

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB - BLIDA  
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT D'AERONAUTIQUE  
OPTION: Structures



thème



ETUDE TECHNOLOGIQUE DES COMMANDES DE VOL ET  
LES DISPOSITIFS AILES SUSTENTATEURS  
(BORD DE FUITE 737-200)

Suivi par:

M. Medahi Lakhdar

M. Benouda Ibrahim

Réalisé par:

Hammoum Samira

Hannaizi Sakina

ANNEE UNIVERSITAIRE 2004-2005

## *Remerciement*

*Nous remercions tous ceux que nous ont aidés de près ou de loin à réaliser notre projet de fin d'étude.*

*Tout en commençant par nos promoteurs Mr. MEDAHI LAKHDAR et Mr. BENOUDA IBRAHIM qui nous a beaucoup aidé et orienté pendant tout notre projet.*

*Nos remerciements vont également à:*

*L'équipes de la base de maintenance "Structure et Composite".*

*A tous les amis de département d'aéronautique.*

*Nous tenons à remercier nos professeurs du département d'aéronautique qui nous ont enseignés pendant notre étude universitaire.*

## DEDICACES

*Je remercie le bon dieu, de toute ma vie puissant de aider à faire ce travail.*

*Je dédiais ce modeste travail a mes très cher parents que j'aime énormément, pour tous ce qui il sont fais pour moi durant tous mes étude et pour qui ma aider toujours.*

*A mes frères CHAKIB, IHSEN.*

*A mes sœurs AMINA, FARAH.*

*A ABD ELRACHID, SALIM et ma grand mère RABIAA*

*A toute la famille tefahi, hammoum.*

*A mes collègues de l'université de BLIDA, ou en a passé d'agréables moments.*

*A mes fidèle ami FERIEL, IHSEN, KARIMA, NABILA*

*A tous qui j'aime.*

*A vous tous je dédie ce modeste travail.*

*SAMIRA*

## DEDICACES

A mes très chers parents qui m'ont tout donné et ont fait pour que je sois bien éduqué, et grâce à eux je suis arrivée à réaliser mon rêve d'étude. A mes frères et sœurs surtout MOHAMED.

A ma cousine SELMA

A toute ma famille.

A mes collègues de l'université de BLIDA, où en A passé d'agréables moments.

A ma fidèle ami WAHIBA.

A tous ceux qui m'aiment.

A vous tous je dédie ce modeste travail.

sakina

Notre étude a voit l'objet d'une système de commande de vol.  
Cette étude comporté une étude descriptive et technologique ainsi que  
la maintenance des commandes et volet Borde de fuite.

Our study has as subject of ordering of flight this study includes  
the decryption, technological and maintenance of his system.

الدراسة التي قمنا بها تدور حول نظام تحكم الطيران.  
هذه الدراسة تحليلية و تكنولوجية و أيضا الصيانة  
لهذا الجهاز.

## PARTIE : I

### HISTORIQUE

1. HISTORIQUE DE L'ENTREPRISE : .....	3
1.1. HISTORIQUE : .....	3
1.2. EVOLUTION : .....	3
• Composition de la flotte : .....	4
• Commerciale : .....	4
• Cargo : .....	4
1.3. ORGANISATION DE LA DIRECTION TECHNIQUE : .....	4
• Planning production control: .....	5
• Engineering support .....	5
• Production: .....	6
• Controller production: .....	6
• Marshalling: .....	6
• Organigramme d'air-algerie : .....	7
2. HISTORIQUE DE BOEING : .....	8
2.1. PRÉSENTATION : .....	8
2.2. GENÈSE ET CROISSANCE DE BOEING : .....	8
2.3. UN GEANT DE L'AVIATION : .....	9
2.4. BOEING À LA CONQUÊTE DE L'ESPACE : .....	10

## PARTIE : II

### INTRODUCTION

1. INTRODUCTION : .....	13
2. RESENTATION DE L'AVION BOEING 737/200 : .....	16
3. PRESENTATION DE SUJET : .....	16
4. GENERALITES : .....	16
4.1. COMMANDE PRIMAIRE : .....	16
4.2. COMMANDE SECONDAIRE : .....	17
• Spoilers : .....	17
• Stabilisateur : .....	18
• Dispositifs hypersustentateurs : .....	18
4.3. COMMANDE LATERAL : .....	19

1. LE MOTEUR HYDRAULIQUE :	22
1.1. GENERALITE :	22
1.2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :	22
• Nomenclature :	26
1.3. ETUDE DU MOTEUR HYDRAULIQUE :	27
• Description du moteur hydraulique a déplacement constant :	27
• Constitution :	27
• Description et rôle des organes :	27
➤ Le corps :	27
➤ La glace :	27
➤ Le sous ensemble groupe rotatif :	28
➤ Le sou ensemble double joint de cardan :	28
➤ Le boîtier logement des roulements :	28
➤ L'arbre d'accouplement :	29
➤ Le joint spi (presse étoupe) :	29
2. BOITIER D'ENTERREMENT :	31
2.1. FONCTIONNEMENT DU BOITIER D'ENTRAINEMENT :	31
2.2. NOMENCLATURE :	34
2.3. CONSTITUTION :	36
2.4. DESCRIPTION ET ROLES DES ORGANES CONSTITUTIFS :	36
• Corps :	36
• Couvercle :	36
• Arbre principal (arbre de sortie) :	37
• Arbre creux :	37
• Pignon arbre (moteur hydraulique) :	37
• Pignon arbre (moteur électrique) :	37
• Roue dentée d'asservissement :	37
• Roue dentée réceptrice :	37
• Tambour d'asservissement :	38
• Tambour de repère :	38
3. COMMANDE ELECTRIQUE :	38
3.1. GENERALITES :	38
3.2. DESCRIPTION :	38
• Réducteur :	39
• Embrayage :	39
3.3. FONCTIONNEMENT :	39
3.4. FONCTIONNEMENT DE L'EMBRAYAGE EN LIMITEUR DE COUPLE :	39
3.5. DISPOSITIFS DE SECURITE :	40

1. PRINCIPE AERODYNAMIQUE :	42
• Cas d'une demi sphère :	42
• Cas d'une sphère :	42
• Cas d'une forme aérodynamique :	43
2. PRINCIPES DES AVIONS :	43
2.1. FORCES AGISSANT SUR AVION :	43
2.2. CAS DE GOUVERNE DE PROFONDEUR :	44
2.3. STABILITE DE L'AVION EN VOL HORIZONTAL :	45
3. L'ARCHITECTURE DE L'AILE :	45
4. LES CABLES :	50
5. CONCEPTS THEORIQUES DE L'ENERGIE HYDRAULIQUE :	51
5.1. ENERGIE HYDRAULIQUE :	51
5.2. LES AVANTAGS ET INCONVENIENTS CIRCUITS HYDRAULIQUES :	52
• Avantage :	52
➤ Transport d'énergie :	52
➤ Energie puissante :	52
• Inconvénients :	52
5.3. LES LIQUIDES ET LA LOI DE PASCAL :	52
• Les liquides :	52
➤ Incompressibilité :	52
➤ Dilatation :	53
➤ Mouvement du liquide dans les tuyaux :	53
• La loi de pascal :	54
• Relation force pression :	55
5.4. LES LIQUIDES HYDRAULIQUES :	55
• Les qualités exigées d'un liquide hydraulique :	55
• Les différentiels types de liquide hydraulique :	55
➤ Liquide d'origine végétale :	55
➤ Liquide d'origine minérale (à base de pétrole) :	56
➤ Liquide synthétique :	56
5.5. TABLEAU COMPARATIF DES FLUIDES UTILISER EN AVIATION :	57
5.6. CARACTERISTIQUES DU FLUIDE HYDRAULIQUE :	57
5.7. SYMBOLES ET SIGNES COURANTS :	59

1. DEFERENT COMMANDES :	64
1.1. STABILISATEUR :	64
• Généralités :	64
• Commande de direction :	65
• Système de commande :	66
➤ Commande de la gouverne :	66
➤ Mécanisme de trim :	66
1.2. COMMANDE DE PROFONDEUR :	67
• Commande par le manche :	67
• Sensation musculaire artificielle :	68
1.3. ELEVATEURS :	68
• Système de verrouillage du tab :	68
1.4. SPOILERS :	69
• Généralités :	69
➤ Spoilers vol :	69
➤ Spoilers sol :	69
• Mécanisme de commande des spoilers vol :	71
➤ Action sur le volant :	71
➤ Action sur le levier des aérofreins :	71
• Fonctionnement normal :	71
➤ Le levier des aérofreins sur « rentrée » :	71
➤ levier des aérofreins sur « sortie » :	74
1.5. AILERONS :	75
• Servocommande aileron :	75
2. DISPOSITIFS HYPERSUSTENTATEUR :	77
3. VOLET DE BORDE DE FUITE :	77
3.1. MECANISME DE COMMANDE DES VOLETS DE BORD DE FUITE :	77
• En commande normale :	77
➤ Règles de mise en marche :	77
➤ Règles de conduite :	77
➤ Règle de sécurité :	77
➤ Règle de fin de service :	77
• En commande de secours :	78
➤ Règle de mis en marche :	78
➤ Règle de conduite :	78
➤ Règle de sécurité :	80
3.2. COMMANDE HYDRAULIQUE DES VOLETS DE BORD DE FUITE :	80
• Principe de fonctionnement de système hydraulique :	80
➤ Source de pression :	80
➤ Sortie volets :	82
➤ Entre des volets :	82
• Circuit hydraulique :	82
➤ Le sélecteur :	83

➤ Valve de by-pass :	83
➤ Le régulateur de débit :	83
➤ Limiteur a un sens fixe :	85
➤ Système d'asservissement :	85
➤ Clapes ont retour :	85
3.3. VOLET DE BORD DE FUIITE INTERIEURS :	88
• Description :	88
➤ Volet intermédiaire :	88
➤ Volet avant :	88
➤ Volet arrière :	89
• Fonctionnement :	89
3.4. VOLETS DE BORD DE FUIITE EXTERIEURS :	89
• Description :	89
• Fonctionnement :	90
3.5. TRANSMISSION DE POSITION DES VOLETS DE FUIITE :	90
4. DISPOSITIFS DE BORD D'ATTAQUE :	90
4.1. GENERALITE :	90
4.2. VOLETS DE BORD D'ATTAQUE :	91
• Généralités :	91
• Description et fonctionnement :	91
5. VERIN DE COMMANDE DES VOLETS :	91
5.1. BECS DE BORD D'ATTAQUE :	93
• Généralités :	93
• Description et fonctionnement :	93
6. COMMANDE :	95

## PARTIE : VI

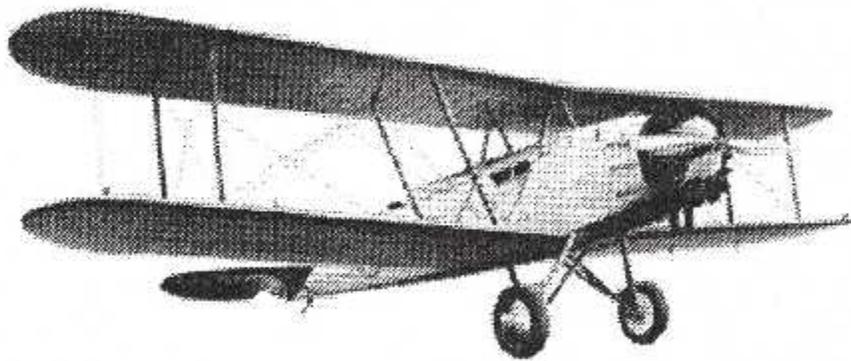
### ENTRETIEN

1. LA DOCUMENTATION SPECIFIQUE :	98
1.1. GENERALITE SUR LA DOCUMENTATION :	98
1.2. LA DOCUMENTATION SPECIFIQUE :	98
1.3. DOCUMENTATION TECHNIQUE :	98
1.4. LA DOCUMENTATION HISTORIQUE :	98
2. LA MAINTENANCE :	99
2.1. INTRODUCTION :	99
2.2. OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE :	99
2.3. DIFFERENTS TYPE DE MAINTENANCE :	99
• La maintenance corrective :	99
➤ Avantage :	99
➤ Incontinents :	99
• Maintenance préventive :	100

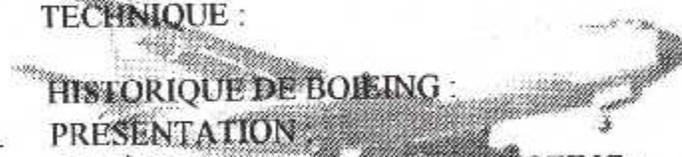
➤ Définition :	100
➤ But :	100
• Maintenance préventive systématique:	100
➤ Définition :	100
➤ Condition d'Application :	100
➤ Cas d'Application :	100
• Maintenance préventive conditionnelle:	101
➤ Condition d'Application :	101
➤ Cas d'Application :	101
3. ORGANISATION DU SERVICE DE MAINTENANCE à AIR ALGERIE :	101
3.1. SERVICE ETUDE :	101
3.2. SERVICE METHODE :	102
3.3. SERVICE APPROVISIONNEMENTS :	102
3.4. SERVICE CONTROLE :	102
3.5. SERVICE FORMATION :	103
3.6. SERVICE INTERVENTION :	103
4. POTENTIEL :	104
5. LES VISITES :	105
5.1. PREMIERE VISITE :	105
5.2. DEUXIEME VISITE :	105
6. PERIODE DES VISITES DE L'AVION B737-200 :	105
7. EXEMPLE DE MAINTENANCE D'UN MOTEUR HYDRAULIQUE :	106

Fig. II - 1 : les commande primers et secondaires.....	15
Fig. III - 2 : vue en coupe de moteur hydraulique.....	23
Fig. III - 3 : le moteur hydraulique.....	25
Fig. III - 4 : vanité de puissance du valet.....	30
Fig. III - 5 : chaîne cinématique.....	32
Fig. III - 6 : boîtier d'entraînement.....	33
Fig. IV - 7 : les câbles de commande du vol.....	49
Fig. V - 8 : identification de panneau de spoiler.....	70
Fig. V - 9 : système de spoiler.....	73
Fig. V - 10 : surfaces des volets.....	76
Fig. V - 11 : diagramme hydraulique du volet.....	79
Fig. V - 12 : sélecteur du volet.....	82
Fig. V - 13 : commande du volet intérieur à l'arrière.....	84
Fig. V - 13 : la géométrie du volet.....	87
Fig. V - 14 : la géométrie des volets.....	92
Fig. V - 15 : levier du volet.....	94

*PARTIE: I*



*historique*

1. HISTORIQUE DE L'ENTREPRISE :
    - 1.1. HISTORIQUE
    - 1.2. EVOLUTION :
    - 1.3. ORGANISATION DE LA DIRECTION TECHNIQUE :
  2. HISTORIQUE DE BOEING :
    - 2.1. PRESENTATION :
    - 2.2. GENÈSE ET CROISSANCE DE BOEING :
    - 2.3. UN GEANT DE L'AVIATION
    - 2.4. BOEING À LA CONQUETE DE L'ESPACE :
- 



## 1. HISTORIQUE DE L'ENTREPRISE :

### 1.1. HISTORIQUE :

La compagnie air Algérie a été créée en 1974 pour l'exploitation du réseau des lignes aériennes entre l'Algérie et la France ce même réseau était desservi par société air transport dont les lignes s'étendaient jusqu'à l'ex Afrique occidentale française.

En 1953, à la suite de fusion de ces deux organigrammes. La compagnie générale de transport aériens (air Algérie) entre en activité.

En 1963, air Algérie devient compagnie nationale sous la tutelle du ministère des transports.

### 1.2. EVOLUTION :

1954, air Algérie transporte 100.000 passagers avec une flotte composée de quatre (04) avions conventionnels à pistons DOUGLAS DC4.

1956 l'introduction des Lockheed « constellation » porte le nombre à dix (10) et le nombre de passagers et 4500 tonnes de fret.

1959 mises en service de la première caravelle avion munie par des turboréacteurs.

1962 à cette date la flotte se composait de :

- o 04-CARAVELLES
- o 10- DOUGLAS DC 4
- o 03-DOUGLAS DC3

1966 algérianisation total du personnel navigant commercial.

1968 les actions détenues par les sociétés étrangères sont rachetées acquisition de quatre (04) CONVAIR 640 et retrait DC4 et DC3.

1971, mise en service des premiers (super jet) Boeing la disponibilité du personnel navigant algériens.

1972, réalisation au sein des ateliers de maintenance de DAR ELBAIDA de la première grande visite sur un appareil de type CARAVELLE.

1984 : algérianisation du personnel navigant technique 98% de l'effectif du personnel navigant de conduite et composé de nationaux



- **Composition de la flotte:**

- 15 BOINGE B 737
- 11 BOEING B 727
- 02 AIRBUS A 310
- 02 HERCULE L-130
- 08 FOKKER F 27

1993 la flotte actuelle se compose de :

- **Commerciale:**

Nombre	MARQUE	TYPE	MODULE
03	Boeing	B767	120 passagers
02	Airbus	A310	240 passagers
11	Boeing	B737	180 passagers
15	Boeing	B737	120 passagers
08	Fokker	F27	4 passagers

- **Cargo:**

Hercule	L130	21 tonnes
Boeing	B737	08 tonnes

### 1.3. ORGANISATION DE LA DIRECTION TECHNIQUE :

La direction technique est chargée d'assurer la maintenance des appareils proposés à air Algérie ainsi que ceux qui sont confiés par les tiers étrangers.

Elle est organisée et structurée pour faire face aux travaux d'entretien de préparation et de révision des équipements accessoires et aéronefs.

Le personnel de maintenance est en majeure partie composée d'argent ayant un profil technique correspondant aux qualifications requises pour l'entretien des avions et de leurs équipements.



- **Plan nine production control :**

- Réceptionne le dossier avion.
- Réunit les services concernés pour décider des travaux à entreprendre sur le moteur des réceptions.
- Après réception du work order constitue le dossier (work package).
- Contrôle la concordance des travaux avec le work package).
- Contrôle la situation des potentiels accessoires.
- Planifié les travaux au sein de l'atelier au fonction du programme des déposes moteurs.
- Prépare une situation hebdomadaire de tous les moteurs en atelier pour rendre compte de l'évolution des travaux à la cour des réunions regroupant toutes les entités de l'atelier.

- **Engineering support:**

- Emet les work order pour l'application des 'SB. ASB. AD) en concordance avec le standard air Algérie et éventuellement les lancements piste.
- Met à jour les manuels.
- Veille sur la conformé des protocoles de travail (vireplacements co1, co2, pv2).
- Met à jour les fiches matricules des accessoires ayant une réparation (REE. RG.) Chez le sous traitant.
- Prépare le dossier technique des moteurs en expéditions chez le sou traitant
- Reste en contact avec le sou traitant pour résoudre tout problème technique.
- Etablir de procédures de réparation (test réglage) pour tous travaux hors protocolaires.
- Etudier et établir des procédures de fabrication d'outillage nécessaire à l'atelier.
- Vérifié la disponibilité de tous les outillages nécessaires pour l'accomplissement des travaux au sein de l'atelier et dans le cas échéant établit un bon de commande de l'outillage manquant.
- Etablit des rapports techniques suite aux incidents survenus sur moteur.
- Etablit les listes des accessoires et pièces nécessaires pour l'équipement d'un moteur (listes à remettre au marshlling).
- Informe le marshalling sur l'état des accessoires et pièces entrant en atelier.



- **Production:**

- Exécute les travaux lancés par l'engineering (en accord avec l'engineering, work order)
- Veille à ce que les travaux soient exécutés en concordance avec protocoles de travail et les manuels.
- Veille à ce que tous les techniciens aient la compétence et mes qualificatifs requis pour l'exécution des travaux.
- Travail un accord avec le ppc pour le respect des délais d'exécution des travaux.
- Achemine les accessoires et les pièces vers la marshlling.
- Réceptionne les accessoires et les pièces du marshalling pour l'équipement d'un moteur.
- Informe l'ingénierie sur tout incident survenue au cour des travaux.
- Régularise tout protocole après accomplissement du travail.

- **Contrôle production:**

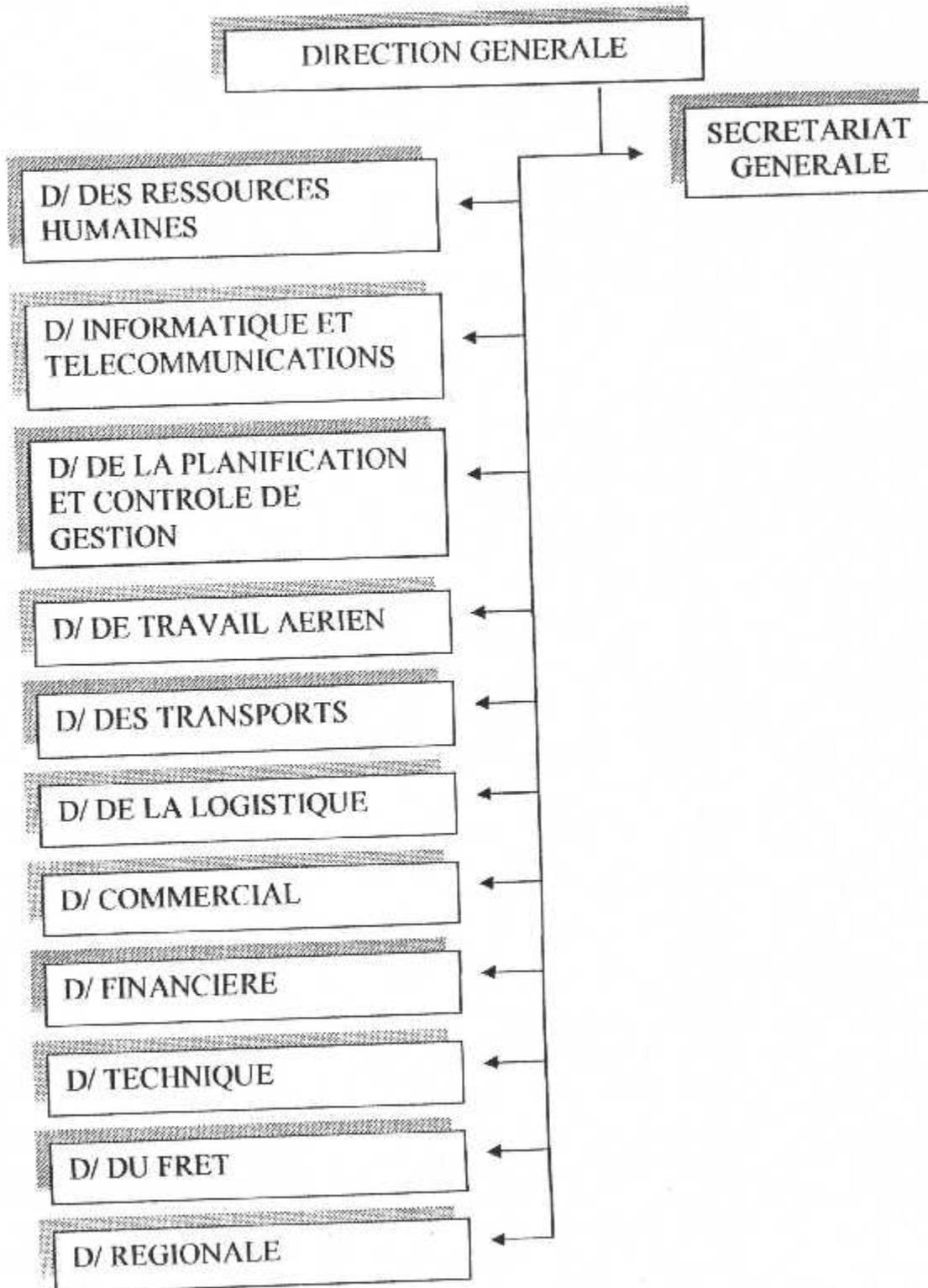
- Veille sur la qualité du travail.
- Veille sur le respect des procédures de travail (protocole de travail manuel).
- Veille sur la conformité de l'outillage.
- Signale tout incident au anomalie survenue en atelier.
- Veille sur la concordance des travaux avec l'engineering work ordre.
- Certifie et régularise tous les travaux effectués sur le matériel (moteur accessoire et pièces).
- Etablit les fiches vertes (moteur accessoire pièces).

- **Marshlling:**

- Réceptionne les accessoires et pièce déposés.
- Achemine les accessoires et pièce vers les services concernés (nettoyage atelier accessoire magasin technique)
- Prépare les pièce et accessoires suivent la liste fournit par l'engineering pour l'équipement d'un moteur.
- Reste en contact permanent avec l'engineering pour résoudre tout problème technique.



• Organigramme d'air-algerie :





## 2. HISTORIQUE DE BOEING :

### 2.1. PRÉSENTATION :

Boeing, première société aéronautique mondiale, dont le siège social est situé à Seattle, dans l'état de Washington (Etats-Unis).

Ce constructeur, qui a débuté sa carrière dans l'industrie du bois, est à l'origine de la création de la première société mondiale de construction aéronautique. Président de la compagnie de 1916 à 1934, date à laquelle il se retire des affaires afin de se consacrer à la passion qu'il nourrit pour les chevaux, William Boeing reste l'un de ceux qui a contribué à faire de l'aéronautique une industrie majeure.



Boeing détient les deux tiers du marché des avions de ligne à réaction et se situe au premier rang des fournisseurs d'avions et d'hélicoptères militaires, et de technologie aérospatiale. En 1996, la fusion opérée entre Boeing et Mc Donnell Douglas conforte sa position de leader mondial devant le consortium européen Airbus industrie.

### 2.2. GENÈSE ET CROISSANCE DE BOEING :

La société se crée en 1916 à l'initiative de William Boeing, jeune cadre issu de l'industrie du bois, associé à un ingénieur de la marine américaine, Conrad Westervelt. Tous deux mettent au point un premier modèle d'hydravion, baptisé des initiales des patronymes de ses concepteurs. Le B & W est un monomoteur capable de voler à une vitesse de 120 Km/h. La Première Guerre mondiale constitue très vite l'occasion de développer l'activité de la société. La Boeing Air plane Compagnie construit de nombreux avions-écoles ainsi que des hydravions patrouilleurs pour la marine américaine. Déployant à la fois des activités de constructeur aéronautique et de prestataire de services pour de nombreuses compagnies aériennes, Boeing investit, après la guerre, dans un nouveau secteur et crée, en 1919, le premier service aéropostal international, assurant une liaison entre Seattle et la ville canadienne de Victoria. En 1927, Boeing conçoit son premier avion commercial, le Modèle 40, adopté par l'U.S. Postal Service pour la première liaison aérienne reliant Chicago, dans l'état de l'Illinois, à San Francisco, en Californie.



En 1929, Boeing fusionne avec la société de construction de moteurs Pratt & Whitney Air France. Le nouvel ensemble ne cesse de croître en absorbant plusieurs compagnies aériennes régionales, jusqu'à constituer, dès 1931, la Uni Ted Air Lines. Les premières lois antitrust votées par le Congrès américain en 1934 vont contraindre le groupe à se scinder en trois entités juridiquement distinctes : Boeing Air plane Compagnie, Pratt & Whitney et Uni Ted Air Lines.



### 2.3. UN GEANT DE L'AVIATION :

La Seconde Guerre mondiale, marque pour Boeing le début de sa spécialisation, qu'elle conserve encore aujourd'hui, dans la production d'appareils militaires. Le bombardier Flying Fortress B-17, le Superfortress B-29, ainsi que le Stratofortress B-52 contribueront fortement aux victoires de l'armée américaine. La paix revenue, la société reprend son activité d'avionneur civil et conçoit un nouvel appareil à réaction qui vient concurrencer (avant de précipiter leur disparition) les fameux avions à hélice de la compagnie Douglas Aircraft. Mis en service en 1958, le B-707 est le premier-né d'une génération d'appareils, dont les futurs modèles (727, 737, 747) forment une gamme qui décline, tout en incluant les innovations techniques qui marquent chacune de ces générations d'appareils, les qualités que l'on trouvait déjà dans ce premier modèle. Le 737 devient l'avion de transport de voyageurs le plus vendu au monde alors que le 747 s'affirme, quant à lui, comme le premier avion de transport intercontinental. Ce dernier modèle dont la conception s'avère très coûteuse placera la compagnie dans une situation financière extrêmement difficile, la contraignant à licencier près de 60 p. 100 de son personnel. Seule la hausse des commandes d'appareils militaires permet à la société de maintenir un certain niveau d'activité et de recettes.

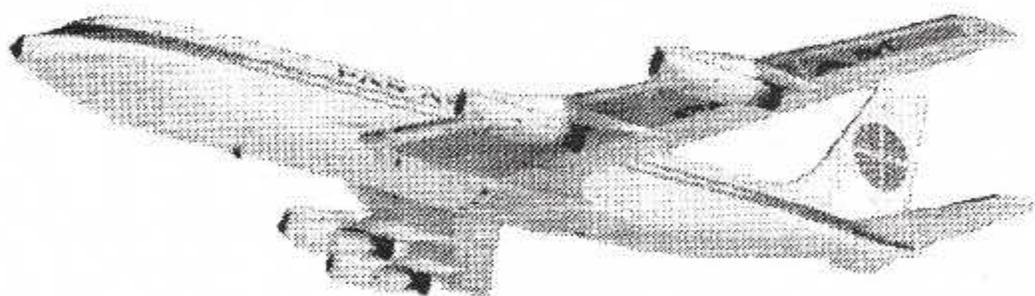
Au début des années quatre-vingt-dix, la déréglementation du secteur de l'aéronautique accentue la concurrence entre Boeing et Airbus, lequel ne cesse de prendre des parts de marché à son concurrent. La rente de situation dont profite la compagnie américaine s'amenuise. Elle réagit en développant un nouvel appareil moyen porteur, le 777, précisément au moment où de nombreuses compagnies aériennes renouvellent leur flotte, mais surtout en annonçant sa fusion avec Mc Donnell Douglas. Cette restructuration permet au nouvel ensemble de s'imposer en tant que premier avionneur civil et militaire du monde loin devant Airbus.



#### 2.4. BOEING À LA CONQUÊTE DE L'ESPACE :

En 1961, la société abandonne le nom de Boeing Air plane Compagnie pour adopter celui de The Boeing Compagnie. Ce changement de dénomination sociale est lourd de sens, car il marque le début d'une nouvelle activité spatiale pour Boeing. Le ciel n'est plus suffisant, il convient de s'appropriier l'espace. Premier partenaire de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), Boeing conçoit et fabrique les principaux éléments des fusées Saturne et Apollo, qui serviront au programme américain d'exploration de la Lune (voir Apollo, programme). Depuis cette date, Boeing est associé à tous les projets spatiaux américains. En 1996, le rachat de la division de défense de la société Rockwell pour un montant de 3,2 milliards de dollars, assure à Boeing plusieurs contrats de construction de sondes orbitales et de navettes spatiales dans le cadre d projet « International Space Station » (voir Station spatial).

# PARTIE: II



# Introduction

1. INTRODUCTION :
2. PRESENTATION DE L'AVION  
BOEING 737/200
3. PRESENTATION DE SUJET :
4. GENERALITES :
- 4.1. COMMANDE PRIMAIRE :
- 4.2. COMMANDE SECONDAIRE :
- 4.3. COMMANDE LATERAL :



## 1. INTRODUCTION :

Le but primordial d'un aéronef est d'aller, en toute sécurité, d'un point à un autre.

Dans ce dessin, il est nécessaire de pouvoir contrôler, en permanence, l'évolution de l'avion dans l'espace, c'est-à-dire de pouvoir le piloter.

Piloter, c'est d'abord contrôler l'orientation de l'avion selon les directions (on dit les trois axes) de l'espace : l'axe de lacet (vertical) ; l'axe de roulis (horizontal et dans la direction de la manche) ; l'axe de tangage (horizontal et perpendiculaire à la marche).

Pour ça, le pilote dispose de trois commandes de vol. le dispositif permettant de contrôler le lacet s'appelle le gouvernail de direction. Il est commandé depuis cockpit par deux pédalés « palonnier » et agissant sur la partie mobile de la dérive.

La commande de roulis se fait grâce aux ailerons, lorsqu'un aileron est baissé, c'est comme si l'aile augmentait son incidence. Les ailerons sont reliés au volant de telle sorte qu'en poussant le volant à droite l'avion s'incline à droite.

La commande de profondeur contrôle le tangage est relié au manche de telle façon qu'en poussant le manche l'angle d'incidence du stabilisateur augmente.

Et en plus les commandes auxiliaires qui jouent un rôle important, il est constitué pour les spoilers et le stabilisateur.

En a deux types, les spoilers vol et spoilers sol.

*les spoilers vol*

Ils sont commandés de deux façons, en même temps que les ailerons et par le levier des aérofreins.

On utilise les spoilers sol qu'au sol « l'atterrissage ».

On utilise les spoilers vol, pour diminuer la vitesse au vol.

Le stabilisateur est mobile. C'est en faisant varier son angle d'attaque que l'on assure le trim longitudinal de l'avion.

Il est actionné électriquement et manuellement.

Les dispositifs hypersustentateurs servent à augmenter temporairement la portance de la voilure lors des phases de décollage, d'approche et d'atterrissage, ou lors des évolutions en vol à vitesse réduite.



Les dispositifs sont généralement constitués par des volets. Selon leurs positions, on distingue les volets de bord de fuite et les volets de bord d'attaque. Leurs principes sont essentiellement les mêmes.

Augmenter la courbure de l'aile et selon le type utilisé, augmenter aussi la surface de l'aile.

Les dispositifs de bord d'attaque ~~cont~~roll et éviter le décollement des filets d'air au dessus de l'aile lorsque l'incidence est grande.

Les volets bord de fuite sont ceux que l'on rencontre le plus fréquemment. Ils sont fixés sur le longeron d'aileron ; ils peuvent être actionnés par un système hydraulique ou électrique.

Les dispositifs hypersustentateurs comprennent :

- Les volets de bord de fuite (intérieurs et extérieurs).
- Les volets de bord de d'attaque.
- Les becs de bord d'attaque.

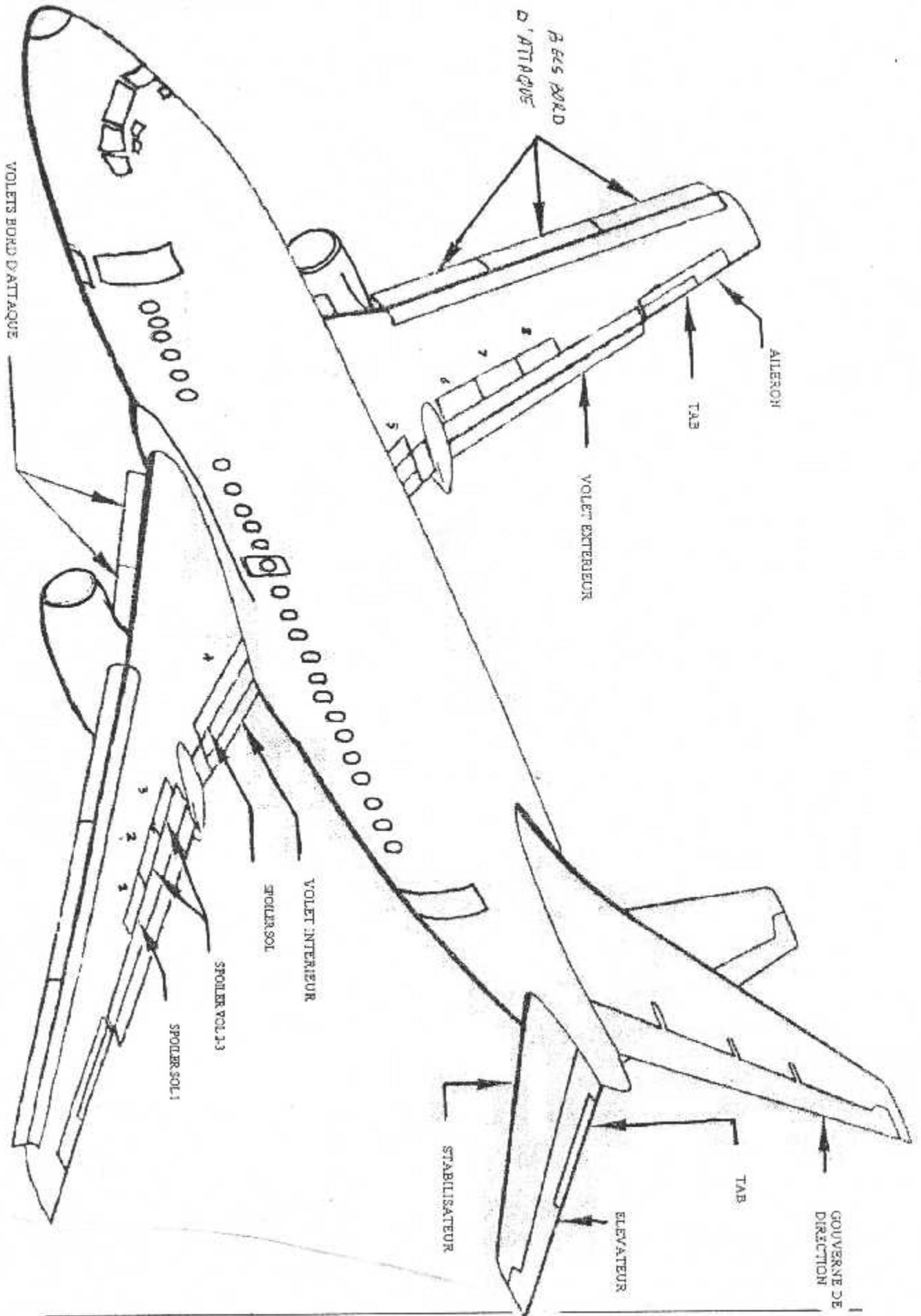


FIG. II - 1 LES COMMANDES PRIMERS ET SECONDARES



## 2. PRESENTATION DE L'AVION BOEING 737/200 :

Le Boeing B737/200 est un avion biréacteurs (groupe turboréacteur) le Boeing 737/200 à la possibilité de décoller ou d'atterrir sur une piste courte contrairement au B 767/200 et le A310.

Cet avion est conçu pour le transport de courriers et de passagers.

Notre avion présente les caractéristiques suivantes :

- Vitesse de croisière ..... 902 Km/h.
- Altitude de croisière ..... 10.000 m.
- Rayon d'action ..... 2939 Km.
- Configuration ..... 18 places pour la 1 ère classe.  
..... 89 places pour la 2 ère classe.
- Réseau intérieur.

## 3. PRESENTATION DE SUJET :

Le sujet que nous proposons d'établir dans ce présent mémoire, porte sur l'étude technologique de commande de vol et sur les volet hypersustentateur (bord de fuit) d'un Boeing 737/200.

## 4. GENERALITES :

Les commandes de vol sur 737 peuvent se décomposer en trois groupes :

- Les commandes primaires.
- Les commandes secondaires.
- Les commandes latérales.

### 4.1. COMMANDE PRIMAIRE :

Les commandes primaires sont indispensables pour pouvoir commander l'avion autour de ses trois axes :

- La commande autour de l'axe de roulis est assuré par un aileron sur chaque aile A et B.
- La commande autour de l'axe de tangage est assurée par deux élévateurs.
- La commande autour de l'axe de lacet est assurée par la gouverne de direction.



Toutes ces gouvernes sont normalement actionnées hydrauliquement par des servocommandes.

Une servocommande est prévue pour chaque aileron et pour chaque élévateur A et B.

La servocommande de la gouverne de direction est double une partie alimentée par le circuit A et l'autre partie par le circuit B.

Un vérin supplémentaire actionné par le circuit secours commande la gouverne de direction normalement.

#### 4.2. COMMANDE SECONDAIRE :

Les commandes secondaires sont constituées pour les spoilers et le stabilisateur et les dispositifs hypersustentateurs.

- **Spoilers :**

Les spoilers ont pour effets de réduire la portance des ailes. On distingue deux types de spoilers :

- Les spoilers vol.
- Les spoilers sol.

Les spoilers vol sont commandés de deux façons :

En même temps que les ailerons, donc par le volant de commande des ailerons et par le pilote automatique. Dans ce cas, ils fonctionnent d'une manière différentielle c'est-à-dire qu'il déplace proportionnellement et dans le même sens que ailerons, ils participent donc à la commande latérale de l'avion.

Par le levier des aérofreins. Tout les spoilers vol se lèvent lorsque l'on agit sur le levier de commande. Comme ils diminuent simultanément la portance de deux ailes, ils augmentent considérablement la traînée de l'avion.

Les spoilers sol ne fonctionnent qu'au sol. Ils sont commandés par le levier des aérofreins. ~~est à l'usage.~~



- **Stabilisateur :**

Le stabilisateur est mobile. C'est en faisant varier son angle d'attaque que l'on assure le trim. Longitudinale de l'avion.

Il est normalement actionné électrique, mais la commande électrique est doublée d'une commande manuelle.

Le stabilisateur est également commandé par le pilote automatique.

- **Dispositifs hypersustentateurs :**

Les dispositifs hypersustentateurs comprennent :

- Les volets de bord de fuite (intérieurs et extérieurs).
- Les volets de bord d'attaque.
- Les becs de bord d'attaque.

En se déplaçant ces dispositifs augmentent la corde moyenne de l'aile et par conséquent augmentent la portance.

Les dispositifs de bord d'attaque (volets et becs) sont plus spécialement destinés à éviter le décollement des filets d'air au-dessus de l'air lorsque les incidences sont grandes.

Lorsque les volets de bord de fuite sont complètement sortis, ils augmentent aussi fortement la traînée de l'avion, ce qui permet de réduire la distance de roulage à l'atterrissage.

Les volets de bord de fuite sont normalement actionnés par un moteur hydraulique alimenté par le circuit A.

En cas de panne du circuit A, ils peuvent être actionnés par un moteur électrique.

Les volets et becs de bord d'attaque sont commandés par le déplacement des volets de bord de fuite.

Ils sont actionnés séparément par des vérins hydrauliques tous alimentés par le circuit A.



#### 4.3. COMMANDE LATERAL :

Le déplacement latéral de l'avion autour de son axe de roulis est assuré par deux ailerons (un aileron sur chaque aile) commandés normalement hydrauliquement.

Les ailerons sont assistés par quatre spoilers vol (deux sur chaque aile), dont le fonctionnement est différentiel c'est-à-dire qu'ils se déplacent en même temps et dans le même sens que les ailerons.

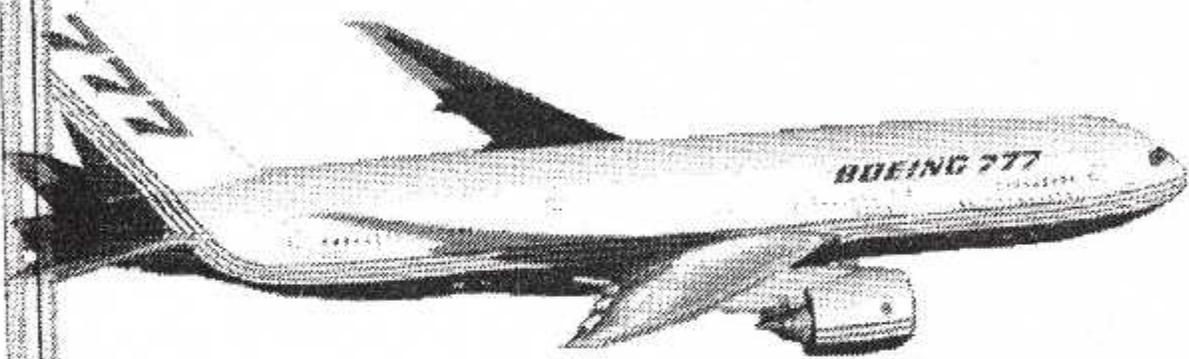
Le braquage des ailerons est assurés par le volant commandant, volant pilote, volant de trim. Ou par le pilote automatique.

Un système de sensation musculaire artificielle est introduit dans le système.

En cas de grippage du système de commande des ailerons les volants peuvent être déconnectés du système. La commande latérale dans ce cas est uniquement assurée par les spoilers.

L'alimentation hydraulique des ailerons et des spoilers peut être coupée volontairement au moyen de volves d'isolement à commande électrique.

# PARTIE: III



# Description

1. LE MOTEUR HYDRAULIQUE :
  - 1.1. GENERALITE :
  - 1.2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :
  - 1.3. ETUDE DU MOTEUR HYDRAULIQUE :
2. BOITIER D'ENTERREMENT :
  - 2.1. FONCTIONNEMENT DU BOITIER D'ENTRAINEMENT :
  - 2.2. NOMENCLATURE
  - 2.3. CONSTITUTION
  - 2.4. DESCRIPTION ET ROLES  CONSTITUTIFS :
3. COMMANDE ELECTRIQUE
  - 3.1. GENERALITES :
  - 3.2. DESCRIPTION :
  - 3.3. FONCTIONNEMENT :
  - 3.4. FONCTIONNEMENT DE L'EMBAYAGE EN LIMITEUR DE COUPLE :
  - 3.5. DISPOSITIFS DE SECURITE :



## 1. LE MOTEUR HYDRAULIQUE

### 1.1. GENERALITE :

Les moteurs hydrauliques sont utilisés lorsque l'énergie mécanique doit être sous forme d'un couple en rotation. Ils sont dérivés directement des pompes réversibles telles que : pompe à plateau incliné, pompe à barillet et pompe étoilée. Les deux premiers types sont surtout utilisés en aviation en particulier les mécanismes de commandes des volets hypersustentateurs.

### 1.2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

La glace de distribution montée sur le corps du moteur reçoit le fluide hydraulique sous pression par l'orifice in let (entrée). Cette pression agit directement sur les faces supérieures des pistons qui coulisent à l'intérieur de leurs alésages.

On obtient la transformation du mouvement translatif des pistons en un mouvement de rotation du groupe rotatif grâce à l'inclinaison du corps ( $30^\circ$ ) et par l'intermédiaire des biellettes attachées aux pistons et au groupe rotatif par des rotules.

Le groupe rotatif entraîne le barillet par un double joint de cardan assurant ainsi la distribution du fluide par le passage successif des cylindres en face des fentes de la glace fixe.

Les pistons, soumis à l'action de la pression hydraulique, provoquent la rotation du groupe rotatif et descendent à l'intérieur de leurs alésages.

Les pistons qui montent sont en communication avec le retour.

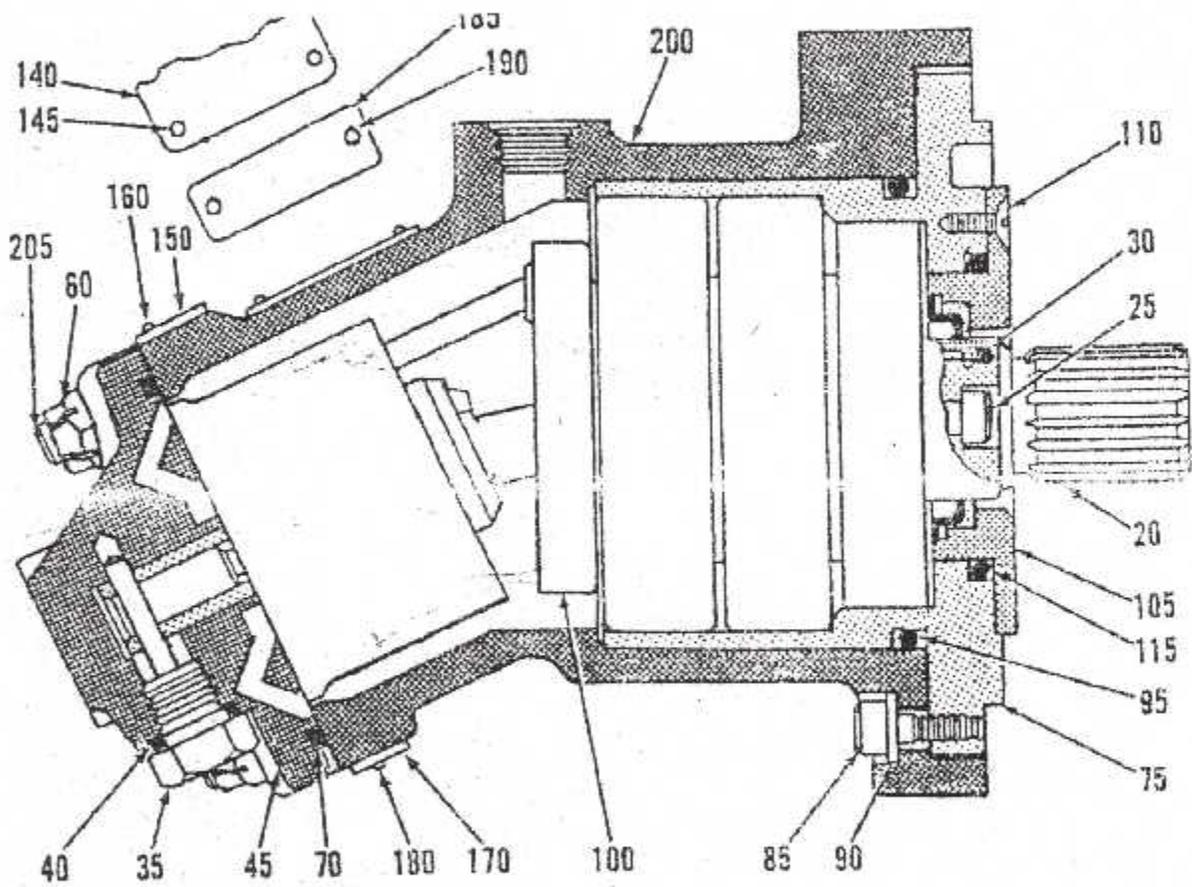


FIG. III - 1 VUE EN COUPE DE MOTEUR  
HYDRAULIQUE



REPERE	NBR	DESIGNATION
20	01	Arbre d'accouplement
25	01	Vis
30	01	Anneau d « o »
35	01	La cheville de verrouillage
40	01	« o » anneau
45	01	Plat de valve
60	01	Ecrou
70	01	Anneau d « o »
75	01	Le manchon de labyrinthe
85	01	Vis
90	01	Rondelle
95	01	« o » anneau
100	01	Montage partiel tournant de groupe
105	01	Montage partiel de joint d'arbre
110	01	Vis
115	01	Anneau d « o »
140	01	Le plat nommé
145	01	Vis
150	01	Le plat de rotation
160	01	Vis
170	01	La plaque d'identité
180	01	Vis
185	01	Plat d'instruction
190	01	Vis
200	01	Carter
205	01	Le goujon

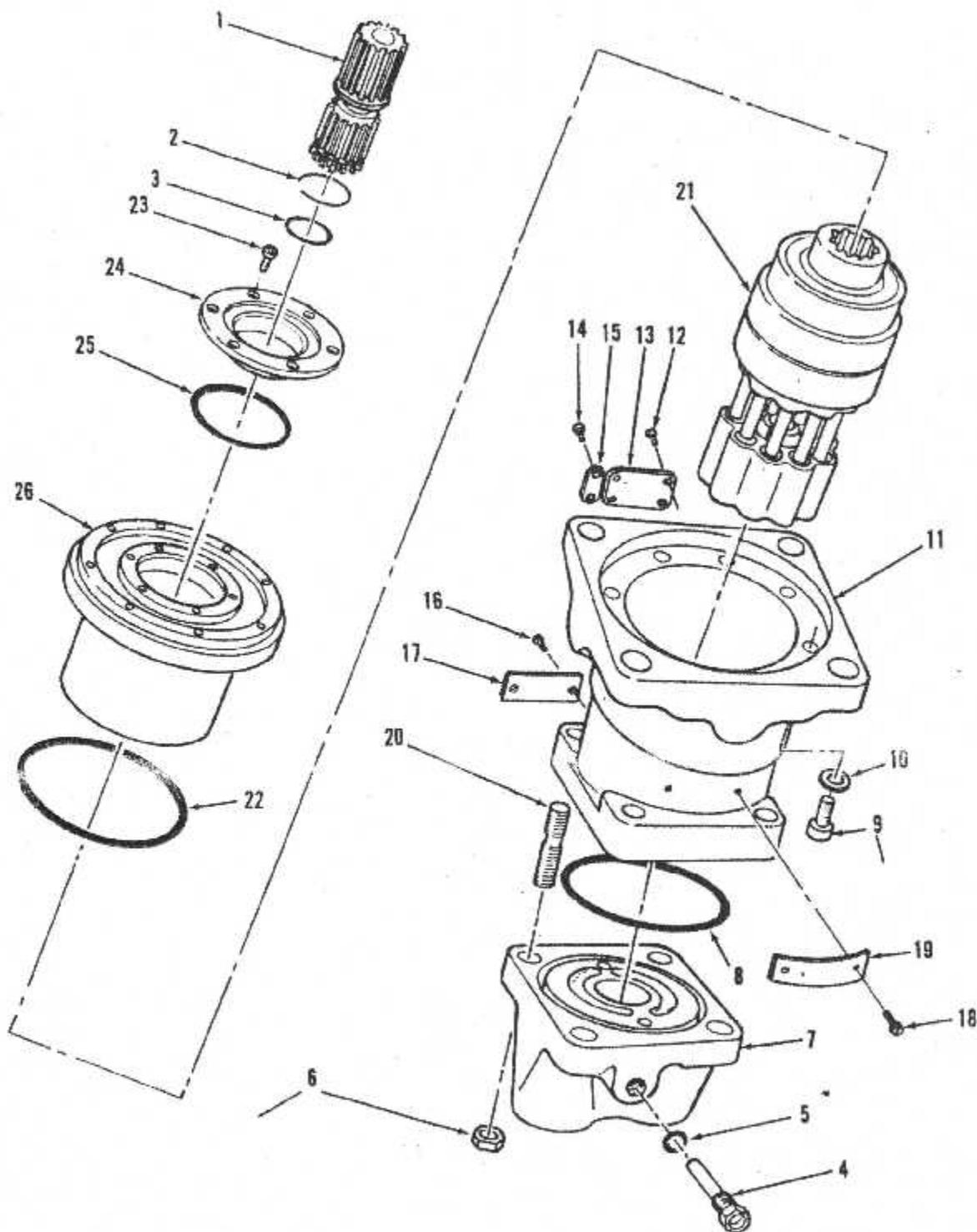


FIG. III - 2 LE MOTEUR HYDRAULIQUE



- Nomenclature :

REPERE	NBR	DESIGNATION	REFERENCE
01	01	ARBRE D'ACCOUPLLEMENT	79116
02	01	ERGOT	571151
03	01	JOINT TORIQUE	271151
04	01	GOUPILLE	137899
05	01	JOINT TORIQUE	271084
06	04	ECROU	AN 310-4
07	01	GLACE	207620
08	01	JOINT TORIQUE	287577
09	08	VIS	3X-56890
10	08	RONDELLE	3X-51855
11	01	CORPS	83303
12	02	VIS	79084
13	01	PLAQUE IDEN	276951
14	01	VIS	59569
15	01	PLAQUE	143614
16	01	VIS	59550
17	01	GOUPILLEPLAQUE	79091
18	04	VIS	3X-43449
19	01	PLAQUE	723987
20	01	GOUJON	79086
21	01	GROUPE ROLATIF	MS 88775-13
22	01	JOINT TORIQUE	271208
23	06	VIS	595557
24	01	SOUS ENSEMBLE JOINT	94510
25	01	JOINT TORIQUE	AN 6230-1
26	01	BOITER (logement des roulements)	195938



### 1.3. ETUDE DU MOTEUR HYDRAULIQUE :

- **Description du moteur hydraulique à déplacement constant :**

C'est un moteur hydraulique à pistons axiaux, à axe brisé avec une inclinaison fixe et un déplacement constant. Il transforme l'énergie du fluide hydraulique sous pression de 3000 psi (215 Par) en une énergie mécanique.

- **Constitution :**

Le moteur hydraulique est constitué essentiellement de :

- Un corps.
- Une glace.
- Un sous-ensemble groupe rotatif.
- Un block cylindre (harillet).
- Un sous-ensemble double joint de cardan.
- Un boîtier logements des roulements.
- Un arbre d'accouplement.
- Un joint spi (presse étoupe).

- **Description et rôle des organes constitutifs :**

- Le corps :

Fabriqué en Duralumin ou on trouve :

- L'emplacement du boîtier logement des roulements.
- Huit trous pour l'emplacement des vis de fixation du logement des roulements.
- Quatre trous lisse pour son emplacement sur boîtier.
- Quatre trous taraudés pour l'emplacement des goujons.
- Un orifice pour le drainage.

- La glace :

Fabriqué en acier moulé face intérieure est lisse (rodés). Elle porte une gorge d'emplacement du joint torique d'étanchéité, et les deux fentes d'aspiration et de refoulement. La face extérieure porte les deux orifices d'aspiration et de refoulement avec un taraudage pour l'emplacement des raccords. Un trou taraudé pour l'emplacement de la vis goupille. La glace est percée de quatre trous lisses pour son assemblage avec le corps et un alésage pour l'emplacement de l'axe du roulement.



➤ Le sous ensemble groupe rotatif :

Il se compose de :

- Un arbre d'entraînement : en acier, creux, canulé intérieurement. Il comprend neuf alésages pour l'emplacement des sièges de rotilles. Cet arbre est percé d'un trou pour l'emplacement de la goupille. Son guidage est assuré par trois roulements.
- Des biellettes : en acier avec deux rotilles aux extrémités.
- Des pistons : en acier avec un siège de rotilles.
- Des roulement : Deux roulements à une rangé de billes à contact oblique sur la bague extérieure et contact normale sur la bague intérieure. un roulement à une rangé de silles à contact oblique de type B.T.

➤ Le sous ensemble groupe rotatif :

Fabriqué en bronze, il porte neuf cylindres, neuf lumières et un alésage d'emplacement du roulement de la fourche.

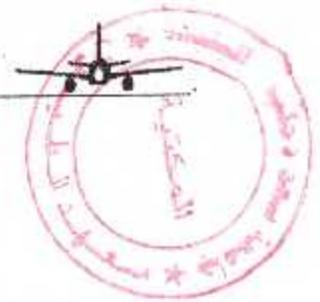
➤ Le sou ensemble double joint de cardan :

C'est une tige avec deux rotules aux extrémités, traversée par deux axes pour le guidage en rotation des jointures. Ces derniers ont aussi la possibilité de translater sur des rainures formées sur le support de ressort.

➤ Le boîtier logement des roulements :

Fabriqué en acier, chrome, percée de huit trous, taraudé pour son assemblage avec le corps et six trous taraudés pour la fixation du joint (presse étoupe).

Le boîtier porte un épaulement pour le blocage des roulements et une gorge extérieure pour l'emplacement du joint torique d'étanchéité.



➤ L'arbre d'accouplement :

Fabriqué en bronze, creux et canulé extérieurement avec un double épaulement de séparation au milieu. Il joue le rôle d'un accouplement rigide.

➤ Le joint spi (presse étoupe) :

Il joue le rôle d'étanchéité dynamique. Il se compose d'une partie métallique percée de six trous lisses pour sa fixation sur le boîtier logement des roulements et une partie en caoutchouc (joint).

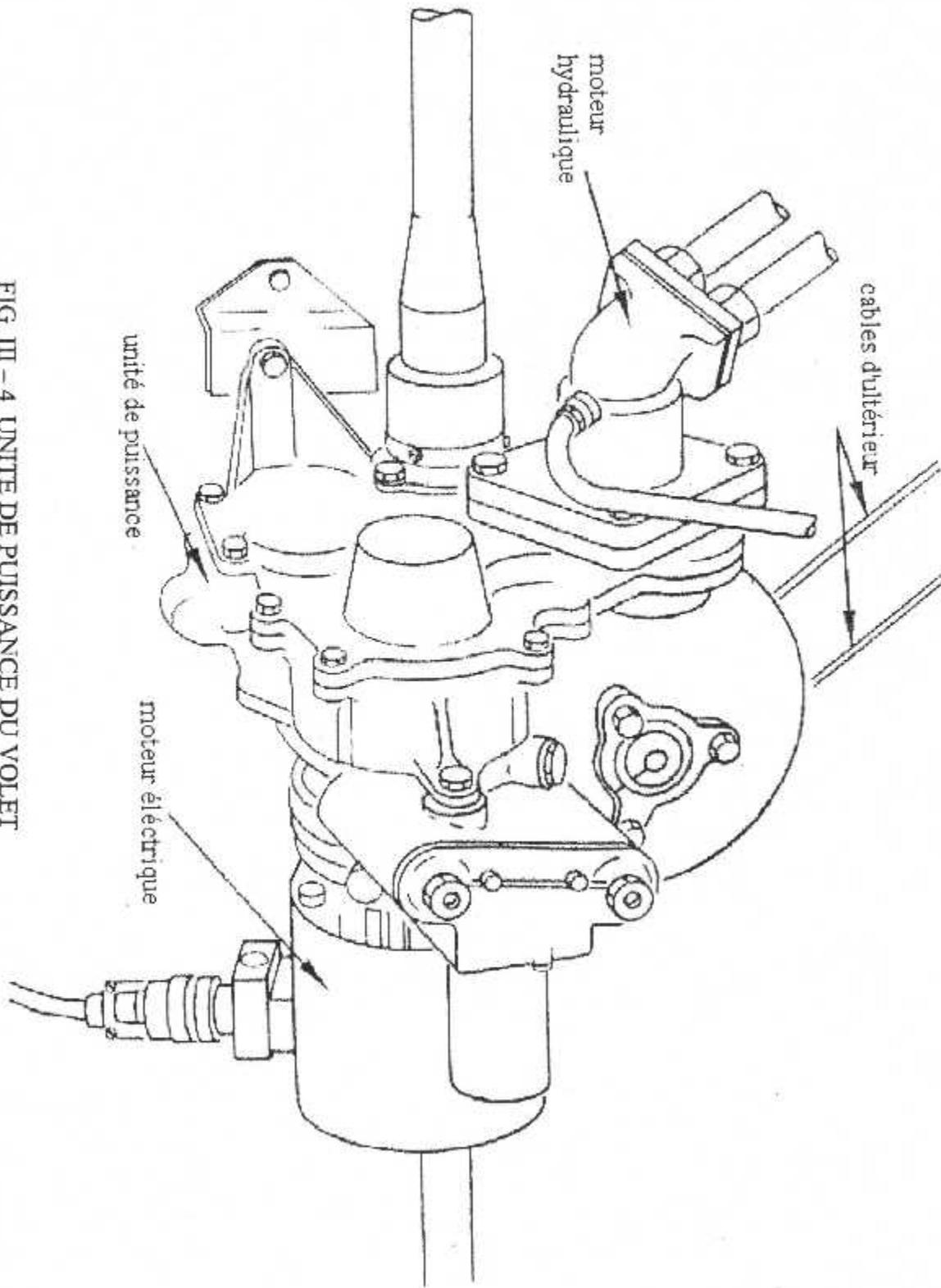


FIG. III - 4 UNITE DE PUISSANCE DU VOILET



## 2. BOITIER D'ENTERREMENT :

### 2.1. FONCTIONNEMENT DU BOITIER D'ENTRAINEMENT :

En fonctionnement normal, le mouvement fourni par le moteur hydraulique est transmis au pignon (A) qui entraîne la roue réceptrice (2), fixé sur l'arbre principal (4), accouplé au extrémité aux torique tubes.

En fonctionnement secours, le boîtier est mis en mouvement par un moteur électrique incorporé d'un boîtier à embrayage réducteur.

Le pignon (B) accouplé à l'arbre de sortie du boîtier embrayage réducteur entérine la roue réceptrice (2) menant ainsi l'arbre principal (4).

La forme de vis sans fin usinée directement sur l'arbre principal (4) s'engrène avec la roue dentée d'asservissement (5) fixé sur l'arbre (6) qui entraîne le tambour d'asservissement fixé sur ce denier.

Le boîtier d'asservissement est un boîtier réducteur de vitesse, constitué de trois trains d'engrenages.

Le premier se compose d'un pignon moteur (A) et une roue réceptrice (2) à axes parallèles.

Le deuxième se compose d'un pignon moteur (B) et une roue réceptrice (2) à axes parallèles.

Le troisième est un engrenage gauche à roue dentée réceptrice (5) et vis sans fine tangente usinée directement sur l'arbre principal (4).

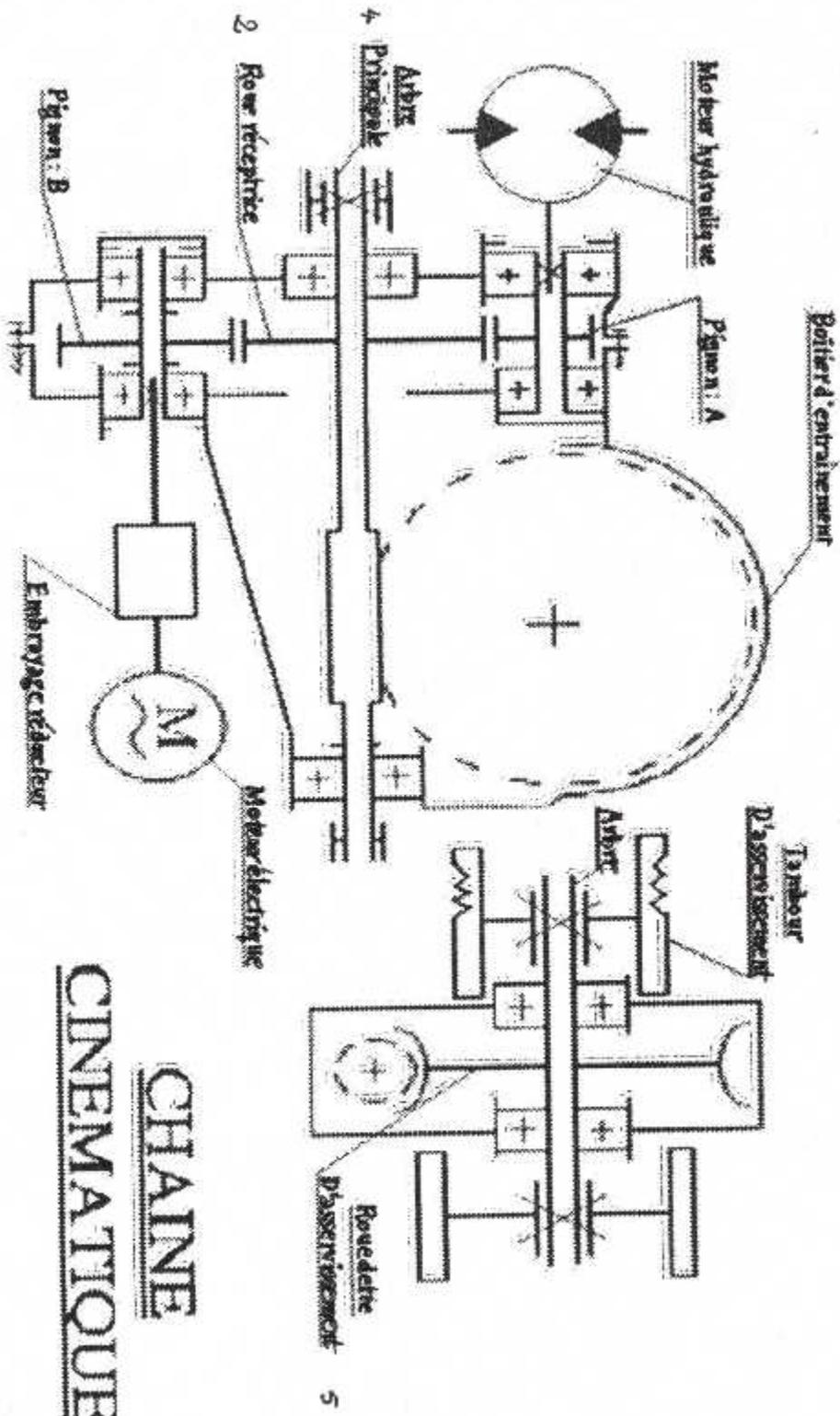


FIG. III - 5

**CHAÎNE**  
**CINÉMATIQUE**

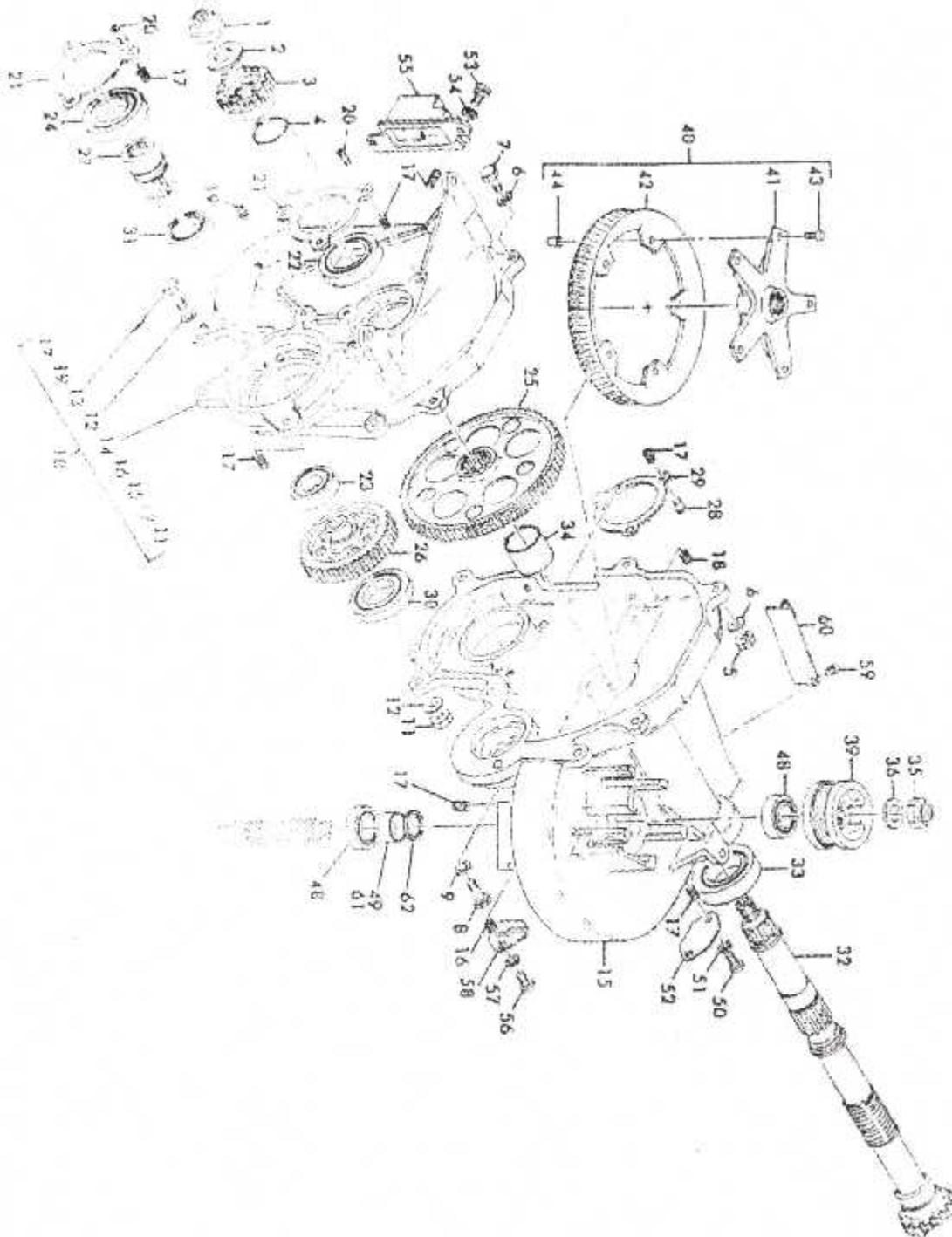


FIG. III - 6 BOITIER D'ENTAINEMENT



## 2.2. NOMENCLATURE :

Repère	N-br.	désignation
01	01	Ecrou
02	01	Rondelle
03	01	Le moteur d'accouplement
04	01	Entretoise
05	05	Ecrou
06	10	Rondelle
07	05	Boulon
08	01	Boulon
09	01	Rondelle
10	01	Assy de logement
11	02	Ecrou
12	04	Rondelle
13	02	Boulon
14	01	Couverture
15	01	Loger
16	01	Insertion
17	17	Insertion
18	02	Insertion
19	02	Insertion
20	06	Vis
21	02	Arrêteur, soutenant
22	01	Soutenir
23	01	Soutenir
24	01	Soutenir
25	01	Vitesse, dent
26	03	Vitesse, pignon
27	01	Vitesse, pignon
28	01	Vis
29	01	Arrêteur, soutenant
30	01	Soutenir



31	01	Arrêteoir, soutenant
32	01	Soutenir
33	01	Soutenir
34	01	Axe
35	02	Soutenir
36	01	Entretoise
37	01	Ecrou
38	01	Washar
39	01	Axe, engrenage à vis sans fin
40	01	Tambour, assymetry
41	01	Tambour, câble
42	01	Assy de vitesse, ver
43	01	Moyeu
44	05	Jante
45	05	Boulon
46	03	Rondelle
47	03	Arrêteoir, soutenant
48	01	Soutenir
49	01	Entretoise
50	01	Boulon
51	02	Rondelle
52	01	Couverture, accès
53	02	Boulon
54	02	Rondelle
55	01	Drain
56	01	Vis
57	01	Rondelle
58	01	Garde, câble
59	01	Vis
60	02	Namplate
61	01	Entretoise
62	01	cale



### 2.3. CONSTITUTION :

Le boîtier d'entraînement se compose en dix éléments essentiels :

- Corps.
- Couvercle.
- Arbre principal.
- Arbre creux.
- Pignon arbre (moteur hydraulique)
- Pignon arbre (moteur électrique).
- Roues dentées d'asservissement.
- Roue dentée réceptrice.
- Tambour d'asservissement.

### 2.4. DESCRIPTION ET ROLES DES ORGANES CONSTITUTIFS :

- Corps :

Fabriqué en alliage d'aluminium (Duralumin), ou sont formés :

- Le logement des roulements le flasque d'emplacement du moteur électrique. Avec deux trous taraudés et une lisse pour la fixation de ce moteur.
- Six trous taraudés pour la fixation des caches roulement.
- Huit trous lisses pour l'assemblage du corps avec le couvercle.
- Cinq trous lisse pour la fixation des drains et la plaque d'immatriculation.
- Une ferrure de fixation sur avion.
- Lumière de graissage et d'inspection.

- Couvercle :

Fabriqué en alliage (Duralumin). Il constitue la deuxième partie du boîtier, portant :

Le logement des roulements.

- Un flasque d'emplacement du moteur hydraulique avec deux trous taraudés, et deux lisses pour la fixation de ce moteur.
- Huit trous lisses pour l'assemblage du couvercle avec le corps.
- Un trou taraudé pour la fixation du drain.



- Arbre principal (arbre de sortie) :

Fabriqué en acier traité, creux, cet arbre est caractérisé par :

- Un demi accouplement usiné directement sur l'une de ces deux extrémités.
- Des conlures usinés sur l'autre extrémité pour l'emplacement de la roue dentée.
- Un vis sans fin au milieu.
- Des conlures avec épaulement au milieu, pour l'emplacement de la roue dentée.
- Deux sur faces d'emplacement des roulements.
- Un filetage sur l'emplacement de l'écrou de blocage.

- Arbre creux :

En acier traité, creux, canulé, et fixé sur les deux extrémités.  
Son guidage est par deux roulements à une rangée de bille.

- Pignon arbre (moteur hydraulique) :

Pignon cylindrique à denture droite, en acier traité, creux, arbre, canulé intérieurement, guidé par deux roulements à une rangée de billes.

- Pignon arbre (moteur électrique) :

Pignon cylindrique à denture droite, en acier traité, creux, canulé intérieurement, arbre, guide par deux roulements à une rangée de billes.

- Roue dentée d'asservissement :

Elle se compose de deux parties :

- La couronne 41 : en bronze avec une denture hélicoïdale concave.
- Le moyeu 40 : en acier forgé, canulé intérieurement, avec cinq rayon percé en extrémité.

- Roue dentée réceptrice :

Roue cylindrique à denture droite, en acier traité, canulé intérieurement.



- Tambour d'asservissement :

En aluminium traité (Duralumin), canulé intérieurement avec une fausse dent, portant 3 gorges pour l'enroulement du câble d'asservissement, et deux trous pour fixation du câble.

- Tambour de repère :

Fabriqué en Duralumin, canulé intérieurement avec une fausse dent, portant un repère gravé sur partie extérieure.

### 3. COMMANDE ELECTRIQUE :

#### 3.1. GENERALITES :

Les volets de bord de fuite sont normalement alimentés par le circuit hydraulique A en cas de perte du circuit A, les volets peuvent être actionnés électriquement. C'est la commande de secours des volets.

La commande se fait au moyen d'un interrupteur placé sur le panneau supérieur avant (p5). L'interrupteur est à trois positions : sorti- arrêt- rentre. La position sortie est à rappel sur arrêt.

Au pré sélection de position ne peut se faire en commande électrique. Le déplacement des volets peut être suivi grâce à un indicateur de position double installé sur le panneau central (p2).

#### 3.2. DESCRIPTION :

Un moteur électrique triphasé alimenté en 115v. Dans le logement train.

- Un réducteur à engrenage.
- Un embrayage électrique. Cet embrayage fait en même temps office de limiteur de charge.
- Une valve by-pass, normalement ouverte.



- Réducteur :

Le réducteur se compose de deux étages à engrenage planétaire.

Le pignon central du premier étage est solidaire de l'axe du moteur, la couronne est fixée sur la structure (boîtier du moteur).

L'axe de sortie du premier étage est celui du support des satellites, il entraîne le pignon central du second étage.

La couronne de ce second étage est soit bloquée ou libre de tourner suivant que l'embrayage est excité ou non.

L'axe de sortie du réducteur est celui de la porte satellites du deuxième étage. Le tout est noyé dans l'huile hydraulique.

- Embrayage :

L'embrayage se compose d'un câble enroulé autour de la couronne du second étage. C'est en tirant également sur les deux extrémités du câble l'on bloque la couronne. Les extrémités du câble sont attachées à un étrier sur lequel agissent quatre ressorts et un solénoïde.

### 3.3. FONCTIONNEMENT :

Lorsque le solénoïde n'est pas excité, chaque bout du câble est soumis à l'action combinée de deux ressorts.

Par contre si le solénoïde est excité la force développée par ce solénoïde s'ajoute aux ressorts de charge. Le serrage du câble devient assez grand pour bloquer la couronne. Le moteur peut ainsi entraîner l'arbre de sortie.

### 3.4. FONCTIONNEMENT DE L'EMBRAYAGE EN LIMITEUR DE COUPLE :

Tout couple résistant appliqué sur l'axe de sortie entraîne l'application d'un couple de réaction sur la couronne tendant à faire tourner la couronne dans le sens opposé de l'axe de sortie. En tournant la couronne tire sur un bout du câble et détend l'autre, ce qui fait qu'elle tend à se débloquer. Elle commencera à patiner quand le couple résistant atteint environ 1.200 pound inches.



### 3.5. DISPOSITIFS DE SECURITE :

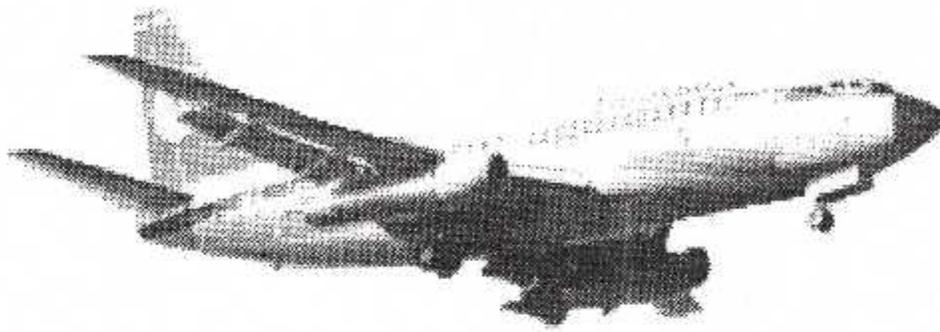
Les transmissions intérieures de chaque volet sont équipées d'un système qui rend la vis irréversible. Il s'agit d'un système

Il empêche la rentrée des volets sous l'action des forces aérodynamiques spécialement quand les volets sont commandés électriquement (moteur hydraulique by-pass).

La transmission sur chaque aile est munie d'un limiteur de couple. Le limiteur de couple est destiné à protéger le volet et la structure qui le supporte en cas d'un blocage quelconque du mécanisme d'entraînement.

L'indicateur de position des volets est pourvu de deux aiguilles. L'une d'aile indique la position des volets de l'aile gauche, l'autre la position de l'aile droite. Tout déplacement asymétrique des volets peut être décalé par l'écartement des deux aiguilles. Si cet écart atteint une certaine valeur, un micro switcher placé à l'intérieur de l'indicateur de position commande automatiquement l'arrêt du moteur hydraulique en mettant la valve by-pass sur position Fe.

*PARTIE : IV*



*Technologie*

1. PRINCIPE AERODYNAMIQUE
2. PRINCIPES DES AVIONS
  - 2.1. FORCES AGISSANT SUR AVION
  - 2.2. CAS DE GOUVERNE DE PROFONDEUR
  - 2.3. STABILITE DE L'AVION EN VOL HORIZONTAL
3. L'ARCHITECTURE DE L'AILE
4. LES CABLES
5. CONCEPTS THEORIQUES DE L'ENERGIE HYDRAULIQUE
  - 5.1. ENERGIE HYDRAULIQUE
  - 5.2. LES AVANTAGS ET INCONVENIENTS CIRCUITS HYDRAULIQUES
  - 5.3. LES LIQUIDES ET LA LOI DE PASCAL
  - 5.4. LES LIQUIDES HYDRAULIQUES
  - 5.5. TABLEAU COMPARATIF DES FLUIDES UTILISER EN AVIATION
  - 5.6. CARACTERISTIQUES DU FLUIDE HYDRAULIQUE
  - 5.7. SYMBOLES ET SIGNES COURANTS

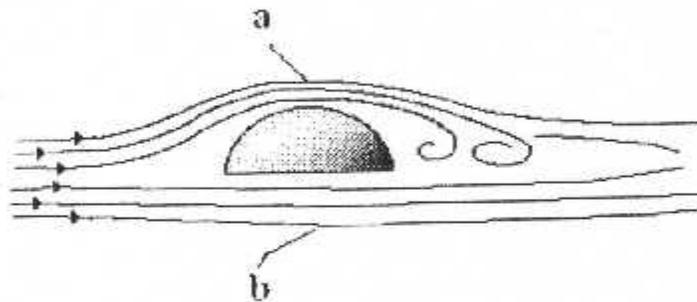


### 1. PRINCIPE AERODYNAMIQUE :

Lorsqu'un corps se déplace dans l'air, il se produit à sa surface des phénomènes de frottement due à la viscosité de l'air.

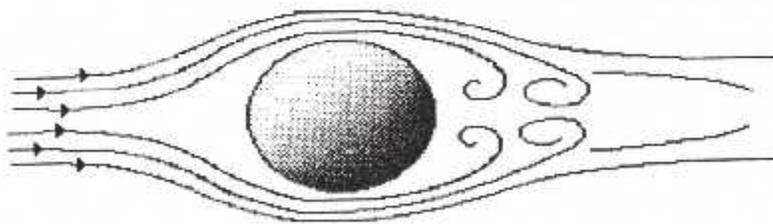
Il existe d'autres forces s'opposant au mouvement. En effet, en avançant dans l'atmosphère, le corps comprime l'air, devant lui ; il se produit en avant une zone de surpression ; puis l'air s'écarte du corps décolle à l'arrière, créant ainsi une zone de dépression ou peut se produisent des phénomènes tourbillonnaires.

- Cas d'une demi sphère :



a= surpression  
b= dépression

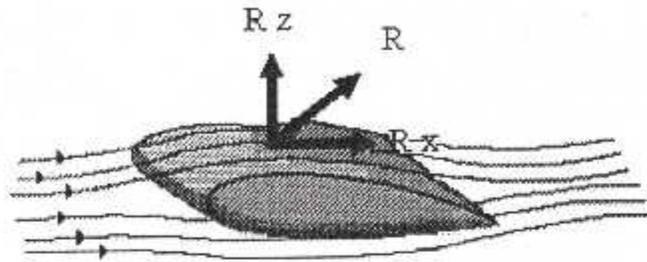
- Cas d'une sphère :



$K=0.24$



- Cas d'une forme aérodynamique :



$$K = 0.047$$

La résistance de 'air s'exprime :

$$R = \frac{1}{2} \rho V^2 S K$$

$$R = \frac{1}{2} K \rho V^2$$

V : vitesse du mobile

$\rho$  : Masse volumique de l'air atmosphérique

S : Surface exposée

K : Coefficient de forme.

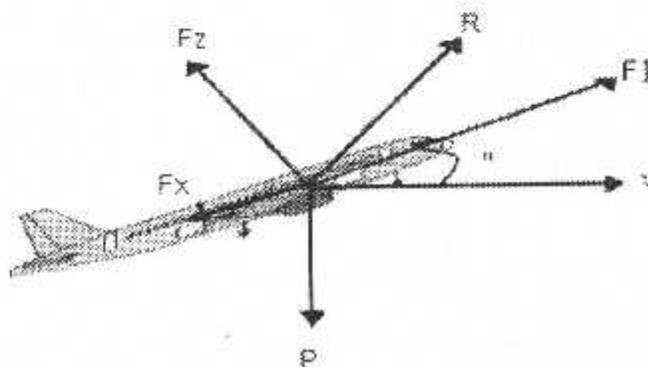
### N.B :

Le coefficient de forme est d'autant plus grand que le volume tourbillonnaire situé à l'arrière du corps est important.

Il est très faible pour le cas des formes aérodynamique.

## 2. PRINCIPES DES AVIONS :

### 2.1.FORCES AGISSANT SUR AVION :



V : vitesse

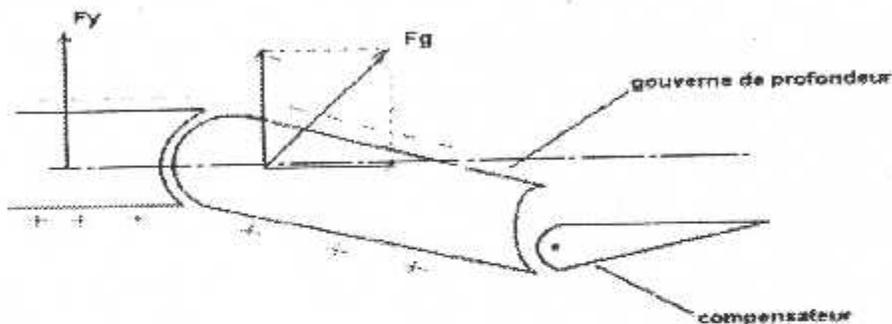
$\alpha$  : l'angle d'attaque.



Ses forces sont :

- Poids  $p$  de l'avion.
- La force de traction  $f_l$  ~~supposée horizontale~~
- La résistance de l'air  $R$  de composantes  $f_z$  (portance) et  $f_x$  (la traînée) le module de  $R$  pour des vitesses subsoniques. , Est donnée par une expression analogue à celle que nous avons précédemment.
- $R = \frac{1}{2} K S \rho V^2$ .

## 2.2. CAS DE GOUVERNE DE PROFONDEUR :

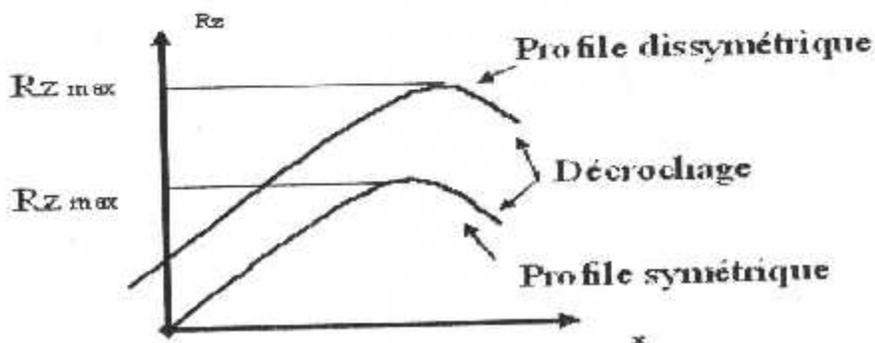


- dépression  
+ Surpression

$F_y$  : résultante des forces sur la voilure.  
 $F_g$  : résultante des forces pressantes sur la gouverne.

Le braquage d'une gouverne, dans le but de provoquer ou d'annuler les mouvements de l'avion autour des axes de refermant s'assimile à une modification de la courbure du profil.

Il s'ensuit une variation des coefficients aérodynamiques  $k_z, k_x$ .  
Les actions dynamiques qui s'exercent sur l'avion des composantes de la forme :



$F_i = \frac{1}{2} \rho v^2 k_i$  pour les forces.  
 $M_i = \frac{1}{2} \rho v^2 K_m$  pour les moments.



### 2.3. STABILITE DE L'AVION EN VOL HORIZONTAL :

Sur un avion se localise un centre de poussé qui est fixé par rapport à la construction de l'avion, le profil, la position des plans (dimension d'axe aile et stabilisateur) et vitesse de l'avion.

En suite, il y a le centre de gravité qui se localise par rapport à la répartition des charges, carburant, fret, passagers. Il dépend aussi de la structure.

Ce centre de gravité se déplace par rapport au centre de pousser, il doit être rapproché le plus possible, généralement il se trouve devant le centre de pousser, donc il y a un moment piqueur, pour compenser ce moment, on utilise le stabilisateur qui va opposer au moment charnière gouverne.

Un moment égale et de sens contraire pour annuler l'effort à fournir par le pilote, on l'appellera compensateur de régime, il résulte un moment piqueur  $M^0 = Fz \cdot d1$ . (Moment piqueur) le stabilisateur horizontal va crée un moment déporteur  $M^0 = Fe \cdot d1$  (Moment cabreur) d'où annulation de l'effort.

$$M^0 \cdot Fz \cdot d1 = M^0 \cdot Fe \cdot d2$$

$Fz$  : force de portance.

$Fe$  : force de déportance.

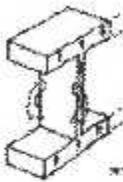
### 3. L'ARCHITECTURE DE L'AILE :

L'élément fort de l'aile est le longeron principal. Il supporte la majorité des contraintes en flexion. C'est une poutre placée dans le sens de l'envergure, qui va de l'emplanture au bout de l'aile. Il peut y avoir un ou plusieurs longerons dans une aile. Dans certaines ailes, les constructeurs placent un faux longeron. Semblable au longeron principal, il n'est pas rattaché à l'emplanture ; il assure la rigidité.

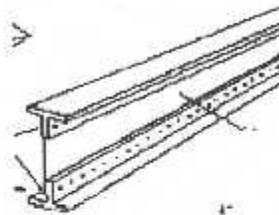


La résistance d'un longeron est proportionnelle au carré de son épaisseur ; cela explique pourquoi les longerons des ailes cantilevers vont en s'amincissant depuis l'emplanture, où la concentration des charges est la plus grande, jusqu'au bout d'aile, où les charges sont les moindres.

Les longerons en bois ou en métal ont des formes variées. Certains longerons composés de deux ou plusieurs sections maintenues ensemble peuvent être qualifiés de longerons à protection totale.



Longerons d'ailes



longeron à protection totale

Les nervures, placées perpendiculairement aux longerons, servent à donner une forme à l'aile, à transmettre les efforts du revêtement aux longerons et à maintenir la séparation entre les longerons. Elles peuvent occuper la corde complète de l'aile ou seulement une portion. Dans ce cas, le bord d'attaque et le bord de fuite sont des entités différentes fixées sur la partie centrale et par conséquent amovibles.

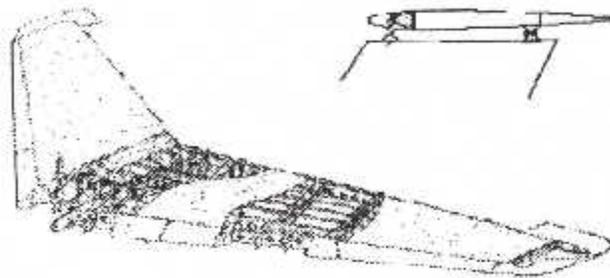


Bord d'attaque

Sur les nervures, dans le même sens que le longeron, on trouve les lisses qui servent à répartir les charges et à fixer le revêtement.

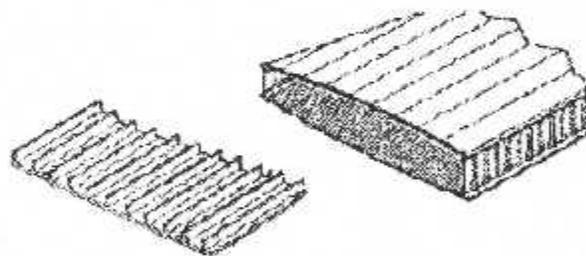


Pour fins de comparaison, nous montrons à la figure (Bord d'attaque) une aile entoïlée d'avion léger et à la figure une aile métallique. Le revêtement, selon le type de construction utilisé, est fait de toile, de contre-plaqué ou de métal. L'entoilage est cousu sur les nervures puis recouvert d'un enduit servant à tendre la toile. Des bandes de toile plus résistante sont collées par-dessus l'entoilage, à l'emplacement des causés par les coutures.



Aile métallique

Le revêtement rigide en contre-plaqué est vissé et collé. Le revêtement métallique est généralement riveté, parfois collé. Sur les avions modernes, le revêtement participe à la résistance générale de l'ensemble en tant que revêtement travaillant. On rencontre très fréquemment à l'heure actuelle des revêtements constitués de panneaux usinés pour former des raidisseurs intégrés qui donnent rigidité et résistance.



Raidisseurs intégrés

L'espace intérieur compris entre le longeron avant et le longeron arrière d'une part et les nervures d'autre part est souvent rendu étanche par un enduit plastique pour servir de réservoir de carburant ; on appelle cette installation un réservoir structural. On peut aussi placer aux mêmes endroits, et pour les mêmes raisons, des vessies de caoutchouc amovibles, facilitant ainsi l'entretien et les réparations.



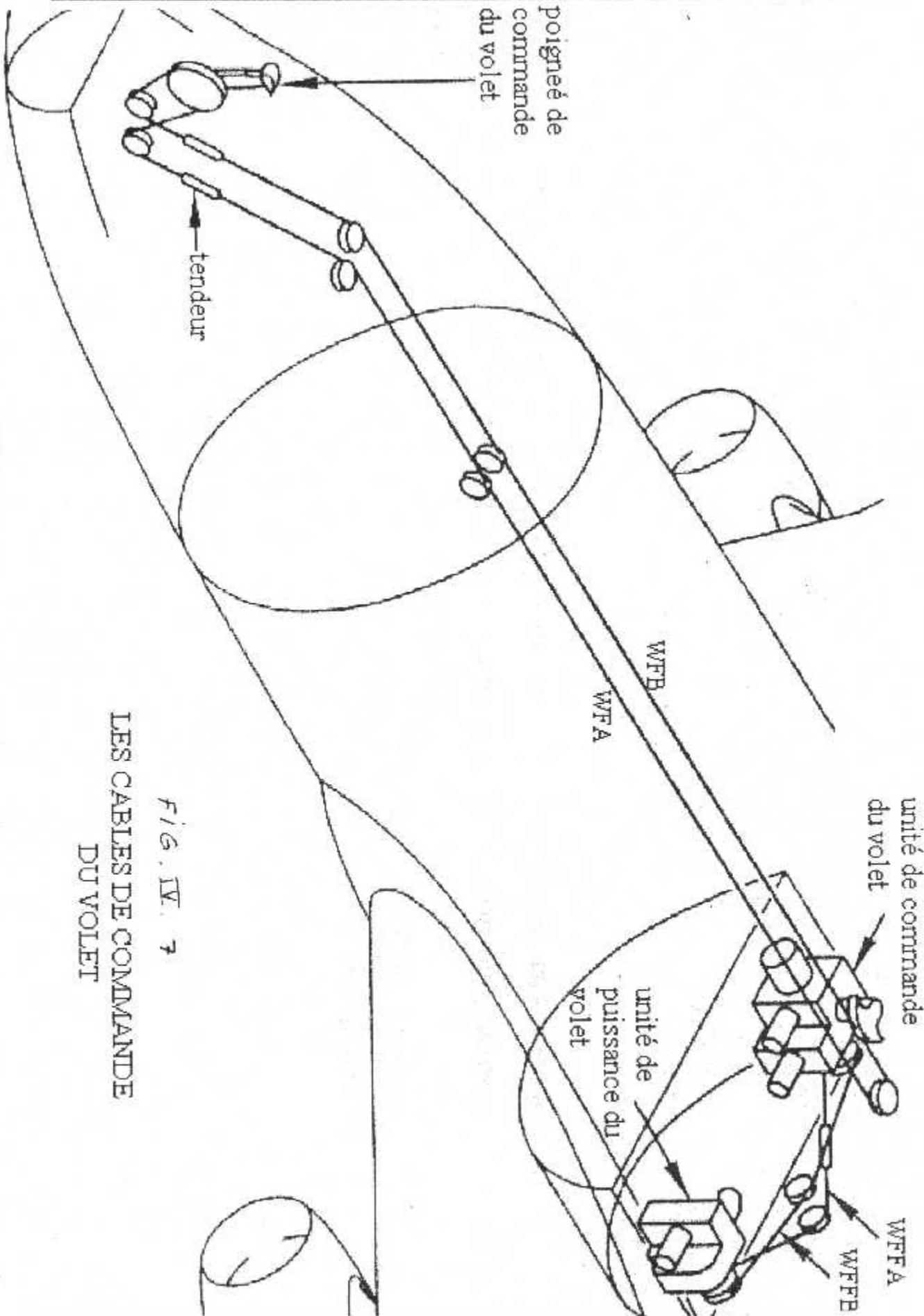
Le longeron en caisson est une construction particulièrement rigide et résistante, et pourtant légère, dans laquelle les parties supérieures et inférieures du longeron, faites de panneaux à raidisseurs intégrés, servent aussi de revêtement. Il ne reste plus qu'à fixer sur ce caisson le bord d'attaque et le bord de fuite. On utilise le longeron en caisson sur les avions de transport qui évoluent à haute vitesse.



Longeron en caisson

Le bout d'aile, appelé saumon d'aile, est habituellement un ensemble amovible boulonné sur le dernier panneau de l'aile. Il est amovible et de construction indépendante du reste de la structure afin d'éviter que les accrochages, dont il est fréquemment victime, n'imposent des réparations majeures à l'ensemble de l'aile. Il est fait de fibre de verre sur les avions légers et d'aluminium sur les avions plus lourds.

Les ailes des avions supersoniques doivent être très minces, ce qui pose des problèmes de construction. On utilise de préférence des panneaux à raidisseurs intégrés et des longerons caissons. Certains avions de chasse ont des ailes pleines, ultrafines. L'échauffement thermique impose l'utilisation d'alliages autres que ceux d'aluminium : alliages de titane ou d'acier inoxydable.



LES CABLES DE COMMANDE  
DU VOILET

FIG. IV. 7

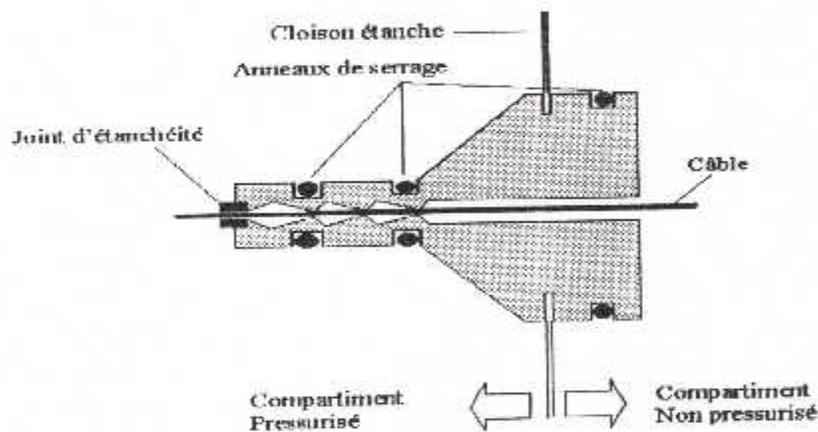


#### 4. LES CABLES :

Les câbles sont largement utilisés pour toutes les commandes, parce qu'ils ne pas affectés par les distorsions de la cellule sur laquelle ils sont fixés.

Les câbles flexibles son composées d'un faisceau de fils d'acier inoxydable. A leurs extrémités, ils font le tour d'un œil ou d'une douille qui réduit l'usure.

Les câbles sont maintenus en place par des guides en stratifié ou et ils changent de direction sur des poulies. Les guides qui traversent les cloisons étanches avions pressurisés sont d'un modèle spécial qui laisse suffisamment de liberté pour le mouvement du câble tout en minimisant les fuites d'air.

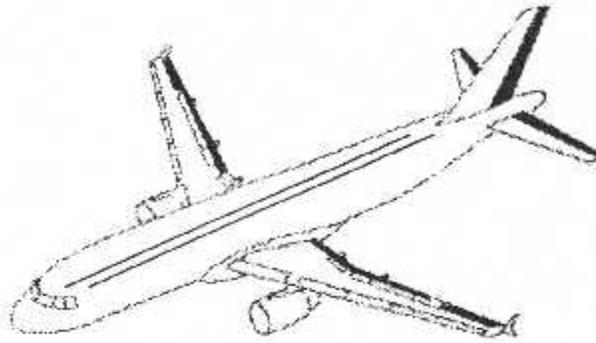


Etant donné que les câbles flexibles ne travaillent qu'en tension, il faut deux câbles pour transmettre un mouvement. Les extrémités de ces deux câbles sont souvent attachées à un levier de commande articulé sur un pivot qui transmet les mouvements par l'intermédiaire d'une barre d'accouplement. Dans d'autres cas, les câbles sont attachés à des leviers fixés directement sur la gouverne.

La tension des câbles est ajustée en agissant sur un tendeur placé en série et qui unit deux sections de câble. Il suffit de visser ou de dévisser la partie centrale du tendeur pour obtenir la tension désirée. On mesure la tension d'un câble à l'aide d'un tensiomètre.



Le trou d'inspection logé dans le tendeur doit laisser voir la partie fileté. Si on ne voyait pas le filetage, cela signifierait qu'un nombre insuffisant de filets maintient le câble et que, par conséquent, le tendeur pourrait se désunir sous les efforts de tension. Après l'ajustement de la tension, on bloque les parties mobiles de sécurité. La figure donne un aperçu d'une installation de câbles. Il s'agit ici de la commande de profondeur.



L'ajustement correct des câbles est extrêmement. En effet, s'il est trop lâche, un câble peut sortir de la gorge d'une poulie se coincer entre le flanc de la poulie et son support. De plus, un câble trop mou ralentit la réaction de la gouverne et restreint son déplacement. Un câble trop tendu use prématurément les poulies et peut même les briser.

Les effets de la température empêchent, cependant, d'un réglage constamment correct. Les cellules sont habituellement en aluminium alors que les câbles sont en acier. Ces deux métaux ont des coefficients de dilatation différents. Lorsqu'un avion évolue en air froid, sa cellule se contracte et les câbles se relâchent. On donne donc aux câbles un réglage de tension moyen qui assure la sécurité des systèmes de commandes, quelles que soient les contractions ou les dilatations de la cellule. Parfois, on place, en parallèle sur le câble, un ressort qui rattrape constamment le jeu.

## 5. CONCEPTS THEORIQUES DE L'ENERGIE HYDRAULIQUE :

### 5.1.ENERGIE HYDRAULIQUE :

L'énergie hydraulique est mise sous pression du fluide hydraulique grâce à une pompe qui par définition transforme l'énergie mécanique reçue en énergie hydraulique. Cette forme d'énergie présente l'avantage de la légèreté tant au point de vue génération qu'utilisation plus particulièrement pour les servitudes à grosse consommation de puissance telle que :

- Les organes de sortie et de rentrée du train d'atterrissage.
- La servocommande de vol.
- Le pilotage automatique.



## 5.2. LES AVANTAGES ET INCONVENIENTS CIRCUITS HYDRAULIQUES :

- **Avantage :**

Les circuits hydrauliques offrent de nombreux avantages par rapport circuits mécaniques.

- **Transport d'énergie :**

Les conduites hydrauliques permettent de transporter l'énergie à travers l'avion. Comme le sang dans le corps, et d'appliquer cette énergie ponctuellement, là où elle est nécessaire. Un petit tuyau rempli de liquide suffit, alors qu'il faudrait des systèmes mécaniques de tringlerie compliqués pour obtenir les mêmes résultats. Ces systèmes mécaniques sont seulement lourds, mais ils imposent aussi le poids du renforcement de la structure aux points d'appui.

- **Energie puissante :**

On ne pourrait piloter la plupart des gros avions de transport moderne sans le muscle hydraulique. En combinant les pressions élevées et l'avantage mécanique, les constructeurs peuvent appliquer aux parties mobiles des forces immenses au point même qu'elles devront dans certains cas être limitées pour ne pas détruire la cellule. Ces forces sont si grandes qu'on a vu un jour les volets d'un avion de ligne tomber par terre, lors d'un essai pré vol, parce que les micros contacts électriques de limite de course n'avaient pas fonctionné.

- **Inconvénients :**

- Nécessité d'assurer un retour (circuit plus lourd et plus complexe) et de refroidir.
- Risques de fluides externes.

## 5.3. LES LIQUIDES ET LA LOI DE PASCAL :

- **Les liquides :**

- **Incompressibilité :**

Compte tenu de l'ordre de grandeur des pressions que l'on utilise dans les systèmes hydrauliques des avions, nous considérons les liquides comme étant incompressibles. En effet, le liquide hydraulique couramment utilisé en aviation subit une réduction de volume de 0,5% sous une pression de 7 000 KPa. Or, les pressions maximales utilisées en aviation dépassent rarement 21 000 KPa, ce qui fait une réduction de volume de 1,5% seulement. Cette quasi-incompressibilité du liquide hydraulique permet de réduire le temps de réaction quand on actionne les mécanismes hydrauliques ; la réaction est instantanée parce qu'il n'y a aucun temps perdu à comprimer le liquide.



➤ Dilatation :

Sous l'effet de la chaleur, les liquides se dilatent. Leur augmentation de volume dans un espace confiné provoque une augmentation de pression. Lors d'essais en conditions simulées, on a pu enregistrer dans un circuit hydraulique des pressions de 140 000 KPa causées par l'augmentation de chaleur. Il est certain que la plomberie du système hydraulique d'un avion ne tiendrait pas le coup avec de telles pressions. Il faut donc installer des soupapes thermiques en différents endroits du circuit et prévoir un espace libre pour les variations du niveau du liquide dans le réservoir.

➤ Mouvement du liquide dans les tuyaux :

Les parois des tuyaux imposent des pertes de puissance causées par le frottement et les turbulences. Le constructeur utilise donc des tuyaux de section la plus large possible, tout en étant limité d'autre part par la pression interne, et il tente de réduire le nombre de courbes dans le circuit pour limiter les pertes.

La résistance augmente avec la vitesse de déplacement du liquide, ou débit. Pour une dimension de section donnée et un débit donné, la résistance dépend également de la viscosité du liquide. Les liquides hydrauliques sont donc le moins visqueux possible et, bien qu'on les désigne par le nom d'huile, cette appellation ne correspond pas vraiment à leur réalité physique.

Dans certains cas, on place intentionnellement des restructurer dans le circuit, afin de réduire le débit. On rencontre ce genre d'installation dans le circuit hydraulique qui sert à sortir le train d'atterrissage, pour éviter qu'il ne tombe trop violemment et endommage la structure.

Le principe de Bernoulli est parfois utilisé pour créer, au moyen d'un tube de venturi, une dépression dans le liquide en mouvement. Cette application du principe se retrouve dans quelques systèmes de pressurisation des réservoirs.

• La loi de pascal:

Le mathématicien du XVI<sup>e</sup> Le siècle, Blaise pascal, avait établi la loi sur les liquides, qui s'énonce ainsi :

« La pression exercée sur un liquide est également transmise dans toutes les directions à travers ce liquide et perpendiculairement aux parois du récipient qui contient ce liquide ».

Il est donc évident que, pour qu'il y a une pression hydraulique, il faut que le liquide soit contenu dans un récipient. Si une pompe hydraulique débite dans un tuyau ouvert, il y a mouvement de liquide, mais pas d'accumulation de pression. Si le débit est retenu, la pression augmente. Dans les circuits hydrauliques, les parois du récipient sont constituées des conduites, des accumulateurs, des vérins et des clapets.



- **Relation force pression:**

Observons le diagramme de la figure : à gauche, en A une force de 100 N est exercée sur le liquide. Le piston A, ayant une surface de  $0,2 \text{ m}^2$ , et la pression étant transmise également en tous les points du liquide selon la loi de pascal, il s'ensuit que la pression exercée est de 100 N divisé par  $0,2 \text{ m}^2$  soit 500 Pa. Cette pression de 500 Pa est appliquée également sur le piston B. étant donné que sa surface est de  $0,4 \text{ m}^2$ , il est soumis à une force de  $500 \text{ Pa} \times 0,4 \text{ m}^2$ , c'est-à-dire de 200 N.

On appelle avantage mécanique le rapport entre les forces appliquées aux pistons d'un même système hydraulique. Ici l'avantage mécanique est de 2 à 1. Cette notion importante est prise en considération par les ingénieurs lorsqu'ils conçoivent des mécanismes hydrauliques.

Malheureusement, comme on n'a rien pour rien dans ce bas monde, on sait que le travail fourni en A sera égal au travail restitué en B. cette loi de la conservation de l'énergie est mise en évidence par la course du mouvement des pistons.

Le travail est égal au produit de la force F par la distance D :

$$T = F \times D$$

Imaginons que le piston en A, soumis à une force de 100 N, s'abaisse de 0,5 m ; le travail fourni en A est alors égal à  $100 \text{ N} \times 0,5 \text{ m}$  soit 50 J (joules).

En B, le travail sera aussi égal à 50 J ; comme la force est de 200 N, nous pouvons écrire l'équation :

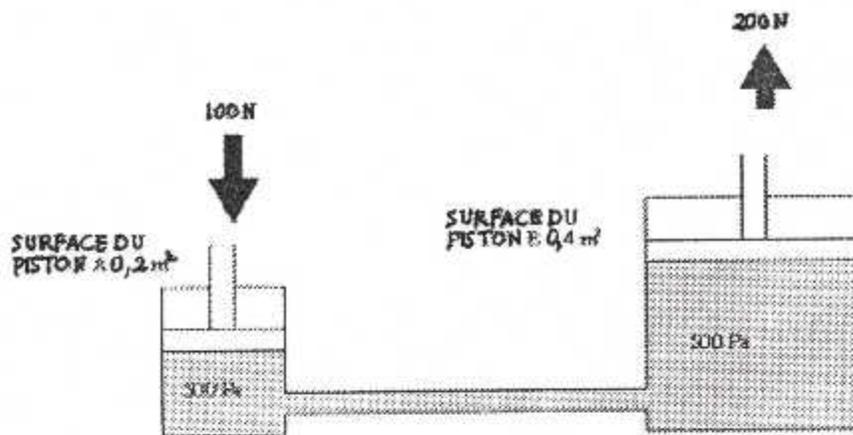
$$50 \text{ J} = 200 \text{ N} \times D$$

D'où la distance D du déplacement du piston B :

$$D = 50 \text{ J} / 200 \text{ N} = 0,25 \text{ m}$$

C'est-à-dire la moitié moins qu'en A.

Nous connaissons tous une application de l'avantage mécanique : c'est le circuit hydraulique manuel. En actionnant le levier, on provoque le déplacement d'un petit piston dans la pompe. A chaque temps moteur de ce piston, une petite quantité de liquide est envoyée sous pression dans le cylindre du gros piston de levage. Le mouvement du liquide dans une seule direction, c'est-à-dire du petit vers le gros piston, est assuré par un clapet de non-retour. De cette façon, de nombreux coups de pompes parviennent à soulever les plus lourds camions.



Certaines pompes hydrauliques utilisées en aviation fonctionnent selon ce principe. Même si la force appliquée sur le piston moteur est relativement faible, les déplacements de ce piston sont extrêmement rapides. Le grand débit de ces pompes permet d'actionner les vérins hydrauliques à une vitesse raisonnable.

#### 5.4. LES LIQUIDES HYDRAULIQUES :

Le liquide hydraulique est comparable au sang qui irrigue les muscles. Ses propriétés jouent un rôle extrêmement important dans l'efficacité et la sécurité du système hydraulique.

- **Les qualités exigées d'un liquide hydraulique:**

Un bon liquide hydraulique devrait répondre à la plupart des critères suivants. Liquide idéal répondrait à tous ces critères. Il doit être pratiquement incompressible, au moins jusqu'à 28000 kPa, afin d'assurer une réponse immédiate ; il doit avoir de bonnes caractéristiques lubrifiantes avec le métal et le caoutchouc ; sa viscosité doit être faible et relativement constant quelles que soient les variations de température ; son point de congélation doit être très bas, son point d'ébullition élevé (de  $-70^{\circ}\text{C}$  à  $+80^{\circ}\text{C}$ ) et son point d'éclair supérieur à  $100^{\circ}\text{C}$ . Il doit aussi être ininflammable et chimiquement inerte ; résister au moussage, à l'entartrage, à l'évaporation ; être facile à stocker ; ne pas être corrosif et enfin avoir un prix abordable et être disponible facilement.

- **Les différentiels types de liquide hydraulique:**

- **Liquide d'origine végétale :**

Le liquide hydraulique d'origine végétale est à base d'huile de ricin. Il est identifiable par son numéro standard MIL.H.7644 et par sa couleur bleutée. On l'utilisait dans les avions construits avant la deuxième guerre mondiale parce qu'il était compatible avec le caoutchouc naturel des joints utilisés à cette époque. Bien qu'on l'emploie couramment en automobile, son usage a été complètement abandonné en aviation parce qu'il est inflammable et qu'il résiste mal aux variations de température.



➤ Liquide d'origine minérale (à base de pétrole) :

Identifié par son numéro MIL.H5606 et sa couleur rouge, le liquide hydraulique minéral est le plus couramment utilisé en aviation. Il conserve ses qualités sans modification dans une marge très large de température (de  $-54^{\circ}\text{C}$  à  $+135^{\circ}\text{C}$ ). Il est compatible avec les joints en caoutchouc synthétique (néoprène) et en cuir. Malheureusement, il ne résiste pas au feu.

➤ Liquide synthétique :

A base d'éthers de phosphate, ce liquide hydraulique, désigné fréquemment par l'appellation commerciale skydrol, est identifié par le numéro MIL.H8446 et sa couleur pourpre. Il résiste bien au feu et sa marge de températures extrêmes est très vaste, de  $-65^{\circ}\text{C}$  à  $+177^{\circ}\text{C}$ , avec une limite de  $132^{\circ}\text{C}$  en opération continue. Le skydrol, n'est compatible qu'avec des joints synthétiques (genre butyle) ; il attaque chimiquement tout autre joint.

Ses inconvénients majeurs sont sa sensibilité à l'humidité qui change sa nature chimique et provoque des dépôts de tartre et de vernis dans les conduites, et ses effets corrosifs sur la peinture et les isolants électriques ordinaires. Toute fuite doit être contrôlée immédiatement. On utilise le skydrol dans la plupart des avions de transport à réaction et des avions supersoniques.



## 5.5. TABLEAU COMPARATIF DES FLUIDES UTILISER EN AVIATION :

	<b>MIL H560</b> A Fluide hydraulique minéral.	<b>HYJET IV</b> Fluide hydraulique phosphorique	<b>M2-V</b> Fluide hydraulique silicate.
Couleur	Rose ou rouge	violet	Jaune clair
Viscosité cinématique centristokes est à :	100°C : 05 38°C : 14 -40°C : 500	100°C : 3.75 38°C : 10.58 -54°C : 2450	100°C : 5.25 38°C : 16.9 -54°C : 2450
Point éclair	39°C	182°C	215°C
Indice d'acide en mg KOH/G	0.2	0.07	0.04
Densité	0.860	0.99	0.946
Point de Congélation	-59°C	-62°C	-79°C
Plage d'utilisation	-40°C a +70°C	-54°C a +135°C	-54°C a +260°C
Joints à utiliser	Butadiène NIRYLEACRYLI QUE	Butyle ou plus récent EPR (résiste au fluage et à la chaleur)	Nitrite buna ne fluosilicone Néoprène viton A et B
	Toxique	Emanation de composés phosphoreux toxiques à haute température	Non toxique
	Inflammable en brouillard	Non inflammable	Non inflammable

## 5.6. CARACTERISTIQUES DU FLUIDE HYDRAULIQUE :

Utilise sur les avions Boeing BMS 3-11 :

o **Constitution :**

Il est fabriqué à base phosphorique avec des additifs, il existe trois types de fluide BMS-3-11.

1 type : -65°F à 225°F (résistance à la chaleur)

2 type : -65°F à 250°F (résistance à la chaleur)

3 type : -65°F à 275°F (résistance à la chaleur)



○ **Viscosité (centristockes) :**

1. à -650f max.

1 type ..... 4200 cst.

2 type ..... 2000 cst.

2. à 100°F

De 9 cst à 1205 cst pour tous types.

3. à 250°F

De 3 cst à 4 cst pour tous les types.

○ **Acidité :**

Fluide utilisé : Mg de KOH pour neutraliser 1 g fluide.

○ **Humidité : (% par unité de poids).**

1 type : 0,40 à 0,60.

2 type : 0,40 à 0,60.

3 type : 0,10 à 0,30.

○ **Pointe clair :** 190°C

○ **Point d'échauffement (allumage) :** 350°F mini.

○ **Température d'auto-allumage :** 750°F

○ **Point de congélation :** -62°C.

○ **Précaution d'emploi de fluide BMS 3-11 :**

C'est un produit chimique très toxique, il peut provoquer des irritations au niveau des yeux et des endroits sensibles, ce qui se traduit par des larmes, crachats ..... etc.

Consignes :

○ Port de lunettes ou masque de protection.

○ Port de masque à gaz. (endroit peut aéré).

○ Port de gants.

Au contact de fluide, il faut suivre les instructions suivantes :

○ Changement des vêtements contaminés.

○ Se laver avec de l'eau et du savon dégraissant.



○ **Stockage du fluide BMS 3-11 :**

Le fluide est stocké selon les instructions du fabricant. L'unique paramètre pouvant dégrader le fluide est l'humidité.

Eviter tous contacts avec l'eau et stocker dans un endroit frais loin des produits autres que l'asther phosphorique.

**5.7.SYMBOLLES ET SIGNES COURANTS :**

Pour faciliter la compréhension des schémas des circuits hydrauliques que lecteur pourrait avoir à étudier, nous présentons ici les symboles et les signes conventionnels les plus couramment utilisés.



Représentation symbolique des appareils hydromécaniques et pneumatique et des accessoires pour la transmission d'énergie par fluide.	
CONDUITES ET FONCTION	
Conduites de travail	
Conduit de pilotage	
Conduites de fuite et de purge	
Connexion	
Conduite flexible	
Raccordement de conduites	
Croisement de conduites (sans connexion)	
Sens du flux : Hydraulique Pneumatique	
Réservoir à l'air libre a conduite débouchant : - au-dessus - au-dessous du niveau du fluide	
Purge d'air	
Branchement bouche	
Soupape d'étranglement à débit fixe	
Soupape d'étranglement à débit réglable	
POMPES	
Pompe hydraulique à cylindrée fixe	
Pompe hydraulique à cylindrée réglable	
MOTEURS	
Moteur hydraulique à cylindrée fixe	
Moteur hydraulique à cylindrée réglable	
Moteur oscillant hydraulique	

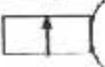
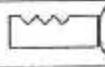
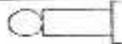
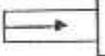
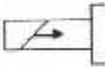


SYMBOLES DIVERS	
Vérin à simple effet	
Vérin à double effet	
Vérin différentiel	
Vérin à double effet à double tige	
Sens de rotation (la flèche indique le sens de rotation de l'arbre)	
Groupe	
Réservoir à l'air libre	
Réservoir sous pression	
Manomètre	
Thermomètre	
Débitmètre	
Moteur électrique	
Accumulateur à ressort	
Accumulateur à gaz	
Filtre. Crépine	
Réchauffeur	
Refroidisseur	
Limiteur de température	
Multiplicateur	
Régulateur de pression	
SYMBOLES SYSTEMES DE DISTRIBUTION	

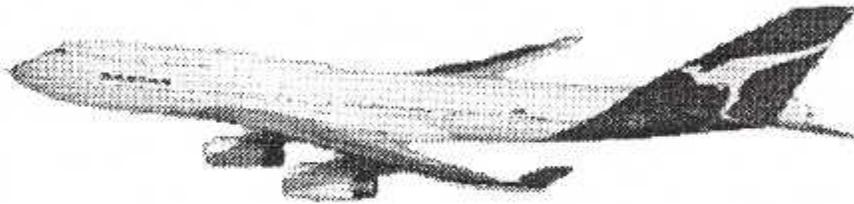


Clapet de non-retour	
Robinet d'isolement	
Appareil de réglage de débit ou de pression	
Appareil de réglage de la pression. Normalement fermé à un (1) étranglement	
Appareil de réglage de la pression normalement ouvert à un (1) étranglement	
Limiteur de pression, soupape de sûreté	
Distributeur de pression à trois (3) positions distinctes	
Distributeur à voies d'écoulement termes en position centrale	
Voies d'écoulement multiples (les flèches indiquent le sens)	
<b>EXEMPLES DISTRIBUTEURS</b>	
Détendeur contrôle à distance sans orifice de décharge	
Soupape de décélération, normalement ouverte	
Soupape de séquence à action directe avec orifice de décharge	
Détendeur	
Détendeur à contre balancier avec contrôle intégré	
Régulateur de débit... ? avec contrôle intégré	
Distributeur 2/3 Distributeur à 3 orifices et 2 positions distinctes	
Distributeur à positions multiples (indiquées par les traits horizontaux)	
<b>MODES DE COMMANDE</b>	



Régulateur de pression	
Dispositif de maintien en position	
Commande musculaire (symbole de base)	
Commande mécanique (symbole de base)	
Commande musculaire par pédale	
Commande musculaire par bouton poussoir	
Commande musculaire par levier	
Commande indirecte par distributeur pilote actionne par application de la pression	
Commande électrique par électroaimant à un (1) enroulement	
Commande combinée par électroaimant et distributeur pilote	
Commande mécanique par ressort	
Servocommande	

*PARTIE: V*



*Dispositifs  
hypersustentateurs*

1. DEFERENT COMMANDES :
  - 1.1. STABILISATEUR :
  - 1.2. COMMANDE DE PROFONDEUR :
  - 1.3. ELEVATEURS :
  - 1.4. SPOILERS :
  - 1.5. AILERONS :
  
2. DISPOSITIFS HYPERSUSTENTATEUR :
  
3. VOLET DE BORDE DE FUITE :
  - 3.1. MECANISME DE COMMANDE DES VOLETS DE BORD DE FUITE
  - 3.2. COMMANDE HYDRAULIQUE DES VOLETS DE BORD DE FUITE :
  - 3.3. VOLET DE BORD DE FUITE INTERIEURS :
  - 3.4. VOLETS DE BORD DE FUITE EXTERIEURS :
  - 3.5. TRANSMISSION DE POSITION DES VOLETS DE FUITE :
  
4. DISPOSITIFS DE BORD D'ATTAQUE :
  - 4.1. GENERALITE :
  - 4.2. VOLETS DE BORD D'ATTAQUE :
  
5. VERIN DE COMMANDE DES VOLETS :
  - 5.1. BECS DE BORD D'ATTAQUE :
  
6. COMMANDE :



## 1. DEFERENT COMMANDES :

### 1.1 STABILISATEUR :

- **Généralité:**

Le stabilisateur a un débattement maximum de  $17^\circ$ . Il pivote autour de charnières placées à l'arrière de son caisson central.

Le mécanisme d'entraînement est constitué par un vérin à vis. L'écrou du vérin est attaché à l'avant du caisson.

Trois systèmes d'entraînement sont prévus :

- Un moteur électrique principal
- Un moteur électrique asservi au pilote automatique.
- Une commande manuelle.

La commande principale du stabilisateur est assurée par le moteur principal, celui-ci est commandé par deux interrupteurs placés sur les branches extérieures des volants. Ces interrupteurs sont à trois positions A.N.U. (air plane nose up), off et A.N.D. (air plane nose down). Ils sont à rappel sur off.

Le pilote automatique commande aussi le stabilisateur par l'intermédiaire d'un moteur électrique.

La commande manuelle est assurée par deux roues de trim. Situées de part et d'autre du pédestal. Ces roues entraînent le vérin par l'intermédiaire de câbles.

Le circuit électrique de commande interdit la commande simultanée du stabilisateur tout en donnant priorité à la commande manuelle.

Le canal pitch seulement du pilote automatique se déclenche automatique se déclenche automatiquement dès que l'on actionne un des interrupteurs placés sur le volant des ailerons.

L'ordre de priorité est :

- La commande manuelle par les volants,
- La commande par le moteur normal (électrique),
- La commande par le moteur du pilote automatique.



Deux interrupteurs à deux position NORMAL COUPE sur le pédestal permettent de couper l'alimentation du moteur électrique normal et du moteur du pilote automatique ceci en cas de fonctionnement intempestif.

Quatre micros switcher (deux pour la commande normale et deux pour le P.A) coupent l'alimentation quand le stabilisateur arrive en fin de course.

Un voyant ambre sur le pédestal s'allume chaque fois que le stabilisateur est commandé par le moteur électrique normal. Ce voyant ne s'allume pas quand le stabilisateur est commandé par le pilote automatique.

- **Commande de direction:**

La commande de l'avion autour de son axe de lacet est assurée par une simple gouverne de direction.

Elle est normalement actionnée par une servocommande doubles effets alimentés par deux circuits hydrauliques indépendants (A et B).

En cas de panne de ces deux circuits une servocommande de secours peut être utilisée. (Circuit stand-by).

Trois systèmes de commande sont prévus.

- Les pédales commandant et pilote.
- Un mécanisme de trim.
- Un système Yaw damper (amortisseur de lacet) électrique destiné à amortir les oscillation de lacet).

Un effort de sensation musculaire artificielle est introduit dans le système. Cet effort de résistant exercé par cette sensation musculaire artificielle peut être annulé au moyen du mécanisme de trim.

Les pédales permettent de déplacer la gouverne de direction de 260. La commande de trim. Permet d'annuler l'effort sur les pédales tant que l'angle de déplacement de la gouverne de direction reste inférieur à 120.



- **Système de commande:**

- **Commande de la gouverne :**

La commande de la gouverne de direction est assurée par les pédales est articulées autour d'un arbre monté en ports à faux sur un bars.

La rotation de la pédale autour de son axe est utilisée pour commander le mécanisme des freins.

Les bras qui peuvent basculer autour d'un axe inférieur sont reliés par tringle à un étrier solidaire de l'axe du quadrant avant.

Tout déplacement de l'une des pédales vers l'avant entraîne l'autre vers l'arrière et fait tourner le quadrant.

Les étriers des deux quadrants avant sont connectés entre eux par une biellette ce qui permet de les actionner simultanément à partir des pédales coté commande ou coté pilote.

Des câbles relient les quadrants avant aux quadrants arrière. A partir des quadrants arrière, un ensemble de tringles et de renvois raient la bielle de commande à un guignol fixé à l'extrémité du tube de torsion.

Deux autres guignols solidaires du tube de torsion permettant la fixation de la bielle de contrôle, de la valve distributrice de la servocommande et la sensation musculaire artificielle.

Les quadrants actionnent donc en même temps la valve de commande et la came du mécanisme de la sensation musculaire artificielle.

- **Mécanisme de trim. :**

Description :

Le trim. Est assuré par un volant monté sur un axe vertical qui traverse le pédestal. Cet axe porte un tambour de câble à sa partie inférieur.

Le volant de trim. Actionne en même temps un index, qui se déplace devant une échelle graduée. Il indique la quantité de trim. Donnée à droite ou à gauche du neutre. A partir du neutre quatre tours peuvent être donnés dans les 2 sens.



### Fonctionnement :

Par l'intermédiaire de câbles, la rotation du volant agit sur le vérin de trim. Celui-ci consiste en un tambour de câble dont la partie inférieure est filetée. Ce tambour est placé sur une vis horizontale dont une extrémité est attachée à la structure. Le boîtier du tambour tourne, il se déplace le long de la tige filetée et le boîtier du tambour agit sur le système de sensation musculaire artificielle.

### 1.2.COMMANDE DE PROFONDEUR :

A commande de l'avion autour de son axe de tangage est assurée par deux gouvernes de profondeur.

Chaque gouverne est actionnée par une servocommande hydraulique qu'alimente l'une par le circuit A l'autre par le circuit B.

En cas de panne

De l'un des circuits le fonctionnement est assuré par l'autre étant donné que les gouvernes sont reliées par un torque tube.

En cas de panne des deux circuits hydrauliques ; les gouvernes peuvent être actionnées manuellement.

Deux systèmes de commande sont prévus :

- Une commande mécanique par les manches
- Une commande électrique par le canal du pilote automatique.

- **Commande par le manche:**

En normal les manches actionnent simultanément les valves de chaque servocommande et la sensation musculaire artificielle.

Les valves dirigent l'huile hydraulique sous pression vers la servocommande qui déplace les gouvernes de profondeur dans le sens voulu.

Pendant que les gouvernes se déplacent, une tringle de ramène ramène progressivement les valves vers le neutre. Au neutre la servocommande s'arrêtent et sont bloquées hydrauliquement.



- **Sensation musculaire artificielle:**

La sensation musculaire s'oppose au déplacement des manches avec une force qui varie avec :

- Le braquage des gouvernes de profondeur,
- La vitesse de l'avion.

La première composante est fournie par un ressort. La deuxième est fournie par un vérin hydraulique double. La pression appliquée sur le vérin est déterminée par un détecteur de sensation double également.

### 1.3.ELEVATEURS:

Les gouvernes sont attachées à la porte arrière du stabilisateur par six charnières. Des panneaux compensation identiques à ceux des ailerons sont placés sur les élévateurs.

Un tube de torsion actionné par les servocommandes assure la liaison entre les deux gouvernes. La partie gauche est alimentée par le circuit hydraulique A, la partie droite par le circuit B.

Le débattement des gouvernes est de 2105 en piqué et de 200,5 en cabré. Un tab normalement verrouillé, est maintenu dans le profile des gouverne quand la pression hydraulique est correcte.

Il joue le rôle de compensateur et se braque dans le sens contraire des gouvernes en cas de perte de la pression hydraulique.

- **Système de verrouillage du tab:**

Un tab placé sur chaque élévateur assure, en même temps que les panneaux, la compensation quand les élévateurs assurent, en même temps que les panneaux, la compensation quand les élévateurs sont déplacés manuellement. Quant la pression hydraulique est correcte, le tab est maintenu verrouillé dans le profile de la gouverne.

Le verrouillage est assuré par un vérin qui, lorsque la pression hydraulique existe tend un ressort et maintient le bras de verrouillage poussé. Les points de pivot de l'élévateur et du tab sont alignés. Lorsqu'il n'y a pas de pression hydraulique la force du ressort tire sur le bras le vérin se rétracte et les points ne sont plus alignés.



Le tab dans ce cas, se braque en sens contraire de la gouverne, ceci en fonctionnement manuel. La déflexion maximum du tab de 2105 en cabré de l'élève et de 110 vers le haut pour 2105 en piqué.

#### 1.4.SPOILERS :

- **Généralités:**

Les spoilers ont pour effet de réduire la portance des ailes. Ils sont au nombre de huit. On distingue 2 types de spoilers :

- Spoilers vol :

Ils peuvent être commandés en même temps que les ailerons, donc par les volants ou par le pilote automatique dans ce cas, ils fonctionnent d'une manière différentielle c'est à dire qu'ils se déplacent proportionnellement et dans le même sens que les ailerons de la même aile.

Par la commande du levier des aérofreins : dans ce cas tous les spoilers vol se lèvent dès que le levier des aérofreins est mis sur sortie. Ils détruisent alors la portance de l'aile et diminuent ainsi la vitesse de descente de l'avion.

- Spoilers sol :

Ne fonctionnent qu'au sol seulement. Ils sont simultanément et de leur angle maximum dès que le levier des aérofreins est mis sur sortie ils servent pour but de augmenter la traînée de l'avion et par conséquent diminuer la distance de roulage à l'atterrissage

Les spoilers N : 2 – 3 – 6 et 7 sont les spoilers vol

Les spoilers N : 1 – 4 – 5 et 8 sont les spoilers sol

Chaque spoiler est actionné par un vérin hydraulique sauf les spoilers 4 et 5 qui sont actionnés par deux vérins hydrauliques. Tous les vérins sont alimentés par le circuit A sauf les vérins 2 et 7 qui sont alimentés par le circuit hydraulique B.

Les spoilers N : 1 et 8 sont les spoilers extrêmes et sont interchangeables avec les spoilers vol.

Les spoilers sol N : 4 et 5 sont installés l'un à droite du moteur gauche et l'autre à gauche du moteur. Ils ne sont interchangeables qu'entre eux seulement.

Ils ne fonctionnent qu'au sol seulement. Une valve by-pass installée sur le train principal droit et actionné par un câble fixé sur le compas empêche l'arrivée de pression vers la valve de commande tant que l'avion est en vol.

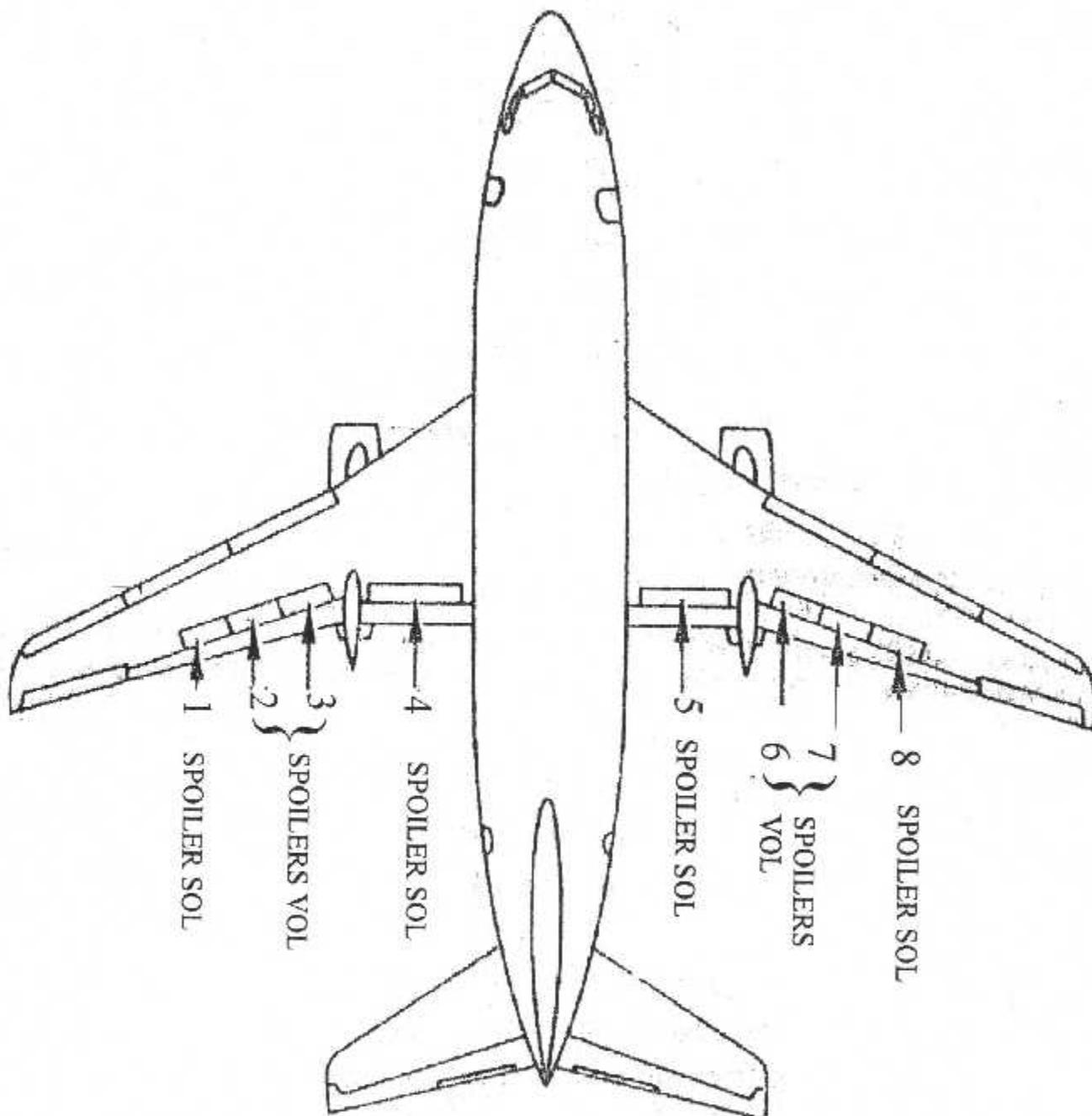


FIG. V - 8 IDENTIFICATION DE PANNEAU DE SPOILER



- **Mécanisme de commande des spoilers vol:**

La commande des spoilers se fait par :

- Action sur le volant :

La rotation du volant de commande des ailerons transmet le mouvement au différentiel spoilers. Celui-ci leur permet de se déplacer proportionnellement et dans le même sens que les ailerons.

- Action sur le levier des aérofreins :

Si l'on déplace le levier des aérofreins de la position zéro, on fera lever symétriquement sur les deux ailes les spoilers vol. L'angle de braquage varie de  $0^\circ$  à  $40^\circ$  suivant la position du levier.

- **Fonctionnement normal:**

- Le levier des aérofreins sur « rentrée » :

Volant de commande des ailerons au neutre : Tous spoilers vol sont rentrés

Tournons le volant des ailerons vers la gauche :

La servocommande déplace les ailerons et par la bielle à ressort, elle actionne le différentiel spoiler, le quadrant de commande des vérins des spoilers de l'aile gauche tourne vers la position sortie. Les spoilers sont maintenus rentrés.

Les spoilers de l'aile gauche commencent à se lever lorsque l'angle de rotation des volants atteints  $6^\circ$  environ. L'angle de braquage des spoilers de l'aile gauche augmente avec l'angle de rotation du volant.

- Levier des aérofreins sur « sortie » :

Volant de commande des ailerons au neutre : Tous les spoilers vol se lèvent à  $40^\circ$  (déterminé par la fin de course des vérins).

Tournons le volant de commande des ailerons vers la gauche :



Comme dans le cas précédent, les quadrants de l'aile gauche tourne vers la position sortie et ceux de l'aile droite vers la position rentrée. Les spoilers de l'aile gauche sont pleins sortis restent dans cette position tandis que ceux de l'aile droite descendent. Ils descendent d'autant plus que les volants sont braqués.

Commande des spoilers en cas de blocage de la servocommande : En cas de blocage de la servocommande, les ailerons ne peuvent être utilisés. Toutefois on exerçant un effort suffisant sur le volant, on déconnecte le système de commande des ailerons au-delà de  $12^\circ$  de rotation du volant et après avoir comprimé la bielle à ressort, les câbles du coté pilote actionnent directement le différentiel spoilers. la commande latérale dans ce cas n'est assurée que par les spoilers qui fonctionnent comme s'il étaient commandés par la servocommande.

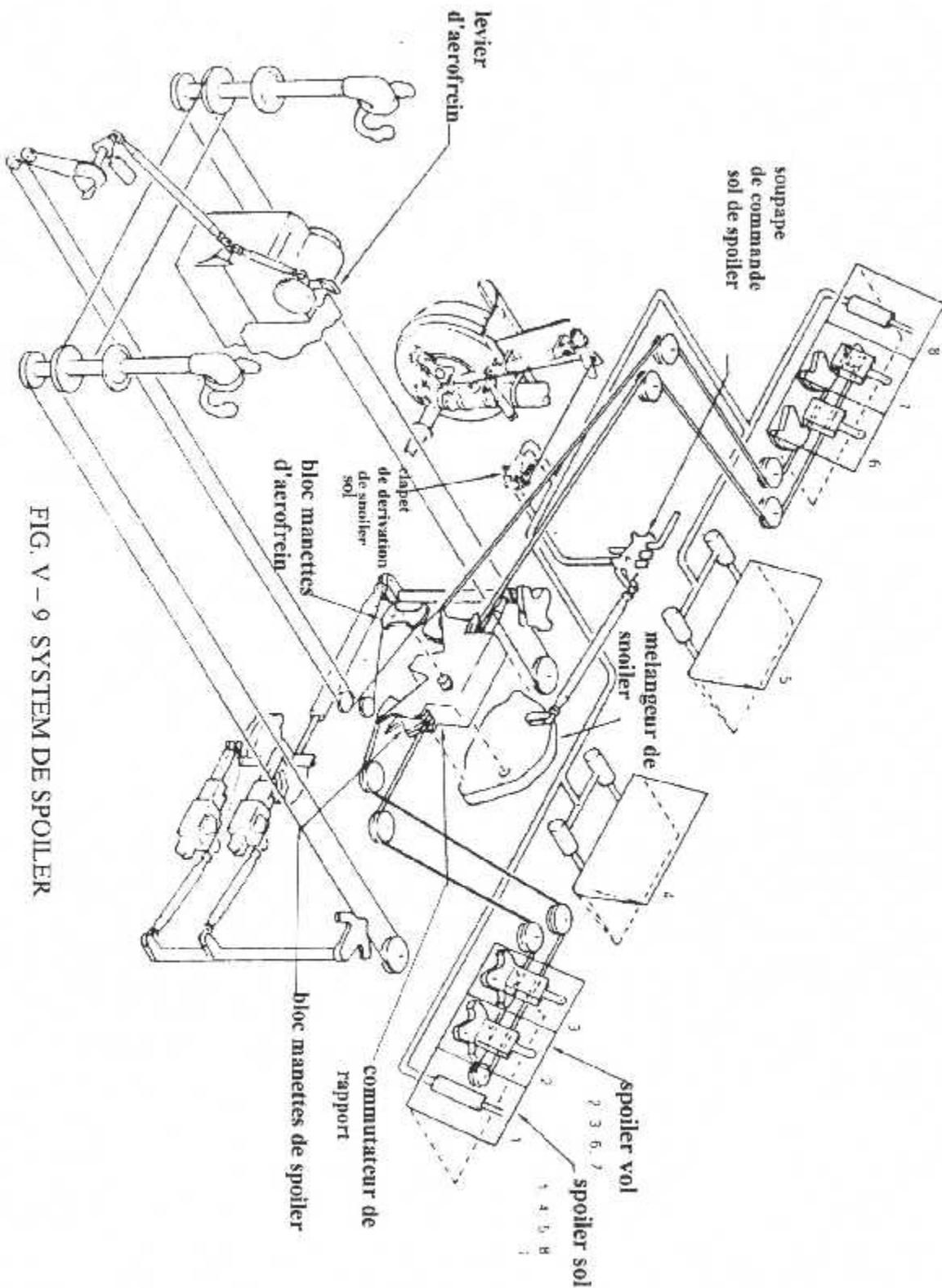


FIG. V - 9 SYSTEM DE SPOILER



### 1.5.AILERONS :

Un aileron en aluminium avec un tab de compensation en fibre de verre est monté sur le bord de fuite de chaque aile.

La fixation de chaque aileron est assurée par quatre charnières. Les roulements de ces charnières peuvent être changée individuellement sans déposer l'aileron. Quatre panneaux d'accès sont prévus à cet effet sur le bord d'attaque de l'aileron.

Le tab de compensation est attaché à l'aileron par deux biellettes fixées d'une part sur le longeron arrière par l'intermédiaire d'un support et l'autre part sur le bord d'attaque de l'aileron.

Un panneau de compensation est relié au bec de l'aileron et à l'aile par deux charnières continues.

Des joints en caoutchouc placés sur les contes du panneau et du bec de l'aileron calibrent la fuite d'air entre les deux chambres situées par et d'autre du panneau. La fuite est déterminée de manière à ce que l'effort exercé en vol par le panneau augmente en même temps que la réaction aérodynamique de l'aileron.

En position neutre de la volonté, l'aileron est braqué de  $1^\circ$  vers le bas par rapport à l'aile. Dans ce cas, les deux repères qui déterminent cette position sont alignés.

La déflexion maximum vers le haut est de  $20^\circ$ , le tab aura alors  $17^\circ$  vers le bas.

La déflexion maximum vers le bas de  $20^\circ$ , le tab aura  $19^\circ$  vers le haut.

Chaque aileron est équipé d'un tab et d'un panneau de compensation. La résultante aérodynamique exercée par ces éléments lorsque l'aileron se déplace réduit le moment de charnière de l'aileron et par conséquent facilite sa commande.

La déflexion maximum de l'aileron est de  $20^\circ$  de part et d'autre de la position neutre pour une rotation maximum de  $80^\circ$  du volant dans le deuxième sens.

Interdiction entre les ailerons :

- Les deux ailerons sont interconnectés mécaniquement.
- Cette interconnexion est réalisée de telle manière que les ailerons se déplacent en sens opposés.



➤ Servocommande aileron :

Deux servocommandes indépendantes alimentées l'une par le circuit A, l'autre par le circuit B actionnent les ailerons.

Elles sont montées l'une sur l'autre dans le logement de train principal. Celle à la partie inférieure est alimentée par le circuit A, l'autre est alimentée par le circuit B.

Pour chacune d'elle, une valve de commande assure la distribution de l'huile sous pression d'un côté ou de l'autre du piston ou encore, en position neutre isole complètement les chambres du vérin des conduites de pression et retour (bloque hydraulique).

## 2. DISPOSITIFS HYPERSUSTENTATEUR :

Les dispositifs hypersustentateurs sont destinés à augmenter la portance des ailes lors du décollage ou l'atterrissage ou encore lorsque l'avion vol à faible vitesse (approche). Lorsqu'ils sont complètement sortis, ils augmentent ainsi considérablement la traînée de l'avion ; ce qui permet de réduire la distance de roulage à l'atterrissage.

Deux volets sont installés au bord de fuite de chaque aile : un volet intérieur et un volet extérieur.

Chaque bord d'attaque est équipé de trois becs et deux volets. Les volets sont simples panneaux articulés autour d'une charnière (volets krusger).

Les becs se différencient des volets par le fait qu'ils s'écartent du bord d'attaque de l'aile tout en pivotant vers le bas. Ils créent ainsi une fente à l'avant du bord d'attaque, ce qui évite le décollement des filets d'air au-dessus de l'aile (décrochage).

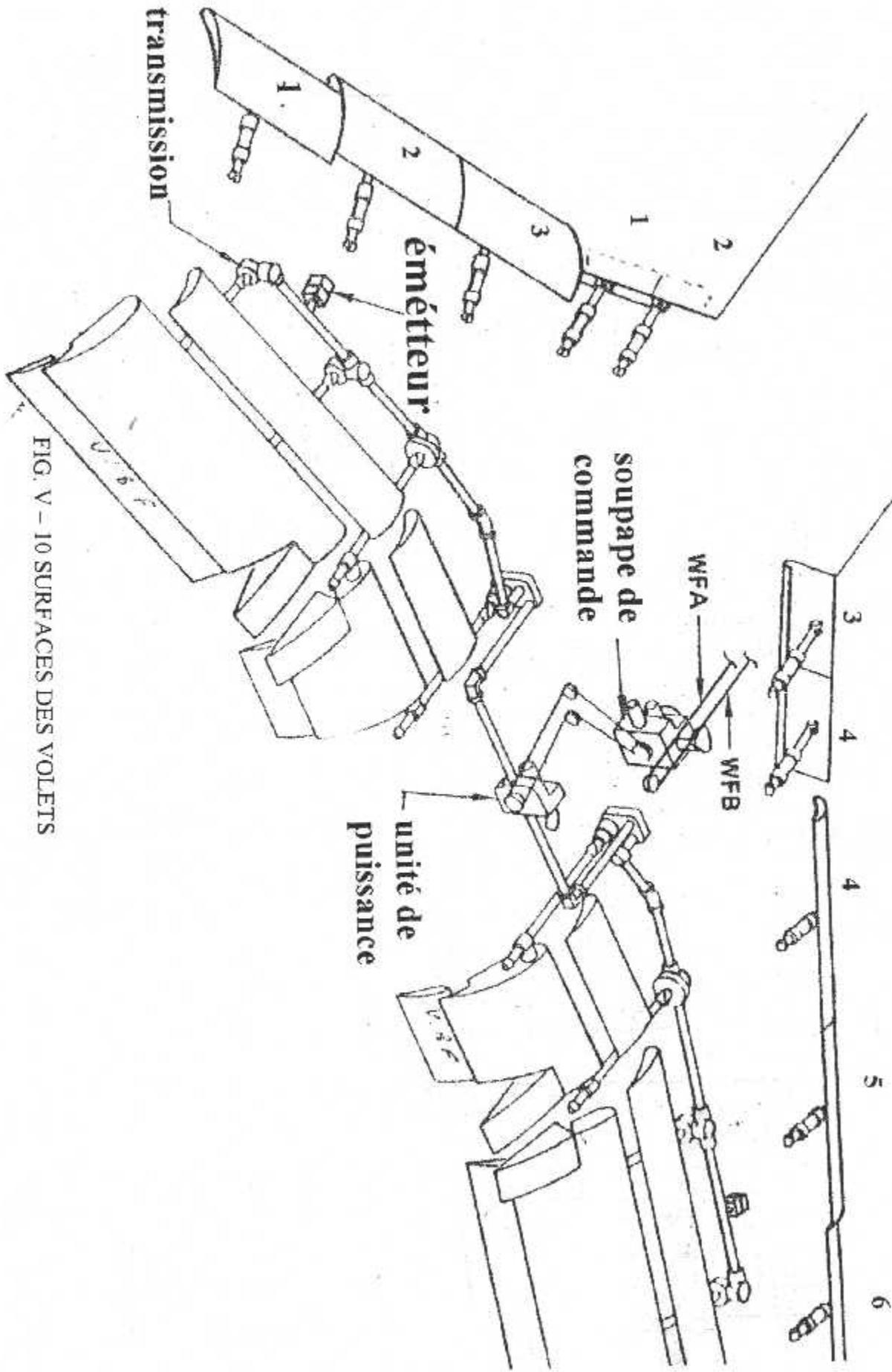


FIG. V - 10 SURFACES DES VOILETS



### 3. VOLET DE BORDE DE FUIITE :

#### 3.1.MECANISME DE COMMANDE DES VOLETS DE BORD DE FUIITE :

- **En commande normale:**

Le levier de commande est installé sur le pedestale, coté droit. Sélectionner une position de sortie des volets en déplaçant le levier de commande de la position 0 (zéro) à la position voulue, les volets se mettant alors à sortir jusqu'à la position sélectionnée, où ils s'arrêtent automatiquement.

En ramenant le levier de commande à la position 0 (zéro), les volets entrent puis s'arrêtent automatiquement.

- Règles de mise en marche :

Le levier de commande est en position zéro.  
L'indicateur de pression du système A est à 3000 PSI

- Règles de conduite :

En pas déplacer le levier de commande de toute sa course sans Sélectionner les positions 1 et 15 unités.

La position 15 unités représentent le maximum des volets utilisable pour le décollage.

- Règle de sécurité :

En cas de sortie asymétrique des volets, la mise a l'arrêt de la commande hydraulique est automatique.

- Règle de fin de service :

Rentré les volets complètement après que l'atterrissage est terminé.

- **En commande de secours:**

Actionner l'interrupteur d'armement et pousser le commutateur vers la position DOWN.

Le moteur électrique se met à tourner dans le sens de sortie des volets.

L'arrêt du moteur est obtenu par la remise du commutateur en position OFF.



La rentrée des volets est obtenue par l'inversion du moteur électrique, en poussant ce commutateur vers la position UP.

Le moteur tourne jusqu'à la position 0 (zéro) de fin de course ou il s'arrête automatiquement.

➤ Règle de mis en marche :

Le système électrique n'est utilisé sauf si le système hydraulique est en défaillance.

➤ Règle de conduite :

L'utilisation du moteur électrique ne doit pas déplacer 3 minutes de mise en marche et 20 minutes de repos avant réutilisation.

➤ Règle de sécurité :

Comme le système de protection contre les surcharges aérodynamique n'a aucune influence sur la commande électrique, on doit contrôler la sortie des volets en fonction de la vitesse de l'avion en atterrissage.

Si la vitesse dépasse 160 kT (296.32 Km/h), le cran de sélection maximale est de 30 unités.

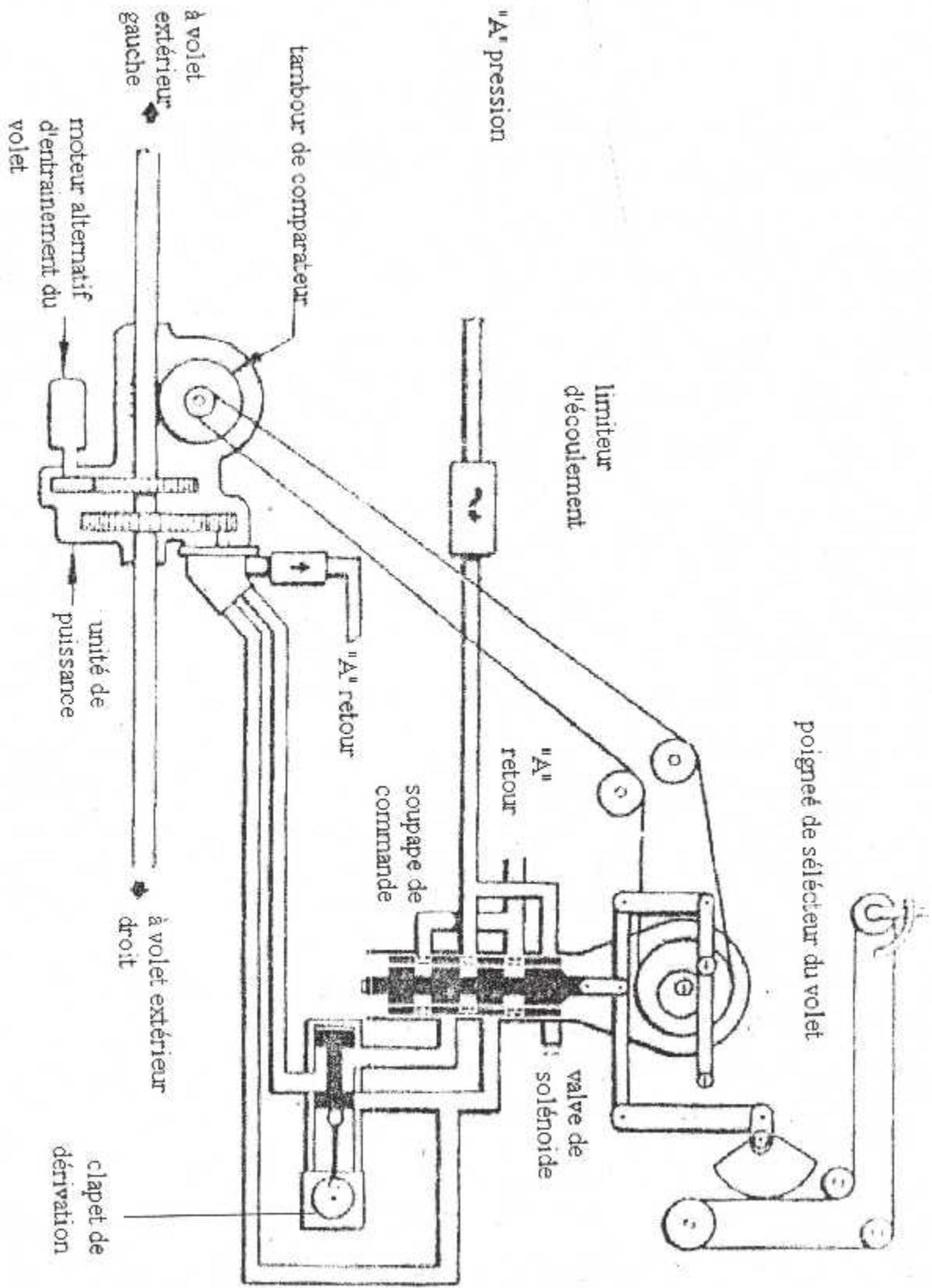


FIG. V - 11 DIAGRAMME HYDRAULIQUE DU VOLET



### 3.2.COMMANDE HYDRAULIQUE DES VOILETS DE BORD DE FUITE :

Un moteur hydraulique prévu pour l'entraînement normal des tubes de torsion. Le moteur est alimenté par le circuit hydraulique A à travers une valve de commande et d'une by pass valve. La valve de commande distribue l'huile hydrauliquement sous pression vers la position « rentrée au sortie » suivant la position de son tiroir lorsque le tiroir est en position neutre, les lignes de rentrée et sortie volets sont obturés. Le moteur est alors bloqué hydrauliquement.

- **Principe de fonctionnement du système hydraulique:**

- **Source de pression :**

L'alimentation en pression du circuit hydraulique des volets bord de fuite est assurée par le système A, quand les réacteurs sont en marche.

Lors des essais, l'alimentation est assurée par le système B, en connectant la voie de pression du système A avec celle du système B par le robinet interconnexion.

- **Sortie volets :**

Lorsque l'on déplace le levier de commande, par l'intermédiaire des câbles on actionne un secteur.

Celui-ci agit sur une bielle qui fait basculer un levier dont le point du pivot est à l'extrémité gauche. La valve se déplace vers le bas et l'huile sous pression est admise dans la conduite du moteur sortie volets tandis que l'autre est reliée au réservoir A.

Pendant que le moteur tourne et que les volets descendent, le câble d'asservissement est entraîné. Celui-ci déplace une came.

Le sens de rotation de la came du système d'asservissement est tel qu'il ramène progressivement le tiroir de la valve vers la position neutre.

Tout déplacement du levier de commande des volets sera donc suivi d'un déplacement proportionnel des volets.

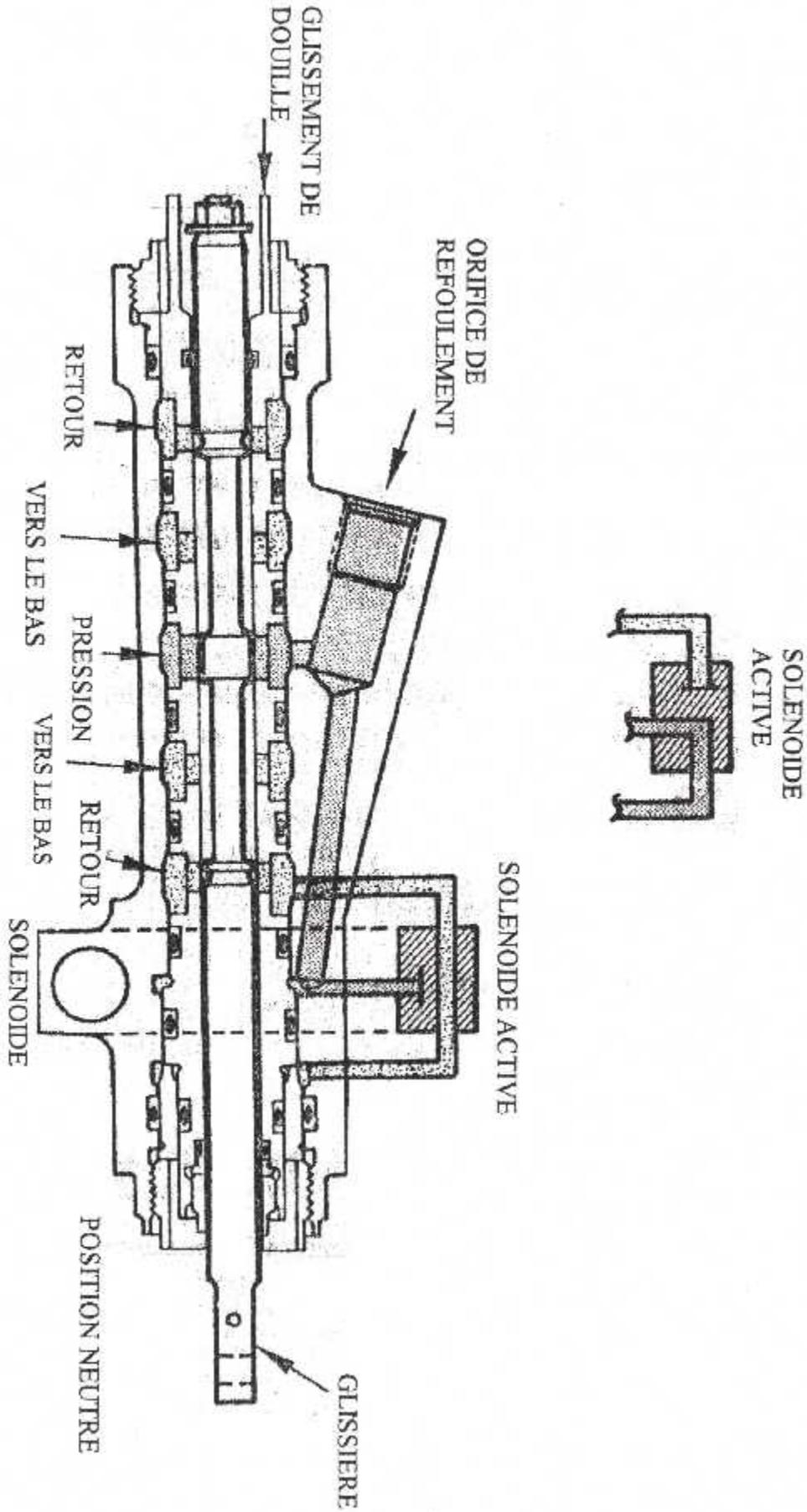


FIG. V - 12 SELECTEUR DU VOILET



➤ Entre des volets :

Ramener le levier de commande sur la position 0 (zéro) unité. Le câble de commande remet le cadran dans sa position initiale qui ramène le tiroir à la position UP par la décente du levier différentiel. L'huile sous pression est dirigée vers la conduite UP du moteur hydraulique, la conduite DOWN est au connecté au retour.

Le moteur se met à tourner dans le sens inverse, en même temps que le tambour d'asservissement fait tourner la came dans le sens inverse. L'extrémité gauche du levier différentiel est ramenée vers le bas par un rassuré, ce qui ramène le tiroir vers le neutre, quand les volets atteignent 0 (zéro) unité, le tiroir revient au neutre (position initiale), le moteur s'arrête.

**REMARQUE :**

*On a pris la position 1 unité comme exemple, pour les autres positions on a le même fonctionnement avec le changement de la course du tiroir d'une position à l'autre.*

• **Circuit hydraulique :**

Le circuit hydraulique des volets bords de fuites se compose essentiellement de :

- Un sélecteur.
- Une valve de by-pass.
- Un régulateur de débit.
- Système d'asservissement ou mécanisme suiveur.
- Un moteur hydraulique.
- Clapet anti-retour

➤ Le sélecteur :

C'est un distributeur 4/3 à tiroir commandé par un levier différentiel chemise coulissant pilotée par pression à partir d'un distributeur pilote 3/2 commandé par électroaimant.

Le tiroir glisse à l'intérieur de la chemise. Au neutre les 4 orifices sont obturés.

Dans la première position (DOWN), le distributeur connecte l'orifice de pression avec l'orifice de conduit DOWN, et la conduite UP avec l'orifice pression et l'orifice DOWN au retour.

La chemise peut occuper deux positions différentes, on la faisant glisser d'une position vers l'autre, on change la position neutre du tiroir.



Si le solénoïde est désexcité, la pression agit sur la chambre de petite section, la grande chambre est reliée au retour.

Si le solénoïde est excité, les deux chambre seront soumises à une même pression ; la chemise sera poussée vers le coté de la petite section, le moteur alors se met à tourner dans le sens UP (entrée des volets).

Si le solénoïde est à nouveau désexcité, la chemise reprend sa position initiale et le moteur se met à tourner dans le sens DOWN (volets sortant).

➤ Valve de by-pass:

La valve de by-pass est un distributeur 3/2, actionnée par un moteur électrique à courant continu.

En position normale, elle ne joue pas le rôle particulier, en position by-pass, elle obture la conduite DOWN du sélecteur et interconnecte les conduites UP et DOWN du moteur. Dans ce cas, le moteur hydraulique est libre.

Utilisation de la position by-pass :

- La position by-pass est utilisée quand on actionne les volets électriquement.
- Elle est utilisée pour l'arrêt automatique du moteur hydraulique en cas de sortie asymétrique des volets.

➤ Le régulateur de débit :

Cet équipement a pour rôle de contrôler le débit du liquide vers ou en provenance d'une servitude et limiter sa valeur à un maximum. Ce contrôle peut s'exercer dans un ou dans les deux sens d'écoulement.

Le contrôle du débit est obtenu par réduction de la section de passage offerte au fluide. La présence du limiteur provoque une perte de charge qui croie comme le carré du débit et reste constante pour un débit maximum.

➤ Limiteur a un sens fixe :

Le débit est limité dans un sens d'écoulement et libre dans l'autre. La section de passage offert au liquide dans le sens restreint est constante.

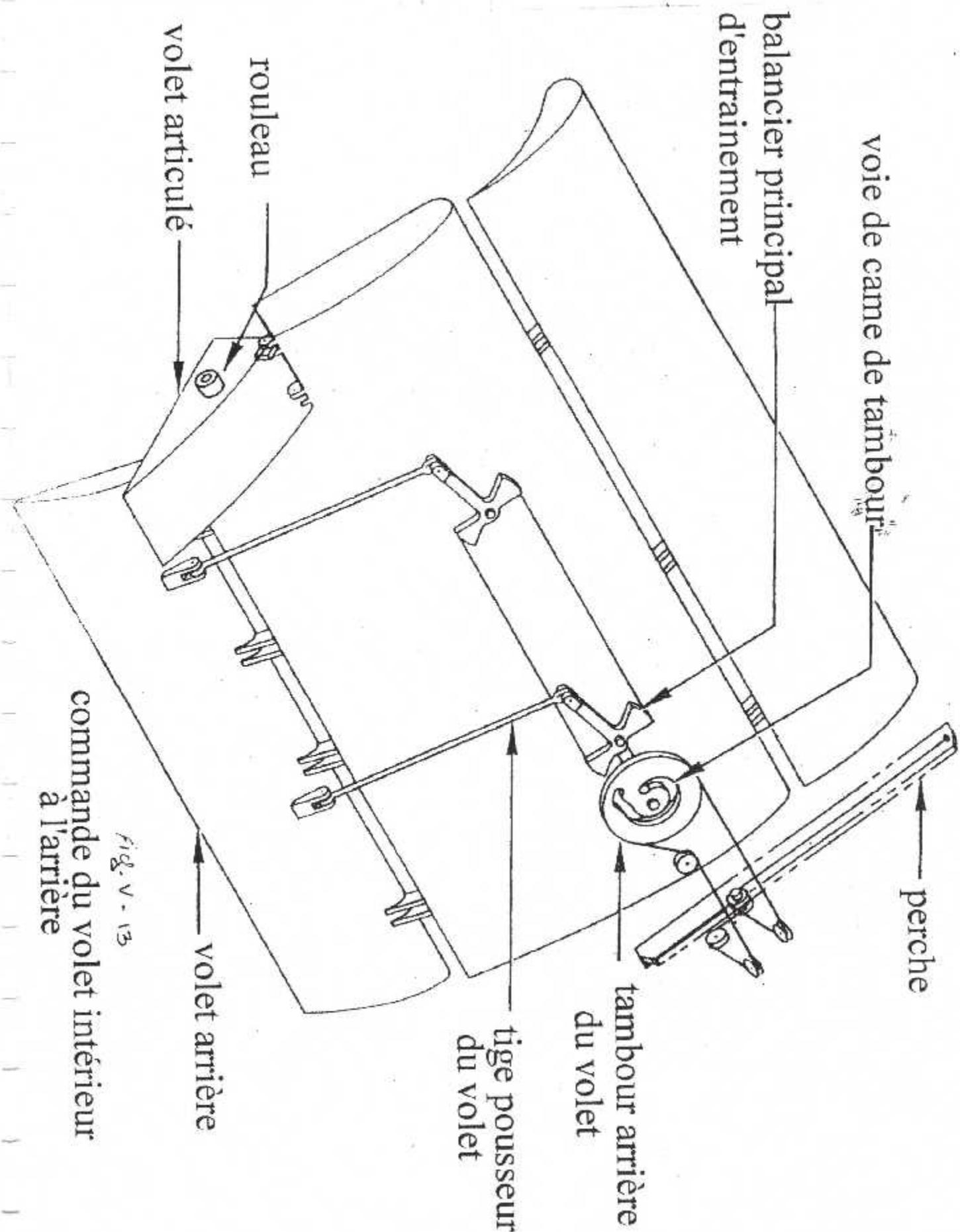


Fig. V - 13



➤ Système d'asservissement ou mécanisme suiveur :

Le mécanisme suiveur se compose d'une came et d'un doigt muni d'un galet qui suit le profil de la came. Le doigt est connecté avec le levier différentiel.

La came est reliée à un tambour mené par des câbles à partir du tambour d'asservissement. Le mécanisme suiveur actionne l'extrémité gauche du levier différentiel.

➤ Clapes ont retour :

Le passage de liquide le retour corps du moteur hydraulique et interdire le retour du réservoir hydraulique.



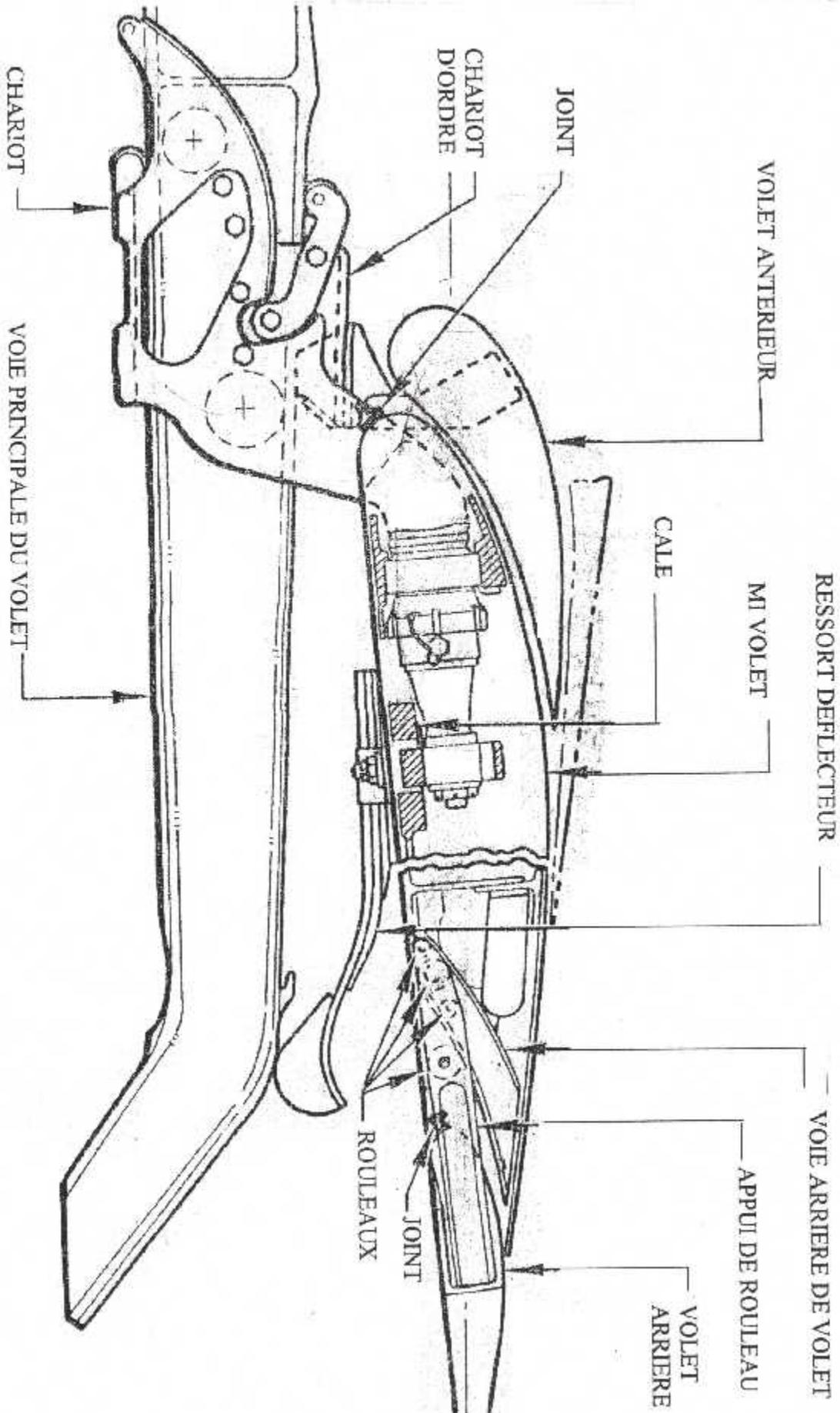


Fig. V - 13  
LA GEOMETRIE DU VOILE



### 3.3. VOILET DE BORD DE FUITE INTERIEURS :

- **Description:**

Les volets de bord de fuite se composent de trois parties mobiles :

- Un volet avant.
- Un volet intermédiaire
- Un volet arrière.

Lorsque les volets sont rentrés ces trois parties s'emboîtent de façon à assurer la continuité régulière du profil de l'aile. Un mécanisme placé à l'intérieur du volet intermédiaire sépare progressivement les trois parties pendant la sortie des volets.

➤ Volet intermédiaire :

Le volet intermédiaire est la partie principale du volet : C'est lui qui est actionné par la vis sans fin et c'est lui qui est pris comme référence pour déterminer l'angle de sortie des volets.

Description :

Chaque volet intermédiaire est supporté par deux rails fixés en dessous de l'aile. Deux chariots à galets (carriage) guident le volet le long des rails.

Deux vis sans fin munies d'écrous baladeurs assurent le déplacement des volets. Les écrous des vis sont attachés aux extrémités du bord d'attaque.

Les attaches sont constituées par des cadrans. L'axe du cadran attaché au volet intermédiaire est monté sur une plaque excentrée. En faisant tourner cette plaque dans un sens ou dans l'autre, on peut lever ou abaisser la position du volet dans intermédiaire, ce qui permet d'ajuster les volets dans le prolongement de l'aile quand ils sont en position rentrés.

Deux butées fixées aux extrémités de la vis, assurent l'arrêt des volets en cas de défaillance dans le système d'asservissement.

➤ Volet avant :

Le volet avant est fixé sur des rails. Ces rails peuvent glisser sur des galets installés dans le volet intermédiaire.

Le volet avant est également supporté à l'avant par deux chariots de séquence qui roulent sur les rails supports du volet intermédiaire. Chaque chariot de séquence des volets avant est muni d'un cliquet utilisé pour commander la séparation du volet avant quand l'angle de sortie du volet intermédiaire atteint  $56^\circ$  de son braquage pour les volets intérieurs et  $72^\circ$  pour les volets extérieurs.



### ➤ Volet arrière :

Le volet arrière est supporté par quatre rails installés sur le volet intermédiaire. Des chariots à galets permettant au volet de glisser le long des rails. Il est actionné par un mécanisme de séquence qui se compose d'une poulie, de deux secteurs, d'un câble et deux biellettes.

Un embrayage mécanique assure la continuité de fonctionnement du système dans le cas d'une formation de givre entre le volet intermédiaire et le volet arrière ou de détérioration du volet arrière.

- **Fonctionnement:**

Lorsque les volets sont rentrés, le galet avant du cliquet est en contact avec la face supérieur du rail, l'autre galet est engagé dans une encoche du chariot du volet intermédiaire. Quand le volet intermédiaire est poussé par le vérin à vis, il bascule vers l'arrière et le galet arrière du cliquet est empêché par le galet avant et le volet avant recule en même temps que le volet intermédiaire.

A un endroit du rail, le chariot de séquence du volet avant est stoppé par une butée. Simultanément le galet avant se trouve au-dessus d'une encoche faite dans la face supérieure du chariot du volet intermédiaire. Le galet avant est maintenu dans son encoche et le volet avant immobilisé.

Lorsque le volet intermédiaire se déplace, la poulie assurant le braquage du volet arrière tourne et entraîne deux secteurs par l'intermédiaire de câble. La liaison secteur, volet est assuré par deux biellettes.

### 3.4. VOLETS DE BORD DE FUIITE EXTERIEURS :

- **Description:**

Le principe de fonctionnement est le même que pour les volets intérieurs. En plus le capot de protection qui recouvre chaque système de volets est mobile. Ce capot se déplace vers le bas quand les volets extérieurs sortent.

Le capot est relié au chariot du volet intermédiaire par une biellette et un support. Une deuxième biellette assure la liaison entre le support et le volet arrière.

Le support porte un galet à son extrémité, ce dernier est guidé par un rail fixé au capot.



- **Fonctionnement:**

Lorsque le chariot du volet intermédiaire se déplace, par l'intermédiaire de la biellette il déplace le support. Le volet arrière est déplacé, le galet glisse dans le rail du capot et bascule vers le bas.

### 3.5. TRANSMISSION DE POSITION DES VOILETS DE FUITE :

Deux transmetteurs de position sont installés sur chaque aile. L'un entre les transmissions du volet gauche, l'autre entre celles du volet droit. Ces transmetteurs signalent la position des volets à un indicateur situé sur le panneau central (p2). Cet indicateur est à deux aiguilles, l'une marquée droit, l'autre gauche. Une protection de sortie asymétrique des volets est montée sur le système.

## 4. DISPOSITIFS DE BORD D'ATTAQUE :

### 4.1. GENERALITE :

Les dispositifs de bord d'attaque sont spécialement destinés à éviter le décollement des filets d'air au-dessus de l'aile lorsque l'incidence est élevée.

Ces dispositifs sont constitués de volets au nombre de quatre becs au nombre de six. Leur sortie est subordonnée à celle des volets de bord de fuite. Lorsque le levier de commande des volets de bord de fuite est mis sur 1 unité, les volets de bord d'attaque sortent complètement, les becs prennent une position intermédiaire et ne sont complètement sortis que les volets de bord de fuite atteignent 10 unités.

Chaque dispositif est actionné par un vérin hydraulique A. Toutefois en cas de panne du circuit normal A, ils peuvent être uniquement sortis au moyen du circuit hydraulique secours.

### 4.2. VOILETS DE BORD D'ATTAQUE :

- **Généralités:**

Deux volets de bord d'attaque sont installés sur chaque aile. Ces volets sont numérotés de gauche à droite de 1 à 4 sont appelés volets kruger.

Les volets 1 et 4 sont attachées au bord d'attaque de l'aile par charnières coudées. Les volets 2 et 3 sont attachés par cinq charnières.

Chaque volet est actionné par un vérin hydraulique A. Le cylindre du vérin est fixe sur le longeron avant de l'aile.



- **Description et fonctionnement:**

Le volet est constitué de deux parties :

Le volet principal et le nez du volet. Le volet principal est relié au bord d'attaque de l'aile par une charnière. Un système d'articulation et de tringle rive permet de replier le nez du volet en position rentrée. En position sortie, le nez est dans le prolongement du volet afin d'améliorer l'écoulement de l'air.

## 5. VERIN DE COMMANDE DES VOLETS :

### Description :

Un corps comportant :

Deux valves identiques (une pour circuit a, l'autre pour le circuit secours).

Un piston menu d'une tige sur le volet.

### Fonctionnement :

Considérons un volet rentré, le vérin en position « Rétracté » dans ce cas la pression hydraulique a agit sur la face gauche et la chambre du vérin coté « rétracté » sont alimentée. Le volet est donc maintenu verrouillé rentré.

Si les volets de bord de fuite passent de 0 à 1 unités, la position de la valve de commande des volets de bord d'attaque est telle que le liquide sous pression est admis sur les deux faces du piston.

La face de gauche ayant une surface plus grande le piston se déplacera à droite assurant la sortie des volets.

Si la pression hydraulique du circuit a chute en dessous de 200 ppsi, sous l'action du ressort, la valve se déplace à gauche bloquant le liquide dans les deux chambres du cylindre.

Le verrouillage hydraulique des volets est sorti est assuré.

La valve du circuit normale est fermée.

En sortie secours c'est la valve du circuit secours qui est déplacée permettant au liquide sous pression d'assurer le déplacement du piston

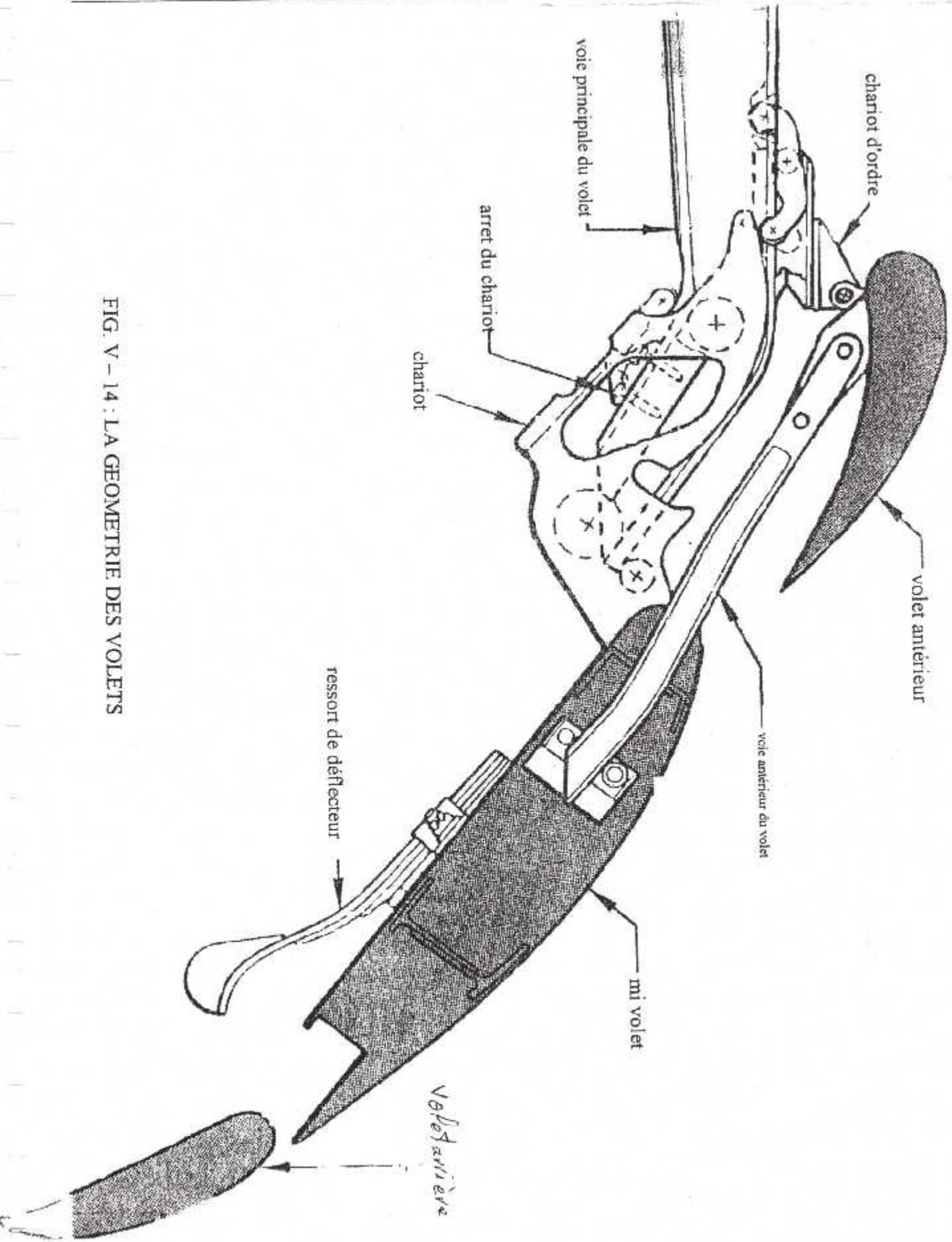


FIG. V - 14 : LA GEOMETRIE DES VOLETS



### 5.1. BECS DE BORD D'ATTAQUE :

- **Généralités:**

Trois becs de bord d'attaque sont installés sur chaque aile. Ils sont numérotés de gauche à droite de 1 jusqu'à 6.

Ils sont actionnés chacun par un vérin hydraulique alimenté normalement par le circuit hydraulique A. En cas de perte du circuit hydraulique A ils peuvent être actionnés par le circuit secours.

Leur déplacement est commandé par la sortie des volets de bord de fuite qui agissent sur la valve de commande.

Le bord d'attaque de chaque bec possède un conduit d'air chaud d'antigivrant relié à la source d'air chaud par un tube télescopique qui se déplace en même temps que les becs.

Le vérin de commande des becs à trois positions :

- Rentrée
- Sortie intermédiaire
- Plein sorti.

- **Description et fonctionnement:**

Les becs sont pourvus de deux rails principaux et deux rails auxiliaires. L'ensemble est guidé par des galets supportés par des nervures de l'aile. Lorsque les volets de bord de fuite sont entre 0 et 1, les vérins des becs sont alimentés. Les becs se déplacent jusqu'à la position intermédiaire. Dans cette position le galet est stoppé sur un bras qui évite des vibrations importantes au bec.

Lorsque les volets de bord de fuite sont déplacés à 10, les becs sortent complètement. Des butées stoppent le bec à chaque fin de course.

Les butées de la position sortie sont fixées aux rails. Lorsque le bec est complètement sorti, ces butées stoppent les becs juste avant la fin de course des vérins.

Les butées de la position rentrée sont constituées par un doigt fixé au bord d'attaque de l'aile. Lorsque le bec est rentré ce doigt vient en contact avec une butée fixée sur le volet.

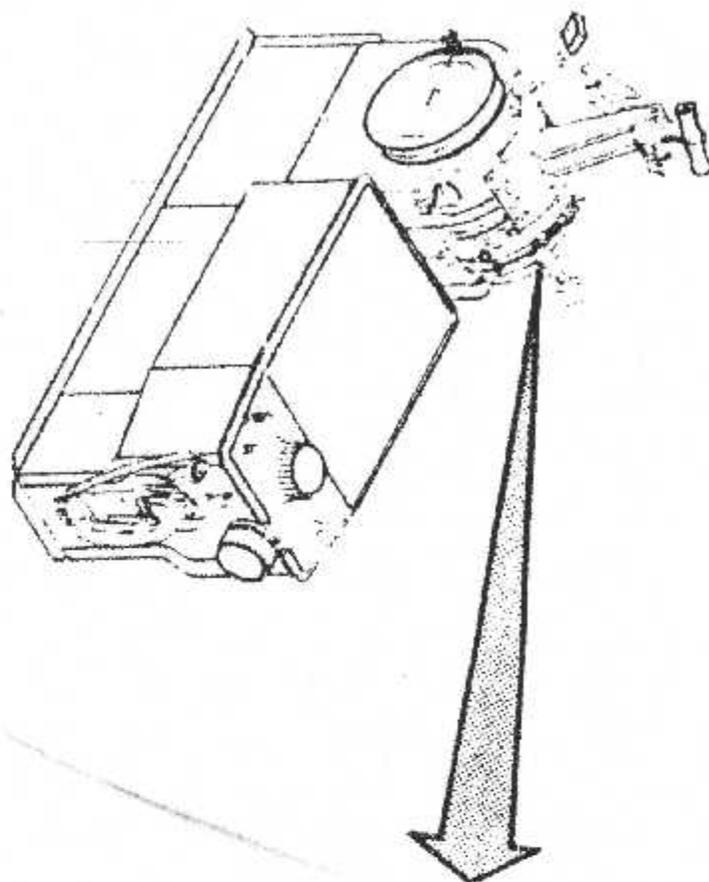
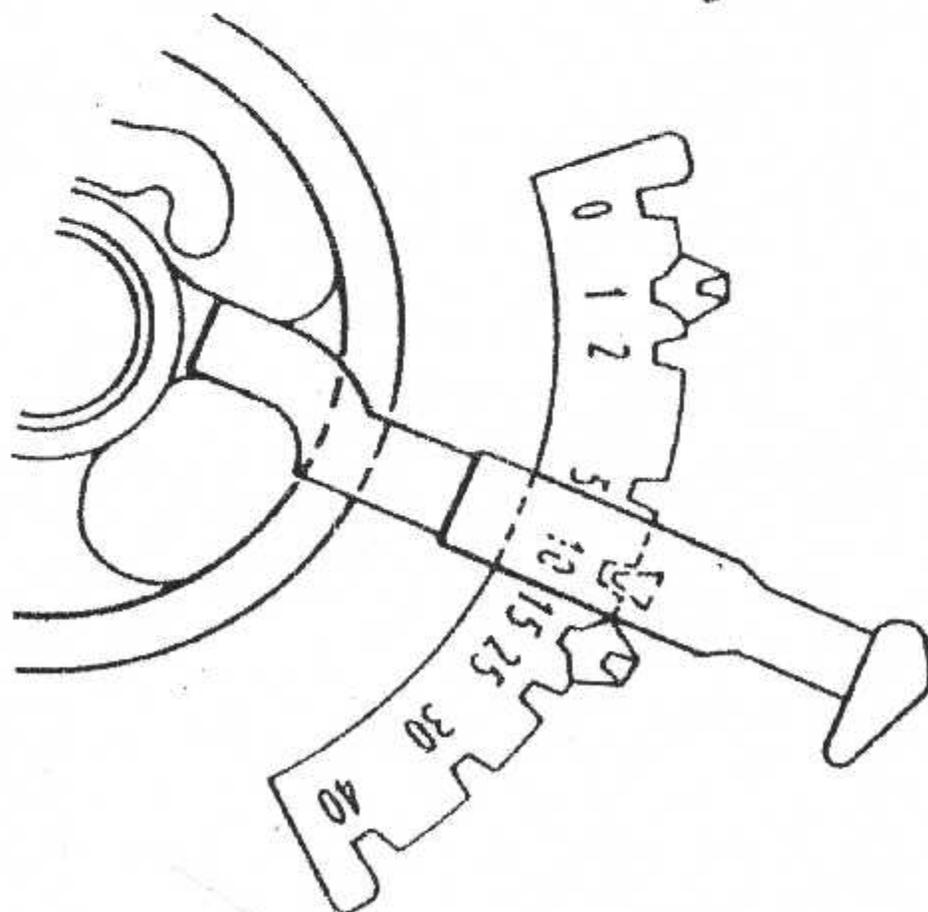


FIG. V - 15 LEVIER DU VOILET





## 6. COMMANDE :

Les valves de commande des dispositifs hypersustentateurs sont commandées simultanément par un levier de commande installée sur le pédestal coté droit. Ce levier se déplace à coté d'un quadrant pourvu d'encoches. Les encoches permettent de présélectionner les positions suivantes :

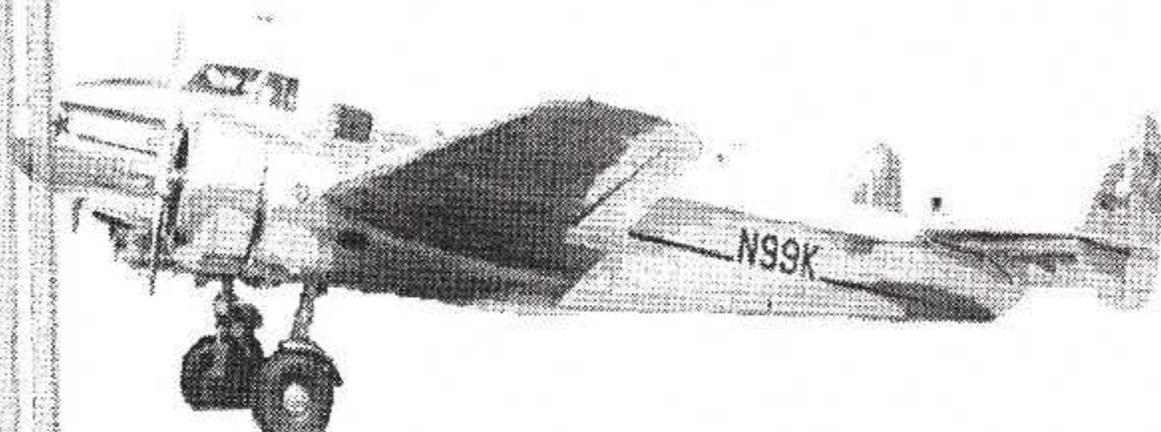
**0-1-2-5-10-15-25-30-40 unités.**

Un ressort placé dans le levier maintient celui-ci dans le cran voulu. Le levier de commande ne peut être déplacé qu'an tirant vers le haut. Deux doigte placés en face des crans 1 et 15 obligent le pilote à appuyer sur le levier avant de passer outre ces positions.

L'arrêt à 1 unité permet le fonctionnement des dispositifs de bord d'attaque. La butée à 15 unités fixe l'angle maximum des volets qui peut être utilisé pour le décollage.

Le levier en se déplaçant actionne des câbles, qui entraînent un secteur, et par un ensemble de bielles et de renvois agissent sur les valves de commande.

# PARTIE: VI



# Entretien

1. LA DOCUMENTATION SPECIFIQUE
    - 1.1. GENERALITE SUR LA DOCUMENTATION
    - 1.2. LA DOCUMENTATION SPECIFIQUE
    - 1.3. DOCUMENTATION TECHNIQUE
    - 1.4. LA DOCUMENTATION HISTORIQUE
  2. LA MAINTENANCE
    - 2.1. INTRODUCTION
    - 2.2. OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE
    - 2.3. DIFFERENTS TYPE DE MAINTENANCE
  3. ORGANISATION DU SERVICE DE MAINTENANCE à AIR ALGERIE
    - 3.1. SERVICE ETUDE
    - 3.2. SERVICE METHODE :
    - 3.3. SERVICE APPROVISIONNEMENTS
    - 3.4. SERVICE CONTROLE
    - 3.5. SERVICE FORMATION
    - 3.6. SERVICE INTERVENTION
  4. POTENTIEL
  5. LES VISITES
    - 5.1. PREMIERE VISITE
    - 5.2. DEUXIEME VISITE
  6. PERIODE DES VISITES DE L'AVION B737-200
  7. EXEMPLE DE MAINTENANCE D'UN MOTEUR HYDRAULIQUE
- 



## 1. LA DOCUMENTATION SPECIFIQUE :

### 1.1. GENERALITE SUR LA DOCUMENTATION :

La documentation est un ensemble de recensements de documents. C'est également l'action de sélectionner, de classer d'utiliser, et de diffuser des documents.

Dans le cas de la maintenance, la documentation concerne en particulier les matériaux de production sur les quels on porte des interventions et la responsabilité de service de maintenance.

On ne peut concevoir une maintenance sans avoir des documents fiables, car une bonne documentation permet d'assurer la réparation.

La fabrication des pièces de rechange est une intervention rapide en cas de panne. Une meilleure gestion de la maintenance est une meilleure gestion de stock (pièce de rechange), ainsi qu'une formation efficace du personnel.

### 1.2. LA DOCUMENTATION SPECIFIQUE :

La documentation spécifique concerne les matériaux de production, et elle comprend :

### 1.3. DOCUMENTATION TECHNIQUE :

C'est une documentation de constructeur qui porte des renseignements du constructeur, ainsi qu'elle résume le fonctionnement des machines et leur caractéristique  
Et celles des pièces de rechange.

### 1.4. LA DOCUMENTATION HISTORIQUE :

La documentation historique est liée à la vie de la machine.

Elle est formée d'un dossier historique, ce dernier est constitué d'une fiche historique de document de création de la machine, des ordres travaux, des rapports d'expertise, ainsi que des rapports d'accident.

La documentation historique permet à l'utilisateur de connaître à tout moment :

- Les transformations qu'a subi un bien pour améliorer la production, la sécurité dans les travaux les plus importants.
- Les capacités réelles de l'exploitation permettent un meilleur suivi d'état de la machine.



## 2. LA MAINTENANCE :

### 2.1. INTRODUCTION :

Ce qui assure le bon fonctionnement du matériel, et la maîtrise de son comportement, est appelée, maintenance. Cette maintenance doit être accomplie dans le but de :

- Permettre une exécution normale des opérations dans les meilleures conditions de coût, de sécurité et de qualité (cas d'une production).
- Obtenir un service dans les meilleures conditions de confort et de coût.

### 2.2. OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE :

- Diminuer le temps d'arrêt en cas de révision de panne.
- Améliorer les conditions de travail du personnel de production.
- Augmenté la durée de vie du matériel.
- Supprimer les causes d'accidents graves.
- Diminuer la probabilité de défaillance.
- Assurer la disponibilité du matériel.

### 2.3. DIFFERENTS TYPE DE MAINTENANCE :

- **La maintenance corrective:**

La maintenance corrective est la maintenance effectuée après défaillance ; elle a pour objectif de redonner aux matériels des qualités perdues nécessaires à leurs utilisateurs.

➤ **Avantage :**

- Simplicité de travail.
- Budget de maintenance moyen.

➤ **Inconvénients :**

- Coût de perte de production.
- Organisation déficiente de l'intervention.
- Perturbation de la production à cause de l'arrêt imprévu.
- Temps d'immobilisation long



- **Maintenance préventive:**

- Définition :

Elle doit permettre d'éviter les défaillances du matériel en cour d'utilisation l'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport au défaillance qu'elle permet d'éviter.

- But :

- Augmenter la durée de vie du matériel.
- Diminuer la probabilité de défaillances en service.
- Supprimer les causes d'accidents graves.
- Permettre d'éviter les consommations anormales d'énergie de Lubrifiant.... etc.

- **Maintenance préventive systématique:**

- Définition :

Maintenance préventive effectuée selon un chantier établi selon le temps ou le nombre d'unité, le temps est l'unité la plus répandue ; d'autres unités peuvent être retenus.

- Condition d'Application :

Cette méthode nécessite de connaître :

Le comportement de matériel.

- Les usures.
- Les modes de dégradation.
- Le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries.

- Cas d'Application :

La maintenance systématique peut être appliquée dans les cas suivants :

- Equipement soumis à la législation en vigueur (sécurité réglementée).
- Equipement dont la panne risque de provoquer un accident grave (transport en commun des personnes, AVION, TRAIN, METRO..... etc.)
- Equipement ayant un coût de défaillance très élevé
- Equipement dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormales à la cour de leur temps de service



- **Maintenance préventive conditionnelle:**

Maintenance préventive subordonnés à un type d'événement auto diagnostique, information capteur, mesure d'une usure.... etc.

- **Condition d'Application :**

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence de point faible, suivant les cas il est souhaitable de la mettre sous surveillance et à partir de la, nous pouvant décider d'une intervention lorsqu'un seuil est atteint (température excédée par exp.)

- **Cas d'Application :**

Tous les matériaux sont concernés, cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinemment sur le matériel en fonctionnement.

Parmi les paramètres on cite :

- Le niveaux et la qualité d'une huile.
- Les températures et les pressions.
- La tension et l'intensité du matériel électrique.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.

Avantage :

Elle est avantageuse par la connaissance du comportement en

### 3. ORGANISATION DU SERVICE DE MAINTENANCE à AIR ALGERIE :

#### 3.1. SERVICE ETUDE :

Ce service assure :

- Le suivi d'évolution des équipements «construction».
- L'exploitation des incidents par (ATA) et des anomalies.
- Création des documents d'entretien propres à l'exploitant
- L'étude de modification rendre nécessaire pour améliorer
- L'entretien, diminuer le taux de pannes, rendre plus aisée l'exploitation.



### 3.2. SERVICE METHODE

Ce service planifie les opérations d'entretien. C'est lui qui organise et prévoit :

- La programmation, le lancement.
- Les déterminations des temps d'intervention.
- La répartition de l'outillage.
- L'installation des ateliers et hangars.
- La réparation du personnel.
- Contrôle de l'entretien et établit les statistiques.

### 3.3. SERVICE APPROVISIONNEMENTS :

Ce service doit prévoir le rechange de matériel sans tomber dans le sur stockage, le matériel se classe en deux catégories :

- Matériel consommable (destructible).
- Matériel révisable (réparation).

Le matériel révisable est accompagné d'une fiche matricule retraçant sa vie.

Le service approvisionnement commande ces types de matériels en fonction de ses prévisions de consommation.

### 3.4. SERVICE CONTROLE :

Ce service est tenu par réglementation de mettre en place un contrôle destiné à garantir que toutes les opérations accomplies sont effectuées conformément aux méthodes prescrites par le manuel d'entretien.

Le service contrôle (vental) s'assure que l'échéancier des consignes de navigabilité est respecté (dates prévues pour les visites qui si elles ne sont pas faites provoquant le retrait du certificat de navigabilité de l'avion), il contrôle la réception des avions neufs. Sortant du RG ou GV.



### 3.5. SERVICE FORMATION :

Le centre d'instruction et de perfectionnement du personnel technique s'occupait aussi du recrutement du personnel dont il forme par la suite auparavant ces principales activités sont :

Envoi des techniciens à l'étranger après chaque achat d'avion équipement nouveau pour suivre une formation leur permettant d'assurer l'entretien de ces acquisitions.

Parmi ces techniciens déjà formés bénéficient d'un recyclage tous les cinq (5) ans (obtention de la qualification), au vu des progrès technologiques sans cesse croissants accomplis dans le domaine de l'aviation.

En complément de cette formation, le CIP assure des cours d'anglais technique.

### 3.6. SERVICE INTERVENTION :

L'intervention s'effectue suivant la division de l'avion en éléments, appelés ensembles, eux-mêmes divisés en sous-ensemble, les équipes qui assurent le travail sont spécialisées de même que les liens à sont effectués les travaux.

Hangars de petit entretien et hangars de grand entretien d'avions gros porteurs avec à proximité des ateliers de révision des ensembles et sous-ensembles tels que trains, moteurs équipements comme les ateliers d'électricité d'hydraulique etc....

Toutes les interventions d'entretien se font à l'aide de documents, ceci pour permettre une utilisation rationnelle.

Ces documents sont fournis par le constructeur BOEING qui sont :

- Maintenance manuelle (notice d'entretien).
- Overhaul manuel (notice de révision).
- Illustrated parts catalogue (catalogue des pièces détachées)
- Structural repair manual (manuel de réparation structurale)



## 4. POTENTIEL :

Le matériel doit être remplacé avant sa défaillance. Pour chaque pièce ou ensemble une limite de fonctionnement est fixée. Cette limite peut être modifiée pendant la vie de l'avion. Quand le matériel atteint cette limite, il est remplacé pour être révisé.

Les potentiels d'un matériel uniquement pour B727 et B737 en service sont caractérisés par le nombre d'heures qui lui reste à fonctionner avant d'atteindre le seuil final de sa vie utile.

La limite de stockage et le potentiel des différentes unités de puissance (ensemble d'organes) du B737.

DESINATION	DEPOSE		STOCKAGE	
	Limite	intervention	durée	Intervention
Moteur hydraulique	G	PB	48mois	PB
	2G	RG		
Boîtier d'entraînement	G	IA	24mois	RP
	2G	RG		
Moteur électrique	GL	RG	24mois	PB
			48mois	RG

G, GL : / ADV.

Pb : passage banc d'essai

RG : révision générale.

AL : inspection atelier.



## 5. LES VISITES :

### 5.1. PREMIERE VISITE : 16000 heures.

Moteur hydraulique: test sur banc d'essai.

Moteur électrique : révision générale (sous traitante).

Boîtier d'Entraînement : inspection atelier.

### 5.2. DEUXIEME VISITE : 32000 heures.

Boîtier d'Entraînement : révision générale.

Moteur hydraulique: révision générale.

## 6. PERIODE DES VISITES DE L'AVION B737-200 :

Le B737-200 subit périodiquement les visites suivantes :

- V1 (visite avion) = visite «1 » de potentiel
- V2 (visite avion) = visite potentiel »2 » de potentiel 500h + tolérance de 100h cumulables.
- Bloc (visite avion) = visite potentiel 2000h + tolérance de 100 h cumulables.
- RG (révision équipements) = révision générale de potentiel variant selon l'équipement considéré.
- GV (visite avion) = grande visite de potentiel 21000h, 14000h, 12000h....
- VV (visite avion) = visite de vieillissement de potentiel 48 mois.

Pour 1<sup>er</sup> et les suivantes, le potentiel diminue à chaque fois de 20% environ GV (visite avion) = grande visite de potentiel.

Pour les RG la première se fait à 21000 h et les suivantes seront à chaque fois 20%.



## 7. EXEMPLE DE MAINTENANCE D'UN MOTEUR HYDRAULIQUE :

DE B 737 -200 :

Partie	Contrôle	Méthode	Condition
	Examen visuel pour détecter les dommages sur toute la surface usinée	Visuel	Laissez toutes les imperfections sur les surfaces usinées.
Carter fissures	Fissures	Fluorescent pénétrant	Remplacez le carter s'il ne passe pas ce contrôle.
Bloc cylindre	Examinez l'alésage de roulement dans le bloc cylindre.	L'équipement visuel d'alésage de cadran de standard.	Si porter l'alésage est cannelé ou l'usage dépasse des limites indiquées, remplacent le montage partiel de bloc cylindres d'arbre de piston.
Montage partiel d'arbre et de pistons.	Examinez les cannelures internes pour déceler la piqûre de corrosion, marquant et les dents ébréchées.	Visuel	Remplacent l'arbre, les pistons et le bloc cylindre.
Ressort de roulement.	Examinez le ressort pour assurer les extrémités fermées.	Visuel et faire le tour	Remplacez le ressort s'il ne répond pas à cette exigence.
Arrêt de roulement flexible.	Les fissures	Particule magnétique.	Si la partie ne peut pas passer ce contrôle, remplacez le par un arbre



			complet, les pistons et le montage partiel de bloc cylindre.
Articulations	Vérifiez l'ajustement des articulations sur les goupilles universelles de biellettes.	visuel	Les articulations ne mettront pas en évidence le jeu sur les goupilles. Si les nouvelles articulations sont desserrées, remplacez les biellettes universelles et goupillez le montage.

## Conclusion

*Notre stage à Air Algérie, nous été bénéfique à plus d'un titre. Profitant de cette opportunité, nous avons pu acquérir de nombreuses connaissances dans le domaine d'aéronautique.*

*Mais aussi nous avons pu harmoniser nos connaissances théoriques à la vie professionnelle.*

*En effet, à travers «l'étude de système de commande de vol et les dispositifs hypersustentateurs de l'avion Boeing 737-200, nous avons découvert une multitude d'organes et accessoires de technologie souvent complexe.*

*Ainsi, guidé par nos modestes connaissances, nous avons pu percer le mystère qui les entoure.*

*De surcroît, toujours par le biais de cette étude, nous avons découvert l'organisation de maintenance dans cette société.*

*L'application de la maintenance préventive systématique à tous les accessoires révisables, nous faisons dire que la « sécurité » à Air Algérie, n'est pas un vain mot.*

*Enfin, soulignons que jusqu'à la fin de notre stage, nous n'avons pu assister à une intention sur système.*

*Cela aurait pu être une questions sont restées sans réponse, du fait d'une rencontre. Beaucoup de questions sont restées sons réponse, de fait d'une documentation incomplète.*

*Pour finir, nous espérons avoir été à la hauteur de notre étude.*

## *Bibliographie*

- ❖ Sabena maintenance.
- ❖ Maintenance manuelle – j T 8 D.
- ❖ Mécanique des fluide et thermodynamique G. le masson.
- ❖ j. l. bouffer : mécanique de vol.
- ❖ Mémoires. 1998, 2000
- ❖ Documentation technique commande 737-200.
- ❖ Manuel de réparation structural.