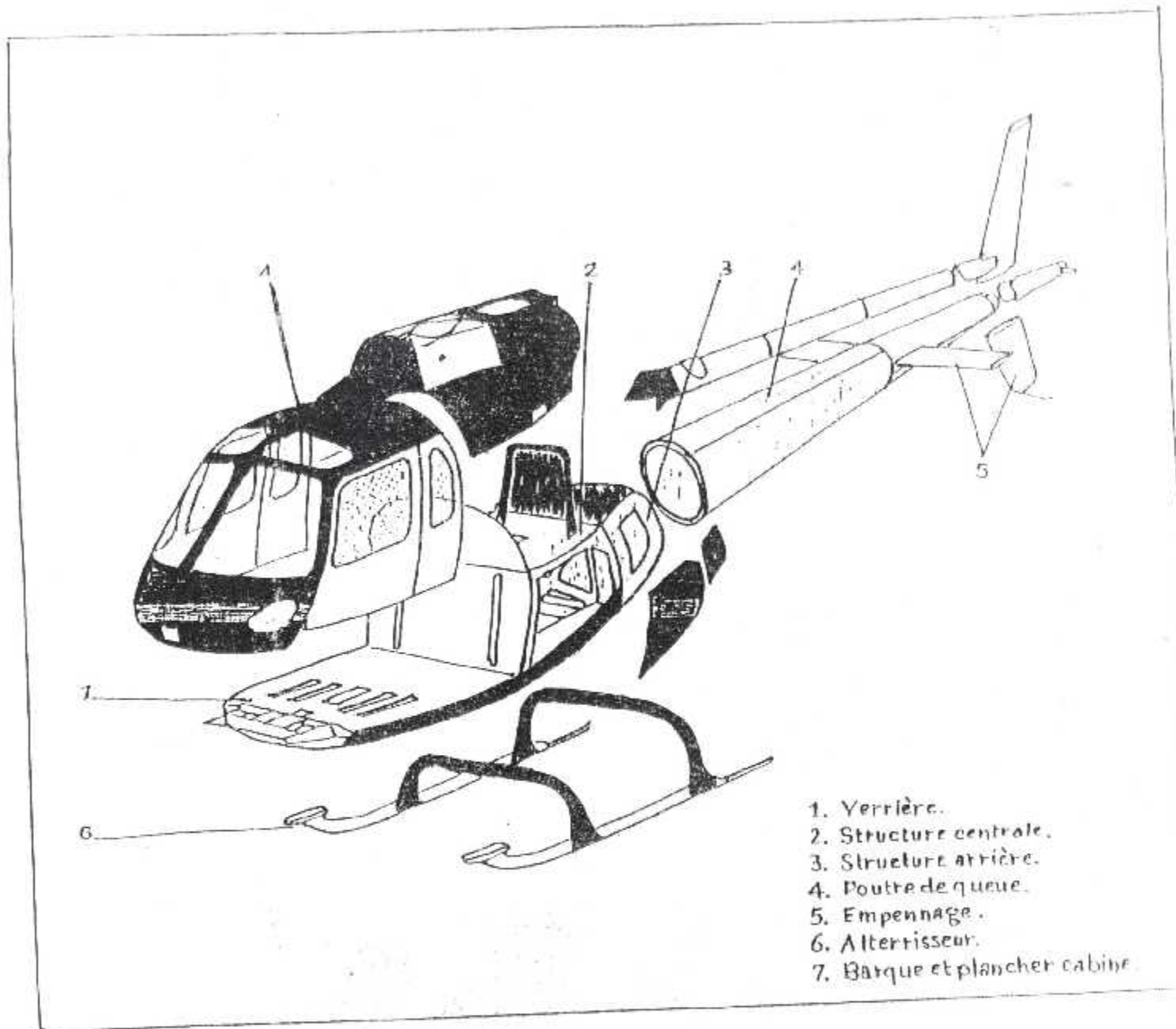
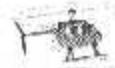
Le fuselage doit remplir plusieurs fonctions :

- Liaison entre les différents ensembles mécaniques de l'hélicoptère.
- Recevoir le poste de pilotage et les accessoires de commande.
- Permettre le transport des passagers ou du fret.

Le fuselage représente une lourde servitude en poids, en prise et en performances, il doit répondre à de nombreux impératifs divers et souvent contradictoires.

b/ QUALITE D'UN FUSELAGE :

- Etre le plus léger possible pour accroître la charge utile et les performances.
- Avoir une traînée aussi faible que possible, cette traînée dépend essentiellement du maître couple.
- Etre le moins cher possible, ce qui est en contradiction avec les éléments précédents car un fuselage turbulaire s'il est le moins cher et plus léger ne permet pas des aménagements sophistiqués et un fonctionnement à des vitesses élevées.
- Facilité d'entretien, ce qui doit être l'une des qualités primordiales pour la sécurité des vols des hélicoptères.



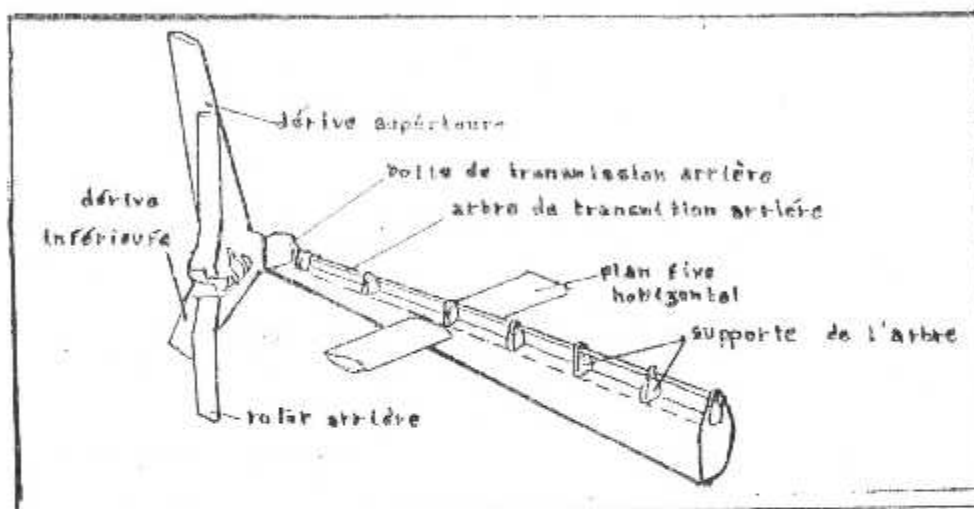
FIG(II-1): décomposition en éléments d'un fuselage.



**II-2-2-1 LA POUTRE DE QUEUE : VOIR FIG (II-2) :**

La poutre de queue est formée de cadres rigides en flexion et supporte :

- La boîte de transmission arrière (B.T.A).
- Le plan fixe horizontal fixé entre deux cadres forts.
- Les arbres de transmission arrière ainsi que le rotor anti-couple.
- Les dérives.



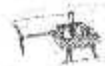
**FIG (II-2) :** La poutre de queue écureuil (AS-350.L1)

**II-2-3- LES ATERRISSEURS DES HELICOPTERES :**

voir fig( II-3)

L'hélicoptère par sa possibilité d'effectuer du vol stationnaire pose des problèmes d'atterrisseurs différents des autres engins aériens. Avec le développement de l'hélicoptère, de nouveaux problèmes se sont posés qui ont nécessité une spécialisation des atterrisseurs, d'une part à cause des phénomènes de résonance-sol rencontrés, et d'autre part à cause des conditions de travaux propres à l'hélicoptère.

Pour pouvoir résoudre éventuellement les problèmes de résonance sol, il est conseillé de prévoir un réglage des amortisseurs et de choisir des diamètres de roues permettant des variations de pression de gonflage



de pneus tout en gardant une pression au sol correcte. Dans le cas d'atterrisseurs à patins, la possibilité de variation de rigidité ou de montage d'amortisseurs doit être retenue.

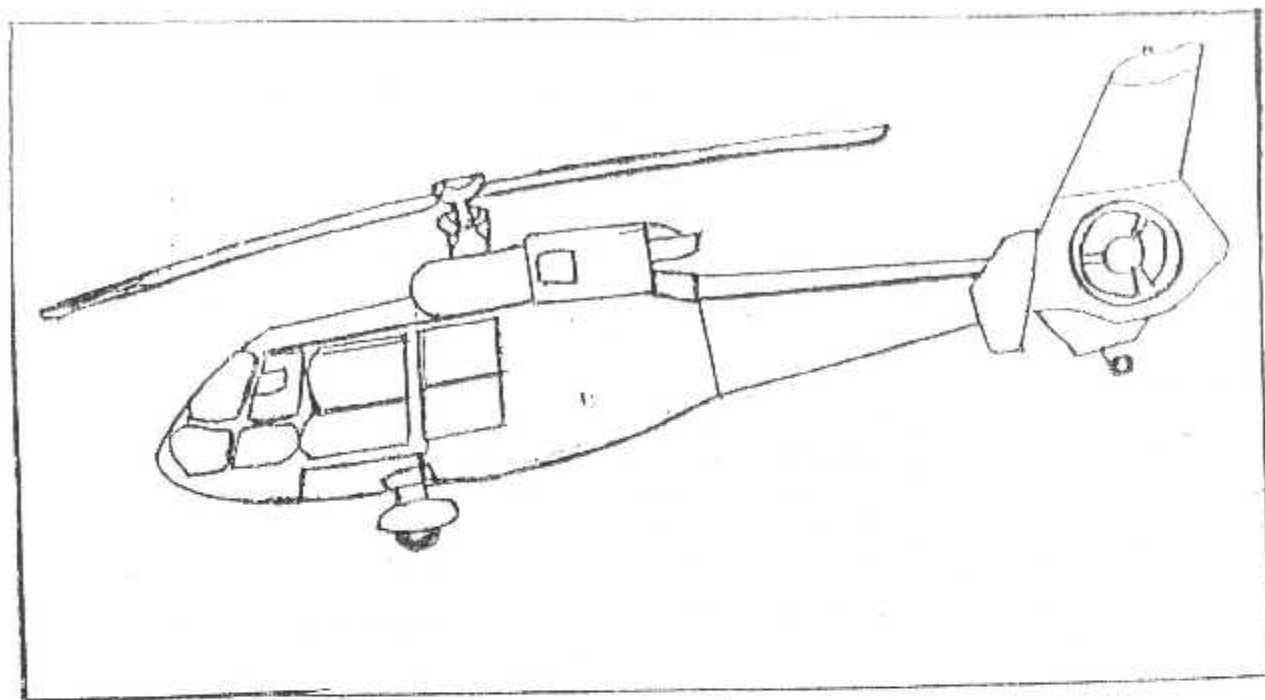


Fig (II-3) trains à roues

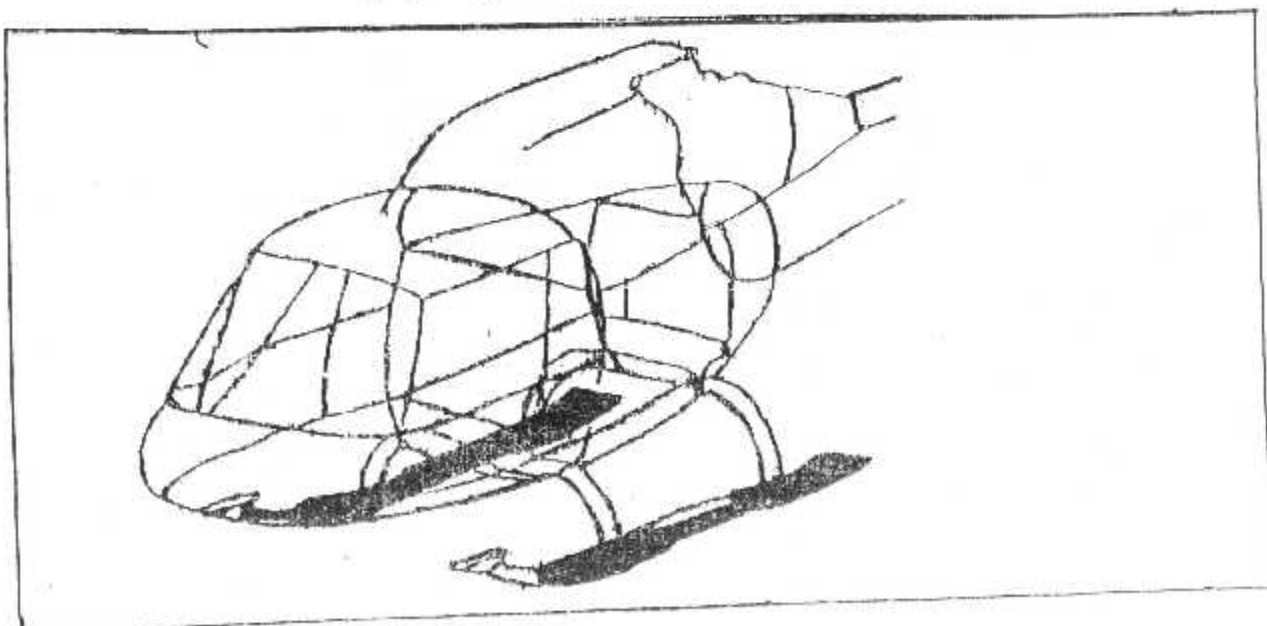


Fig (II-3) : Trains à skis



II-2-4- AILE ET EMPENNAGES : voir fig. (II-4)

On utilise les ailes sur les hélicoptères monorotor suivant la destination et les conditions concernant les types des hélicoptères.

L'aile produit une certaine portance.

La portance du rotor à régime de sustentation diminue à cause de la résistance que l'air exerce sur l'aile poussée par le rotor. Cela diminue les charges utiles de l'hélicoptère.

L'aile est plus souvent utilisée sur les types hélicoptères birotors côté à côté car de tels hélicoptères ont des poutres transversales qui servent à la fixation du moyeu.

L'empennage de l'hélicoptère comprend :

- L'empennage horizontal (stabilisateur).
- L'empennage vertical (gouverne de direction).

La plupart des hélicoptères ayant le poids écalativement faible sont équipés des stabilisateurs pour assurer la stabilité de tangage sur certain types des hélicoptères on utilise même des stabilisateurs nuls à l'incidence variable.

On utilise des stabilisateurs verticaux sur les hélicoptères monorotor pour améliorer les caractéristiques de stabilité de lacet.

Tous les hélicoptères birotors sont équipés de l'empennage vertical et surtout le birotor coaxial. (Voir fig. (II-4))

3





- 1 - Revêtement de bord de fuite
- 2 - Nervure du bord de fuite
- 3 - Revêtement central
- 4 - Nervure de riv
- 5 - Longeron
- 6 - Renforts et ferrures de fixation traversés par les 2 vis de liaison
- 7 - Nervure de bord d'attaque
- 8 - Revêtement de bord d'attaque

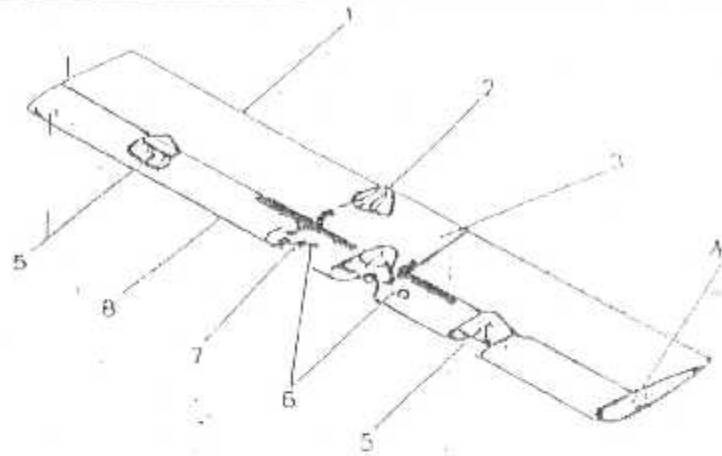


FIG II\_6A : PLAN FIXE .

- 1 - Nervure supérieure de bord de fuite
- 2 - Revêtements
- 3 - Nervure inférieure
- 4 - Ferrure d'assemblage des dérives
- 5 - Nervure supérieure de bord de fuite
- 6 - Revêtements
- 7 - Bâquette
- 8 - Nervure inférieure de bord de fuite
- 9 - Talon de fixation de la dérive inférieure
- 10 - Nervure de bord d'attaque
- 11 - Longeron
- 12 - Talon de fixation de la dérive supérieure
- 13 - Nervure de bord d'attaque
- 14 - Longeron
- 15 - Eclisse de renfort

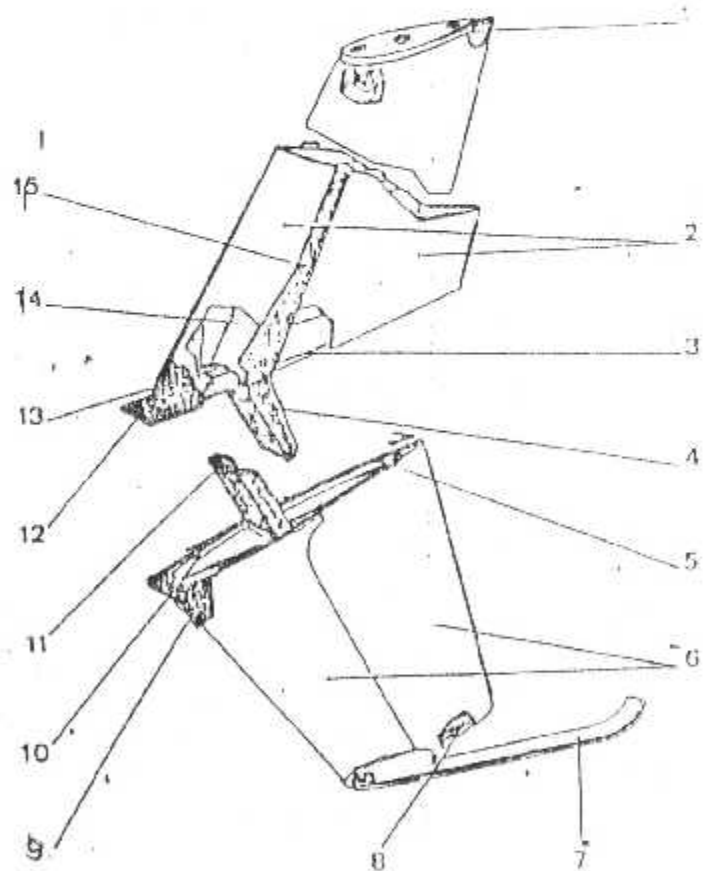


FIG (II-4) : Empennage



II-3 - LE ROTOR PRINCIPAL :

II-3-1 - LE ROTOR : Voir Fig. (II-5)

Le rotor est le constituant principal de l'hélicoptère car c'est lui qui assure la sustentation et est à l'origine de sa translation.

Le rotor comprend essentiellement :

- 1- Le mat rotor.
- 2- Le moyeu.
- 3- Articulation horizontale de battement.
- 4- Articulation verticale de traînée.
- 5- Articulation axiale de pas.
- 6- Levier de pas.
- 7- Les pâles (leur nombre varie selon les appareils, en général de deux à six).

Le rotor comprend le moyeu et les pâles, suivant la fixation des pâles, dans le moyeu il existe les pâles articulées et à fixation.

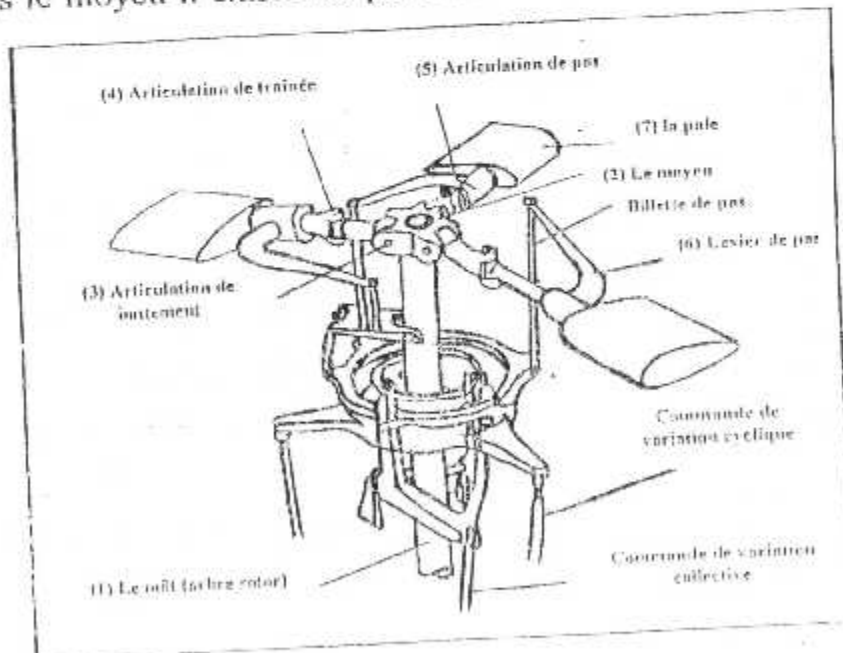


FIG (II-5): Le rotor



**II-3-2- LES TROIS AXES D'ARTICULATIONS DU ROTOR : fig II-6**

**A- L'AXE DE VARIATION DE PAS:**

Quand les pales tournent à vitesse angulaire constante, la portance de l'appareil est créée par la variation de l'incidence des pales qui est pilotée directement.

En effet, chacune des pales, dans son ensemble, doit pouvoir être soumise à une rotation autour d'un axe parallèle au bord d'attaque de la pale. Cet axe est l'axe de variation de pas.

**B- L'AXE D'ARTICULATION DE TRAÎNÉE :**

La nécessité des articulations de traînée résulte essentiellement de la possibilité créée par les axes de battement qui permettent d'obtenir un plan de rotation des pales différentes du plan perpendiculaire à l'arbre d'entraînement.

**C- L'AXE DE BATTEMENT HORIZONTAL :**

Les pales sont articulées autour d'un axe perpendiculaire à l'arbre d'entraînement, cette articulation est dite articulation de battement horizontal.

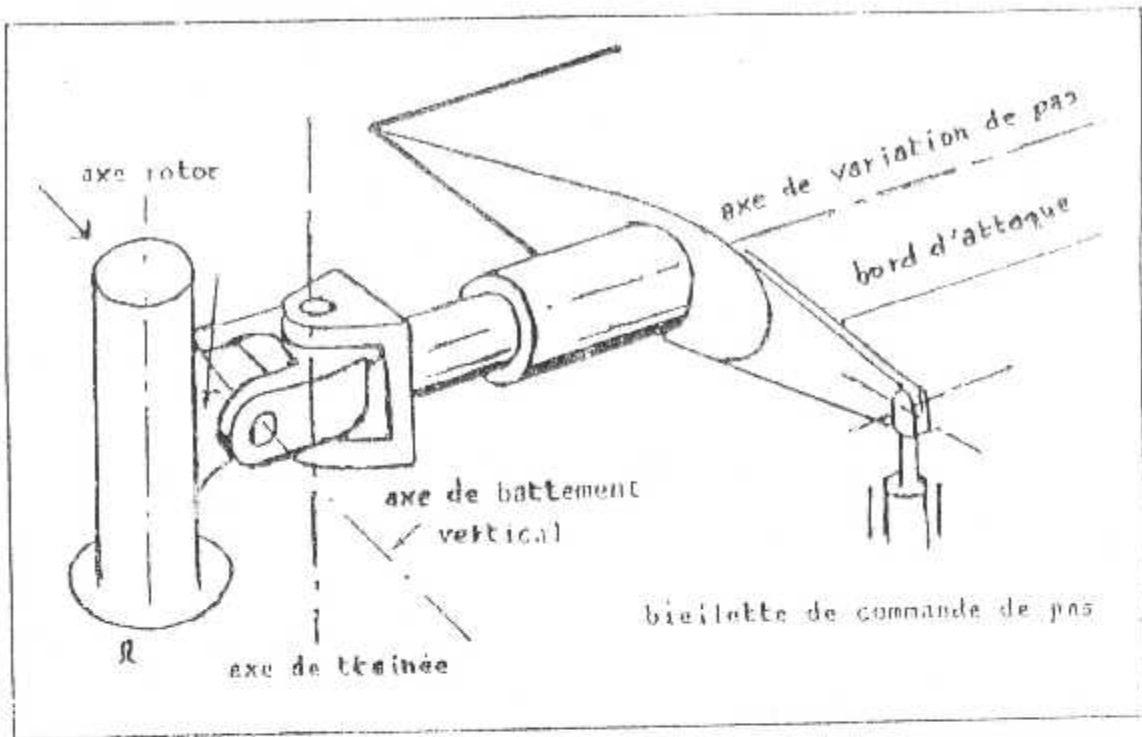
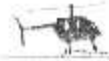


FIG (II-6/a) : les trois axes d'articulation

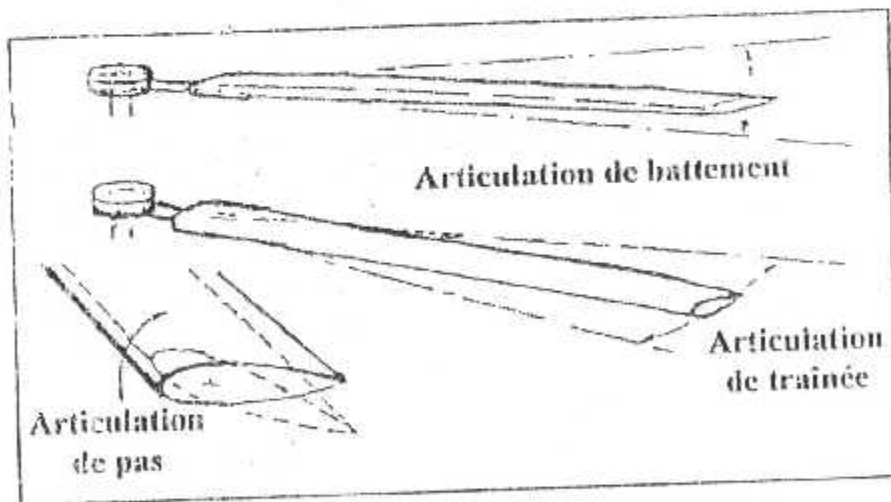
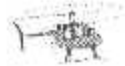


FIG (II-6/b) :  
La variation de la pale selon les trois articulations



II-3-3-TYPES DES ROTORS :

a- ROTORS RIGIDES : (STAR FLEX de l'aérospatiale) voir fig(II-7)

Dans les rotors rigides, les mêmes libertés de mouvement des pales que dans le rotor articulé sont obtenues à partir d'éléments très simples dont on remplace les articulations par une zone de moindre rigidité soit sur le moyeu, soit sur les pales.

Le rotor rigide autorise :

- Une fabrication plus économique.
- Une masse et un encombrement plus faibles.
- Une fiabilité accrue.
- Une maintenance plus aisée.

Il était utilisé sur les premiers modèles d'hélicoptères.

Les rotors perfectionnés de ce type sont utilisés pour les hélicoptères légers et moyeu (exemple :AS-350 ,APACHE ,lynx,...)

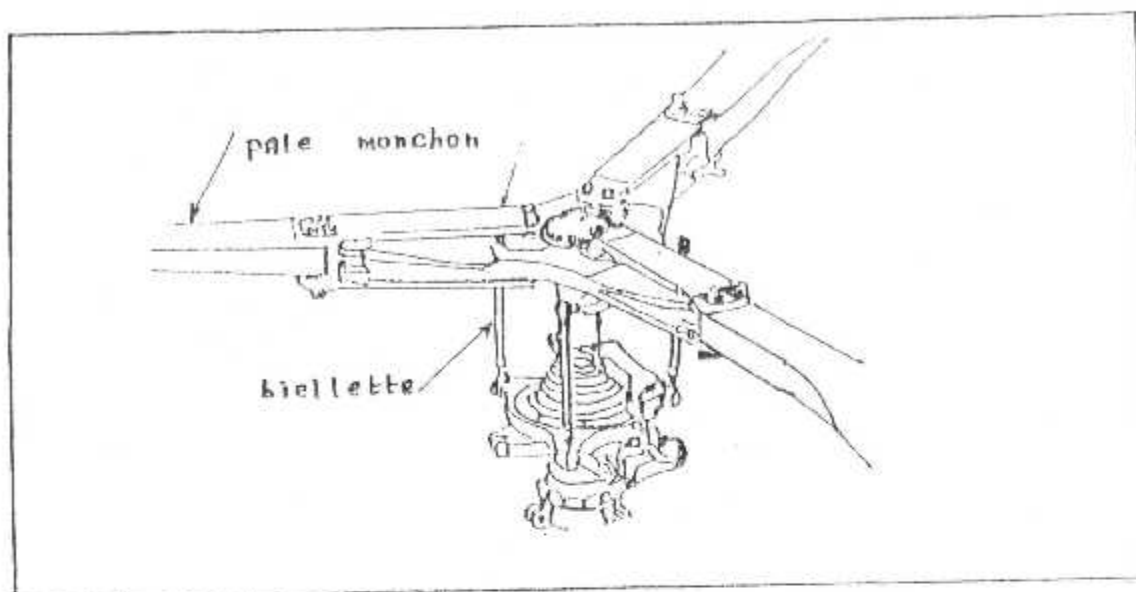


Fig (II-7) rotor principal de l'ecureuil AS-350 LI

b - ROTOR A PALES ARTICULEES :

Ils sont utilisés dans la majorité des hélicoptères modernes. Le moyeu de tel rotor est fixé rigidement sur l'axe du réducteur et chaque pale est fixée au moyeu à l'aide des trois articulations

II-3-4 - LES PALES :

A - TECHNOLOGIE D'UNE PALE :

Les pales sont l'élément noble de l'hélicoptère puisqu'elles assurent la sustentation et la traction nécessaires au vol de l'hélicoptère.

Les premières pales issues des technologies de construction des hélices d'avion et des voilures, étaient en bois, la technologie à évoluer vers les pales métalliques et actuellement vers les matériaux composites



qui apportent robustesse, qualités aérodynamiques, finition et durée de vie.

Le choix du nombre de pale dépend essentiellement du programme de l'appareil.

Un hélicoptère léger et rustique aura presque naturellement deux pales.

Un appareil est presque toujours tri ou quadripale et les très gros appareils ont 5 à 6 pales par rotor.

Les efforts sollicitant une pale sont :

- La force centrifuge, les forces aérodynamiques, la force d'inertie.

Les moments sollicitant une pale sont :

- Un moment de flexion vertical, un moment de flexion horizontal et un moment de torsion.

**B - LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DE LA PALE : Voir fig (II-8) .**

Les pales d'hélicoptère sont généralement constituées par l'assemblage de divers éléments tels que :

- Le longeron qui peut servir de bord d'attaque et qui est l'âme et l'élément résistant de la pale.
- Le bord de fuite qui donne à la pale sa forme et son profil.
- Les tabs permettant les réglages des moments de torsion s'exerçant sur la pale.
- Les fissures d'attache assurant la liaison avec le moyeu.

## CHAPITRE II : DESCRIPTION GENERALE



- Les contre poids d'équilibrage déterminant un centrage correct (en envergure et en profondeur).
- Les carénages et saumons donnant accès aux masses et aux fissures.
- Les blindages et le bord d'attaque assurant la résistance à l'érosion et les protections diverses (vernis, peintures, shoopage, oxydation, anodique, etc...) contre la corrosion ou l'humidité.

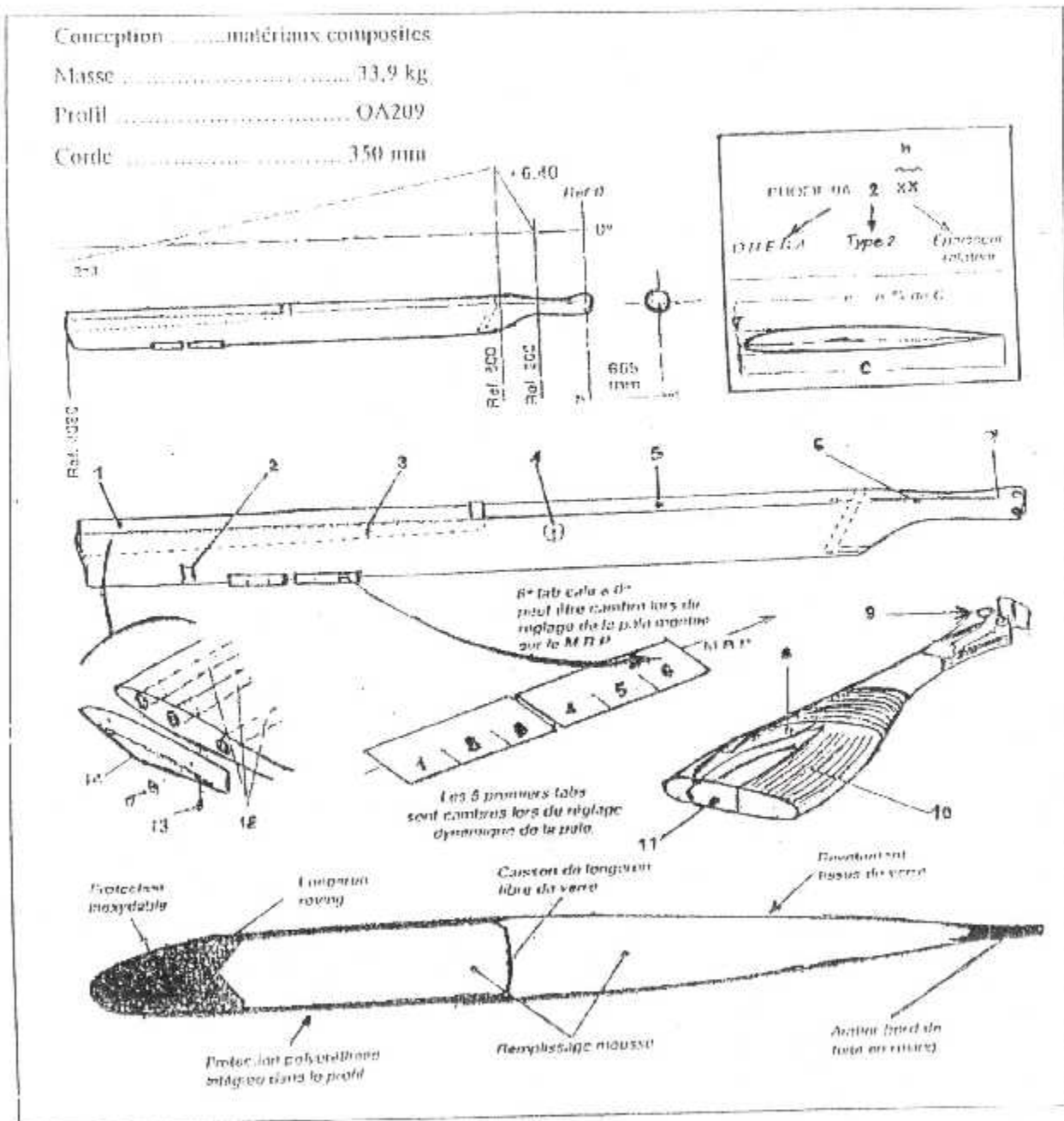


FIG (II-8) : La pale principale de AS 355 F2





C- LES DIFFERENTES FORMES DES PALES : Voir fig. (II-9)

Les pales peuvent avoirs trois formes caractéristiques :

- Les pales rectangulaires.
- Les pales trapézoïdales.
- Les pales mixtes.

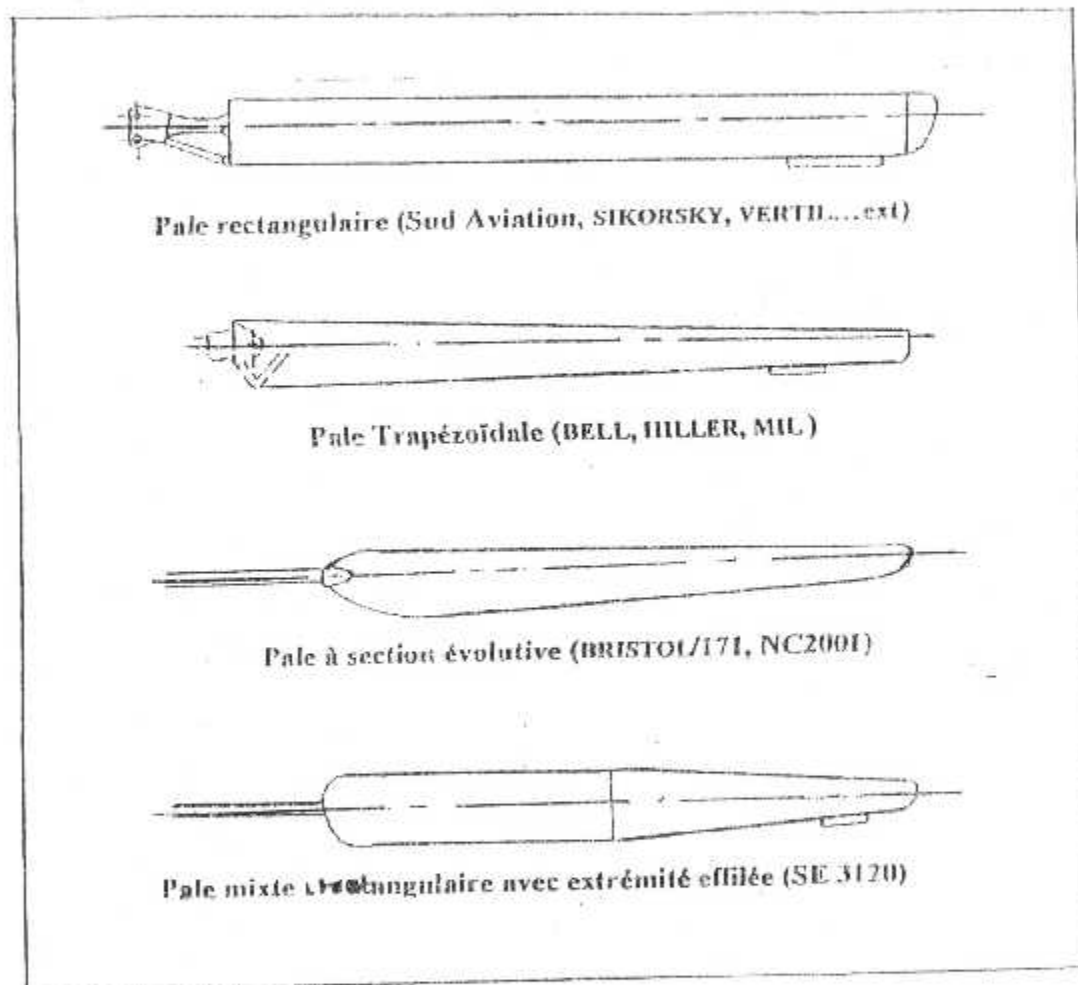
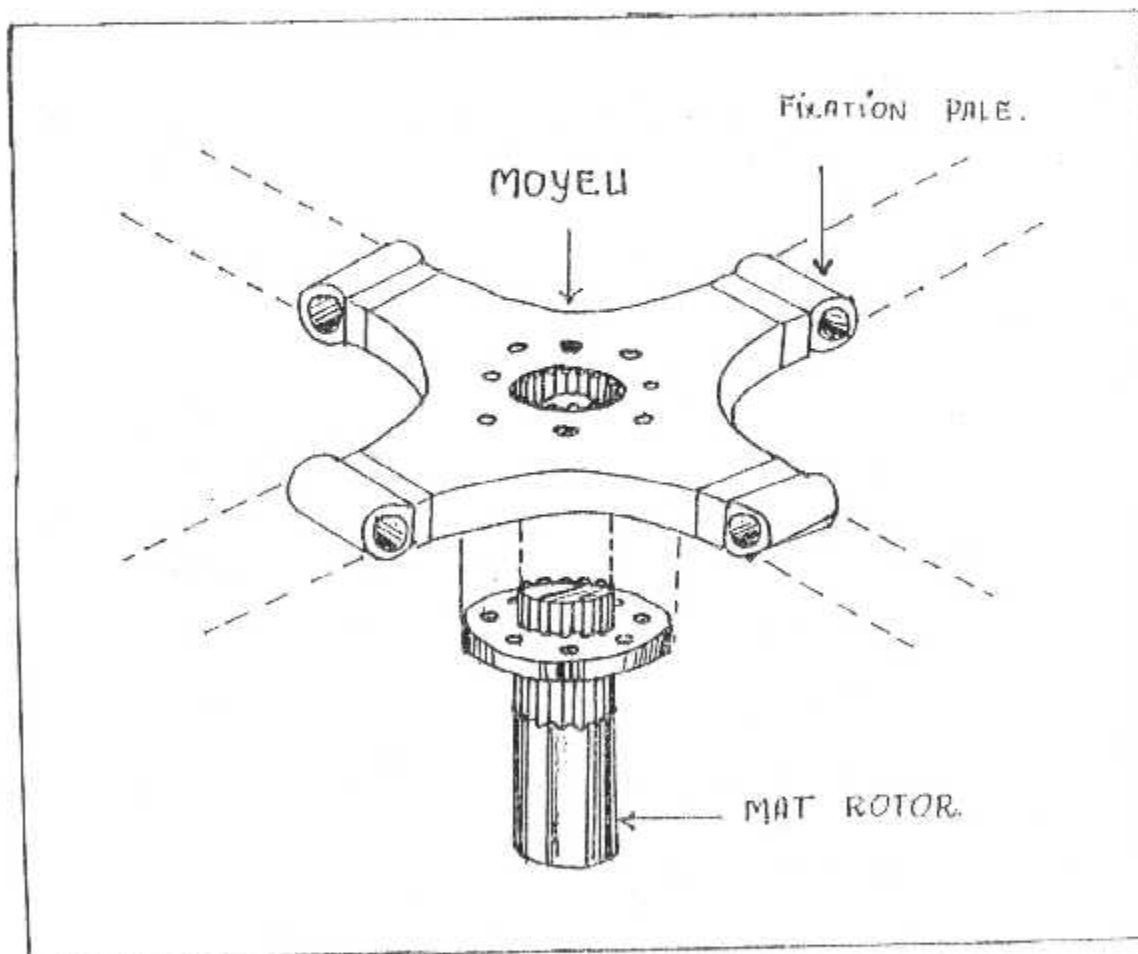


FIG. (II-9) : Forme en plan de diverses pales



I-3-5 - LE MOYEU : Voir fig. (II-10)

Le moyeu sert à la fixation des pales. Il reçoit de la BTP (boîte de transmission principale) un couple de rotation qu'il transmet aux pales, ce qui assure la sustentation de l'hélicoptère et permet les évolutions de l'appareil grâce au couple de basculement qu'il imprime à l'arbre rotor lié mécaniquement à la structure.



7

FIG (II-10) : moyeu



**II-3-6- Mat rotor : Voir fig. (II-13)**

Le mat rotor comprend, dans son principe :

- L'arbre rotor(8) entraîné par la B.T.P.
- Les plateaux cycliques, un plateau tournant(3) et un plateau non tournant.(4)

Le plateau non tournant est attaqué par les commandes pilote(5) en 3 points calés à 90° monté sur une rotule.(11)

Il peut :

- Osciller autour de la rotule (variation cyclique du pas).
- Se déplacer le long du mat (variation collective du pas).

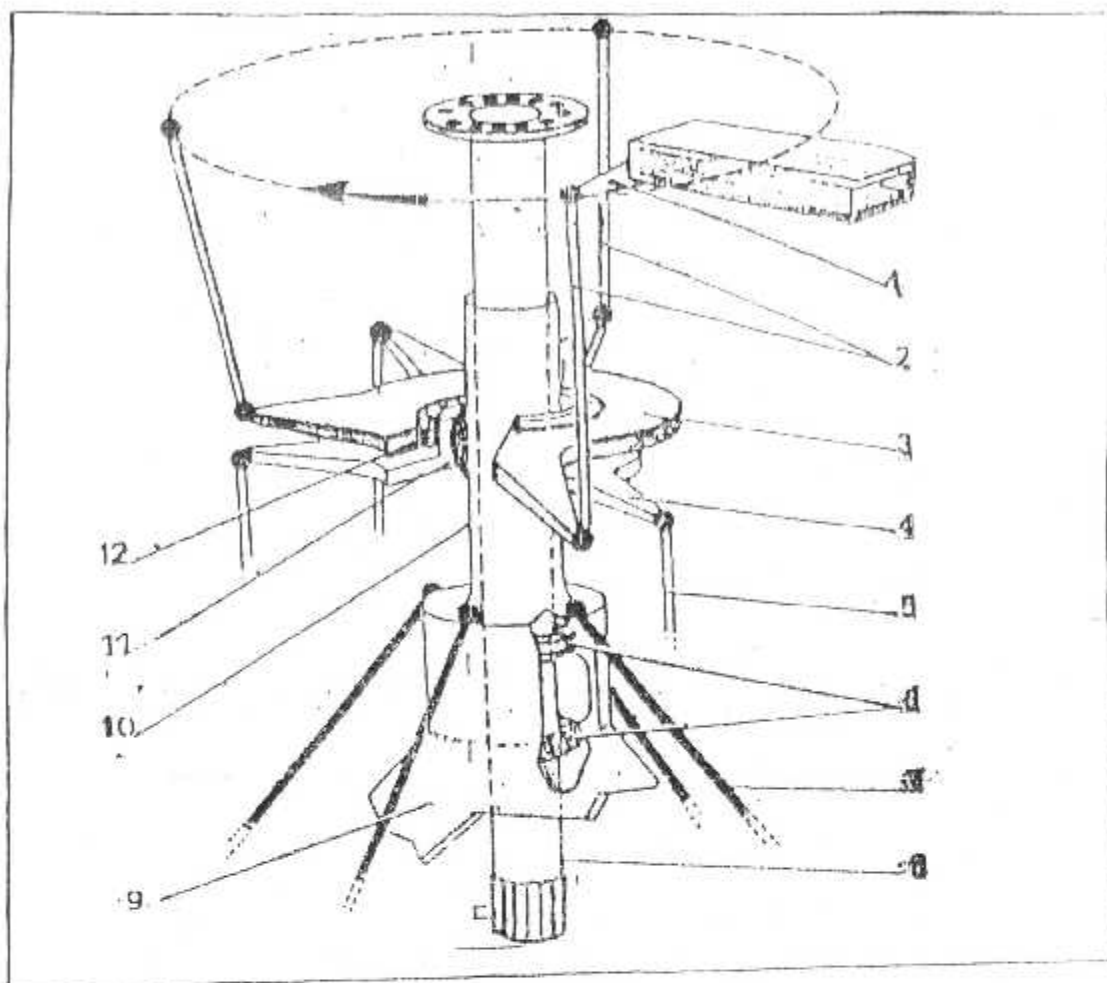
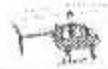
La rotule coulisse alors sur un guide(10).

Le plateau tournant sur un roulement(12) suit tous les mouvements du plateau non tournant et les transmet aux leviers de pas(1) des manchons de pales par le moyen de 3 biellettes (2).

un ensemble de carter(9), prolongeant le guide de plateau cyclique, assure la liaison rigide du mat sur la B.T.P.

L'arbre rotor est ancré sur le carter par 2 roulements coniques(6) qui supportent en vol la portance du rotor et au vol le poids du rotor. Ces efforts sont repris par 4 barres de suspension fixées sur le plancher mécanique.

Le moyeu est monté en extrémité de l'arbre rotor, et la liaison correspondante permet d'assurer le passage du couple ainsi que la sustentation, tout en subissant les moments de basculement imposés à l'appareil.



**FIG. (II-14) :** Ensemble mat rotor

1- levier de pas ,2-biellettes de pas ,3-plateau tournant, 4-plateau non tournant, 5-les commandes pilotes ,6-roulements coniques 9-ensemble de carter,10-guide ,11-rotule ,12-roulement.

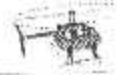
**II-4 – ROTOR ARRIERE : Voir fig. (II-15)**

Cet accessoire n'intervient que dans le cas des hélicoptères monorotors.

Le rotor arrière a deux fonctions majeures :

- Il participe aux évolutions en lacet et en virage de l'appareil.
- Il constitue l'anti-couple du rotor principal.

## CHAPITRE II : DESCRIPTION GENERALE



Le couple produit par le rotor anticouple égal à :  $M = L \cdot T_y$

$T_y$  : La force de poussée.

$L$  : La distance entre l'axe du rotor arrière et l'axe du rotor principal.

$L \cdot T_y = CR$  : L'appareil est en équilibre.

$L \cdot T_y < CR$  : L'appareil tourne vers la gauche.

$L \cdot T_y > CR$  : L'appareil tourne vers la droite.

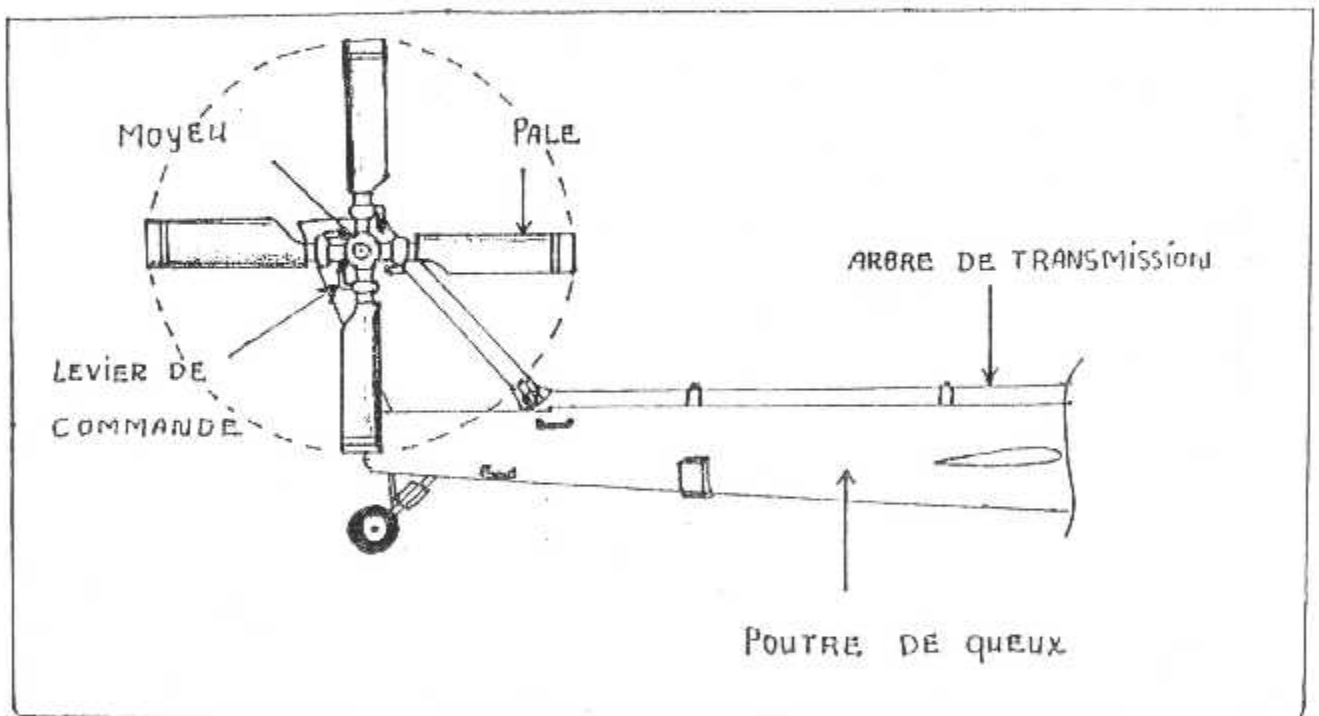


Fig : ROTOR ARRIERE.

FIG. (II-12) : Rotor arrière



II-5- PLATEAU CYCLIQUE : voir fig-(II-13)

Le plateau cyclique, comme son nom l'indique, permet d'incliner le plan de rotation (rotor principal) dans toutes les directions et ce sur un cycle possible de 360° d'azimut.

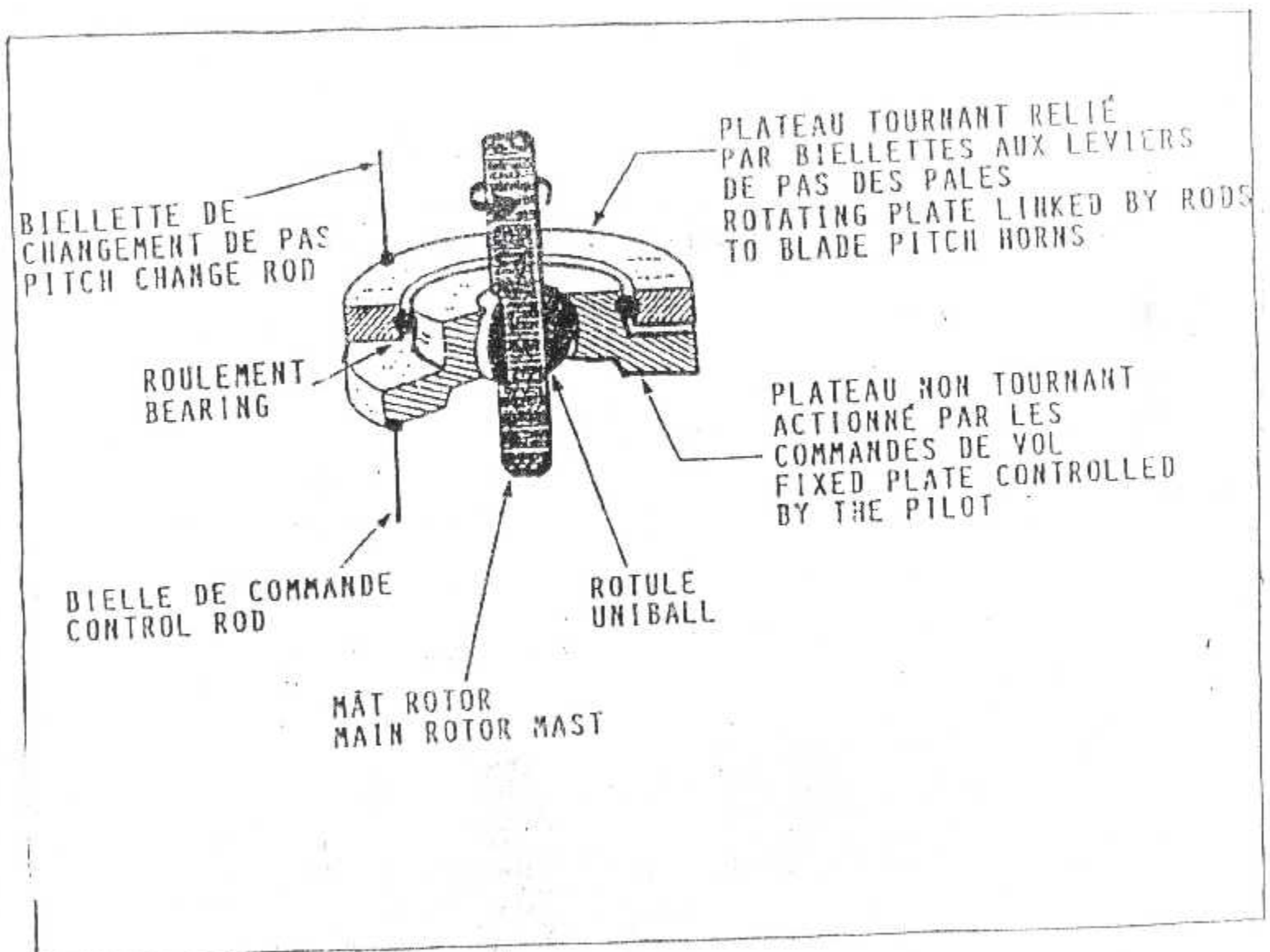
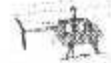


Fig (II-13) : plateau cyclique



## II-6 – COMMANDES DES ROTORS :

### II-6-1 – ROLES DES COMMANDES :

Les commandes des rotors (ou commandes de vol) qui agissent sur l'angle de pas des pales du rotor principal et du rotor arrière, permettent au pilote de contrôler le vol de l'appareil : Altitude, vitesse, cap ...

Le pilote dispose :

- 1- D'un levier de pas collectif (contrôle de la portance du rotor principal).
- 2- D'un manche cyclique (contrôle de vecteur vitesse).
- 3- D'un palonnier (contrôle de la poussée du rotor arrière).

### II-6-2 – MODE D'ACTION DES COMMANDES :

Le levier de pas collectif varie d'une même valeur l'angle de pas simultanément sur toutes les pales.

Le manche cyclique produit la variation cyclique du pas provoque le basculement du rotor qui est à l'origine du vecteur de vitesse, dont le sens dépend du sens de déplacement du manche.

Levier de pas collectif et manche cyclique sont reliés par des bielles au trois servo-commandes qui sont calées sur le plateau cyclique et sur deux axes rectangulaires.



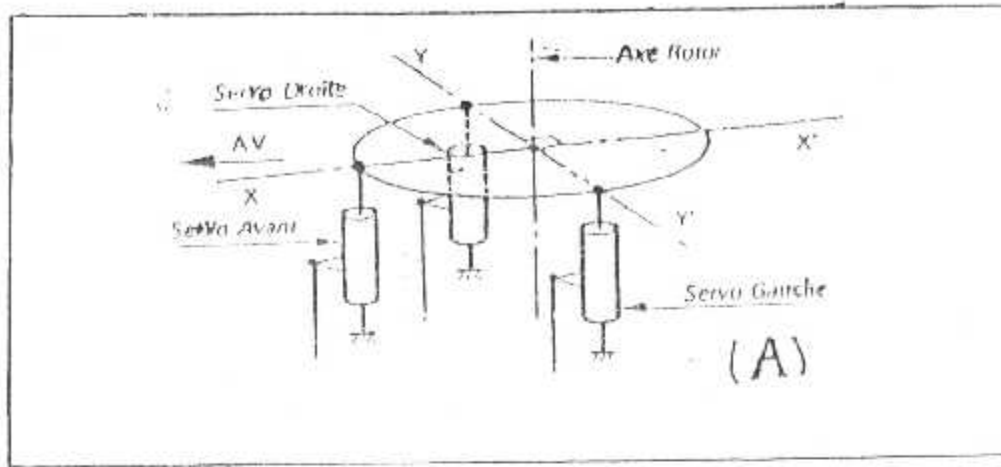


FIG. (II-14/a) : Commande du rotor principal

A- ACTION DU LEVIER DE PAS COLLECTIF : Voir fig. (II-14/b)

Une action sur le levier de pas collectif provoque un déplacement égal des trois servo-commande. Le plateau cyclique se déplace parallèlement à lui-même, c'est la variation collective du pas.

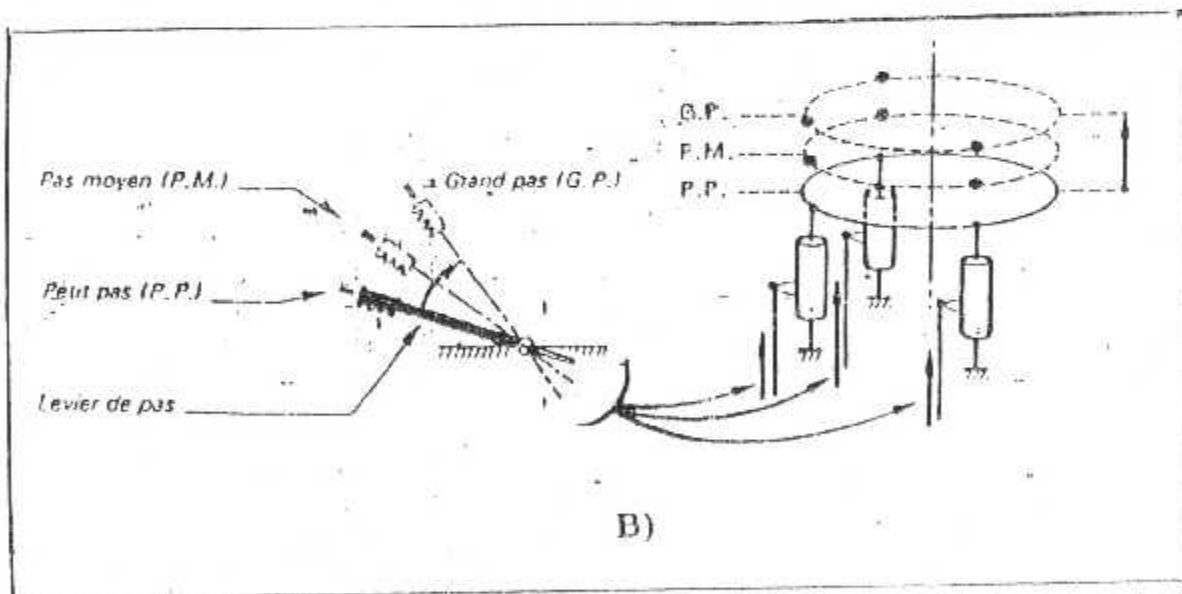


FIG. (II-14/b) : action de levier de pas collectif





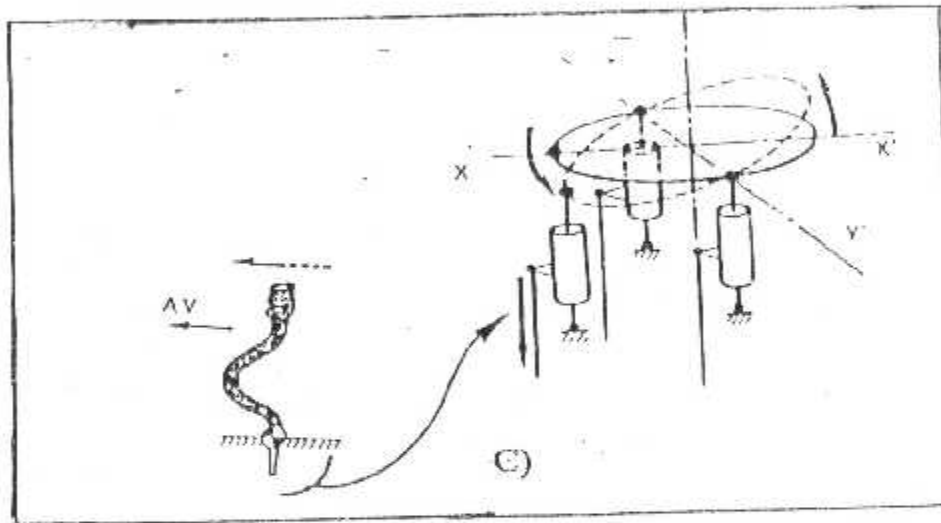
**B- ACTION DU MANCHE CYCLIQUE :**

Le plateau cyclique basculant autour des axes  $xx'$ ,  $yy'$  s'incline dans le sens où le manche est déplacé.

**B-1-DEPLACEMENT LONGITUDINAL DU MANCHE :**

*voir fig(II-14/d)*

le manche à piquer ou à cabrer :seule la servo -commande avant est sollicitée ,le plateau cyclique bascule autour de l'axe  $yy'$ .



**Fig (II-14/d) :action du manche cyclique(avant)**

**B-2-DEPLACEMENT LATERAL DU MANCHE (MANCHE A DROITE OU A GAUCHE) :VOIR FIG (II-15)**

Les servo-commandes droite et gauche déplaçant en sens contraire, d'une même valeur,la servo-commande avant n'est pas sollicitée,le plateau cyclique bascule autour de l'axe  $xx'$ .

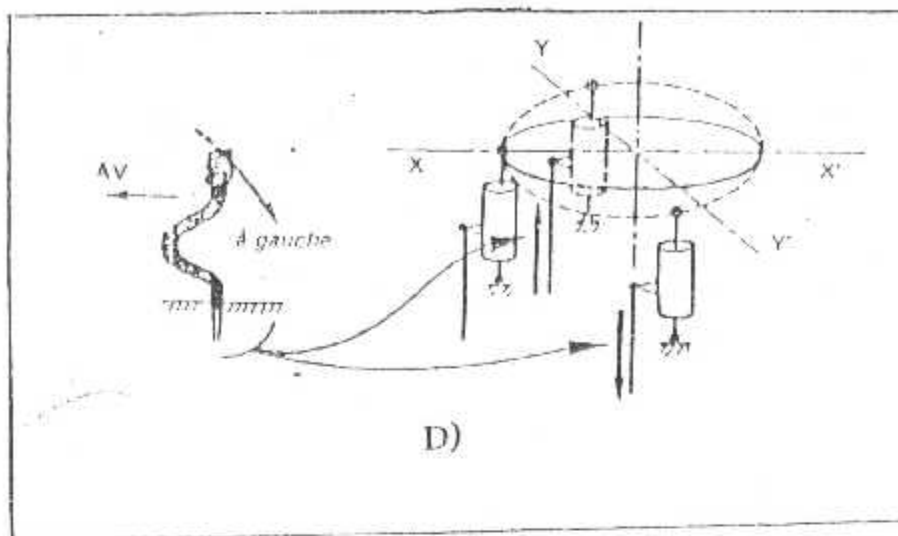


Fig (II-15) : action du manche cyclique (gauche -droite)

## II-7 – LES MOTEURS :

### II-7-1- DEFINITION :

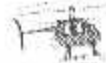
Quelque soit le type d'hélicoptère, la charge au KW (soit le rapport de la masse totale à la puissance motrice) varie peu :

7 kg/kw : pour les appareils de moins de 2000 kg.

5 kg/kw : entre 2000 et 15000 kg.

Un peu moins de 5 kg/kw au-delà 15000 kg.

- Le moteur choisi pour équiper un hélicoptère donné peut se caractériser par la vitesse de rotation. Dans certains cas, il peut être déjà équipé d'un réducteur.



La vitesse de rotation des arbres de sortie est généralement comprise entre 1500 et 3000 t/min, pour les moteurs à pistons est entre 5000 et 10000 t/min pour les turbomoteurs.

Le couple moteur varie selon la taille des appareils.

**II-7-2 - LES DIFFERENTS GROUPES DE MOTEUR :**

Il existe deux types de moteurs :

- Moteur à pistons.
  
- Turbomoteurs.

**A - MOTEURS A PISTONS :**

Le moteur à piston a été utilisé sur des appareils parce qu'il correspond à un mode de propulsion répandu et bien au point au moment où ces appareils ont été dessinés.

**B - TURBOMOTEURS :**

Les turbomoteurs équipent aujourd'hui la majorité des hélicoptères en service, par contre le moteur à piston reste utilisé sur quelques types d'appareils légers tels que le BELL47 et l'enstrom 27 et 28.

On distingue deux types :

**B-1- LES TURBOMOTEURS A TURBINE LIEE :**

Moteurs dans lesquels le compresseur est monté sur le même axe que la turbine de détente.



**B-2- DES TURBOMOTEURS A TURBINE LIBRE :**



Il comprend deux parties bien distinctes : un générateur de gaz et une turbine de détente (ou roue de travail) indépendante.

Cette séparation permet l'embrayage et surtout de disposer de beaucoup plus de souplesse sur la roue de travail.

*II-7 – INSTRUMENTS DE BORD :*

Les instruments de bord ont pour rôle de :

- S'assurer que les limites de fonctionnement ne sont pas dépassées.
- De détecter une anomalie éventuelle de fonctionnement.
- De suivre l'évolution des paramètres.
- De contrôler certaines phases de fonctionnement.

# Chapitre III

## Principes dans la construction des hélicoptères

### III-1- CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE TYPE Mi-4A :

#### III-1-1-FUSELAGE :

Le fuselage de l'hélicoptère Mi-4A présente une semi-monocoque entièrement métallique de section variable, la carcasse du fuselage se compose de couples (ossature transversale) et de longerons et de lisses (ossature longitudinal), le revêtement lisse travaillant réunit la carcasse en une charpente rigide.

Le fuselage est principalement en duralumin de ses ferrures sont en acier.

Le fuselage se compose de trois parties : partie centrale, poutre de queue et poutre porte-rotor anticouple.

#### a-PARTIE CENTRALE DU FUSELAGE :

##### a-1- PARTIE CENTRALE DU FUSELAGE DE L'HELICOPTERE EN VERSION CARGO

ET SANITARE : voir fig. ( III-1 )

La partie centrale du fuselage est comprise entre les couples N° 1 et 2 entre les couples N° 1 et 4 se trouve la santé.

Au-dessus de la santé dans la superstructure on trouve un réservoir souple à carburant logé dans un paquet spécial.

Les couples 14 et 20 sont situés une baie portant les appareils de l'équipement électrique et de l'équipement radio.

La partie centrale du fuselage se termine par le couple n° 20 dans le plan constitue le plan de séparation de la poutre de queue.

Le poste de pilotage est situé dans la partie supérieure du fuselage derrière la poste on trouve le compartiment de la boîte de transmission principale portée par un bâti soudé.

Sur la partie gauche du fuselage entre les couples 10 et 13 est pratiquée la porte par laquelle on accède à la soute.



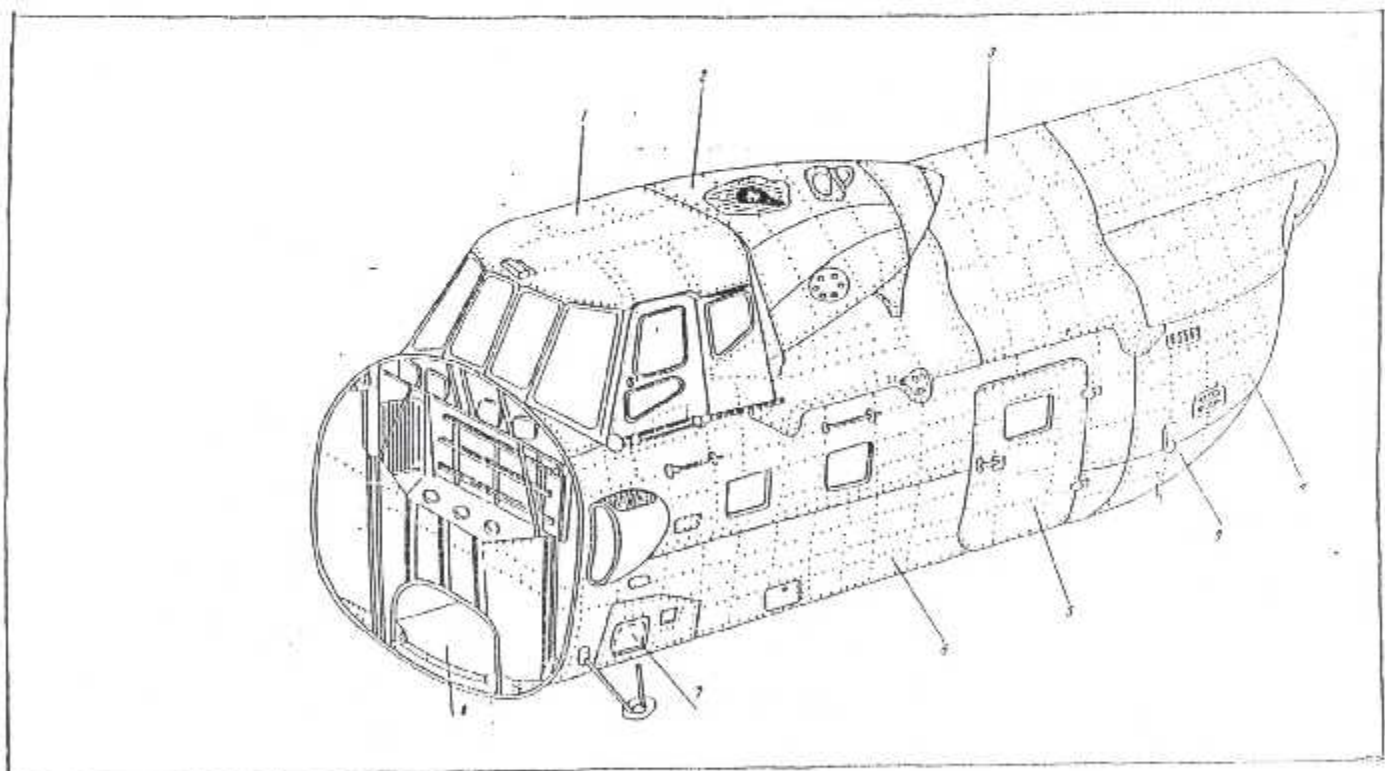
Les deux flancs de fuselage pressentent cinq hublots à glaces barbées en verre organique de 3 mm d'épaisseur.

La partie centrale du fuselage comprise entre les couples 14 et 20 se termine par deux battantes de la porte d'embarquement 6 articulés par gonds sur le couple 14. La nacelle 1 est fixée sur la partie inférieure du fuselage.

L'ossature de la partie centrale du fuselage se compose de vingt couples, huit longerons, des lisses, d'un panneau du plancher du poste de pilotage et d'un panneau de plancher de la soute.

Les parties supérieures des couples situés au-dessus du plafond de la soute forment avec le revêtement et les lisses, la superstructure 4 du fuselage.

Tous les éléments du fuselage fabriqué des tôles du duralumin et en profilés de duralumin matricés sont anodisés et enduits de peinture.



**fig. (III-1) :** Partie principale du fuselage en version cargo , sanitaire et de sauvetage .

7

## CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



1-nacelle , 2-poste de pilotage , 3-capot de la boîte de transmission principale , 4-superstructure , 5-zone d'emplacement des appareils électrique et radio dans la superstructure , 6-panneaux d'accès de la soute , 7-porte d'embarquement dans la soute , 8-panneau latéral du fuselage

### a-1-1- LES COUPLES :

Les plus grandes charges sont portées par les couples renforcés N°1, 4, 6, 9, 10, 13 et 14.

Les couples ordinaires sont en profilés en Z de tôles de duralumin  $\pi 16\Lambda-M\pi 1$ . Chaque couple représente un contour fermé composé de quatre ou cinq profilés assemblés entre eux et avec les longerons du fuselage au moyen des goussets en même matériau et des rivets De duralumin de 3mm de diamètre.

LE COUPLE N°1 : constitue la paroi avant de la partie centrale du fuselage. Il se compose d'une âme de duralumin  $\pi 16\Lambda-T\pi, 2$  encadrée des profilés en duralumin  $\pi 16-T\pi p113-5$  à double T. sur ses profilés sont fixés les panneaux latéraux du fuselage . La partie inférieure du couple est renforcée par une éclisse en alliage  $\pi 16\Lambda-T\pi, 5$ .

La partie supérieure et la partie inférieure du couple N°1 portent des ferrures de fixation du bâti-moteur, ces ferrures étant fixées aux éléments longitudinaux du fuselage.

LE COUPLE N°6 : comporte une âme se composant de cinq Parties. La partie inférieure de l'âme est en duralumin  $\pi 16\Lambda-T, \pi 2$ . Les deux parties latérales et trois parties supérieures sont en duralumin.

les parties latérales supérieures des couples , appelées «Dents» porteuses présentent les ferrures avant de fixation du bâti de la boîte de transmission sur le fuselage.



LE COUPLE N°9 : se compose de deux profils latéraux en alliage  $\pi 16A-T \pi 1,5$ , de deux diaphragmes inférieurs en duralumin et deux dents porteuses en duralumin  $\pi 16A-T \pi 2$ .

Les «dents» porteuses sont renforcées sur leurs parties supérieures par deux profils verticaux en U renversé en duralumin.

Une du couple est située au-dessus du plafond de la soute et fait partie de l'ossature de la superstructure.

La paroi de la superstructure est raidie par un ensemble de profils verticaux oblique en U renverse fabriqués en alliage.

LE COUPLE N°10 : se présente sous forme d'un anneau composé par deux profils latéraux et un profil supérieure et une partie inférieure.

LE COUPLE N°13 : comprend une partie principale annulaire et une superstructures. cette superstructure présente quatre profilés à Z. la partie inférieure du couple relié aux profilés latéraux en U renversé au moyen des rivets de 5mm de diamètre également.

LE COUPLE N°14 : se compose d'une partie principale annulaire et d'une superstructure. La construction de celle-ci est la même que dans les couples N°10,11,12,13.

La partie principale du couple présente, dans sa section transversale, un caisson fermé par des profilés en U mis l'un dans l'autre.

LE COUPLE N°20 : est constitué par un profilé annulaire à U en duralumin  $\pi 16A-T \pi 1,2$ .

a-1-2-LONGERONS ET LISSES :

L'ossature longitudinale de la partie centrale du fuselage se compose de 48 lisses situées deux à deux symétriquement par rapport à l'axe longitudinale de l'hélicoptère.

Les lisses portent les numéros 1 à 24 (inclus) . la lisse N°1 se trouve sur le revêtement

Inférieur du plancher de la soute dans le plan de symétrie de l'hélicoptère .

l'espacement des lisses suivant la surface du fuselage est de 200 mm environ .

Les lisses renforcées fabriquées des profilés en acier à haute résistance sont appelées longerons . les lisses renforcées (longeron ) portent les N°s 11,12,19 et 24 .

a-1-3- PLANCHER DE LA SOUTE :

La charpente porteuse du plancher de la soute comprend les parties inférieures des couples N°s 2 à 14, quatre (4) longerons et six (6) lisses.

Les longerons se disposent deux par deux systématiquement par rapport à l'axe longitudinal de l'hélicoptère.

Chacun des longerons présente une âme . Les lisses sont en profilés en cornière П16-Т П P 100-7.

Le revêtement intérieur du plancher entre les couples 1 et 2 présentent deux portes d'accès gauche et droite servant au montage et à la visite des ferrures de fixation du bâti-moteur .

Sur le revêtement inférieur entre les couples 13 et 14 sont prévues 4 portes d'accès dont les panneaux sont fixés sur les encadrements à l'aide des boulons en acier .

La partie centrale du couple N°7, comprise entre deux longerons les plus proches de l'axe de symétrie .

## **CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE**



### **a-1-4- PLANCHER DE POSTE DE PILOTAGE :**

Le plancher de poste de pilotage est réalisé sous forme d'un panneau rigide se compose d'une carcasse et d'un revêtement, la carcasse du plancher comprend un ensemble de profils longitudinaux et transversaux. .

Le revêtement supérieur est riveté sur la carcasse au moyen des rivets en duralumin de 3 et 3,5 mm de diamètre.

Le revêtement inférieur est en cinq tôles : deux tôles en alliage  $\pi$  16-T  $\pi$  1 servent de renforts pour les autres longitudinales portant les leviers de commande .

Deux tôles latérales et une tôle médiane sont fixe à l'aide des vis peuvent être enlevées pour accéder au mécanisme de commande montée » entre les revêtement du plancher.

Le plancher du poste de pilotage est fixé sur les lises N° 12 a l'aide des rivets de duralumin de 4 mm de diamètre.

### **a-1-5- REVETEMENT DE LA PARTIE PRINCIPALE DU FUSELAGE :**

Le revêtement extérieur de al partie principale du fuselage est en tôle de duralumin  $\pi$  16 AT  $\pi$  0,8 et  $\pi$  6A-T $\pi$  1 et en partie, en tôles  $\pi$  /16 AT $\pi$  1,2 le revêtement extérieur comprend des panneaux latéraux, celui du plancher de la soute et de la superstructure.

Les tôles de revêtement sont assemblées par une rivure double composée de rivets du duralumin de 3,3.5 et 4 mm de diamètre à être fraises bombées.

### **a-1-6- PANNEAUX D'ACCES DE LA PARTIE PRINCIPALE DU FUSELAGE :**

Entre les couples N°s 6 et 7, sur la partie gauche du fuselage au-dessus de la lisse N° 5 est prévue une porte d'accès aux records du système hydraulique .

### CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



Le panneau de cette porte d'accès est raidis par un cadre embouti à bords tombés fixe par des rivet de 4mm de diamètre.

#### a-1-7- FERRURE DE FIXATION DU BÂTI DE LA BOITE DE TRANSMISSION :

Quatre ferrures fixant le bâti de la boîte de transmission sur le fuselage sont montées sur les couples 6 et 9.

Chaque ferrure se présent sous forme d'un étrier rigide en L renversé dont la semelle horizontale , est dotée d'une oreille, en plus, elle est dotées d'un arrêt située dans le plan perpendiculaire sur l'oreille.

Les parties latérales et horizontales des ferrures sont fixées par des boulons de 6 et 8 mm de diamètre.

#### ❖ FERRURE SUPERIEURE DE FIXATION DU BÂTI-MOTEUR :

La ferrure supérieure de fixation du bâti-moteur est de construction soudée, elle se compose d'un support à anneau et d'un gousset soudé perpendiculairement au support.

#### ❖ FERRURE INFERIEURE DE FIXATION DU BÂTI-MOTEUR :

La ferrure inférieure de fixation du bâti-moteur est constituée par un support en acier 30 XTCA muni de deux oreilles et présentent un évidement sphérique sur la partie inférieure.

L'oreille supérieure sert à attacher la contre fiche du bati moteur, tandis que sur l'oreille inférieure est fixé la contre fiche de la jambe avant du train d'atterrissage, l'évidemment sphérique reçoit la tête du cric de lavage.



### a-1-8- VERRIERE DU POSTE DE PILOTAGE : voir fig. III-2

La verrière du poste de pilotage se trouve sur la partie avant supérieur du fuselage, entre les couples 1 et 6.

La verrière comprend une carcasse vitrée et deux portes coulissantes. Dans l'axe du symétrie de la verrière se trouve un capot renfermant l'arbre reliant le moteur à la boîte de transmission. La partie avant de ce capot forme un pupitre.

Le poste de pilotage est séparé du compartiment de la boîte de transmission par la paroi arrière de la verrière et par la partie inclinée du compartiment moteur.

La carcasse de la verrière est constituée par du profiles matrices à partir de tôle du duralumin et par un revêtement

Le vitrage de la verrière est en verre organique de 3 mm d'épaisseur le pare-brise gauche et droit situé en face des siège des pilotes sont en «triplex» de 6,5 mm d'épaisseur.

Les glaces de la verrière sont rendues étanches par des rubans thiocol en contacts avec les éléments de carcasse .

La fixation des glaces se fait à l'aide d'une bordure de duralumin et de vis de 4 mm de diamètre.

La porte d'entré dans le poste de pilotage se compose d'une carcasse emboutie portant le revêtement et le vitrage. Voir fig. (III-3 )

La porte est verrouillée en position d'ouverture et de fermeture par un arrêtoir située au bord avant de la porte.

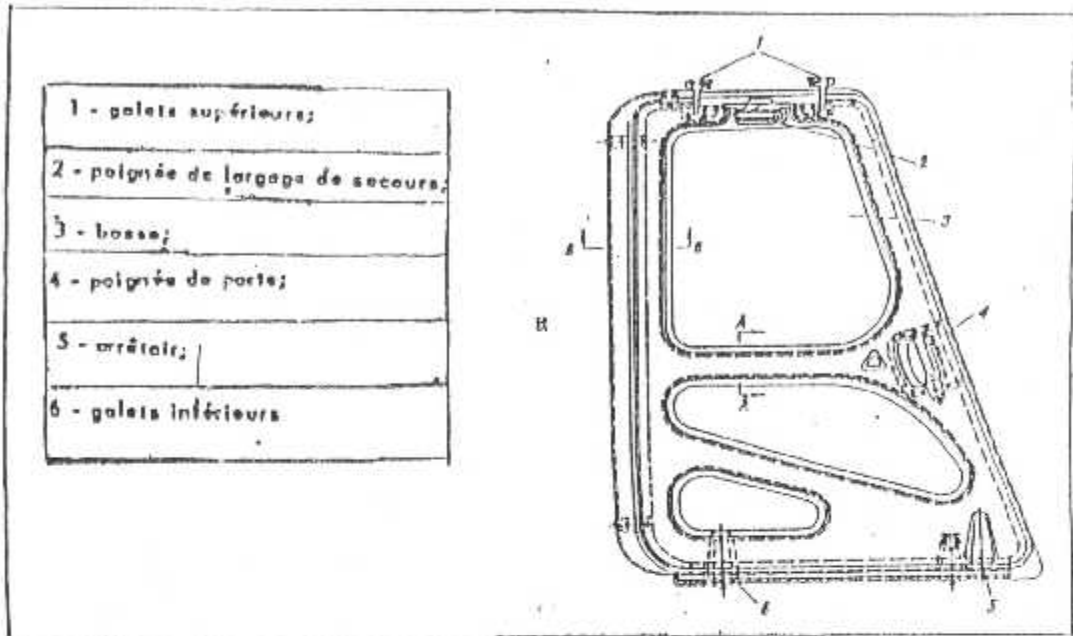


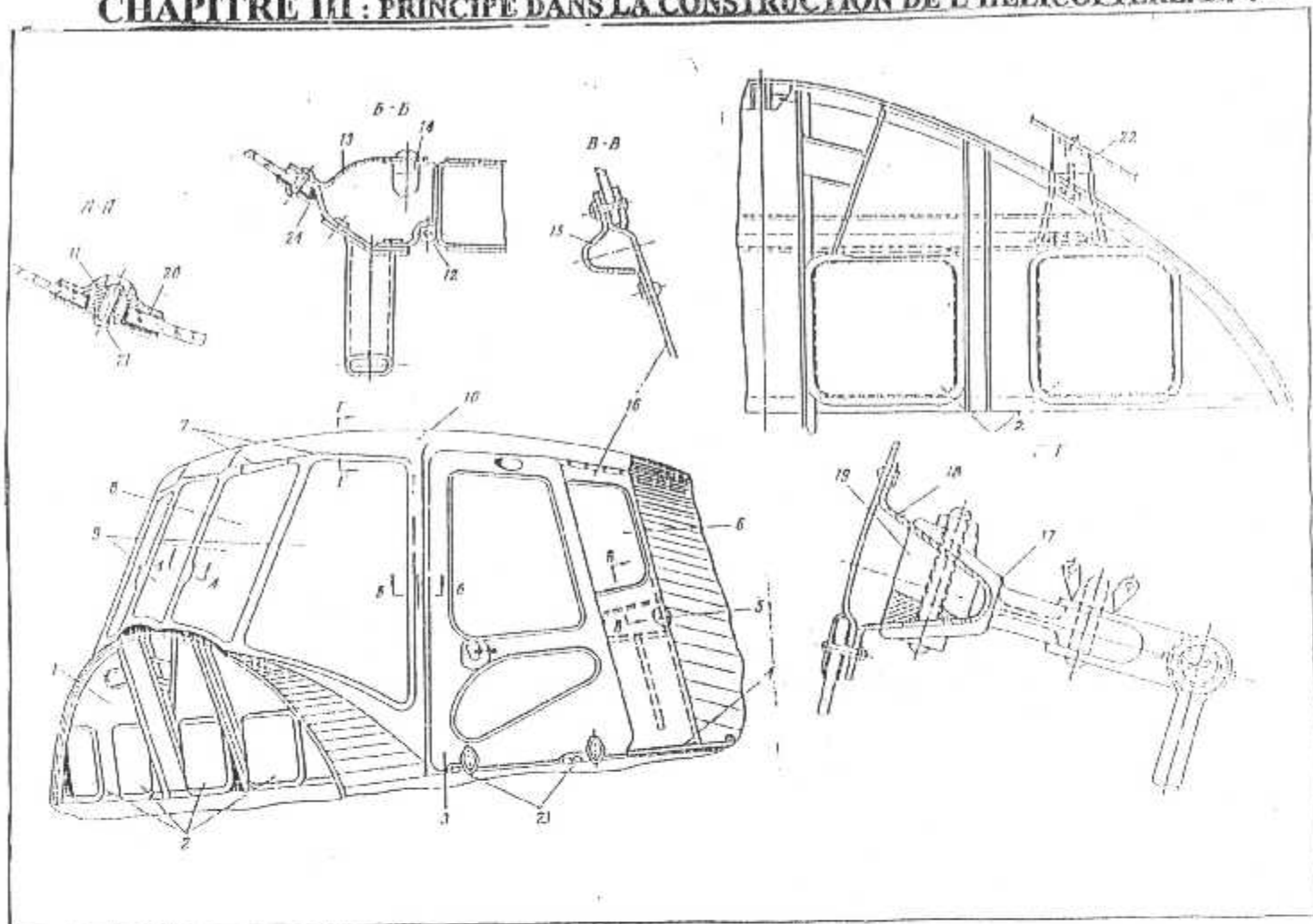
fig. III-2/a: porte de la verrière

**A-1-9- TRAPPE DE LA SOUTE :**

Les trappes de la soute constituent deux moitiés du carénage situé sur la partie inférieure du fuselage entre les couples 14 et 20.

Les trappes sont articulées à l'aide des gonds sur le couple N° 14 de fuselage : en position fermée, les trappes sont fixées l'une à l'autre par trois verrous. Chaque trappe se compose d'une carcasse et d'un revêtement.

Les trappes sont raidies par des barres diagonales en tubes du duralumin reliant entre eux les coins des trappes.



**Fig III-2/b** :verrière du poste de pilotage

1-avant inclinées,2-ouverture pour les pédales du palonnier de direction,3-porte de la verrière,5-paroi arrière,6-glasse de la paroi latérale,7-encadrement du vitrage de la verrière ,8-triples,9-glasse pare-brise,10-revetement supérieure,11-cadre coulé en alliage de magnésium,12-boudin d' étanchéité en caoutchouc,13-redisseur de la bale de porte,14-capuchon spéciale,15-rédresseuse de la avant,16-paroi latérale,17-support de fixation de la visière par soleil,18-rédresseuse avant,19-pièce intercalaire,20-profilé de caoutchouc,21-vis de fixation de la glace,22-support de fixation du tableau de bord,23-butées,24-boudin en mastic de thiocol

# CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE

## a-1-10- NACELLE : Voir fig. (III-3)

La nacelle se trouve sur la partie ventrale avant du fuselage, elle se compose de trois compartiments :

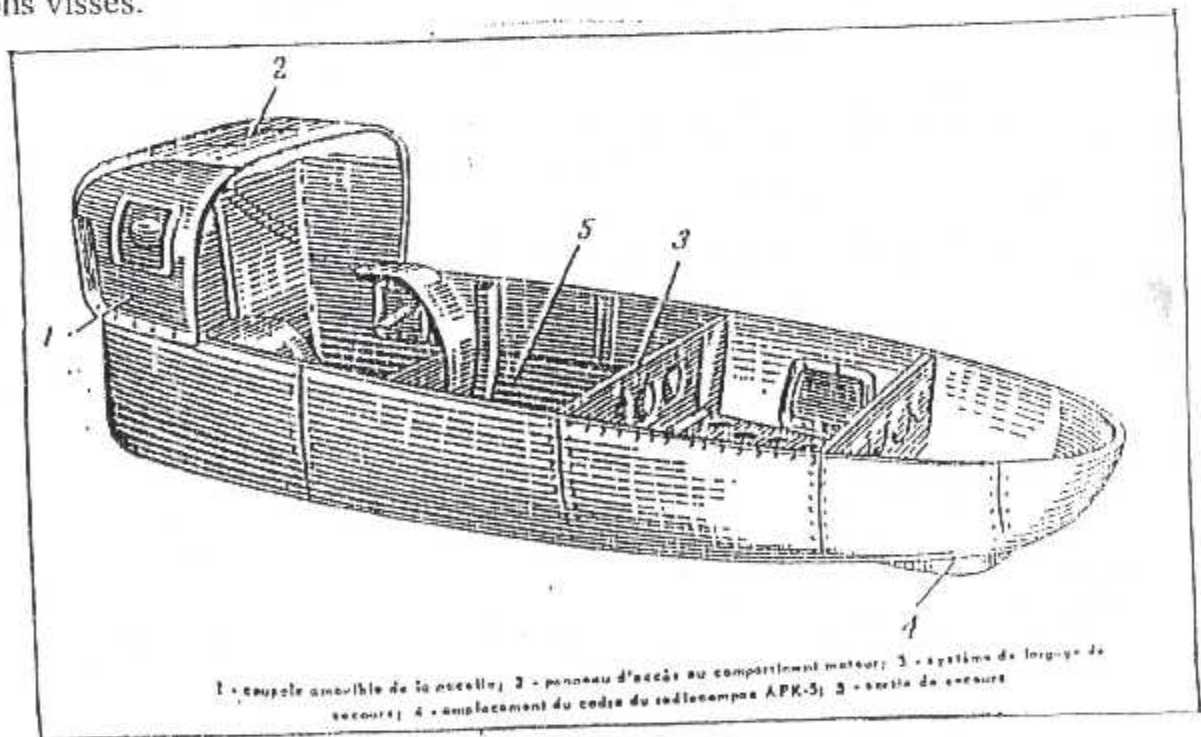
Le compartiment avant est situé devant le couple N°1, sa partie avant formant une coupole amovible, fait partie de la structure du capot moteur.

Le compartiment centrale reçoit un nombre de l'équipage, ce compartiment est muni d'une sortie de secours.

Dans le compartiment arrière est montée l'antenne à cadre du radiocompas APK-5.

La partie avant de la nacelle présente des trous d'accès au moteur et au poste de tir

La fixation de la nacelle sur le fuselage est effectuée à l'aide des raccords et des boulons vissés.



*fig.(III-3) : nacelle*



## CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



### a-2- FUSELAGE DE L'HELICOPTERE DE VERSION DE SAUVETAGE :

Le fuselage et son équipement intérieur subissent en version de sauvetage les modifications suivantes :

- 1- toutes les charges situées dans la nacelle étant à déposer enlève la bouteille d'air comprimé .
- 2-
- 3- Sur le plancher de la soute sont rivetés deux support d'acier et des poutres de duralumin .

### a-3- PARTIE PRINCIPALE DU FUSELAGE DE L'HELICOPTERE EN VERSION

#### PASSAGER :fig. III-4

La partie principale du fuselage comprend le compartiment délimité par les couples 1et 20

Dans la partie inférieur du fuselage, entre les couples 1et 2 se trouve le compartiment avant d'équipement radio 8.

Le panneau inférieure compris entre les couples 2 et 3 .On y accède par deux portes rabattables 7gauche et droite articulées par des gonds et tenues par des verrous à vis.

La cabine de passagers 6 se trouve entre les couples 2 et 14 elle est surmontée d'une superstructure 3 renfermant entre les couples 9 et 14

Entre les couples 14 et 20, on trouve une étagère radio.

Le poste de pilotage 1 se trouve dans la partie supérieure du fuselage au-dessus des couples 1et 6.



Derrière la poste de pilotage se trouve un compartiment pour la boîte de transmission principale montée sur un bâti soudé.

le compartiment 4 situé entre les couples 14 et 20 constitue un prolongement de la cabine de passager, qui sert de soute à bagage et de penderie

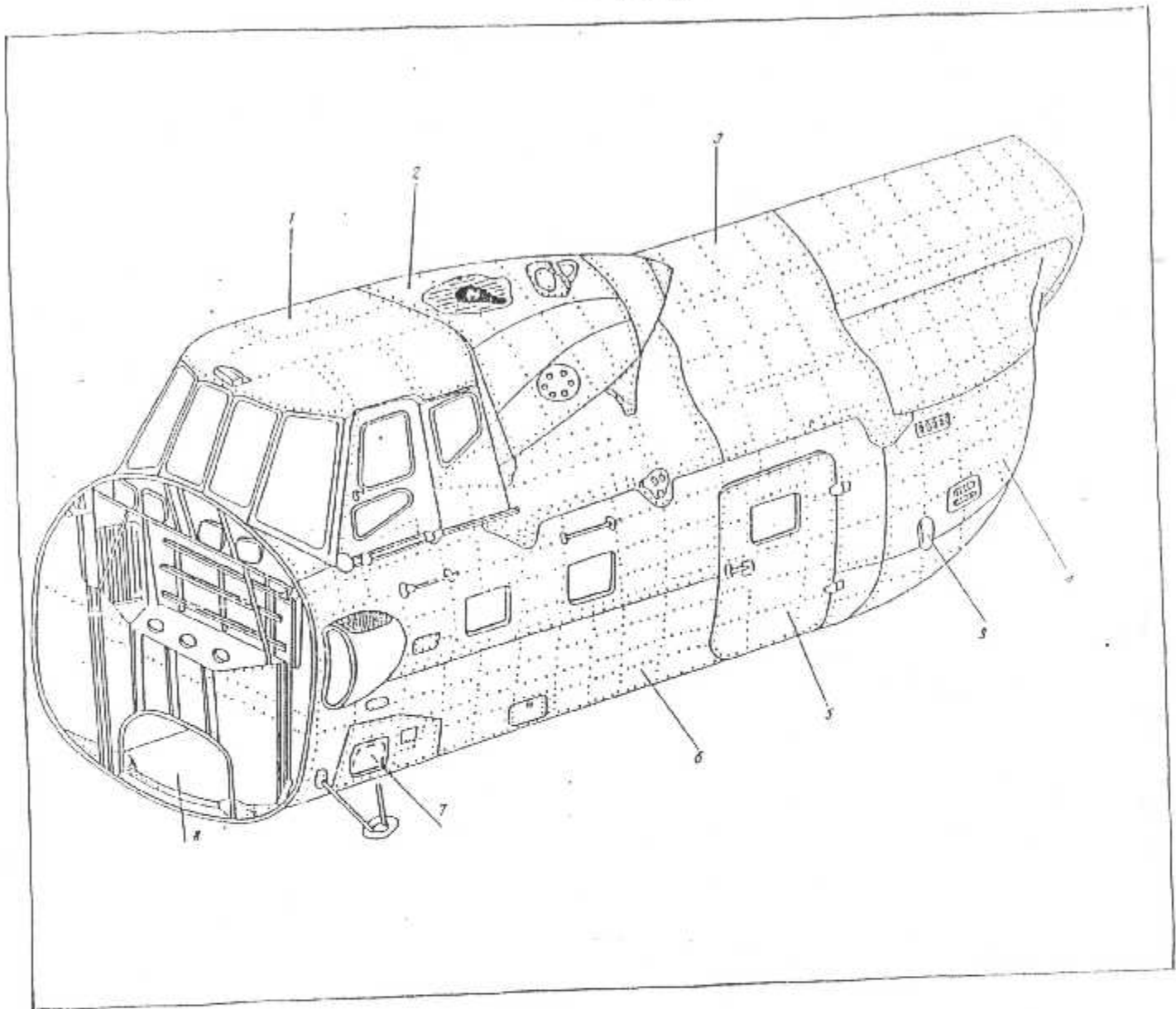
la partie principale de fuselage se termine par le couple N°20 formant le plan d'aboutement de la poutre de queue

L'assemblage de la partie principale du fuselage et de la poutre de queue s'effectue à l'aide de 14 boulons d'acier et de raccorde de duralumin solidaire du couple N°20 du fuselage et du couple N°1 de la poutre de queue.

Les profilés latéraux des couples et les lisses constituent, après l'assemblage, les panneaux latéraux gauche et droite du fuselage.

Les parties supérieures des couples situés au-dessus du plafond de la cabine du passager forment, avec le revêtement et les lisses, la superstructure du fuselage.

Les parties inférieures des couples sont les éléments porteuse de la structure de la cabine de passagers.



*fig. (III-4) : partie principale du fuselage de l'hélicoptère .*

1-poste de pilotage ,2- capot de la boîte de transmission principales,3- superstructure 4- compartiment du fuselage , 5-porte de la cabine de passagers ,6-panneau latéral .

## **CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE**

### **a-3-1- PARTIE ARRIERE DU FUSELAGE DE L'HELICOPTERE EN VERSION PASSAGER :**

La partie principale du fuselage comprise entre les couples 14 et 20 se termine par un compartiment constituant un prolongement de la cabine de passager. cette partie terminale est rivetée sur le couple N°14

Dans la partie arrière du fuselage on a réservé un espace servant de soute à bagage et de penderie.

La paroi droite de la partie arrière est percée ,entre les couples 16 et 17, d'un hublot rectangulaire au vitrage double.

le couple N°18 porte une cloison délimitant le compartiment à bagages .cette cloison est munie, du côté de compartiment à baguage, d'un panneau amovible permettant d'accéder au compartiment compris entre les couples 18 et 20 ...

Entre les couples 15 et 17 se trouve un trou d'accès à la poutre de queue ferme par un panneau tenu par des verrous a vis et ressort.

La partie arrière du fuselage est séparée de la cabine de passagers par un rideau coulissant.

### **a-3-2- CAPOT DE LA BOITE DE TRANSMISSION PRINCIPALE DE L'HELICOPTERE EN**

#### **VERSION PASSAGER :**

Le capot de la boîte de transmission principale ( voir fig. (III-5 )) de l'hélicoptère en version passagers ne présente aucune différence avec celui des hélicoptères cargo, sanitaire et de sauvetage, sauf que sur le panneau rabattable gauche de compartiment du boîte de transmission.

## CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



On a prévu une prise d'air de réchauffage de la boîte de transmission principale en hiver.

### n-3-3- CABINE DE PASSAGERS :

La cabine de passager (Voir fig. (III-4)) occupe l'intérieur de la partie principale du fuselage entre les couples 2 et 15.

Les parties inférieures des couples 2 à 14, ainsi que quatre longerons et six lisses constituent la carcasse du plancher de la cabine de passagers supportant les panneaux amovibles fixés sur le plancher à l'aide de verrous à vis .

Sur le plancher de la cabine de passager sont fixés du support pour le montage des sièges

Les parois gauches et droites de la cabine de passager sont percés de six hublots rectangulaires.

Ces hublots sont dotés de glaces doubles en verres organiques de 3 mm d'épaisseur

La porte d'entrée est située du côté gauche du fuselage entre les couples 10 et 13.

La porte de la cabine de passager est munie d'un verrou du type à automobile à deux poignées : extérieure et intérieure.

De plus, on a prévue un verrou auxiliaire de sécurité qui est bloqué avant le départ à partir d'une poignée située dans le poste de pilotage ou à l'aide d'une clef spéciale située à l'extérieure du fuselage.

## **CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE**



Une marche-pied est fixée sur les contre-fiches du train d'atterrissage, une gouttière est fixée au dessus de la baie de la porte.

La sortie de secours est dotée d'un mécanisme spéciale d'ouverture sur l'hélicoptère sans pilote automatique, le mécanisme de largage se trouve à coté de la porte, tandis que sur les hélicoptère munis des pilotes automatiques, celui-ci se trouve en haut, près du couple N°12

Le trou d'homme de communication entre la cabine de passager et la poste de pilotage est ferme par un battant spécial s'ouvrant vers l'intérieure de la cabine de passager.

Ce battant est muni d'un verrou de type à automobile à deux poignées permettant de l'ouvrir depuis la cabine de passager comme depuis la poste de pilotage.

Le battant étant ouvert, une marche-pieds monte sur lui facilite l'entrée dans le poste de pilotage

La cabine de passager reçoit des sièges et des banquettes pour 11 passagers ou pour 13 passagers (sur l'hélicoptère équipés des pilotes automatiques)—voir fig. : III-4

Les carcasses des sièges et des banquettes se composent des éléments coules en magnésium et des tubes du duralumin.

### **b-POUTRE DE QUEUE : (voir fig. (III-5 ))**

La poutre de queue est de forme d'un cône coupé, sa longueur est de 6460mm.les diamètres des cercles en bout sont de 1000 et 480mm. La poutre est un monocoque au revêtement lisse travaillant, la charpente de la poutre de queue comprend une ossature transversale en couples et une ossature longitudinale en lisse.



L'ossature transversale se compose de vingt couples espacés de façon équidistante suivant toute la longueur de la poutre.

Les couples 1 et 20 constituent les brides d'aboutement avec la partie principale du fuselage et avec la porte-rotor anti-couple.

Tous les couples sont, en tôle du duralumin.

Les couples 5, 9, 13 et 17 portant les supports pour palier de l'arbre à transmission et pour les renvois des commandes, leurs parties supérieures sont renforcées.

Les supports pour les paliers de l'arbre arrière (voir fig. (III-5)) se composent de deux demi-bague en alliage AK6.

Pour assurer la résistance de la poutre aux forces produites par le rotor anti-couple en marche, la partie gauche de la poutre est renforcée par trois couples ouverts matricés en duralumin situés entre les couples 20, 19, 18. Tandis que qu'entre les couples 17 et 16, sur les parties gauches et droites, sont rivetées des diaphragmes.

De plus, le couple N°17 est renforcé par un profilé matricé à cornière.

L'ensemble de lisses se compose de quatorze principales à boudin disposé régulièrement suivant la périphérie et de quatorze lisses supplémentaires de longueurs différentes situées autour du couple N°1.

Les lisses de côté gauche étant destinées à porter des charges plus fortes, Elles présentent une plus grande surface de section que celle de côté droite.

La fixation des lisses sur les couples se fait à l'aide des cornières matricés rivetées.

La caréasse assemblée de la poutre de queue est rivetée de tôles de duralumin de 0,8mm d'épaisseur.

### CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



La poutre de queue porte, près du couple N°16, des ferrures de fixation du stabilisateur et de la béquille de queue.

Les trous de revêtement servant au passage du longerons du stabilisateur sont renforcés par des éclisses rivetées.

Les ferrures de fixation des contre-fiches des béquilles de queue sont en duralumin.

Sous les ferrures sont interposées des éclisses de renfort en duralumin.

Le raccordement de la poutre de queue avec la partie principale du fuselage se fait à l'aide de quatorze raccords matricés de duralumin. La fixation de la poutre porte-rotor anti-couple sur la poutre de queue est assurée à l'aide des raccords identique montés sur le couple N°20.

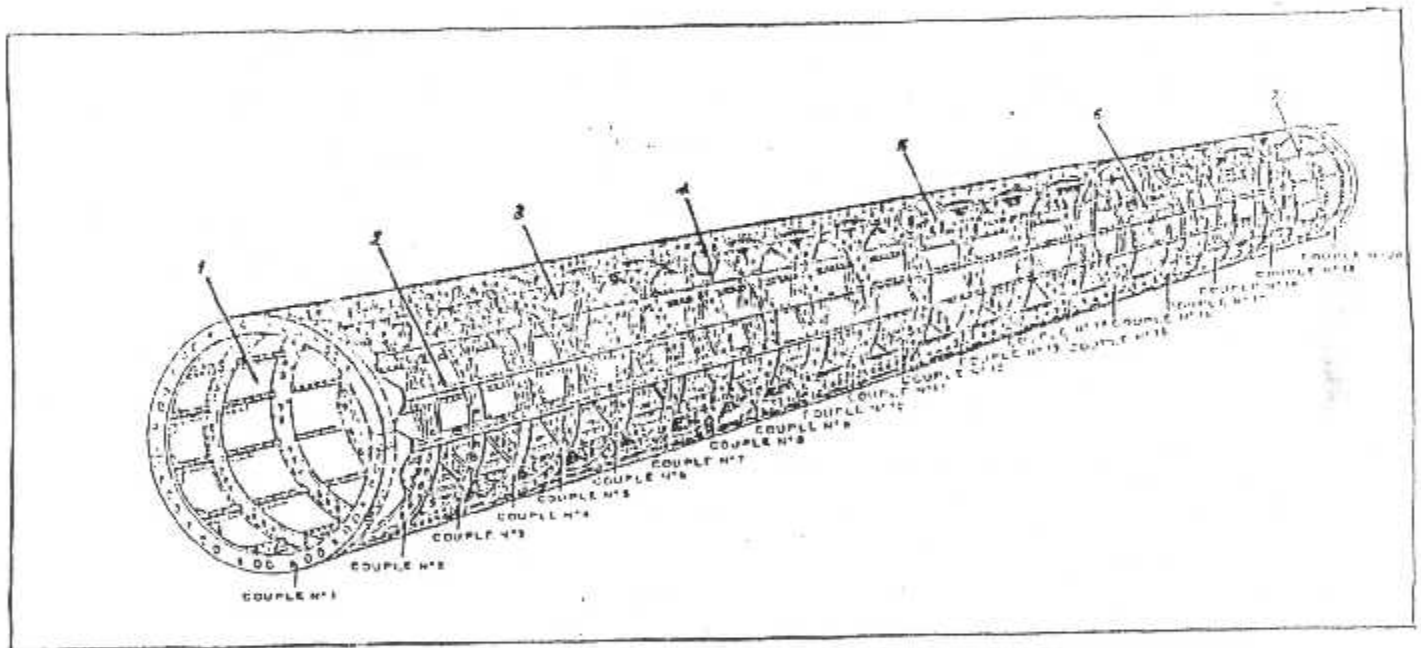


fig. III-5: poutre de queue

1-revetement .2-lisse supplémentaire . 3- lisse . 4-palier d'arbre arrière . 5- support de fixation du renvoi de commande . 6-diaphragme . 7- couple ouvert .





**c-POUTRE PORTE-ROTOR ANTI-COUPLE: (Voir fig. (III-6))**

La poutre porte-rotor anti-couple constitue la prolongement de la poutre de queue

La charpente transversale de la poutre se compose de dix couples matricés en tôle de duralumin.

L'ossature longitudinale est constituée par des lisses en cornière et diaphragmes, ces éléments étant également en tôles de duralumin

La carcasse de la poutre porte-rotor anti-couple est revêtue des tôles de duralumin de 1.2 et 1.5 mm d'épaisseur .

L'assemblage de la poutre porte-rotor anti-couple avec la poutre de queue est effectué suivant le premier couple à l'aide des raccords d'aboutement et des boulons de 8mm de diamètre .

Le couple N°3 porte la boîte de transmission intermédiaire présente une bride rivetée matricée en alliage d'aluminium AK6.

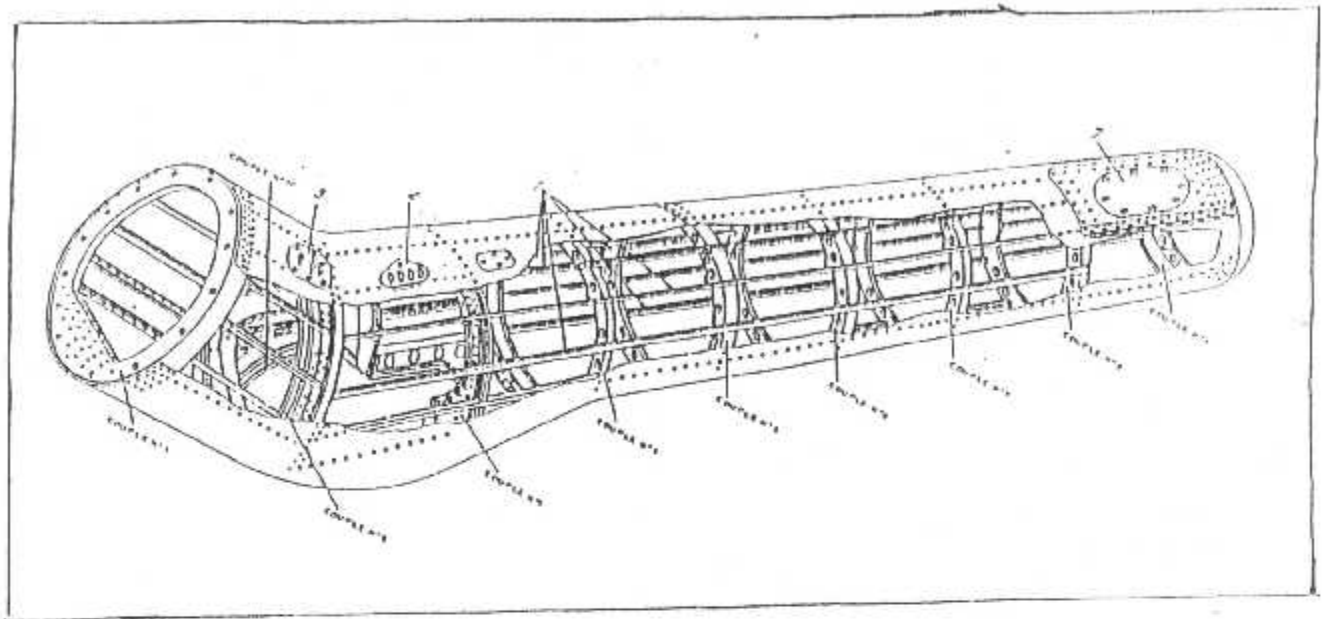
Cette bride est dotée de passage situé en quatre points et servant à la fixation de la boîte de transmission. Ainsi qu'une rangée de nervures de rigidités.

La boîte de transmission arrière est fixée sur le couple N°9.

Ce couple est fixé par un triple rivure.

l'endroit de raccordement est renforcé par une bande supplémentaire .

Les couples N°3 à 9 sont percés des ouvertures encadrées servant au passage des câbles de commande du rotor anti-couple .



*fig. (iii-6) : poutre porte- rotor anti-couple*

1-lisse,2- porte de visite du cardon supérieur de l'arbre d'extrémité

### **STABILISATEUR :**

Le stabilisateur se compose de deux plans gauches et droits, situés symétriquement par rapport à la poutre de queue

Les deux parties du stabilisateur sont de construction rivetées : chacune d'elle se compose d'un ensemble de nervures et de diaphragmes, d'un revêtement frontal en duralumin, d'un longeron avec tube, d'une lisse de fuite, d'un saumon et d'un revêtement en toile

Les nervures et diaphragmes sont matricés en tôle de duralumin

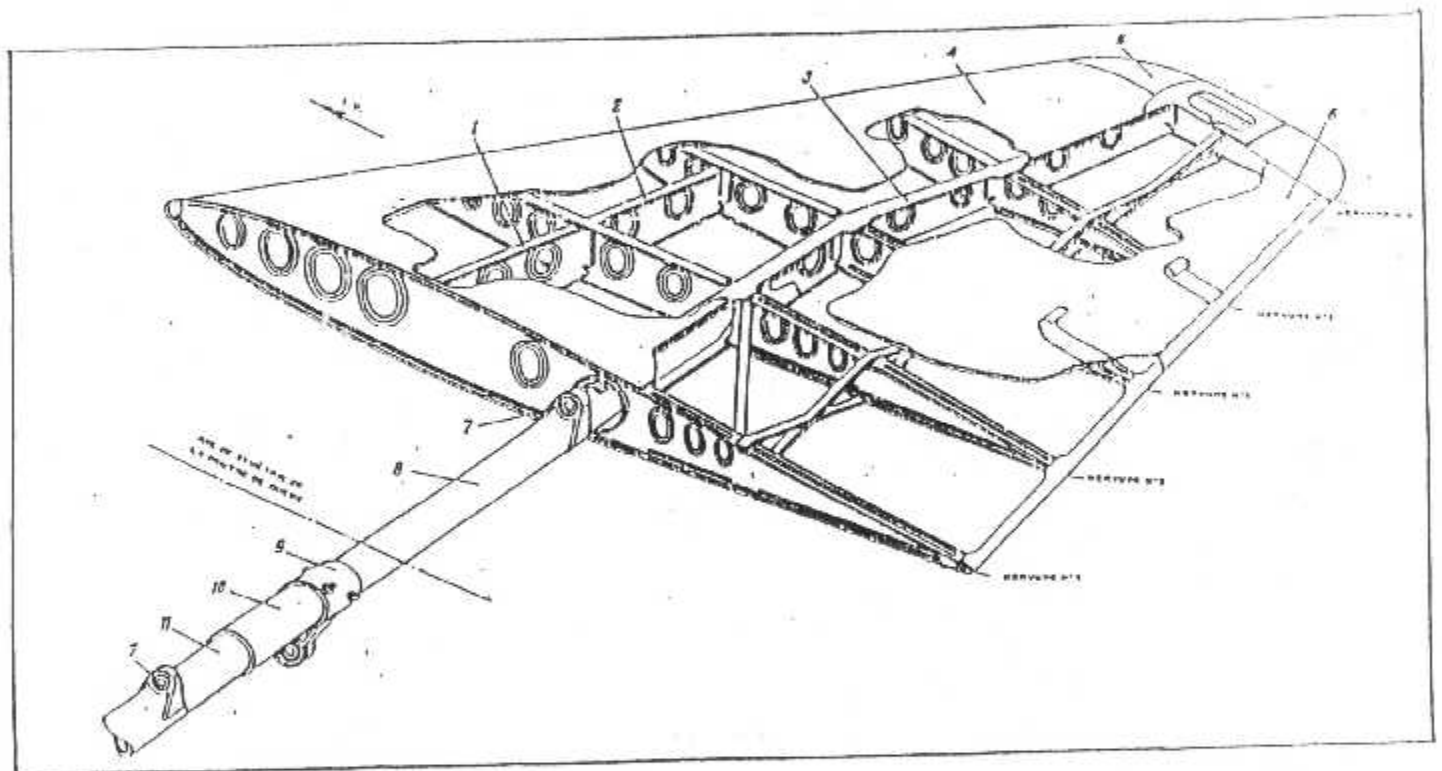
## CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



Le revêtement frontale en tôle de duralumin 0.8mm d'épaisseur recouvre la partie frontale du stabilisateur .

Le longeron est matricé, en duralumin, à section en U son extrémité présente un logement étampé qui reçoit le tube constituant le prolongement du longeron et sortant de la nervure d'emplanture .

Les lisses de fuite en tôle du duralumin relie entre elles les queues des nervures et forme le bord de fuite du stabilisateur .



*fig. (III-7) : Stabilisateur*

1et2 diaphragmes,3-longeron de stabilisateur ,4-revêtement ,5-soumon ,6-revêtement 7- ferrure d'articulation du stabilisateur ,8-tube de longeron 9-guignol ,10-monchon de raccordement ,tube de longeron .

### -EQUIPEMENT AUXILIAIRE :

L'équipement auxiliaire est déposé dans le poste de pilotage et dans la soute.

## CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



L'équipement de la soute peut être exécuté en trois versions : transport du personnel, cargo et version sanitaire.

### -POSTE DE PILOTAGE :

La poste de pilotage reçoit deux sièges facilement amovibles.

Le siège de pilote se compose d'un baquet embouti de duralumin et d'un dispositif élévateur.

Le dossier du siège est renforcé par deux profilés en U prolongés jusqu'au-dessous du baquet et portant les supports de fixation du siège.

Le baquet du siège est armé des profils matricés à boudin de deux côtés du baquet sont fixés deux crampons d'attaches des bretelles de sécurité standard.

Les supports de fixation du siège sont de construction soudée en acier .

Les supports avant et arrière sont fixés sur des ferrures du plancher de la cabine par des goupilles d'arrêt.

La plage de réglage en hauteur est de 105mm, tandis que l'inclinaison du dossier peut être réglée entre  $20^{\circ}50'$  et  $23^{\circ}50'$  (**fig.8**).

Le siège du copilote est de construction identique sauf que son dossier est articulé de sorte qu'il peut être rabattu vers le droit pour faciliter l'accès au poste de pilotage à partir de la soute.

En position normale le dossier est bloqué par un verrou.

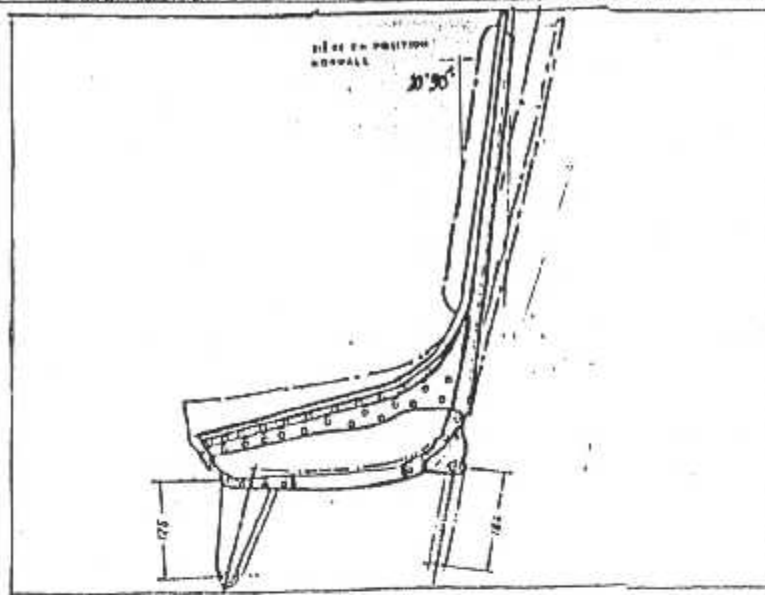


fig. III-8 : réglage de position du siège de pilote

## -LA SOUTE :fig. III-9

La soute se trouve dans la partie principale de fuselage, Les parties inférieures des couples constituent la carcasse du plancher sur laquelle sont logés les panneaux amovibles du plancher.

Ces panneaux sont fixés à la carcasse par des verrous à vis.

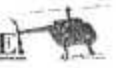
Chaque panneau est en tôle striée (norme 388AH-3).

La surface entière du plancher (excepté les panneaux amovibles) est recouverte d'une couche de liège émietté, pour éviter le glissement.

L'amarrage des charges se fait à l'aide de treize anneaux montés sur le plancher.

Chaque anneau à boulon est fixé sur une ferrure rivetée sur le couple et la poutre longitudinale.

### CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



Sur le plancher sont également rivetées les ferrures de fixation du treuil et de la corne de charge.

A gauche et à droite de la partie avant de la soute se trouvent les compartiments recevant les containers des batteries d'accumulateurs (pour les hélicoptères équipés des pilotes automatiques)

Pour accéder au poste de pilotage à partir de la soute on a prévu une échelle légère En tube de duralumin.

La partie supérieure de l'échelle est accrochée à un étrier fixé sur le bord du plancher du poste de pilotage.

l'hélicoptère étant utilisé en versions sanitaires ou transport de frets, cette échelle est pliée et attachée avec une bretelle à la paroi droite de la soute.

#### -EQUIPEMENT DE TRANSPORT DU PERSONNEL :

Pour le transport du personnel on a prévu des sièges le long des deux parois de la soute (**fig-9**). Ces sièges peuvent recevoir 11 hommes ; en version de sur charge des sièges supplémentaires peuvent être installés, ce qui permet de transporter 15 hommes équipés.

Un des sièges (avant gauche) est installé en permanence.

Les sièges sont de construction rivetée se composant de diaphragmes de duralumin revêtus de tôles en alliage MAB.



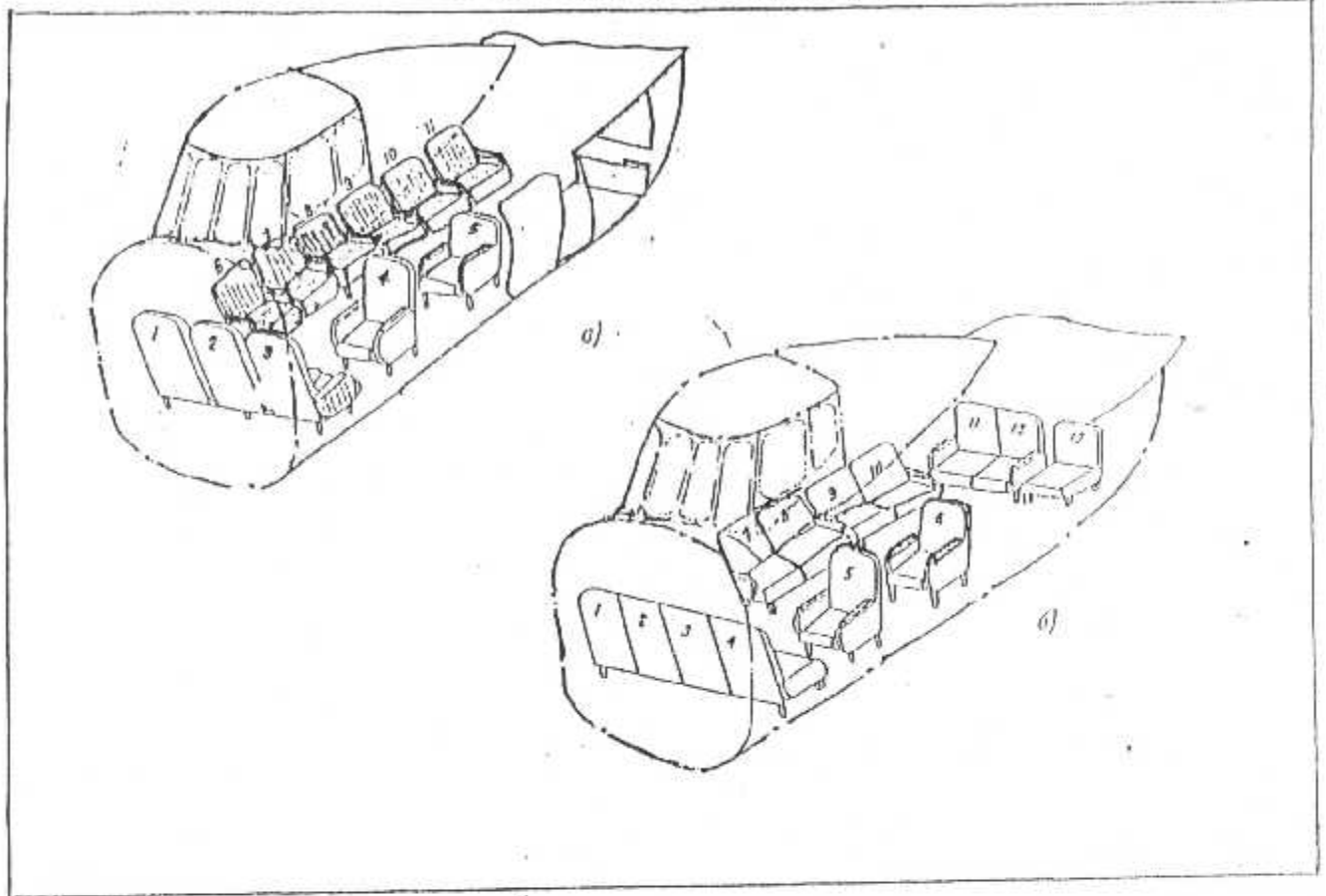


fig. III-9 : disposition et numérotage des sièges et des banquettes de passagers

a- version à 11 places . b- version à 13 places .

### EQUIPEMENT DE MANUTENTION :

L'embarquement des charges ombrantes se fait par une porte à l'aide des rampes d'embarquement .les trappes de la porte de chargement s'ouvrent dans le sens latérale et sont immobilisés des contrevents spéciaux.

Les rampes d'embarquement sont en levées de leurs places au plafond de la soute, les unes extrémités étant mises du sol et les autres, dans des logements des supports de la l'encadrement d'acier du plancher au droit du couple N°14 selon la voie des roues du matériel à embarquer les rampes peuvent être placées à différentes distances l'une de l'autre.



Les rampes d'embarquement sont constituées par des poutres rivetées en profilée et tôles de duralumin

Les tapis des rampes sont en contre-plaqué de 4mm d'épaisseur et recouverts d'une couche de liège émiette, pour éviter le patinage.

### -EQUIPEMENT SANITAIRE : Voir fig. III-10

En version sanitaire, la soute de l'appareil reçoit huit brancards pour les malades, un siège et une table pour le médecin et le menues équipement sanitaires

Les brancards standards sont embarqués par les rampes et la porte de chargement. ils sont placés est disposées en deux ou trois étages .

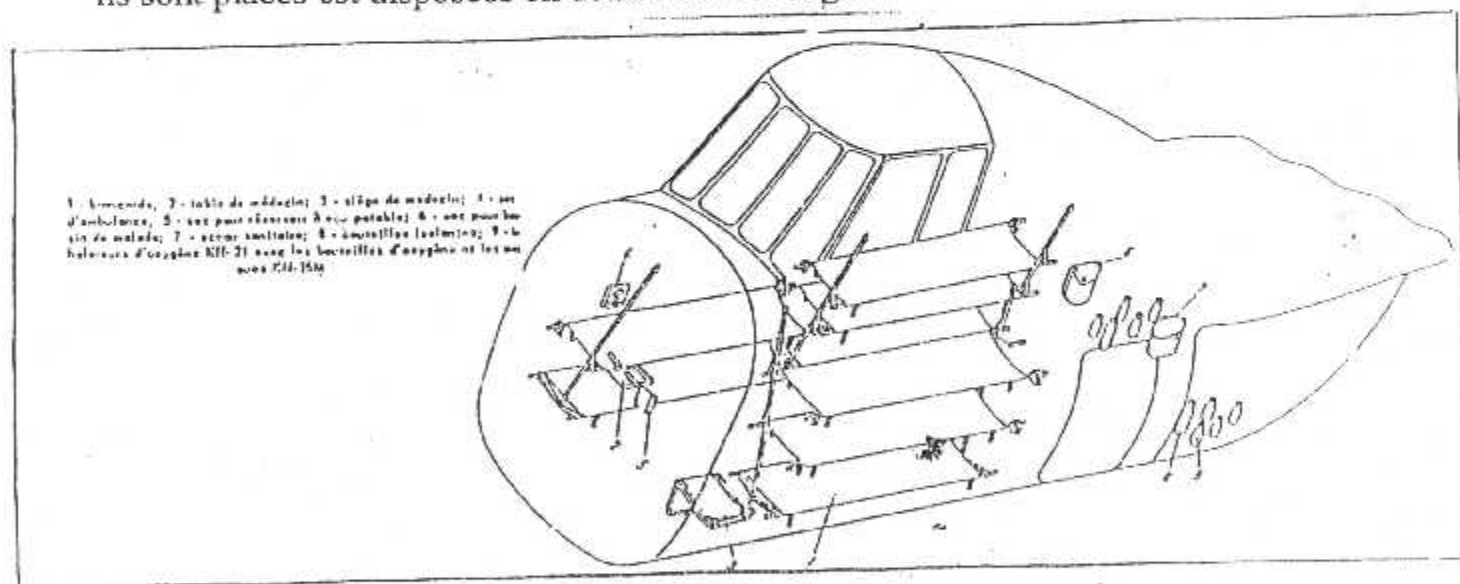


fig. III-10 : emplacement de l'équipement sanitaire

en version sanitaire, l'ouverture du plancher située au-dessus de la nacelle est fermée par un panneau spécial, comme en version cargo

Pour le médecin, on a prévue un siège située à la paroi gauche, près du couple N°3, et une table rabattable articulée sur le conduit d'amenée d'air.





**III-2-2- ROTOR SUSTENTATEUR :**

**GENERALITE :**

Le rotor sustentateur (principale) du l'hélicoptère sert à créer la force portante et la poussée, ainsi qu'a assuré le pilotage de l'hélicoptère en roulis et en tangage.

Le rotor sustentateur est un ensemble complexe se composant d'une tête et de quatre pales

La construction du rotor sustentateur est conçue de façon à permettre à ses pales, des mouvements oscillatoires dans le plan vertical, et des mouvements oscillatoires dans le plan de rotation du rotor

Tous les éléments de la tête du rotor sustentateur et les pales sont conçues pour résister non seulement aux charges statiques, mais aussi à la fatigue, et soumis à un essai de résistance aussi vibrations

**CARACTERISTIQUES DU ROTOR SUSTENTATEUR :**

- \*Nombre de pales.....4
- \*Diamètre de rotor .....2,1m
- \*Sens de rotation .....à gauche

**a-PALE DE ROTOR SUSTENTATEUR : (Voir fig. (III-11 ))**

La pale du rotor sustentateur est de construction mixte.

Elle se compose d'un longeron tubulaire d'acier et d'une carcasse en bois revêtue de contre-plaque et de la toile

### CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



Chacune des quatre pales est raccordée à la tête du rotor sustentateur à l'aide d'un embout à chape et de boulons en acier 18 X HBA de 22mm de diamètre.

Le longeron comprend un embout à chape et un tube de section variable

L'embout est emmanché sur le tube du longeron et fixé sur celui-ci par des rivets de 6mm de diamètre en acier spéciale

la fixation des nervures sur le longeron se fait à l'aide des rosaces matriçées en tôle d'acier de 0.8mm d'épaisseur

Les rosaces sont rivetées sur les nervures par des rivets du duralumin et fixée sur le longeron par brasage et par deux rivets d'acier situés suivant l'axe neutre du longeron

La carcasse de la pale est revetue par collage du contre-plaque de 1.5mm d'épaisseur Sur les parties s'étendant de la nervure N°2 à la nervure N°4 et de la nervure N° 27 à l'extrémité de la pale.

La carcasse entière est revetue du contre -plaque, tandis que sur les autres parties, elles ne sont que sur l'avant.

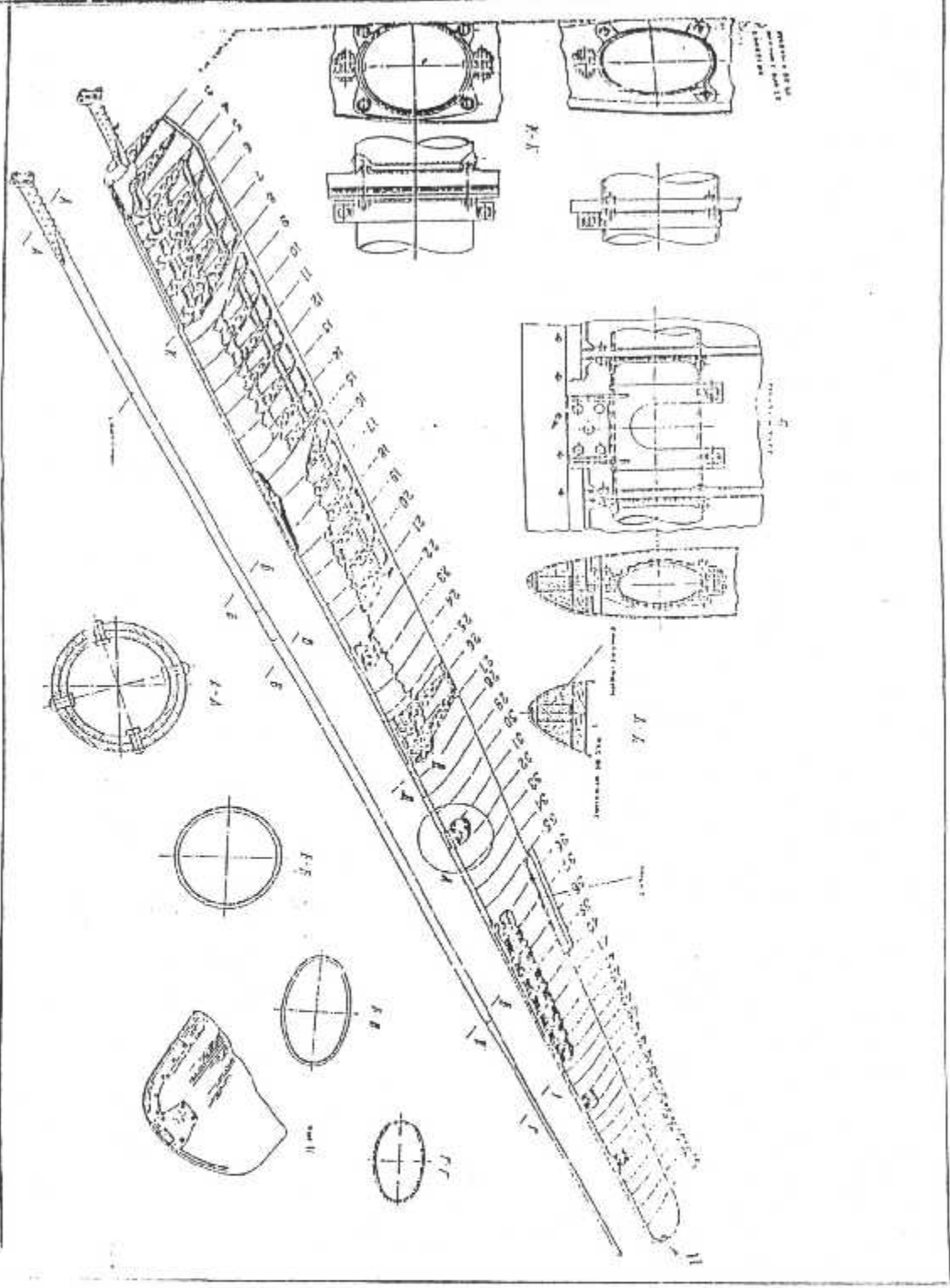


FIG. III-12 : Pale du rotor sustentateur

**b- TETE DU ROTOR SUSTENTATEUR :**

La tête du rotor sustentateur sert à transmettre la rotation de l'arbre de la boîte de transmission principale aux pales du rotor, à porter les charges aérodynamiques créées aux pales et à transmettre ces forces au fuselage.

### CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



La tête du rotor sustentateur de l'hélicoptère M H-4A est équipée des charnières séparées permettant les battements verticaux, horizontaux et la rotation autour de l'axe longitudinal de la pale.

Une telle mode d'articulation des pales sur la tête du rotor leur permet d'osciller autour des charnières horizontales et verticales sous l'action des forces aérodynamiques et d'inertie alternantes pendant le vol de transition. Il en résulte une diminution considérable des contraintes alternantes dans les pales du rotor sustentateur.

De plus, les charnières horizontales permettent d'annuler l'action sur le fuselage du couple des forces aérodynamiques.

Les oscillations de la pale autour de l'axe de la charnière verticale sont amorties à l'aide d'un amortisseur à friction.

Pour pouvoir modifier l'angle d'incidence des pales, ces dernières sont fixées sur la tête d'une façon axiale (charnière axiale).

Ainsi, c'est à l'aide de trois charnières que les pales sont articulées sur le corps de la tête du rotor sustentateur, donc sur l'arbre de la boîte de transmission principale.

Pour rendre plus stable le mouvement de la pale et améliorer les caractéristiques de l'hélicoptère, on a prévu un couplage cinématique entre les angles d'incidence de la pale et des mouvements autour de la charnière horizontale (l'angle de battement vertical) la tête est munie d'un dispositif dit "compensateur de battement vertical".

La tête comprend de même un limiteur centrifuge de flèche des pales.

## **CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE**

Le rotor sustentateur tournant aux régimes de service, les pales montent l'effet des forces centrifuges et aérodynamiques et subissent une flexion vers le haut, ce qui augmente considérablement l'espace entre leurs extrémités et la poutre de queue.

Les éléments principaux de la tête du rotor sustentateur sont les suivants :

- Corps de la tête
- chape .....4 pièces
- tourillon de l'articulation axiale
- Corps de l'articulation axiale
- guignol de pale

### **III-2-3- ROTOR ANTI-COUPLE :**

#### **a-ROTOR ANTICOUUPLE B-531-X3 :**

##### **a-1 GENERALITE:**

Le rotor anti-couple B-531-X3 est triple, du type propulsif, à pas réglable en vol.

Pour la commande en lacet au régime d'auto rotation, on peut le mettre en régime de traction

Le rotor anti-couple est conçu pour fonctionner dans les conditions de balayage oblique, son plan de rotation n'étant pas perpendiculaire, en vol, au vent relatif, pour assurer le délestage des pales, leur bonne fixation et pour supprimer les vibrations, les pales du rotor B-531-X3 sont munies des articulations qui leur permettent de s'écarter.

en marche des plans de rotation, de sorte qu'elles sont aminées d'un mouvement de battement

## CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



Lorsque l'hélicoptère se met en mouvement de translation, le rotor anti-couple est entraîné par le moteur ou par le rotor sustentateur (pendant le vol sur moteur arrêté).

Pour éviter le givrage des pales en vol, le rotor B-531-X3 est équipé d'un dégivreur à liquide.

### CARACTERISTIQUES DU ROTOR ANTICOUPLE B-531-X3 :

*Désignation et type du rotor.....	B-531-X3, de droite, Propulsif.
*Diamètre.....	3.6m
*Nombre de pales.....	3
*Sens de rotation.....	à gauche (on regardant du Côté de la bride de l'arbre).

### CONSTRUCTION DU ROTOR ANTICOUPLE B-531-X3 :

Le rotor B-531-X3 se compose de trois pales et d'une tête.

Les pales sont de construction non métallique, leurs principaux éléments porteurs sont en bois et en matière plastique renforcées du bois.

Suivant le bord d'attaque, la pale est renforcée par un longeron en boudin laminé colée.

Ce longeron est en poutre de section constante, la pale est revêtue du bois contre-plaqué de 2mm d'épaisseur, soutenu par les nervures et le matériau de remplissage.

Les nervures en pin sont collées entre le longeron et la lisse arrière:



Les espaces entre les nervures sont remplis d'une matière plastique mousse.

Le revêtement de contre plaqué de la pale porte une couche en toile claire de lin  
Une couche dure en celluloïd et une couche de la peinture nitro-cellulosique.

Les pales sont de couleur kaki, leurs extrémités sont de couleur jaune

La pale est fixée sur la tête par une pièce intermédiaire appelé «embout», fabriqué en acier.

La fixation de cet embout sur la pale se fait par douze boulons qui passent à travers le longeron de la pale et transmettant les efforts à la tête du rotor.

L'embout porte quatre chapes à trous servant à fixer la pale sur le corps de la charnière axiale.

Il comporte de plus deux contre-poids situés de façon symétrique et servant à composer les couples de torsion dues aux forces centrifuges et à faciliter la commande du rotor.

Ces contre-poids se composent de supports, de boulons et d'un jeu de rondelles de poids.

La charnière axiale de la tête se compose essentiellement d'un corps, d'un écrou, d'un tourillon, de roulements à billes et à rouleaux et de bague d'étanchéité en caoutchouc le corps de la charnière axial présente latéralement un passage destiné à la fixation du levier de commande des pales.

L'écrou et le tourillon de la charnière axiale présentent des chemins de roulement cimentés et polis dans les quels sont mis 20 billes de 9/16 '' de diamètre qui

### CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



forment ainsi un roulement à poussée radial et axial. De l'autre côté, un roulement à rouleaux sert de butée.

Posée une bague régulatrice servant à obtenir des tensions nécessaires dans le filetage et le roulement : cette bague assurée en même temps la fixation de la poche du dégivreur.

Les bagues de caoutchouc de la charnière axiale sont destinées à assuré l'étanchéité de la charité des roulements et à éviter les fuites de l'huile de graissage.

Le tourillon de la charnière axial porte deux chapes articulées sur la charnière horizontale.

Cette dernière comprend essentiellement un maneton, des roulements à aiguilles, des joints d'étanchéité et des pièces de fixation

L'élément principale de la charnière horizontal et le maneton qui transmet les efforts du tourillon de la charnière axial au corps de la tête par l'intermédiaire des roulement à aiguilles.

Les roulements à aiguille comprennent deux cages extérieures et deux bagues intérieures entre lesquelles roulent des rouleaux en aiguilles de 4mm de diamètre et de 40 mm de longueur.

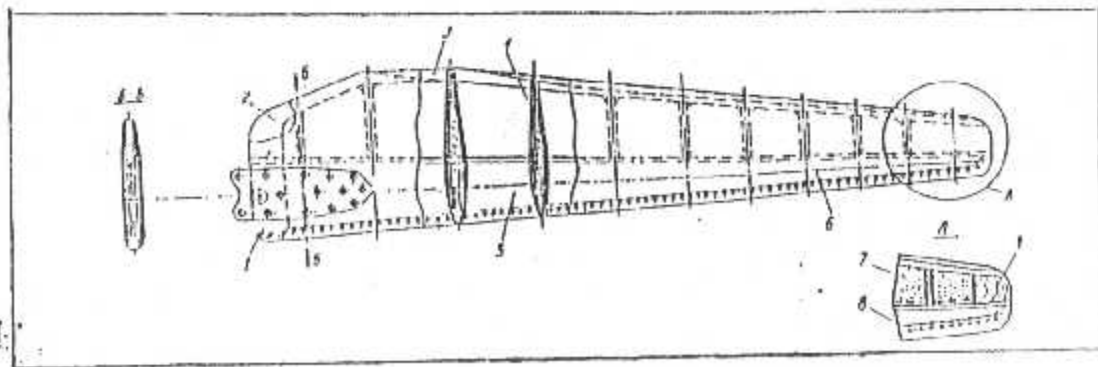


fig. III-12 : pale du rotor anti-couple b-531-x3





*fig. III-12 : pale du rotor anti-couple b-531-x3*

1- bossage d'implanture . 2- arceau . 3- lisse arrière . 4-nervure . 5-longeron . 6- revêtement . 7-plastique mousse . 8-armature .9-bossage d'extrémité .

Le corps de la tête constituent l'élément porteur principal du rotor se compose de trois branches et d'une partie centrale dans laquelle se vissent six goujons fixant le rotor entier sur la bride de l'arbre de la boîte de transmission.

**ROTOR ANTICOUPLÉ B-531-X2 :**

**CARACTERISTIQUES :**

- \*Désignation et type du rotor ..... B-531-X2 de droite, propulsif.
- \*Diamètre ..... 3.6m
- \*Nombre des pales..... 3
- \*Sens de rotation ..... à gauche (en regardant du coté de la bride de l'arbre de transmission)

**CONSTRUCTION DU ROTOR ANTI-COUPLE B-531-X2 :**

Comme le rotor B-531-X3, le rotor B-531-X2 se compose de trois pales et d'une tige.

Cette dernière est identique à celle du rotor B-531-X3.les pales sont creusées Le bord d'attaque de la pale comprend un longeron en pin et en bois contre plaqué «Delta». Le longeron se présente comme une poutre de sections égales.

La pale est dotée d'un revêtement en contre plaque porte par des nervures et des lisses.

### CHAPITRE III : PRINCIPE DANS LA CONSTRUCTION DE L'HELICOPTERE



Le revêtement est en contre-plaque de bouleau renforcé d'une couche de bakélite de 1.5mm d'épaisseur.

Le collage se fait à la colle résineuse BNAM-B3

Le ferrement du bord d'attaque de la pale est en tôle de laiton de 0.8mm d'épaisseur

Quatre sections sont mises à l'air libre par un trou de 3mm environ pratiqué à l'extrémité de la pale.

Pour rendre plus solide le pied de la pale, celui-ci est réalisé entièrement en contre-plaque «delta »

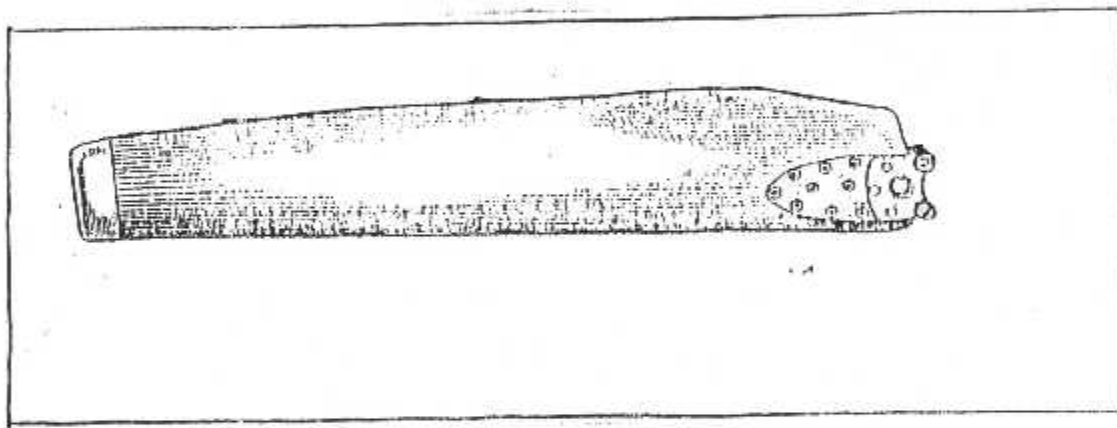


Fig. III-13: pale du rotor anti-couple B-531-X2

# Conclusion

**Conclusion:**

Le travail nous a permis d'acquérir des connaissances générales sur l'hélicoptère, en particulier sur la construction de l'hélicoptère type (M<sub>H</sub>-4A).

L'hélicoptère, quoi que l'on puisse en dire, resté une machine étrange conservant un côté magique et mystérieux.

Néanmoins, nous avons essayé d'éclaircir l'intérêt du fonctionnement des éléments essentiels qui le constitue, ainsi que la description générale et à la fin, en particulier la construction de l'hélicoptère type (M<sub>H</sub>-4A).

Souhaitons bien que notre mémoire servira aux promotions futures et qu'il sera une documentation.

# Bibliographie

## Bibliographie

- 1: Pierre Lefort, Jaques Hamman  
"Théorie et pratique de l'hélicoptère" 1987.
- 2: Izourene Mohand et Berkane Arezki  
"Particularité de construction du rotor sustentateur type articulé"  
Mémoire de technicien supérieur à l'université de Blida. Institut  
d'aéronautique.
- 3: Technologie des aéronefs  
"Anonyme: ENTA" 1987
- 4: Encyclopédie de luxe, Encarta 2002.
- 5: Bouchareb Djazia et Brikat Nacera  
"Description générale sur les hélicoptères"  
Mémoire de technicien supérieur à l'université de Blida. Institut  
d'aéronautique. 2002.