

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DE BLIDA
INSTITUT D'AÉRONAUTIQUE



Projet de fin d'étude

*En vue de l'obtention d'un diplôme des études universitaires
appliquées en aéronautique (D.E.U.A)
option : STRUCTURE*

THÈME

*Etude Technologique Et Maintenance
D'une Electropompe 'AP-2V-38'
Montée sur Boeing 737-200*

SUIVI PAR : Mr NECHE AHMED

RÉALISÉ PAR : MIHOUBI KHALIL

PROMOTION 2002

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

A mes chères parents.

A mes frères et soeurs.

A mes grands-pères et mes grandes-mères.

A mes oncles et tontes.

*A mes amis de SETIF : djamel, mounir, toufik, kais,
fares, messaoud, nacer, sami, khaled, abderrazek,
'BADDA'.*

*A mes collègues de l'université : mounir, ali, ismail,
nabil, rafik, hichem, gobane, eljene, karbaja, sefche, halak,
chaoui, nekab, hamza, sofiane, rabah, rachid, omar,
abdenour, boualem, mourad, sihem, abderrahim,
fatima, ksheira, adlene, lahssen, ahmed.*

A toute la famille « MIHOUBI ».

*A tous les étudiants de l'aéronautique de la promotion
2002.*

KHALIL

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier le bon dieu le tout puissant de m'avoir attribué la faveur de réussir mes études.

Je tiens à remercier Mr NECHE pour son constant suivi, son aide et ses précieux conseils, qui m'ont beaucoup aidé à ce modeste travail.

Je remercie également toutes les personnes qui ont collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Mes remerciement s'adressent à l'ensemble des enseignants de l'institut d'AERONAUTIQUE et aux membres de jury qui me font l'honneur de bien juger ce travail.

Remerciement spécial à mes parents qui ont s'acrifié par le bien et le pur pour me voir réussir.

SOMMAIRE

- Introduction

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES AVIONS

I.1- Avion.....	04
I.2- Principe de vol.....	04
I.2.1- Portance.....	05
I.2.2- Trainée.....	06
I.3- Structure des avions.....	06
I.3.1- Fuselage.....	06
I.3.2- Ailes.....	06
I.3.3- Empennages.....	07
I.3.4- Trains d'atterrissage.....	07

CHAPITRE II: DESCRIPTION GENERALE

II.1- Concept théorique de l'énergie hydraulique.....	11
II.1.1- L'énergie hydraulique.....	11
II.1.2- Les circuits hydrauliques.....	11
II.1.3- Les pompes hydrauliques.....	11
II.1.3.1- Turbopompe (machine à roue).....	11
II.1.3.2- Les pompes volumétriques.....	12
II.1.4- Les fluides hydrauliques.....	12
II.1.4.1- Définition et rôle.....	12
II.1.4.2- Les qualités exigées d'un liquide hydraulique.....	12
II.1.4.3- Caractéristiques de fluide hydraulique en mouvement.....	13
II.1.4.3.1- Incompressibilité.....	13
II.1.4.3.2- Viscosité.....	13
II.1.4.3.3- Pression.....	13
II.1.4.3.4- Vitesse.....	13
II.1.4.3.5- Débit.....	13
II.1.4.4- Différents types de fluide utilisé en aviation.....	14
II.1.4.5- Caractéristiques du fluide utilisé par Boeing BMS-3-11-C.....	14
II.1.4.5.1- Constitution.....	14
II.1.4.5.2- Précautions d'emploi du fluide BMS-3-11-C.....	15
II.2- Circuit hydraulique de l'avion Boeing 737-200.....	15
II.2.1- Présentation de l'avion Boeing 737-200.....	15
II.2.2- Circuit hydraulique de Boeing 737-200.....	16
II.2.3- Répartition des circuits.....	16
II.2.4- Circuit hydraulique « B ».....	18
1- Description.....	18
2- Les composants du circuit « B ».....	18

3- La commande du circuit « B ».....	23
4- Fonctionnement hydraulique du circuit « B ».....	23
5- Contrôle du circuit.....	24

CHAPITRE III : ETUDE TECHNOLOGIQUE DE L'ELECTROPOMPE « AP-2V-38 »

1^{ère} PARTIE : ETUDE MECANIQUE

III.1- Etude de la pompe.....	27
III.1.1- Description.....	27
III.1.2- Constitution.....	27
III.1.3- Caractéristiques techniques de la pompe.....	27
III.1.4- Description et rôle des organes constitutifs.....	28
III.2- Fonctionnement mécanique de organes constitutifs.....	37
III.3- Fonctionnement hydraulique.....	38
III.3.1- Le circuit principal.....	38
III.3.2- Le circuit de commande.....	38
III.3.3- Le circuit de lubrification et de refroidissement.....	38
III.4- L'autorégulation de la pompe.....	41

2^{ème} PARTIE : ETUDE ELECTRIQUE

III.5- Source d'énergie électrique du Boeing 737-200.....	46
III.6- Le moteur électrique.....	46
III.6.1- Caractéristiques du moteur électrique.....	46
III.6.2- Principe de fonctionnement du moteur électrique.....	46
III.7- Principe de fonctionnement du circuit électrique « B ».....	46

CHAPITRE IV : MAINTENANCE DE L'ELECTROPOMPE « AP-2V-38 »

IV.1- Introduction.....	51
IV.2- Différents types de la maintenance.....	51
IV.3- Maintenance appliquée pour l'électropompe « AP-2V-38 ».....	52
IV.4- Organisation de l'entretien.....	52
IV.4.1- Elément de base.....	52
IV.4.2- Caractéristique de l'entretien.....	53
IV.5- Organisation du département entretien.....	53
IV.6- Document de travail.....	54
IV.7- Entretien de l'électropompe « AP-2V-38 ».....	54
IV.7.1- Procédures de révision de l'électropompe.....	55
IV.7.1.1- Le démontage de l'électropompe.....	55
IV.7.1.2- Test de l'électropompe.....	59
IV.7.1.3- Stockage.....	61
IV.8- Fiabilité-disponibilité et maintenabilité de l'électropompe.....	61
IV.8.1- Généralité.....	61
IV.8.2- Analyse par la méthode de WEIBULL.....	62
IV.8.2.1- Modèle de WEIBULL.....	62
IV.8.2.2- Définition des fonctions importantes en fiabilité.....	63
IV.8.2.3- Signification des paramètres de WEIBULL.....	63
IV.8.2.4- Modèle graphique de WEIBULL.....	64

IV.8.3- Concept de la disponibilité et de la maintenabilité.....	66
IV.8.4- Application.....	66
IV.8.5- Commentaires des résultats obtenus.....	73
IV.9- Analyse de défaillance avec proposition d'une solution.....	73
IV.9.1- Introduction.....	73
IV.9.2- L'analyse de défaillance de l'électropompe « AP-2V-38 ».....	73
IV.9.3- La solution proposée.....	74
• Conclusion	
• Bibliographie	
• annexe	

Liste des figures

1.	Disposition des circuits hydrauliques de l'avion Boeing737-200.....	16
2.	Circuit hydraulique du système « B ».....	18
3.	Servitudes du circuit « B ».....	19
4.	Pressurisation et remplissage des reservoirs.....	20
5.	Electropompe « B ».....	21
6.	Plateau incliné.....	28
7.	Bilan des efforts sur le barillet.....	30
8.	Equilibrage hydraulique des pistons et des patins & principe de la pompe à barillet tournant à pistons-patins et arbre en ligne.....	31
9.	Equilibrage des efforts du piston.....	32
10.	Glace de distribution.....	34
11.	Valve de compensation (vue éclatée).....	35
12.	Vue coupée de l'électropompe.....	38
13.	Les éléments de la pompe centrifuge auxiliaire.....	39
14.	Autorégulation de la pompe.....	41
15.	Pompe hydraulique « B » (vue éclatée).....	42
16.	Circuit électrique « B ».....	48
17.	Moteur électrique « B » (vue éclatée).....	49
18.	Papier graphique de Weibull.....	68
19.	Alésage du piston de commande 'avant modification'.....	78
20.	Alésage du piston de commande 'après modification'.....	79
21.	Chemise du piston de commande.....	80
22.	Montage de la chemise du piston de commande.....	81

INTRODUCTION

L'hydraulique en général est la science des liquides en mouvement, depuis la plus haute antiquité, les hommes ont utilisé des liquides, est particulièrement l'eau comme moyen d'accumulation d'énergie et de transmission des mouvements (le moulin à eau).

Jusqu'au 1930, l'hydraulique était une science, une technique qui fait fleurir dans l'imagination des profanes et des curieux, mais à cette époque, l'hydraulique ouvrait également une vision sur les aqueducs, les canaux et les biefs.

aujourd'hui, l'hydraulique connaît une évolution profonde et une généralisation d'emploi très large par sa souplesse d'utilisation, sa puissance massive élevée, sont rondement excellent, les simplifications de construction qu'elle autorise par l'élargissement de la gamme de ses composants, elle a acquis sur le marché une place importante, ce qui explique l'étendue des applications de l'hydraulique sur des larges secteurs : l'industrie, la construction navale et l'aviation qui fait une large utilisation de l'énergie hydraulique pour la commande d'accessoires demandant une puissance instantanée relativement importante, comme le manœuvre par servocommande des gouvernes, les freins sur les roues, ... etc.

Dans un avion, le système hydraulique sert à transmettre l'énergie développée par une pompe au moyen d'un liquide sous pression. Au lieu d'utiliser des câbles, des tringles, des poulies de renvoi et toute une trimmerie complexe qui alourdissent la structure et lui imposent de gros efforts, il suffit d'amener une conduite hydraulique au voisinage de l'élément à déplacer.

D'une manière générale, les systèmes hydrauliques comportent trois parties essentielles : les récepteurs, les organes de liaisons, et les générateurs de pression ou les pompes qui sont le cœur de l'installation hydraulique.

Dans ce mémoire, nous intéressons à l'étude technologique et à la maintenance d'une électro-pompe hydraulique du circuit B d'un avion BOEING 737-200.

La fonction maintenance fait désormais partie de la problématique et constitue un moyen efficace de l'amélioration de la rentabilité, de la compétitivité et enfin de la sécurité des personnes et du matériel.

Le problème que rencontre le service « hydraulique jet » au niveau de l'électro-pompe réside dans le fait qu'une usure produite le plus souvent au niveau de l'alésage du piston de commande. Cette défaillance engendrera la réforme du corps en entier.

Pour cerner ce problème, il est donc indispensable d'assimiler le principe de fonctionnement de cette électro-pompe et de faire une analyse bien détaillée afin de proposer une solution à cette défaillance.

I- GENERALITE SUR L'AVON

I.1- AVION

Appareil de navigation aérienne plus lourd que l'air, propulsé par un moteur, et dont l'état d'équilibre (appelé sustentation) est assuré par des ailes . Les autres types d'appareils plus lourds que l'air comprennent les planeurs, qui ne possèdent pas de moteur et les appareils à voilure tournante, tels que les hélicoptères . Quant au appareil plus légers que l'air Dirigeable, Ballon.

Tous les avions opèrent à partir d'une base terrestre, sauf l'avion embarqué, l'hydravion et l'avion amphibie. L'avion embarqué est conçu pour décoller ou atterrir sur un porte-avions; sa queue est dotée d'un crochet qui s'accroche à un câble tendu en travers du pont lors de l'atterrissage. L'hydravion est muni de flotteurs qui remplacent les roues d'un avion classique; le fuselage des gros hydravions s'assimile à la coque d'un bateau, leur permettant ainsi de flotter. L'avion amphibie possède un train d'atterrissage et un train d'amerrissage, pour qu'il puisse opérer aussi bien sur le sol que sur l'eau.

Parmi toutes les catégories d'avions, on peut mentionner les appareils ADAV (Avion à décollage et atterrissage verticaux) et les appareils ADAC (Avion à décollage et atterrissage courts). L'avion ADAV peut décoller et atterrir à la verticale, grâce à la poussée verticale d'un moteur à réaction. L'appareil ADAC peut prendre son envol et se poser sur une piste de très faible longueur et atterrir suivant une pente très prononcée, se contentant de pistes courtes.

I.2-PRINCIPE DE VOL

Lorsqu'un avion évolue dans l'atmosphère, il provoque une circulation d'air autour du plan de sustentation (ailes de l'avion). Il s'ensuit une différence de pression de l'air, la pression étant plus faible au-dessus du plan de sustentation (extrados) qu'en dessous (intrados) . Cette différence de pression est à l'origine de la portance, force perpendiculaire à la vitesse de l'avion, et dirigée vers le haut. Cette force dépend de la forme du plan de sustentation de l'appareil.

1.2.1- PORTANCE

La portance, qui assure la sustentation de l'avion, est proportionnelle à la densité locale de l'air, à l'aire de la voilure, qui est la surface exposée au flux d'air (surface portante de l'avion), au carré de la vitesse de l'avion. Elle est aussi proportionnelle à l'angle d'incidence, qui correspond à l'angle sous lequel le flux d'air rencontre le plan de sustentation. Ce dernier facteur de proportionnalité ne se vérifie que pour des incidences inférieures à une incidence limite, appelée incidence de décrochage. Au-delà, le flux d'air décolle, provoquant un écoulement tourbillonnaire sur l'extrados et par conséquent un abaissement progressif ou brutal de la portance.

Lorsqu'un avion vole à altitude et à vitesse constantes, son poids est équilibré par la portance. Si l'angle d'incidence augmente, tout en restant inférieur à l'incidence de décrochage, l'avion s'élèvera. Si l'angle d'incidence diminue, c'est-à-dire si l'aile s'incline vers le bas, l'avion perdra de la portance et commencera à descendre. De même, un avion prendra de l'altitude si on augmente sa vitesse et en perdra dans le cas inverse.

Lors d'un vol, le pilote est amené à modifier fréquemment la vitesse et l'angle d'incidence de son appareil. Ces deux paramètres doivent être sans cesse contrebalancés. Ainsi, si le pilote souhaite augmenter la vitesse de l'avion tout en gardant la même altitude, il devra réduire l'incidence afin de compenser le supplément de portance dû à l'accroissement de la vitesse de l'appareil.

Lorsque le pilote se prépare à atterrir, il fait perdre de l'altitude à son appareil et réduit sa vitesse. Cette diminution de la vitesse provoque une chute importante de portance, que le pilote compense en augmentant la surface de l'aile et son angle d'incidence. Pour cela, il déploie les volets de l'avion, qui sont des dispositifs hypersustentateurs escamotables, situés à l'arrière des ailes (bord de fuite), et qui augmentent le coefficient de portance à incidence constante. Ces volets sont normalement repliés pendant le vol en vitesse de croisière. Il existe également des dispositifs semblables à l'avant des ailes (bord d'attaque), il s'agit des becs, que le pilote peut ouvrir lorsqu'il souhaite augmenter l'incidence de décrochage. Ces dispositifs sont occupés souvent par un circuit hydraulique pur assurer leur fonctionnement instantané.

1.2.2- TRAINEE

La traînée représente la force engendrée par la résistance de l'air, qui tend à freiner le mouvement de l'avion dans l'atmosphère. Elle doit être équilibrée par la poussée du moteur et peut être réduite en profilant l'appareil. Définie de la même façon que la portance, elle est proportionnelle au coefficient de traînée qui dépend en grande partie de la forme géométrique de l'aile. Les concepteurs d'avions tentent de concevoir des appareils avec une finesse (rapport portance/traînée), aussi élevée que possible, mais se trouvent limités par des facteurs tels que la vitesse ou le poids de l'avion. De plus, lorsqu'un avion vole à vitesse supersonique, une traînée supplémentaire apparaît, due à une modification radicale de l'écoulement de l'air autour de l'aile, ce qui diminue considérablement la finesse.

1.3- STRUCTURE DES AVIONS

La structure d'un avion classique se compose de quatre éléments : le fuselage, les ailes, l'empennage et le train d'atterrissage.

1.3.1- FUSELAGE

Le fuselage constitue l'habitacle de l'avion. Il subit de très fortes interactions avec les ailes : au sol, c'est lui qui supporte tout le poids de la voilure, tandis qu'en vol, il est au contraire porté par celle-ci. Il a en général la forme d'un fuseau monocoque, nécessaire dans le cas des avions à cabine pressurisée, pour les vols à haute altitude. S'il s'agit d'un appareil non pressurisé, on préfère adopter un fuselage composé de cadres en forme d'anneaux, fixés aux panneaux de revêtement, car ce type de fuselage se construit facilement.

1.3.2- AILES

Même si l'avion doté d'une seule voilure (ou plan de sustentation), le monoplan, fut très répandu dans les premières années du vol motorisé, il fut rapidement supplanté par les biplans, voire par des appareils munis de trois ou quatre plans de sustentation. Les avions multiplans présentent l'avantage d'avoir une portance supérieure et sont relativement plus solides, tandis que le monoplan offre une traînée plus faible. La plupart des avions actuels sont équipés d'ailes monoplans de type cantilever, c'est-à-dire sans haubans.

Une aile type se compose d'un cadre sur lequel s'étendent deux ou trois longerons qui vont du fuselage à l'extrémité de l'aile. Entre ces longerons sont disposées des nervures servant à consolider la structure de l'aile.

On construit les ailes d'avion, tout comme la majeure partie de la structure de l'appareil, avec des matériaux offrant une grande légèreté et une résistance importante. On utilise notamment des alliages à base d'aluminium et de magnésium, mais aussi à base de titane lorsque la structure doit subir des températures élevées. En outre, les matériaux composites sont de plus en plus employés pour leur légèreté. Les constructeurs d'avions entreprennent de nombreuses recherches sur la forme des ailes, afin que celles-ci présentent des propriétés aérodynamiques optimales. Par exemple, on équipe les avions supersoniques d'ailes très minces, car une telle forme minimise le choc de compression qui survient lorsque ce type d'appareils approche la vitesse du son, et limite par conséquent le surcroît de traînée engendrée.

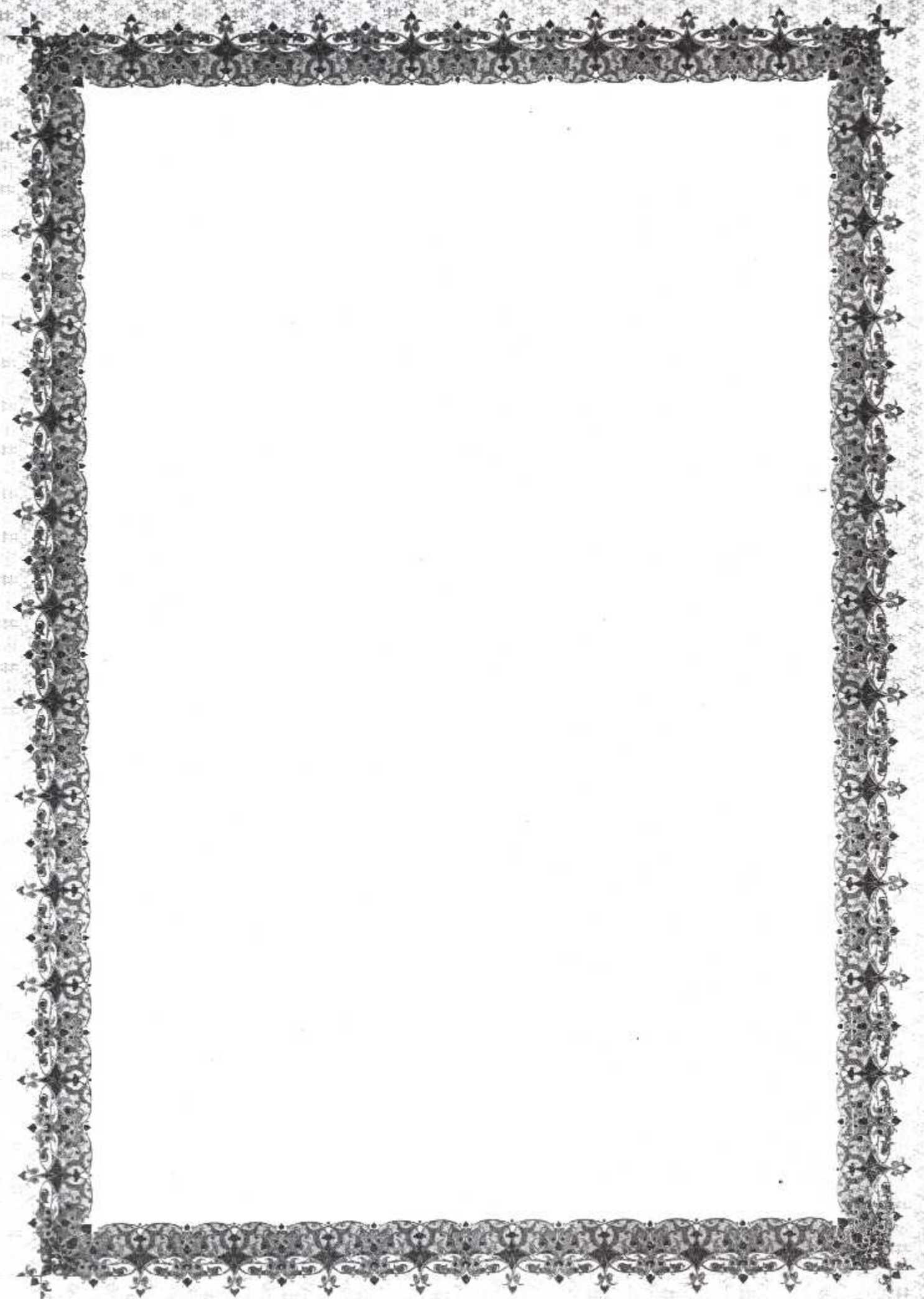
Les ailes supportent les dispositifs hypersustentateurs (becs, volets), hypersustentateurs (spoilers, aérofreins), et les gouvernes de gauchissement (ailerons) qui permettent de contrôler l'avion en roulis. Ils fonctionnent souvent par un système hydraulique.

1.3.3- EMPENNAGES

Les empennages d'un avion représentent les structures stabilisatrices situées derrière les ailes. Ils se composent de parties mobiles contribuant au contrôle de l'avion et de parties fixes qui assurent la stabilité de l'appareil. Généralement, un avion possède un empennage horizontal et un empennage vertical. La partie avant de l'empennage horizontal est appelée stabilisateur horizontal, et la partie arrière, mobile, gouverne de profondeur. L'empennage horizontal stabilise le tangage de l'avion. La partie fixe de l'empennage vertical est appelée dérive, et la partie mobile, gouverne de direction. L'empennage vertical assure l'équilibre de l'appareil en lacet.

1.3.4- TRAINS D'ATERRISSAGE

Les trains d'atterrissage constituent la partie la plus complexe d'un avion. Leur jambe principale fait office d'amortisseur en absorbant le choc de l'atterrissage. Ils comportent également un mécanisme de relevage, qui remonte ou abaisse le train, les roues et les freins. Il existe deux grandes classes de trains d'atterrissage : le train classique et le train tricycle. Le train classique comprend deux grandes roues situées en avant du centre de gravité de l'avion et une petite roue placée à la queue de l'appareil.



II.1- CONCEPTS THEORIQUE DE L'ENERGIE HYDRAULIQUE

II.1.1- L'ENERGIE HYDRAULIQUE

L'hydraulique, domaine de la mécanique des fluides qui traite des liquides en mouvement, notamment de l'eau. L'hydraulique peut être considérée comme la science de l'écoulement des fluides. Elle s'intéresse entre autres aux problèmes de la circulation des fluides dans les conduites ou les canaux. D'autre part, l'hydraulique est une discipline qui étudie la transmission de l'énergie d'un fluide mis sous pression. Cette augmentation de pression se fait par le biais d'une pompe.

Cette forme d'énergie présente des avantages et des inconvénients.

Avantages

- Possibilité d'avoir une sensation de l'effort par action de pression.
- Mettre en œuvre des forces ou des couples qui peuvent être très élevés.
- Excellente lubrification des appareils.
- Faible poids des équipements par rapport aux équipements électriques.

Inconvénients

- Nécessite d'assurer un retour et de refroidissement.
- Présence d'air dans le fluide.
- Les pertes de charges

II.1.2- LES CIRCUITS HYDRAULIQUES

Le circuit hydraulique a pour rôle de transporter le fluide, de s'adapter pour des puissances importantes, et des manœuvres de grandes servitudes.

Le circuit hydraulique est essentiellement composé d'un réservoir, d'une pompe entraînée par un moteur, d'un module (distribution) et enfin d'accessoires (filtres, clapet anti-retour, manomètre... etc.)

Les circuits hydrauliques sont classés selon leurs capacités.

❖ *Circuits hydrauliques à capacité constante*

Utilisé dans les premiers avions (caravelle), ces circuits sont équipés d'un régulateur de pression car la pompe est à débit constant.

❖ *Circuits hydrauliques à capacité variable*

Il existe actuellement sur les avions BOEING. La pompe utilisée sur ce circuit est autorégulatrice afin de maintenir la pression constante avec un débit nul.

Dans ce circuit, on n'a pas besoin d'un régulateur de pression, ni d'accumulateur de pression ni de robinet de décompression.

II.1.3- LES POMPES HYDRAULIQUES.

Les pompes sont des dispositifs utilisés pour aspirer, pour déplacer ou pour comprimer des liquides et des gaz. Elles servent aussi à faire élever un fluide ou des mélanges (liquide + éléments solides) d'un niveau bas (inférieur) à un niveau supérieur ou à refouler les liquides d'un endroit à faible pression vers des régions à haute pression.

Suivant le type d'écoulement du fluide entre les régions d'aspiration et de refoulement, on décompose ces machines en deux catégories différentes.

II.1.3.1- TURBOPOMPES (MACHINES A ROUE).

Dans ce cas, le moment cinétique est acquis par le biais d'un arbre tournant. Selon la roue de ces machines produit du moment cinétique ou de la circulation du liquide, on divise les turbopompes en :

1. *pompe à torque*
2. *pompe à circulation de vitesse*

les pompes à torque font passer le liquide de la région d'aspiration à la région de refoulement, grâce à la forme appropriée aux aubes, qui sont fixes sur la roue. Cette dernière est solidaire à l'arbre de révolution.

Suivant la forme du courant, on classe les pompes à torque en :

- Pompe centrifuge.
- Pompe hélicoïdale.
- Pompe diagonale.
- Pompe hélice (axiale).

II.1.3.2- LES POMPES VOLUMETRIQUES

Le débit est obtenu par une réduction du volume, il est généralement pulsatif et de peu lorsque sa pression augmente. Ces pompes peuvent être classer en trois catégories :

- Les pompes à engrenages.
- Les pompes à palettes.
- Les pompes à pistons.

Ces dernières utilisent un piston qui effectue un mouvement rectiligne dans un cylindre muni de valves, qui régulent le débit dans le cylindre. Elles comprennent les pompes à pistons radiaux, axiaux et en lignes. Les pompes à pistons axiaux sont les plus utilisées, il existe différents modèles selon le bloc cylindres (barillet) qui porte des alésages dans lesquels coulissent les pistons, solidaire au plateau porte pistons.

La translation des pistons dans leurs alésages du barillet est obtenue :

- En inclinant le barillet par rapport à l'axe de rotation du plateau. Ce sont les pompes à barillet incliné.
- En inclinant le plateau par rapport au barillet, on distingue deux cas :
 - *Le barillet est fixe* : c'est la pompe à plateau tournant incliné et à barillet fixe.
 - *Le barillet est tournant* : c'est la pompe à plateau incliné à barillet tournant.

Dans ce type de pompes, les pistons et le barillet tournent ensemble. La variation du débit est assurée par l'inclinaison du plateau.

II.1.4- LES FLUIDES HYDRAULIQUES

II.1.4.1- DEFINITION ET ROLE

Les fluides sont des corps dont les molécules sont très mobiles les unes par rapport aux autres. Ils prennent la forme des récipients qui les contient. Il ne diffèrent du huile lubrifiante que par des détails, ç tel point que dans des conditions d'utilisations normale, par exemple une huile minérale pour autant qu'elle ne soit pas trop visqueuse, peut être ç la fois une huile lubrifiante et un fluide hydraulique. Le fluide hydraulique est souvent répertorié comme un fluide fonctionnel, il faut entendre par là un fluide sans lequel la machine ne peut fonctionner. La principale fonction d'un fluide hydraulique dans un système hydraulique est de transmettre une force appliquée en un point à un autre point, autrement dit, c'est la transmission d'énergie hydraulique fournie par la pompe à un ou à plusieurs organes récepteurs (moteur, vérin,...etc.) tout en assurant la lubrification et la protection des composants du circuit hydraulique en question. L'effort doit être transmis rapidement et avec précision.

Pour accomplir avec satisfaction sa mission, il faut que les conditions de service soient optimales et que le coût d'exploitation soit raisonnable. Pour accomplir ses fonctions primordiales, le fluide doit cumuler un ensemble de qualités.

II.1.4.2- LES QUALITES EXIGEES D'UN LIQUIDE HYDRAULIQUE

Un bon liquide hydraulique devrait répondre à la plupart des critères suivants :

- 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 caoutchoucs.

- Sa viscosité doit être faible et relativement constante quelles que soient les variations de température.
- Son point de congélation doit être très bas.
- son point d'ébullition élevé (-70°C à 80°C) et son point d'éclair supérieur à 100°C.
- Il doit aussi être ininflammable et chimiquement inerte.
- Résister au moussage, à l'entartrage, à l'évaporation.
- Etre facile à stocker.
- Ne pas être corrosif.
- Avoir un prix abordable et être disponible facilement.

II.1.4.3- CARACTERISTIQUES DE FLUIDE HYDRAULIQUE EN MOUVEMENT

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.

II.1.4.3.1- Incompressibilité.

On dit qu'un fluide est incompressible lorsque le volume occupé par une masse de ce fluide soumise à une pression extérieure ne varie pas.

II.1.4.3.2- viscosité.

Propriété importante, elle caractérise les frottements internes ou intermoléculaires à l'intérieur du fluide, autrement dit, sa capacité à s'écouler. Propriété inverse de la fluidité. La température a une grande influence sur la viscosité des fluides. Celle-ci diminue lorsque la température augmente.

II.1.4.3.3- pression.

La pression est le rapport de l'intensité de la force F exercée perpendiculairement à une surface sur l'aire S de cette surface. Elle est la notion principale qui régit le fonctionnement de tout les mécanismes, elle est donnée par :

$$P=F/S.$$

Avec

- F : force en Newton(N)
- S : surface pressée (m^2)
- P : pression en pascal (Pa)

II.1.4.3.4- vitesse.

La vitesse est le déplacement d'un fluide dans une certaine direction. La vitesse est caractérisée par un vecteur, ce qui signifie, qu'elle est définie par son intensité, son sens et sa direction. L'intensité de la vitesse est la distance parcourue par unité de temps, elle est donnée par :

$$V=X/T$$

Avec :

- V : vitesse (m/s)
- X : distance (m)
- T : temps (s)

II.1.4.3.5- débit

C'est le volume de fluide qui s'écoule au travers d'une section droite durant l'unité de temps.

Il est donné par l'équation :

$$Q=S.V$$

Avec :

- Q : le débit (m^3/s)
- S : surface de passage du fluide (m^2)
- V : vitesse d'écoulement (m/s)

II.1.4.4- DIFFERENTS TYPES DE FLUIDE UTILISE EN AVIATION

Les fluides utilisés en hydraulique sont classés en trois groupes :

A. Fluide d'origine végétale

Le fluide 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.

B. Fluide d'origine minérale (à base de pétrole)

- norme américaine : MIL-H5606
- Norme française : AIR 3520
- Appellation selon fournisseur :
 - ESSO : unvis J43.
 - SHELL : Aeroshell fluide 4.
 - BP; Aerohydraulic 1.
 - UIP Aircraft hydraulic oil AA.

C'est un liquide d'aire, transparent teinté en rouge, ne présente aucune conséquence physique. Il est utilisé sur les avions conventionnels et tous les amortisseurs. Parmi ses caractéristiques on trouve :

- Il conserve ses qualités sans modification dans une marge très large de température (de -54°C à $+135^{\circ}\text{C}$).
- Faible viscosité.
- Pouvoir de lubrification faible.
- Inflammable

C. fluide d'origine synthétique (base Esther phosphorique)

- Norme BOENG : BMS 3-11C divisé en plusieurs types.
- Appellation selon fournisseur :
 - MO NSANTO : skydrol.
 - STANFFER : aérosofé.
 - CHEVRON : oronite hyjet

A base d'éthers de phosphate, ce liquide hydraulique est désigné fréquemment par l'appellation commerciale skydrol, et identifié par le numéro MIL.H.8446 et sa couleur pourpre. Il est utilisé sur tous les avions BOEING et AIRBUS et des avions supersoniques. Parmi ses caractéristiques, on cite :

- Une faible viscosité.
- Une régénération possible.
- Un grand pouvoir de lubrification
- Une plage d'utilisation comprise entre -55°C et $+177^{\circ}\text{C}$, avec une limite de 132°C en opération continue.
- Il n'est pas compatible qu'avec les joints synthétiques (genre butyle).
- Il attaque chimiquement tous autre joints
- Une utilisation obligatoire des mastics, peintures et vernis spéciaux pour l'isolation.
- Sa sensibilité à l'humidité qui change sa nature chimique.

II.1.4.5- CARACTERISTIQUES DU FLUIDE UTILISE PAR BOEING BMS-3-11-C.**II.1.4.5.1-constitution.**

Il est fabriqué à base d'Esther phosphorique avec des additifs. Il existe trois types de fluide BMS-3-11-C.

- Premier type : -54°C à 207°C (résistance à la chaleur).
- Deuxième type : -54°C à 121°C (résistance à la chaleur).
- Troisième type : -54°C à 135°C (résistance à la chaleur).

A. Viscosité :

- A -54°C max.

Premier type1200 cSt.

Deuxième type2000 cSt.

- A 38°C :

De 9 cSt à 12.5 cSt pour tous les types.

- A 121°C :

De 3cSt à 4 cSt pur tous les types.

B. Acidité :

Fluide utilisé : 2Mg de KOH pour neutraliser 1g de fluide.

C. Humidité (% par unité de poids) :

- Premier type : 0.40 à 0.60.
- Deuxième type : 0.40 à 0.60.
- Troisième type : 4.10 à 0.30.

D. point d'éclair : 182°C.**E. point d'échauffement (allumage) : 177°C(min).****F. température d'auto-allumage : 750°C(min).****G. point de congélation : -62°C.****II.1.4.5.2- précaution d'emploi du fluide BMS-3-11-C.**

C'est un produit chimique très toxique, il peut provoquer des irritations au niveau des yeux et à des endroits sensibles.

Consignes à prendre.

- Port de masque à gaz.
- Port des gonds.

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

- Changement des vêtements contaminés.
- Se laver avec de l'eau et du savon dégraissant.

Le fluide est stocké selon les instructions du fabricant ; l'unique paramètre pouvant dégrader le fluide est l'humidité ; éviter le contact avec l'eau.

II.2- CIRCUIT HYDRAULIQUE DE L'AVION BOEING 737/200.**II.2.1- PRESENTATION DE L'AVION BOEING 737/200**

Le BOEING 737/200 est un avion biréacteurs (groupe turbo-réacteur), il a la possibilité de décoller ou d'atterrir sur une piste courte contrairement aux B767 et A310.

Il est le premier de la maison BOEING à avoir possédé une APU (groupe auxiliaire de puissance). Cet avion est conçu pour le transport de courriers et de passagers, il présente les caractéristiques suivantes :

- Vitesse de croisière485Kt au FL 250.
- Vitesse de croisière420 Kt au FL 350.
- Rayon d'action(NM) - MAXI PASSAGERS.....1550.
- MAXI CARBURANT.....2890.
- Charge marchande maxi.....15710 Kilos.
- Configuration115/130.
- Réseaudomestique.

II.2.2- CIRCUIT HYDRAULIQUE DE BOEING 737/200 (FIG. 1).

Le système hydraulique du Boeing 737/200 est divisé en trois circuits de 21000kPa environ à fonctionnement indépendants et désignés (A), (B) et secours. Chaque circuit possède son

propre réservoir. Les réservoirs sont pressurisés au moyen d'une dérivation d'air des compresseurs des turboréacteurs pour fournir une alimentation constante du liquide hydraulique à chaque pompe et réduire le moussage du liquide. Le système utilise un liquide hydraulique résistant au feu (skydrol) pour une meilleure protection contre les incendies.

- ❖ Le circuit « A » : utilise deux pompes entraînées par les réacteurs (motopompes).
- ❖ Le circuit « B » : utilise deux pompes entraînées par des moteurs électriques (électropompes).
- ❖ Le circuit de secours : utilise une pompe entraînée par un moteur électrique.

En exploitation normale, les circuits « A » et « B » fonctionnent simultanément et le circuit de secours est inactif.

II.2.3- REPARTITION DES CIRCUITS.

Le tableau ci-dessous nous montre les dispositifs normaux et auxiliaires de la mise en action des différents organes mobiles du Boeing 737.

Unités asservies	Circuit hydraulique normale de la mise en action	Dispositifs auxiliaires de mise en action
ailerons	A et B	Retour en 'mode mécanique'
Gouvernail de profondeur	A et B	Retour en 'mode mécanique'
Gouvernail de direction	A et B	Système hydraulique de secours
Déporteurs de vol <ul style="list-style-type: none"> ▪ Intérieurs ▪ extérieurs 	A B	Déporteurs vol extérieurs disponibles Déporteurs vol intérieurs disponibles
Déporteurs sol	A	
Volets de bord de fuite	A	Moteur électrique
Volets de bord d'attaque	A	Système hydraulique de secours
Train d'atterrissage <ul style="list-style-type: none"> ▪ train principal et train avant ▪ orientation du train avant 	A A	Déverrouillage manuel Abaissement et verrouillage 'train sorti' par gravité Freinage différentiel
Freins <ul style="list-style-type: none"> ▪ roues intérieures ▪ roues extérieures 	A B	Frein extérieur disponible +accumulateur de freinage Frein intérieur disponible +accumulateur de freinage
Inverseurs de poussée	A	

Dispositifs hydrauliques normaux et auxiliaires du BOEING 737/200

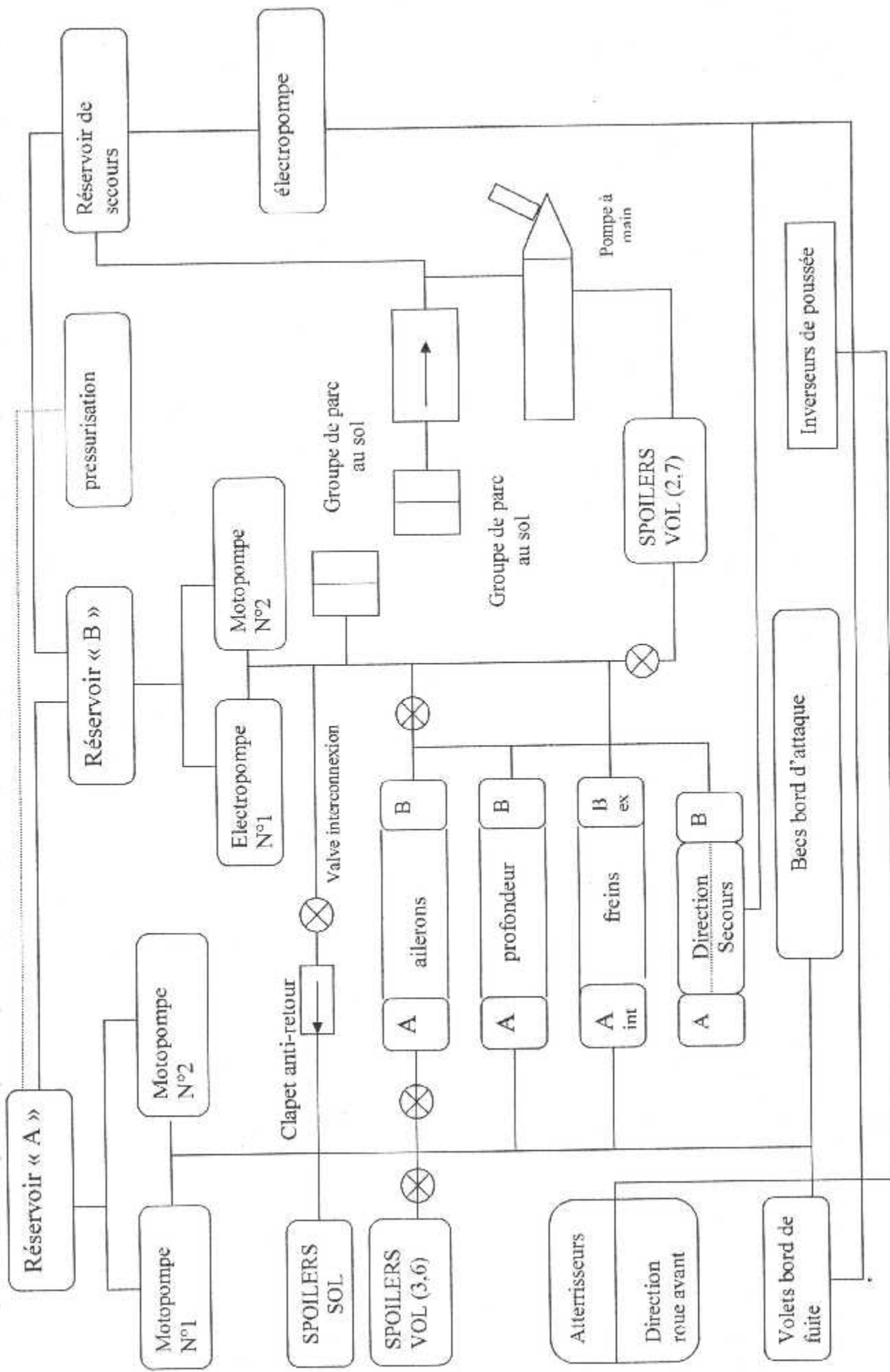


FIG.01 - DISPOSITION DES CIRCUITS HYDRAULIQUES DE L'AVION BOEING 737-200

II.2.4- CIRCUIT HYDRAULIQUE « B » (FIG. 2)

1) description.

C'est un système hydraulique installé dans le circuit de puissance hydraulique du B 737/200 et fonctionne en permanence avec le circuit « A ». il fournit un débit sous une pression de 2700 psi (189 bars) pour alimenter les servitudes suivantes (fig. 3) :

- ailerons.
- Gouverne de profondeur.
- Gouverne de direction.
- Spoilers vol (2 et 7).
- Freins des roues extérieures.

Le circuit hydraulique « B » est placé dans un logement du train principal. La mise en pression est assurée par deux électropompes autorégulatrices, aspirant le fluide du réservoir « B ».

Les deux pompes refoulent dans un module de pression, et chaque pompe délivre un débit max, de 6.2GPM(24 l/mn) ; à une pression de 2700 psi sous une vitesse de rotation de 5800tr/mn (maximum).

Chaque pompe est entraînée par un moteur électrique triphasé 115/200V 400Hz, 42A max.

2) Les composants du circuit hydraulique « B ».

a) Le réservoir (fig. 4).

C'est un récipient étanche en en duralumin ayant un capacité de 1,3 USG (4.2 l) Il sert a contenir le liquide hydraulique . sa capacité est calculée de façon a contenir suffisamment deux liquides hydrauliques pour remplir les besoins des circuits et pour compenser les pertes dans les fuites légères. Il sert aussi à purger le système de l'air qu'il pourrait contenir et à éviter les débordements causés par la dilatation.

Sur se réservoir sont installes :

- Les orifices d'alimentation .
- Deux selfs obtinateurs.
- Deux switch de baisses de quantité.
- Un robinet de vidange à la base de réservoir.

Le remplissage des réservoirs s'effectue à l'aide d'une pompe à main, remplissant en premier lieu le réservoir de secours (1.9 USG), puis le réservoir « B » (1.3 USG) et enfin le réservoir « A » (3.5 USG).

Pour faciliter l'amorçage des pompes, on fait une pressurisation qui donne une pression suffisante sur la quantité hydraulique dans le réservoir. Cette pressurisation est une pression d'air alimenté par un groupe de parc au sol, et qui est régulée à 45psi par un régulateur de pression.

b) Electropompes hydrauliques (fig. 5).

C'est des électropmpes hydrauliques autorégulatrices à capacité variable, ayant un débit variant entre 5.7 et 6.2 USG(21.54 et 24 l/mn) sous une pression de 2700 psi(189 bars) et un débit nul à une pression de refoulement régulé à 3000 psi \pm 50 (210 \pm 3.5 bars).

Elles sont entraînées par deux moteurs électriques refroidit par le fluide qui passe autour de leurs rotors et stators. Ces moteurs tournent à 5650 tr/mn minimum.

Elle possède trois (03) orifices :

- Orifice d'aspiration.
- Orifice de refoulement.
- Orifice de case drain (retour).

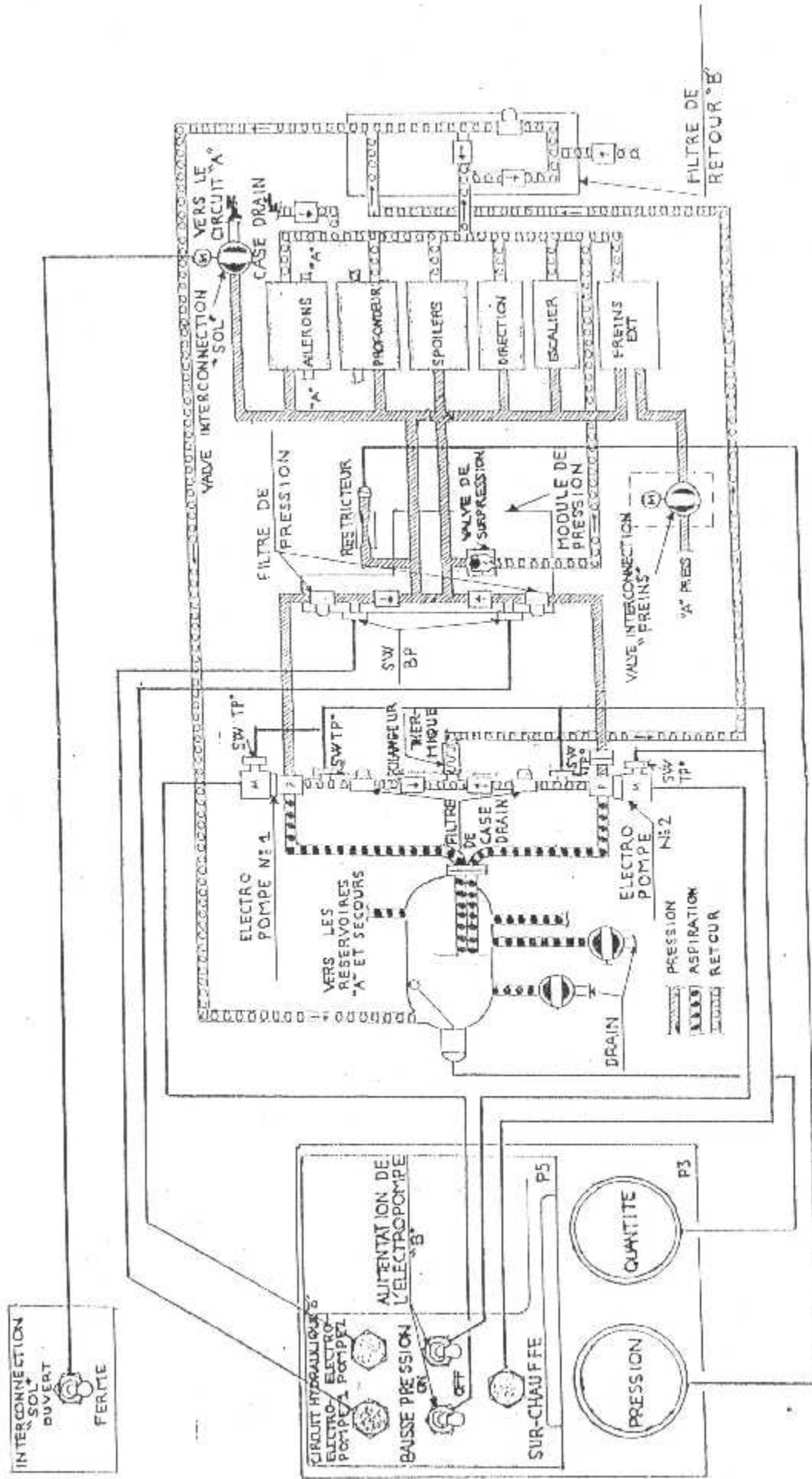
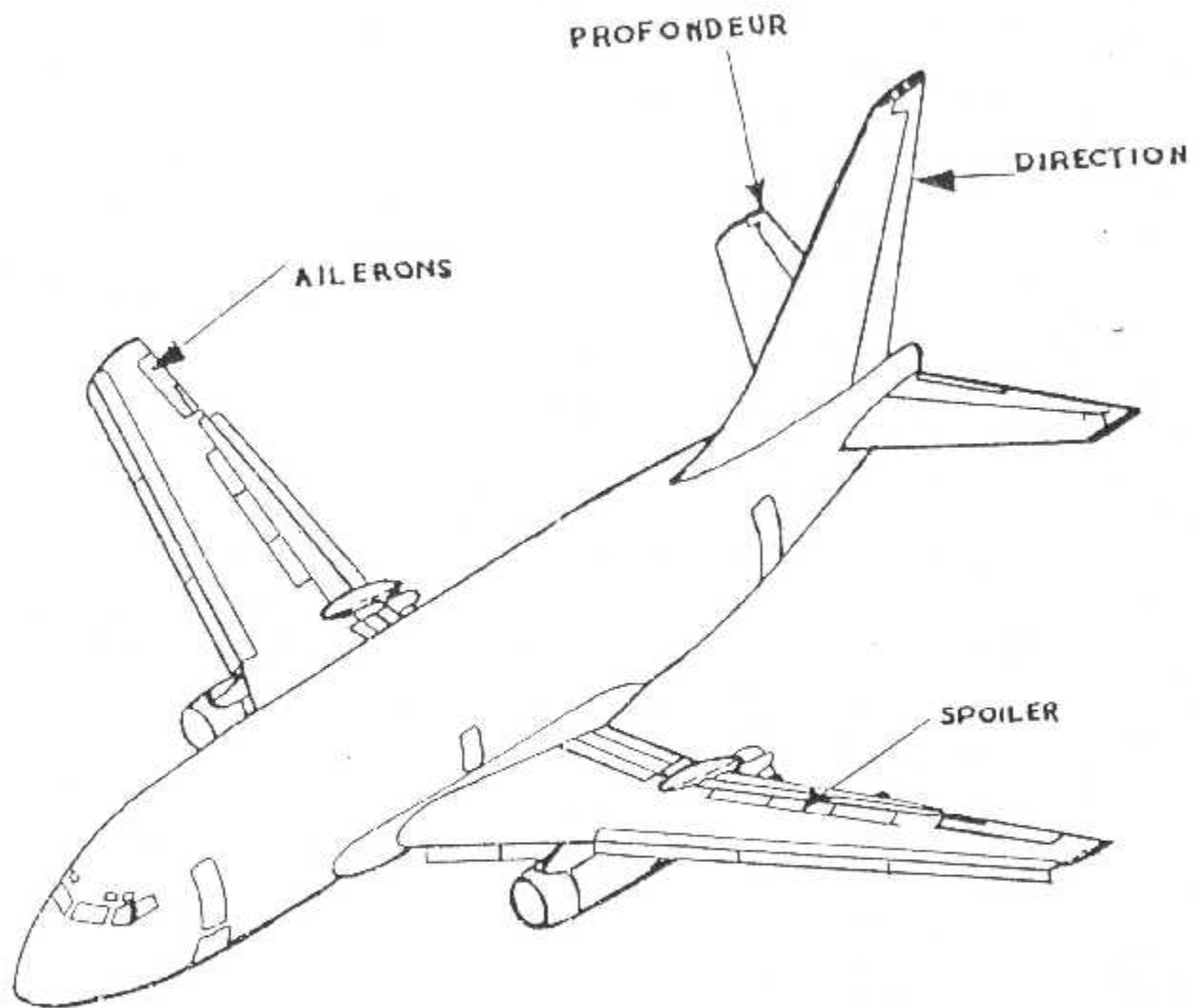
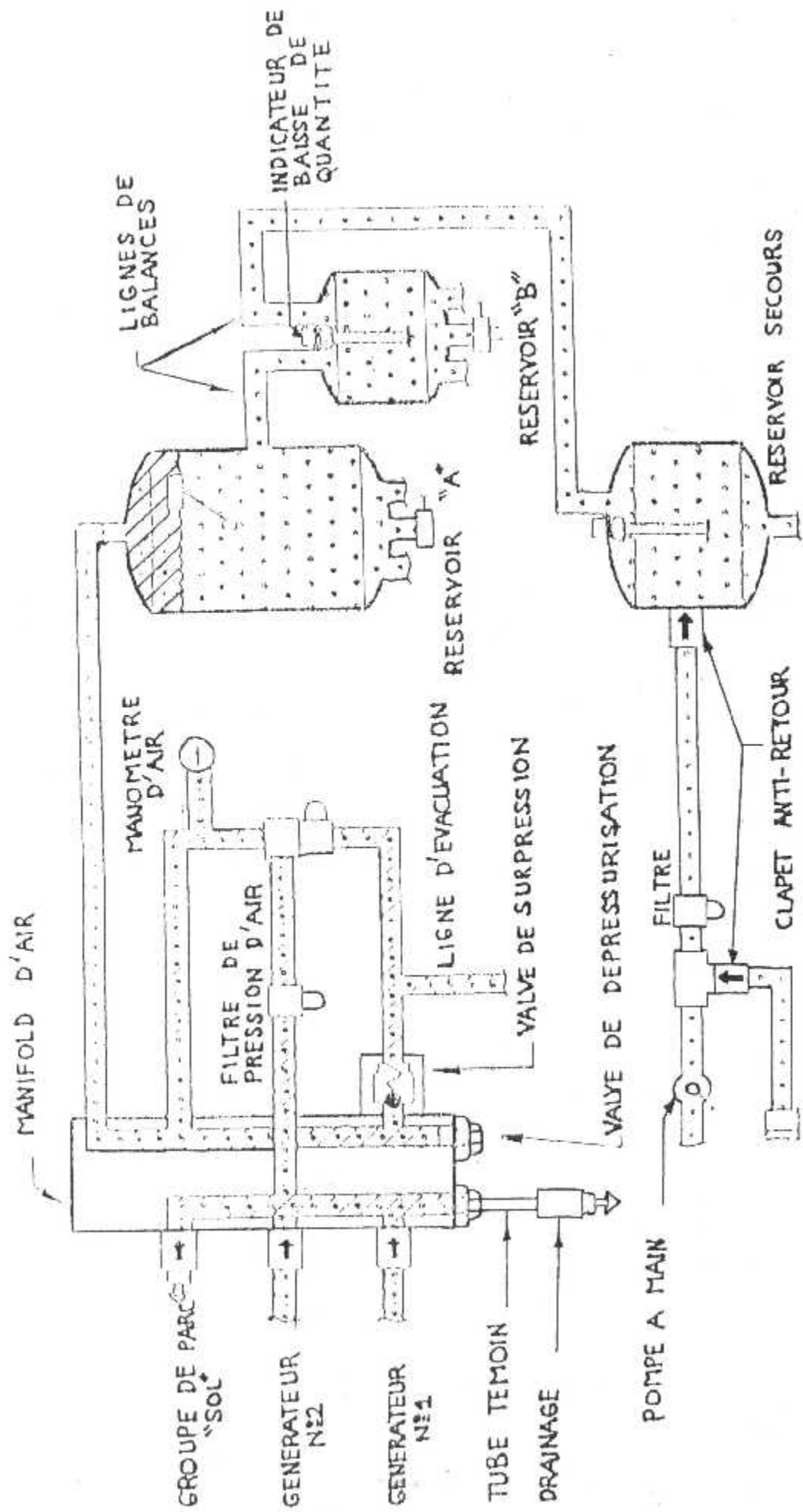


FIG 02/ CIRCUIT HYDRAULIQUE DU SYSTEME (B)

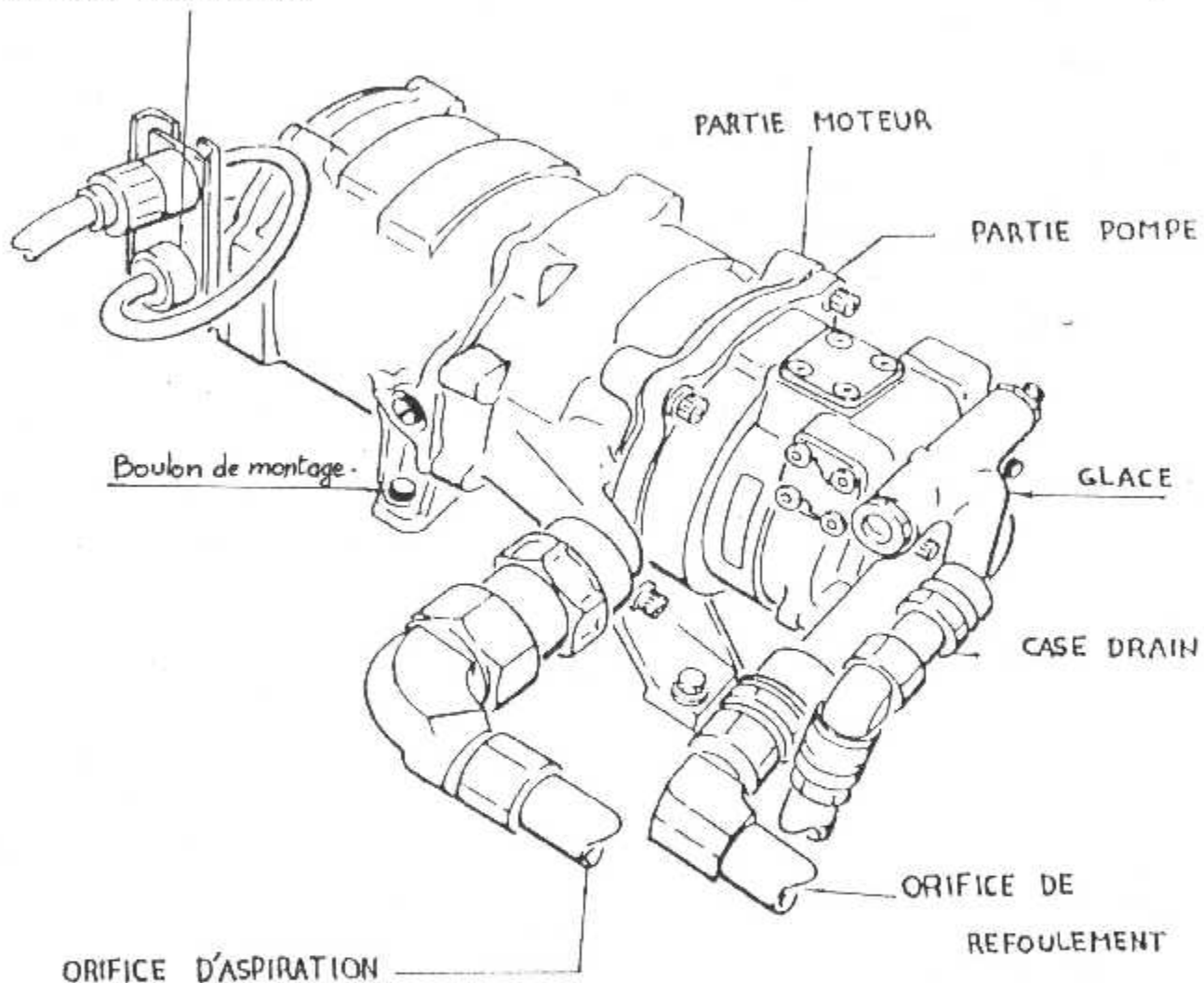


FIG/03/ SERVITUDES DU CIRCUIT(B)



FIG/04/ PRESSURISATION ET REMPLISSAGE DES RESERVOIRES

CONNEXION ELECTRIQUE



PARTIE MOTEUR

PARTIE POMPE

Boulon de montage

GLACE

CASE DRAIN

ORIFICE DE

REFOULEMENT

ORIFICE D'ASPIRATION

FIG/05/ ELECTROPOMPE (B)

c) Module de pression.

C'est un manifold groupant les sous-ensembles suivants :

- Deux filtres de pression analogues à chaque pompe.
- Deux interrupteurs (switches) transmetteurs de baisse de pression.
- Deux clapets anti-retour.
- Un transmetteur de pression totale.

Les données des deux pompes sont contrôlées par un module et distribuées vers les servitudes.

d) Module de retour.

Assure le retour de toutes les servitudes du système « B » ainsi que le fluide hydraulique ayant servi au refroidissement et au graissage des pompes. Ce module comprend :

- Un élément filtrant.
- Deux clapets anti-retours.
- Un clapet de surpression.

e) Filtre de drainage.

Comporte un élément filtrant associé à un clapet anti-retour pour pouvoir déterminer les impuretés de chaque pompe indépendamment de l'autre. Il assure ainsi une vérification de l'état de chaque pompe et suit la détérioration de ses composants.

f) Transmetteur de température.

Comme l'indique son nom, il transmet la température de fluide de case drain (refroidissement-graissage) vers le système de contrôle.

g) Echangeur thermique.

C'est un serpentin en duralumin plongé dans le deuxième réservoir de carburant (kyrozene) coté droit pour refroidir le retour de case drain des deux pompes et il assure aussi le chauffage du carburant.

h) Tuyauteries.

Sert à conduire le fluide sous pression vers les différents semi-tubes. La conduite de pression est faite en acier et par fois en inox, le choix de cette matière est du à l'importante pression dans ces conduites. Par contre, la conduites d'alimentation des pompes est faite en duralumin (faible pression 45 psi Max).

3) La commande du circuit « B ».

Tous les commandes électriques et les instruments de contrôle concernant le circuit « B » sont regroupés sur les panneaux suivants :

- Panneau supérieur avant P5 :

Ce panneau comprend les éléments suivants :

- Deux interrupteurs (switches) de mise en marche.
- Deux voyants de baisse de pression.
- Deux interrupteurs d'isolement (pompe A).
- Deux interrupteurs de valve d'interconnexion sol.
- Deux voyant de surchauffe des deux pompes.

- Panneau pilote P3 :

Il comprend :

- Un indicateur de baisse de quantité (inférieur à 50% de la capacité du réservoir).
- Un indicateur de pression totale des électropompes.

4) Fonctionnement hydraulique de circuit « B ».

Le système « B » est contrôlé par deux panneaux, le panneau supérieur avant P5 et le panneau pilote P3.

Le fluide dans le réservoir « B » est délivré directement vers les moteurs électriques avec une pression du pressurisation de 45 Psi maximum. Les électropompes fournissent ce fluide à travers le module de pression et tous les autres paramètres sous une pression de 3000 Psi max.

Cette pression arrive au niveau des modules de commandes de vol et vers les freins extérieurs.

Elle est sélectionnée vers les servitudes après le passage par le module de commande de vol.

Lorsque cette pression augmente à 1200 Psi (± 250 Psi) l'interrupteur avertisseur de baisse de pression s'ouvre, donc le circuit qui est connecté avec le voyant de baisse de pression est ouvert.

Lorsque cette pression de refoulement augmente de plus, le transmetteur de pression totale détecte cette augmentation et le transmet électriquement vers l'indicateur dans le panneau pilote P3.

Lorsque cette pression s'approche de 3000 Psi, la pompe fait un ajustement automatique d'après les demandes du système.

Quand ce système de pression augmente jusqu'à 3500 Psi, le clapet de surpression taré à 3500 Psi, déclenche cette pression et la maintient à 3000 Psi.

À basse pression de refoulement le fluide circule à travers la pompe et revient vers le réservoir à travers le filtre case drain et l'échangeur thermique et le filtre de retour.

Dans ce cas on met les interrupteurs de mise en marche des électropompes en position « off ».

5) Contrôle du circuit.

Le contrôle du circuit « B » est basé sur la température du fluide, sa pression et le filtrage.

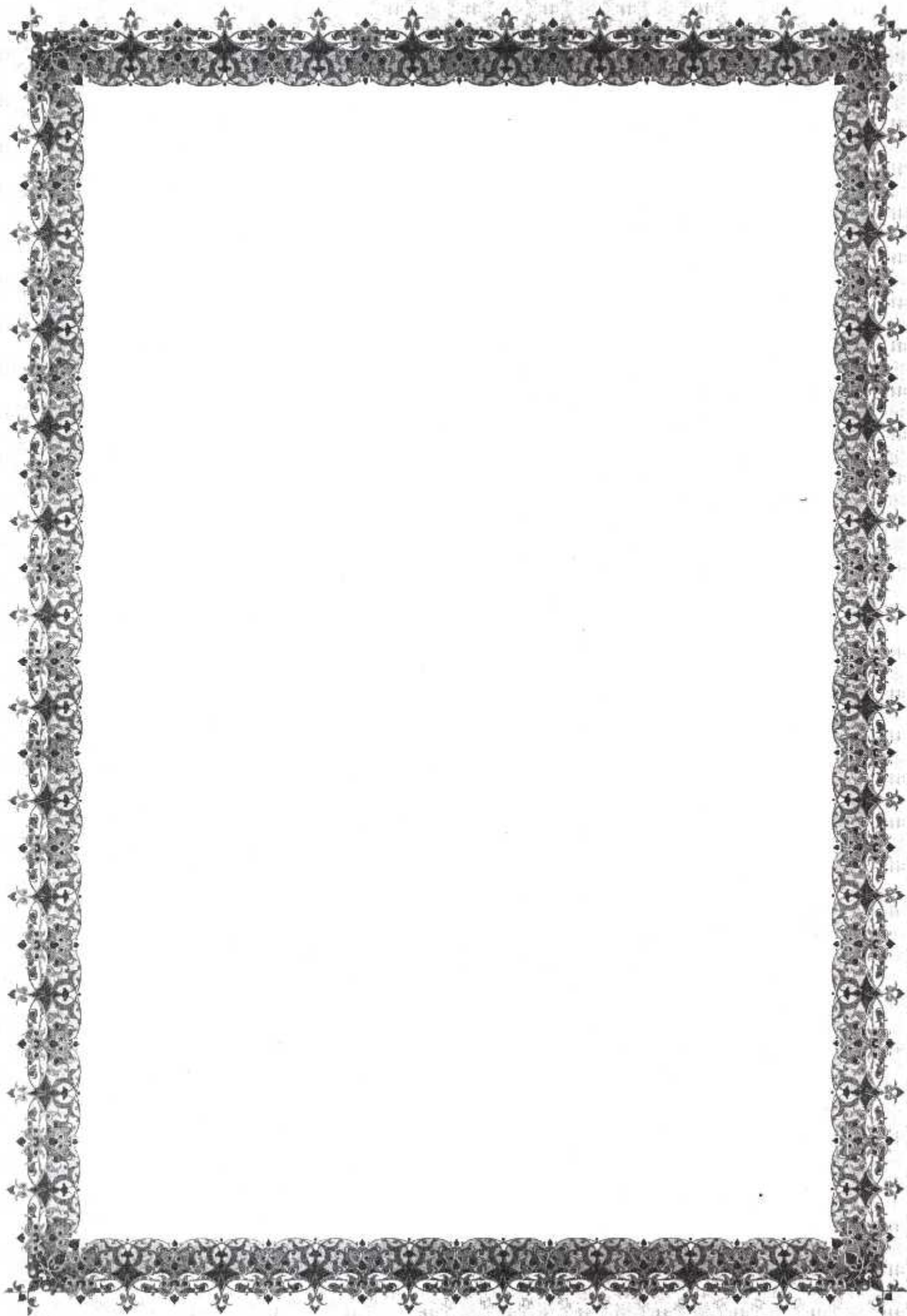
La température est contrôlée sur la ligne du case drain de chaque pompe, sur cette même ligne se trouvent deux clapets anti-retours qui permettent le passage du fluide dans un sens afin d'éviter la contamination des pompes en cas d'usure.

La pression est contrôlée par deux interrupteurs de baisse de pression analogue à chaque pompe, et deux clapets anti-retours qui assurent qu'aucune pompe ne débite sur l'autre. Et elle est aussi contrôlée par un clapet de surpression qui est taré à 3500 Psi.

Le filtrage est assuré par les filtres de 10 μ . Tout contrôle de pression est regroupé sur le module de pression.

Avant d'arriver au module de commande de vol, on trouve sur la ligne de pression un indicateur de la pression totale.

Si la température atteint 235°F (113°C) le bilame de thermo-contact se ferme et le voyant de surchauffe s'allume.



CHAP : III

1^{ERE} PARTIE

ETUDE DE LA POMPE

III.1- ETUDE DE LA POMPE.**III.1.1-DESCRIPTION.**

L'électropompe hydraulique « Abex model AP2V-38 » est une pompe à pistons axiaux. Elle comporte un bloc-cylindre tournant, et un plateau incliné, autorégulatrice, entraînée par un moteur électrique.

La pompe délivre le fluide préconisé sous une pression de 3000±50 Psi(210bars) max. avec un débit nul, et un débit de 6.2 GPM (24 l/mn) max. à une pression de 2700 Psi (189bars) max.

Elle présente trois orifices :

- Orifice d'aspiration.
- Orifice de refoulement.
- Orifice de drainage (retour).

Les principales qualités offertes par cette électropompe peuvent se résumer comme suit :

- Distribution plane permettant une étanchéité efficace aux pressions les plus élevées.
- Puissance massique et encombrement avantageux grâce à la disposition axiale des pistons.
- Possibilité de variation du débit.
- Régulation automatique facilement réalisable.

III.1.2- CONSTITUTION.

La pompe hydraulique « AP2V-38 » se compose en onze parties essentielles :

- 1) Le corps.
- 2) Le plateau incliné.
- 3) Le barillet.
- 4) La valve de compensation.
- 5) Les pistons (neuf).
- 6) La glace de distribution.
- 7) Le piston de commande.
- 8) Le piston de rappel.
- 9) L'ensemble roulements trunnions.
- 10) Pignon et arbre d'entraînement.
- 11) Ensemble roulement.

III.1.3- CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA POMPE.

- Dimension : -largeur :125 mm.
-longueur :142 mm.
-hauteur :130 mm.
- Poids :P=3850g.
- Fluide de fonctionnement: BMS-3-11C SKYDROL, ou équivalent (BMS: Boeing Military Spécification).
- Vitesse de rotation :5800 tr/mn max.
- Pression à débit nul :3000±50 Psi(210 bars) max.
- Pression à plain débit :2700 Psi (189 bars) max.
- Volume à plein débit :5.7 à 6.2 GPM (22 à 24 l/mn).
- Déplacement théorique :0.230 inch/ révolution (5.842 mm).
- Pression d'aspiration :35 à 45 Psi (2.4 à 3.15 bars).
- Diamètre des orifices : -Aspiration :26.8 mm
-Refoulement :15.87 mm.
-Drainage :06.36 mm.

III.1.4- DESCRIPTION ET ROLES DES ORGANES CONSTITUTIFS.

III.1.4.1- LE CORPS.

C'est une carcasse obtenue par moulage et fabriqué en alliage d'aluminium (duralumin) ayant :

- Un orifice d'aspiration.
- Deux emplacements des trunnions sur plateau incliné.
- Deux pattes de fixation sur avion.
- Une plaque signalétique et une empreinte indiquant le sens de rotation (gravées sur le corps).
- Deux alésages des pistons de commande et de rappel.

Le corps porte les éléments du mécanisme de la pompe suivants :

- Barillet.
- Ensemble pistons-patins.
- Plateau incliné.
- L'arbre d'entraînement.

III.1.4.2- LE PLATEAU INCLINE (FIG. 6).

C'est un plateau en acier traité résistant à l'usure, ayant une inclinaison de 16° permettant un mouvement de translation des pistons.

Sa face est usinée de façon à faciliter la rotation des pistons. de part, et d'autre du plateau deux trunnions assurent le mouvement d'inclinaison de celui-ci. Il possède un coté rallongé où les pistons de commande et de rappel agissent.

Compte tenu de l'inclinaison du plateau, on remarque durant le fonctionnement que les patins subissent les effets de forces perturbatrices provoquées par la pression, c'est la raison pour laquelle l'angle d'inclinaison est limité à 18° .

On peut noter que le forage pratiqué dans la tête sphérique des pistons autorise l'huile sous pression d'accéder à la cavité patins-plateau pour assurer la lubrification et minimiser les frottements.

Le plateau est incliné monté de telle façon qu'il puisse pivoter autour d'un axe. Ceci permet de faire varier l'angle d'inclinaison de ce plateau entre une valeur maximum de 16° et un angle nul. Cette variation élimine la cause des pistons, donc le débit de la pompe.

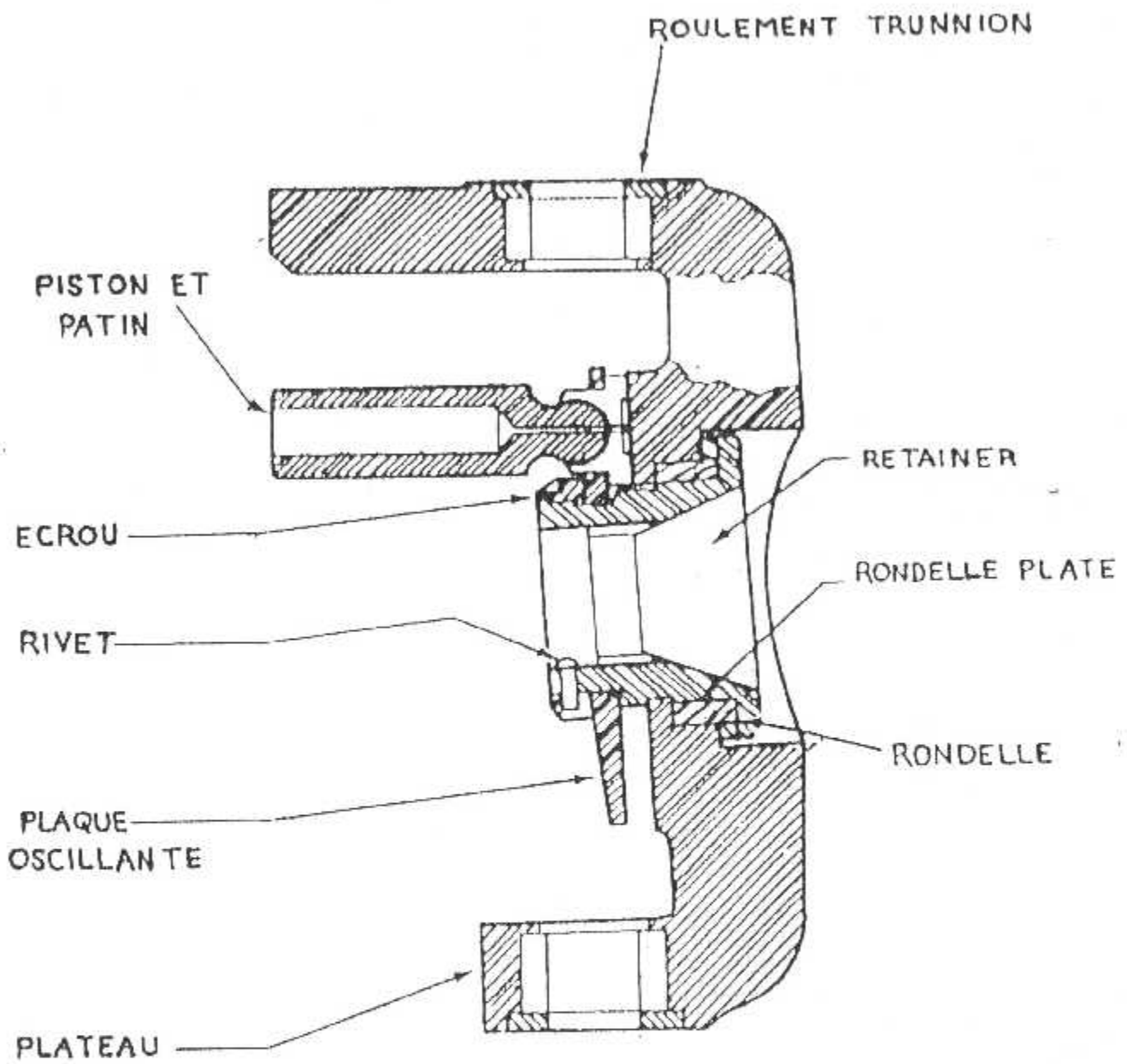
III.1.4.3- LE BARILLET.

C'est un bloc cylindre revolver entièrement en bronze, il est menu de neuf alésages équidistants recevant un ensemble pistons-patins. Le barillet est solidaire par des cannelures de l'arbre d'entraînement.

La distribution des orifices est réalisée par la face arrière du barillet portée sur la glace de distribution pendant la rotation. Le barillet est maintenu en contact avec la glace de distribution par deux lumières en forme « haricot » qui assurent l'alimentation et le refoulement du fluide.

Le barillet reporte ses efforts radiaux directement sur le carter par l'intermédiaire d'un roulement à rouleaux. Au centre de gravité, des forces radiales agissent sur ce barillet. Les deux problèmes qui seront posés par cette conception de type « barillet tournant » sont :

- l'étanchéité du contact barillet-carter au niveau de la glace de distribution .
- les efforts radiaux sur le barillet ; un bilan des efforts exercés sur le barillet fait apparaître :
 - P_S : effort de l'huile sur le fond du cylindre (phase de refoulement) .
 - P_s : effort de l'huile au niveau des lumières .
 - G : action de la glace sur le barillet .
 - N_1 et N_2 : action des pistons .
 - Réaction du support du barillet .
 - Réaction de ressort sur le barillet même en absence de pression contre la glace .



FIG/06/ PLATEAU INCLINE.

l'étude de l'équilibre d'un piston permet de remplacer N_1 et N_2 par un effort $PS \operatorname{tg} \alpha$ situé au centre de la rotule piston -patin (fig. 7).

III.1.4.4- LES PISTONS.

les pistons au nombre de neuf sont en acier traité, ils sont creux et terminés par un embout sphérique portant un patin en bronze serti. les patins sont appliqués sur le plateau incliné par une plaque de poussée qui reçoit continuellement la force de poussée. le piston, la sphère et le patin sont percés en leur centre d'un petit orifice qui transmet sous le patin la pression régnant derrière le piston, et réalise de ce fait un équilibrage hydrostatique soulageant ainsi les pièces qui travaillent (piston-patin). dans ce cas, la lubrification des patin est excellente et la section d'équilibrage peut représenter jusqu'à 90% de la section de piston (fig. 8A).

les pistons sont animés d'un mouvement axial de va et vient dont la vitesse est proportionnelle au régime de rotation de l'arbre. le mouvement de rotation des pistons maintenus en contact avec le plateau incliné engendre la course aller-retour, ceux-ci conduisent le fluide aspiré vers la lumière de refoulement ou il est comprimé.

la rotation de l'arbre provoque sur un premier demi-tour le passage de pistons du point mort haut (PMH) au point mort bas (PMB), la distance « L » réduit progressivement. cette phase correspond au refoulement, sur le second demi-tour, le piston passe du point mort bas (PMB) au point mort haut (PMH) la distance « L » augmente progressivement, cette phase correspond à l'aspiration (fig. 8B).

• EQUILIBRE DES FORCES (fig. 9).

Dans la pompe, dont le principe est représenté en fig. ... les forces ont pour résultante au centre de la rotule A, une force F_N (force de poussée) qui est perpendiculaire au plateau incliné. La réaction F_N , F_N a pour composante axiale $F = P.S = F_N \cos \alpha$ et une composante radiale $F_R = F_N \sin \alpha$. ces forces s'exercent sur tous les pistons qui sont en phase de refoulement. chaque piston est soumis d'une part à la pression créant une force axiale $F = P.S$ et d'autre part à des réactions dans le bloc-cylindres N_1 et N_2 .

Observons le mouvement axial des pistons, ils parcourent alternativement à chaque demi-tour la course axiale « L ». en appliquant la formule fondamentale de la dynamique, la masse de l'ensemble piston-patins engendre donc une force axiale $F_m = m.y$. l'accélération dépend essentiellement du régime de rotation. La force F_m change de signe à chaque demi-tour, elle tend en particulier à décoller le patin de son plan d'appui et sollicite à l'arrachement du sertissage du patin sur le piston. Pour éviter cet inconvénient, on doit appliquer une force à l'arrière des pistons; en pressurant l'aspiration (dite pression de gavage). Et les constructeurs ont intérêt à réduire la masse des pistons et des patins, c'est la raison pour laquelle les pistons sont creux.

Cette conception permet de diminuer la force d'accélération axiale et donne une certaine flexibilité au piston qui diminue l'effet néfaste de l'effort tranchant qui prend naissance au bord d'attaque dans l'alésage du barillet.

L'examen de cette conception va nous amener à aborder deux problèmes :

Le nombre de piston étant n , la cylindrée de la pompe s'écrit :

$$Cyl = 2.S.R.n.tg \alpha.$$

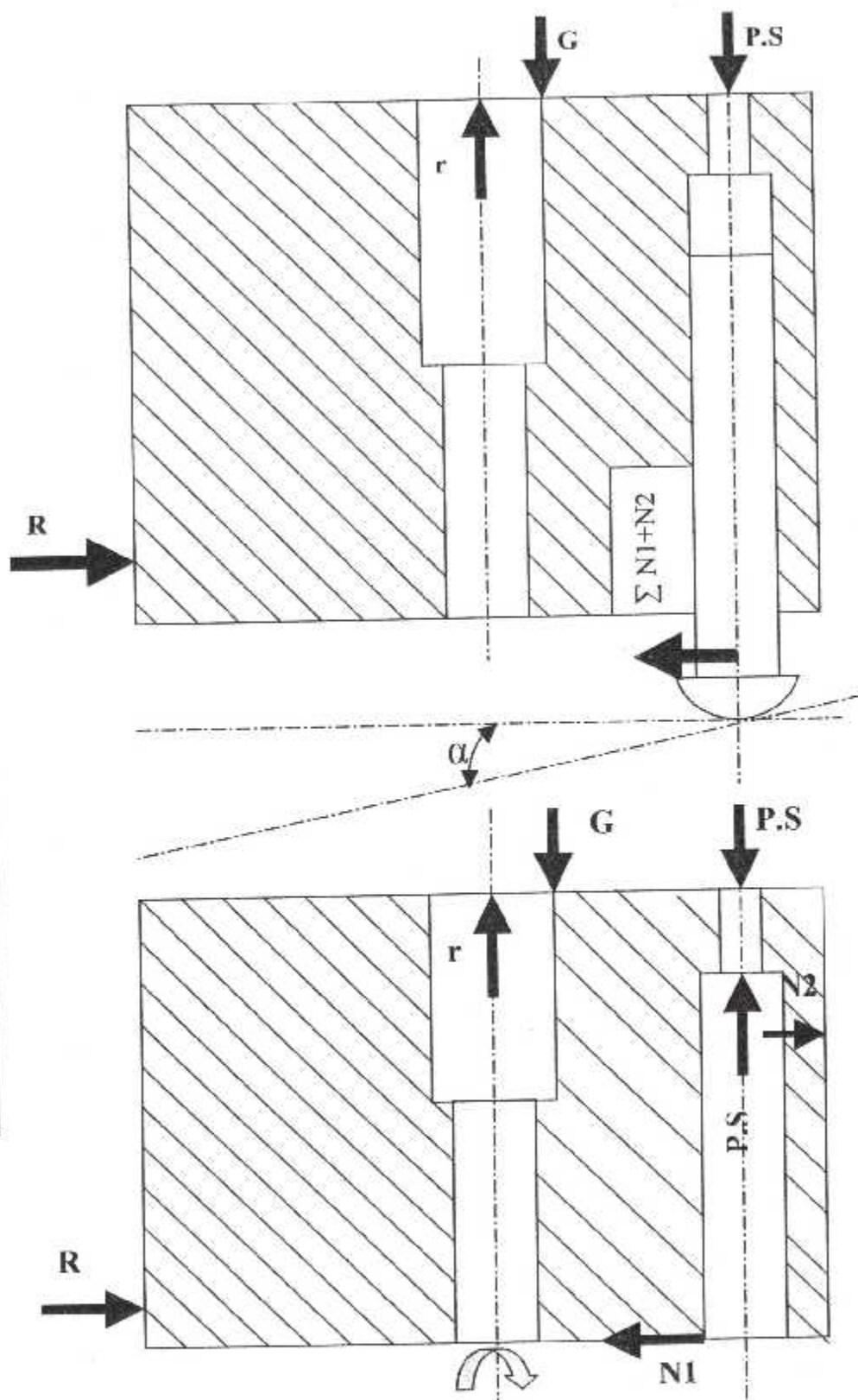
Cette relation montre que si on veut accroître la cylindrée sans augmenter les alésages du barillet (réduction des forces intérieures), il faut retenir pour l'angle α la plus grande valeur possible.

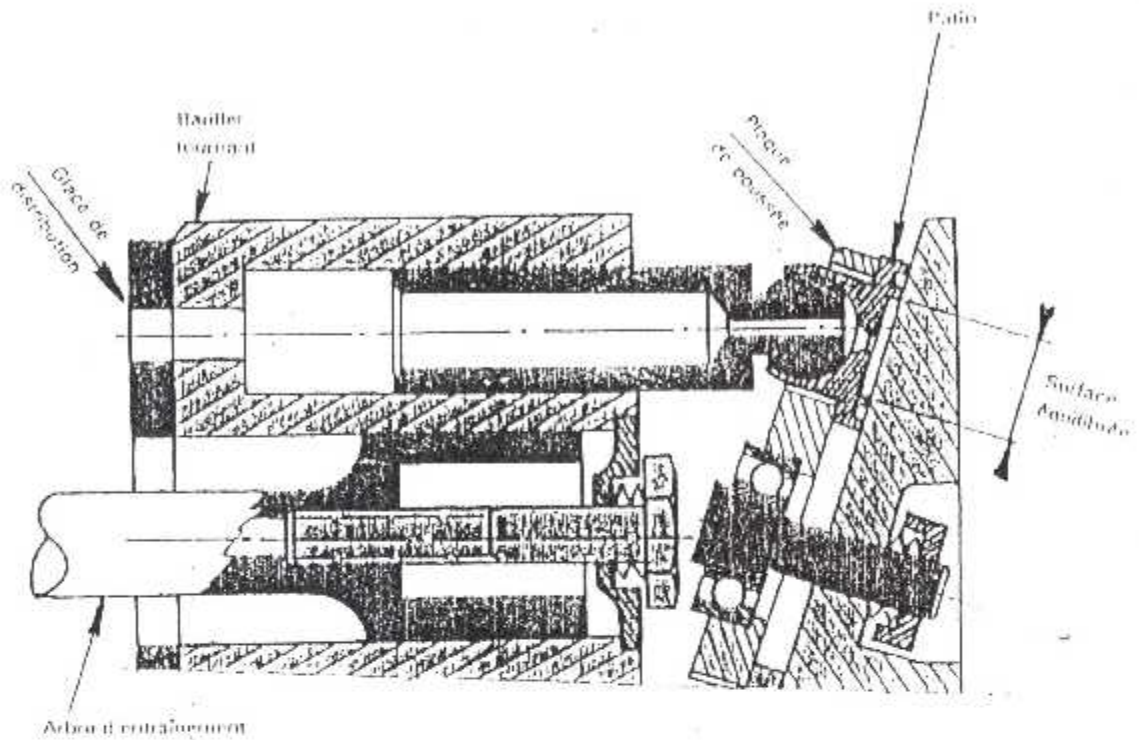
Mais, un bilan des efforts exercés sur les pistons fait toute fois apparaître deux forces N_1 et N_2 qui tendent à ovaliser l'alésage, donc réduire l'étanchéité du piston progressivement dans son alésage. Leurs expressions qui sont :

$$N_1 = \frac{a+b}{b} \times P \times S \times \operatorname{tg}(\alpha)$$

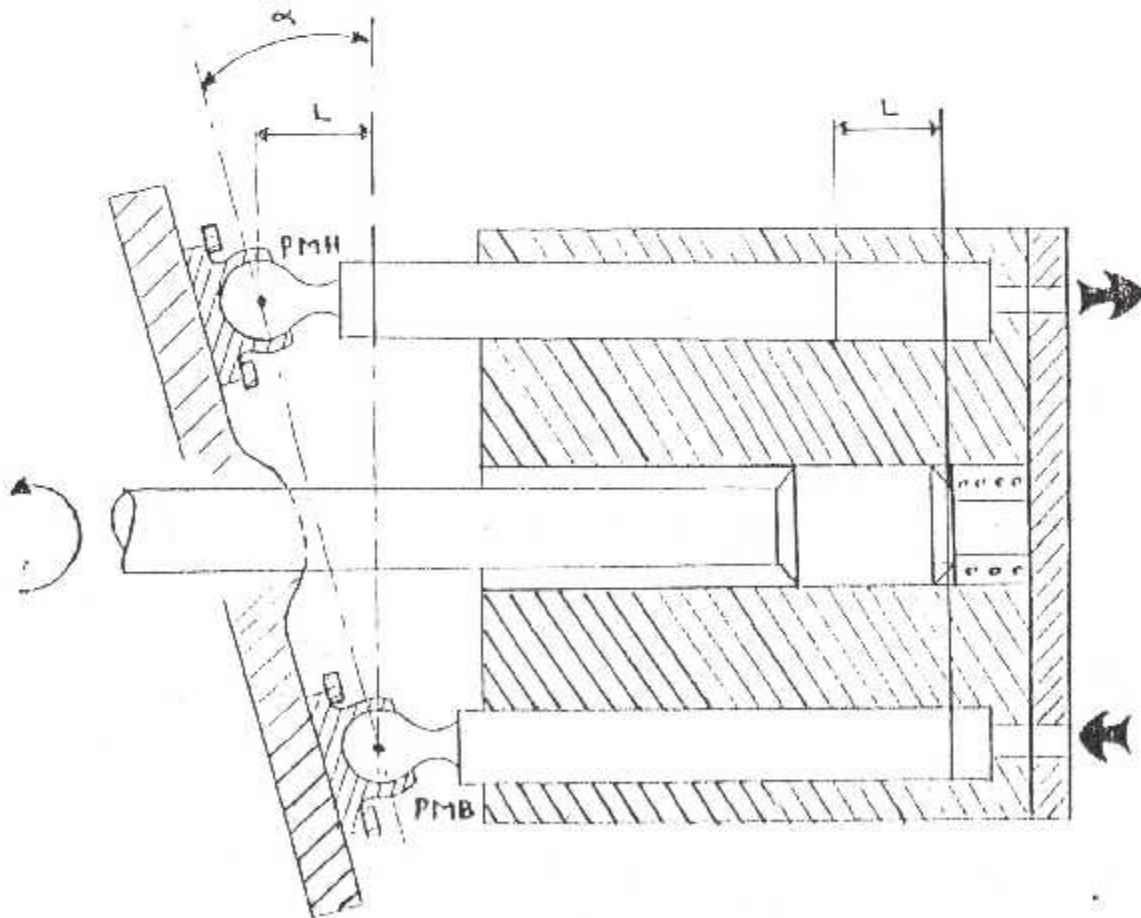
$$N_2 = \frac{a}{b} \times P \times S \times \operatorname{tg}(\alpha)$$

FIG. 7 BILAN DES EFFORTS SUR LE BARILLET



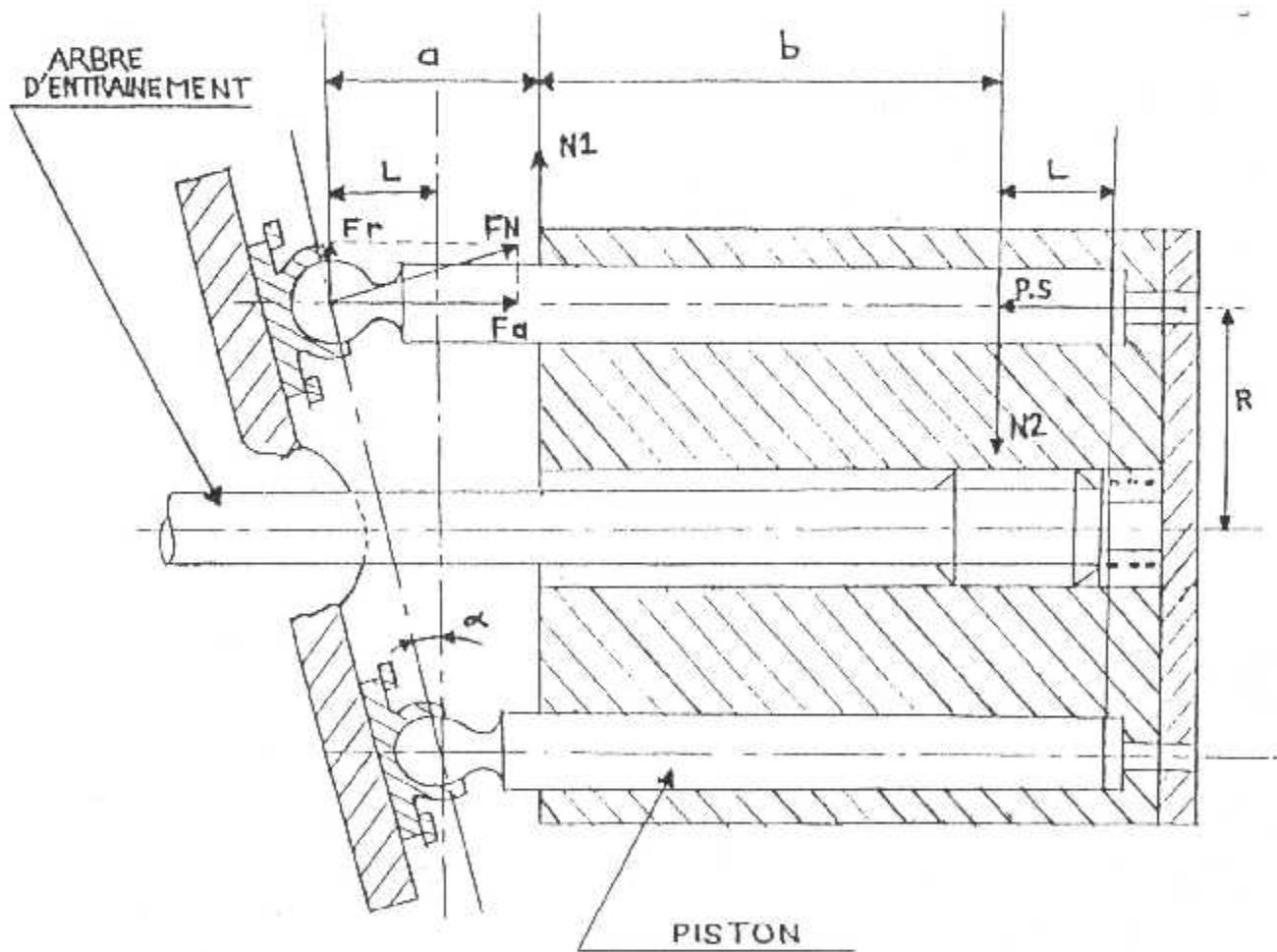
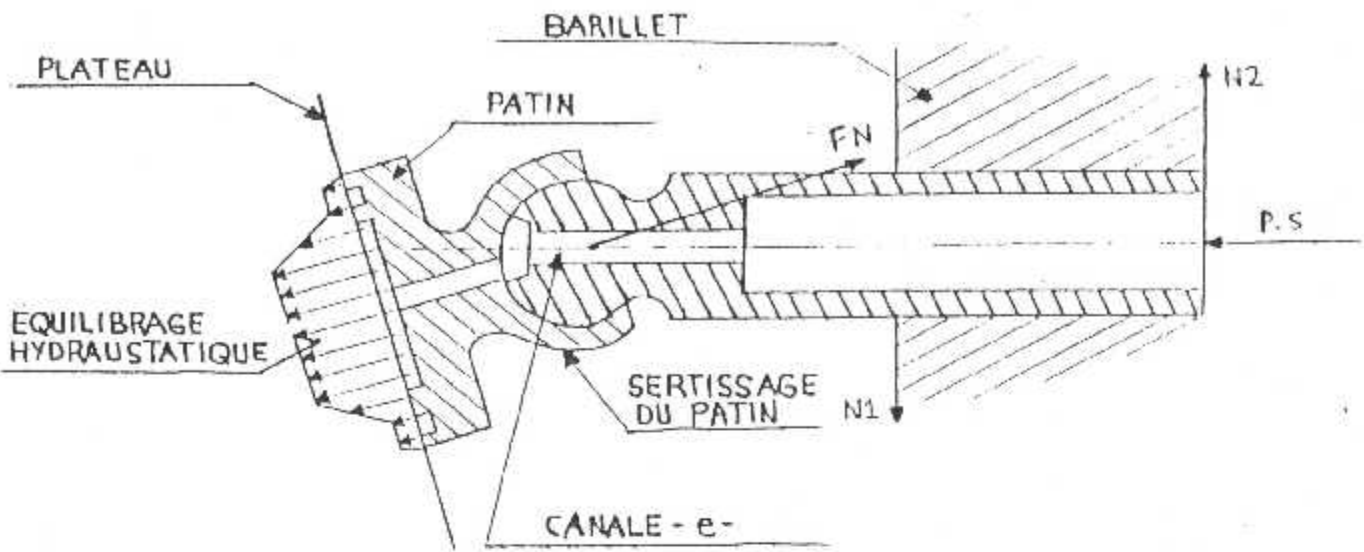


A/EQUILIBRAGE HYDRAULIQUE DES PISTONS ET DES PATINS



B/PRINCIPE DE LA POMPE A BARILLET TOURNANT A PISTONS - PATINS ET ARBRE EN LIGNE

FIG/08/



FIG/09/ EQUILIBRAGE DES EFFORTS
 DU PISTON

Montre qu'il est nécessaire :

- De réduire au minimum le porte à faux « a », on donnera à « a » une valeur presque nulle, quand le piston est enfin de refoulement.
- De limiter la valeur de α (la limite admissible sur ce type de pompe est de l'ordre de 18°).
- **MAINTIENT DU CONTACT PISTON-PATINS PLATEAU**

La permanence du contact entre le plateau et le patin est assurée par une plaque de poussé appelée « plaque oscillante » s'appuie sur la collerette de chaque patin et maintient ce dernier en contact avec le plateau.

Le problème réside dans les forces d'accélération qui tend à décoller le patin de ses appuis.

III.1.4.5- GLACE DE DISTRIBUTION.

La glace de distribution représente le cerveau de l'électropompe, elle est réalisée en acier traité. Elle possède deux lumières en forme d' « haricot », lumière séparées par deux zones d'étanchéité, l'une de ces lumières est reliée à l'alimentation de la pompe (aspiration) et l'autre au refoulement. La glace est conçue d'une façon qu'elle peut supporter hydrauliquement la plus grande partie de poussée du barillet due à la compression de l'huile par les pistons.

La sens préférentiel de rotation de la pompe est lié à l'astuce de fabrication réalisée au niveau de la glace de distribution.

On constate sur le dessin de la *fig. 10*, la présence de deux becs usinés de chaque haricot du début de refoulement et d'aspiration. Cette disposition a les effets suivants :

- Elle met la chambre du piston en pré-pression avant qu'elle communique brutalement avec le refoulement.
- Elle met la chambre du piston en décompression avant qu'elle communique brutalement avec l'aspiration.
- Elle permet de réduire le bruit de fonctionnement.

Le débit fournit par ce genre de bruit de composant est fonction :

- De l'angle d'inclinaison de plateau.
- Le diamètre de chacun des pistons.
- Du nombre des pistons.

Dans notre cas, la glace est fixe et présente :

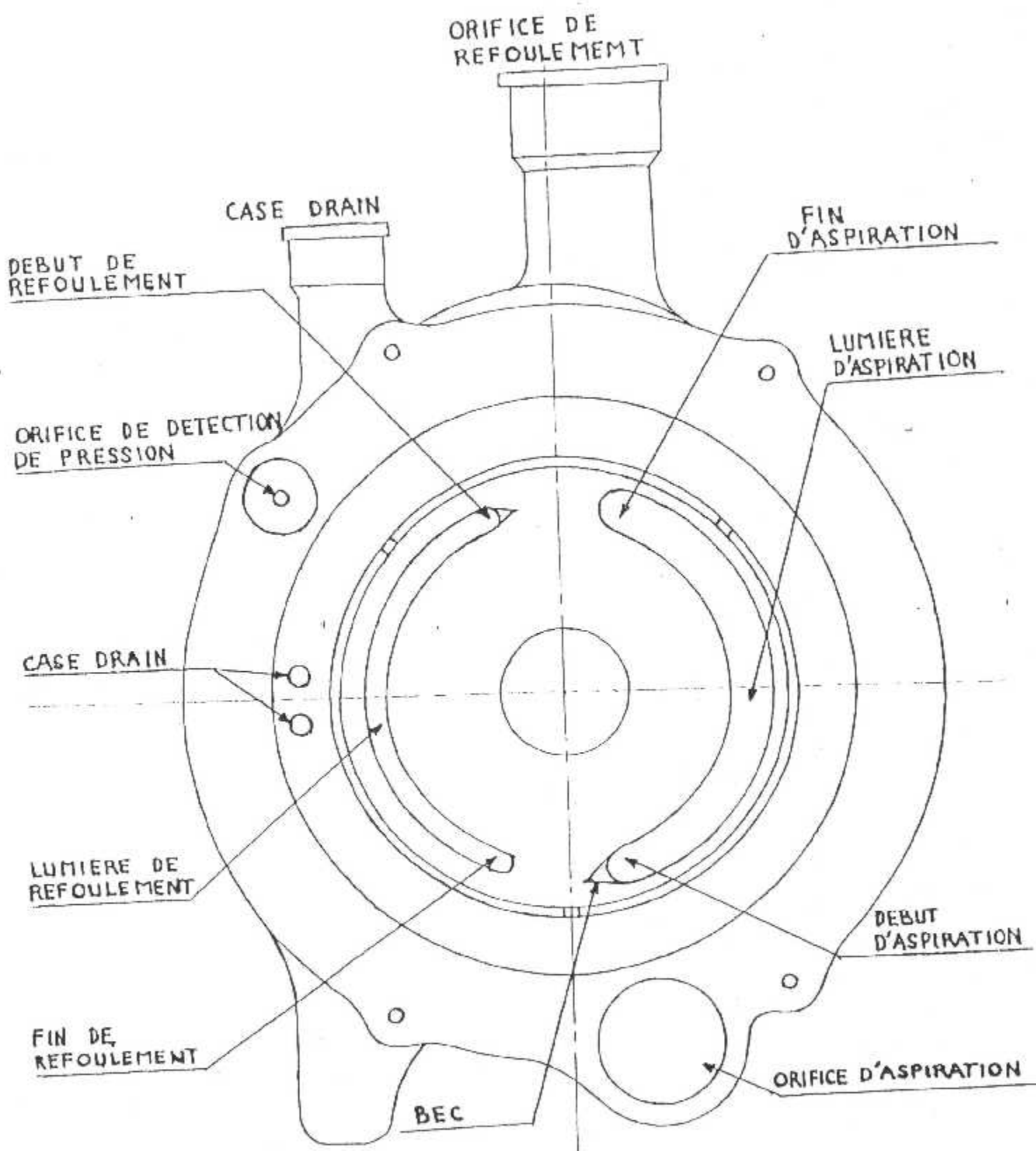
- Des gorges de lubrification.
- Une lumière d'aspiration et de refoulement.
- Un alésage ou loge la valve de compensation.
- Quatre empreintes de fixations sur le corps.

III.1.4.6- LA VALVE DE COMPENSATION (COMPENSATEUR) (FIG. 11).

Dans l'électropompe « AP2V-38 », la commande de régulation de débit se fait de point de vue hydraulique par un compensateur de pression. Cette commande permet d'ajuster la production de la pompe à la consommation du circuit, afin de maintenir une pression constante (3000Psi) (210bars).

Le compensateur est composé de huit (08) éléments logés dans une partie de glace de distribution.

- 1) Chemise (24).
- 2) Tiroir (23).
- 3) Rondelle (19).
- 4) Siège de ressort (15).
- 5) Vis de réglage (14).
- 6) Ecrou (13).
- 7) Ressort taré à 3000Psi (12).



FIG/10/ GLACE DE DISTRIBUTION

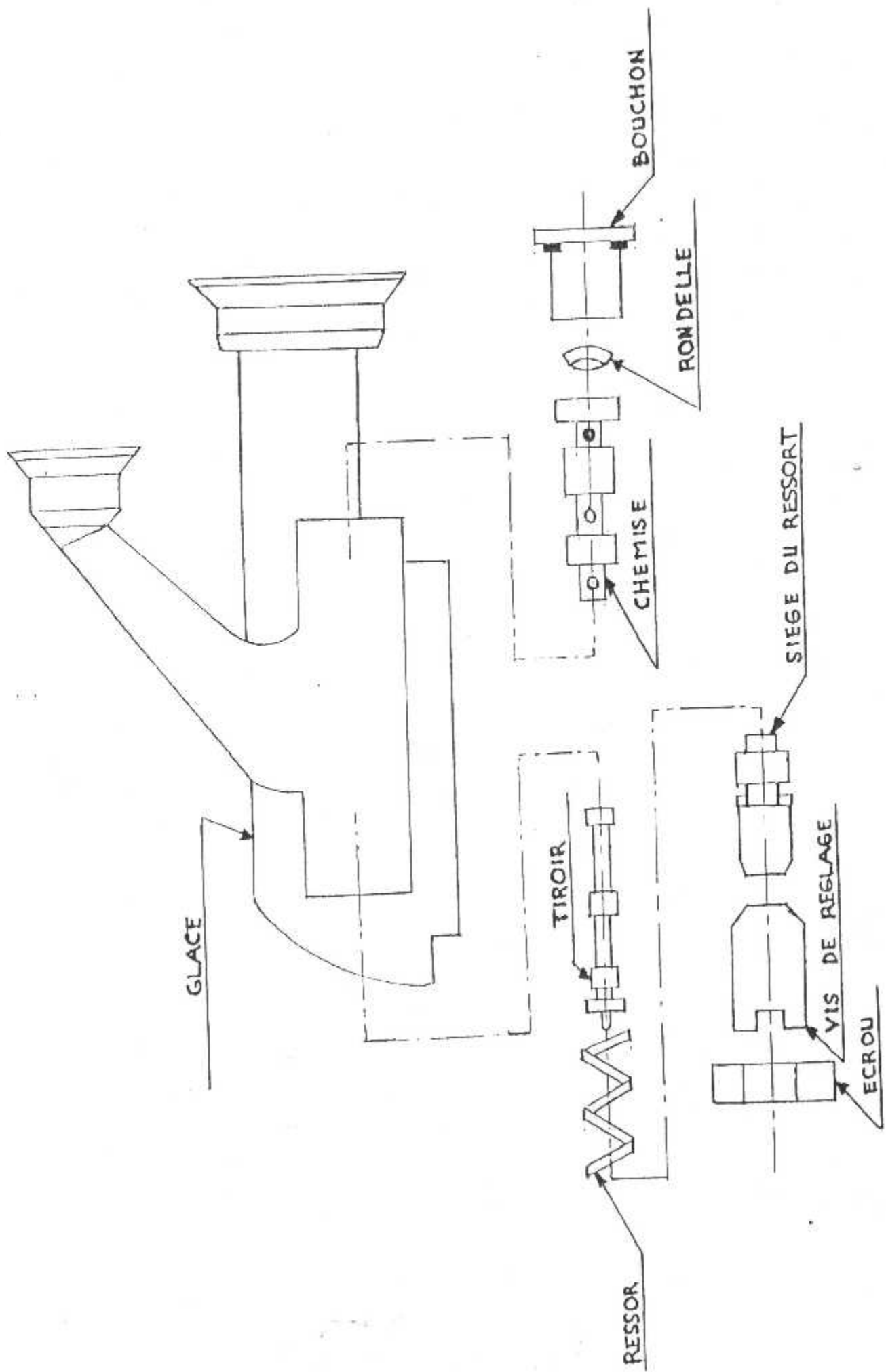


FIG 11/ VALVE DE COMPENSATION (VUE ECLATEE)

On peut aussi dire que le compensateur est un distributeur piloté par la pression du réseau, et utilise une source de pression constante (3000 Psi), dont le tiroir est rappelé par un ressort taré. Le tarage de ce ressort définit la pression que l'on veut obtenir (3000Psi dans notre cas).

III.1.4.7- LE PISTON DE RAPPEL.

C'est un piston en acier traité possédant deux orifices de lubrification et un alésage où loge un ressort de rappel. Il peut faire un mouvement de translation dans l'alésage qui se trouve dans le corps et tend à rappeler le plateau incliné à son inclinaison maximale, lorsque l'influence du piston de commande s'annule.

III.1.4.8- LE PISTON DE COMMANDE.

Fabriqué en acier traité, présentant deux rainures de lubrification. Ce piston de commande est l'organe d'exécution du servocommande, il est animé d'un mouvement de translation dans un alésage du corps et il est commandé par la pression hydraulique. Son mouvement permet de mettre le plateau à une inclinaison nulle, afin d'annuler le débit de la pompe.

La grande pression appliquée sur le piston de commande provoque une usure dans son alésage. Cette usure est très importante, elle engendre une chute de pression au niveau de la régulation.

III.1.4.9-ENSEMBLE ROULEMENTS TRUNNIONS.

C'est deux roulements à aiguilles sont placés dans leurs emplacements sur le corps, pour permettre le pivotement de plateau incliné.

III.1.4.10- PIGNON ET L'ARBRE D'ENTRAÎNEMENT.

Le pignon est en acier traité, jouant le rôle d'intermédiaire entre le barillet et l'arbre d'entraînement. Ce dernier est un manchon en acier, il permet de guider l'ensemble des pistons et le barillet en rotation. Sa longueur est suffisamment flexible pour éviter que toute force ou couple parasite externe ne perturbent l'alignement des organes de la pompe.

L'accouplement à denture arbre-barillet est la solution souhaitable car la denture a un profil spécialement adapté à ce type d'accouplement, et elle est usinée avec grande précision de sorte à obtenir un jeu minimal entre les dents, tout en assurant la flexibilité requise pour compenser les erreurs d'alignement de l'arbre d'entraînement accouplé. Cette construction permet une répartition uniforme de la charge sur toutes les dents.

III.1.4.11- ENSEMBLE ROULEMENT -BARILLET.

C'est un roulement à rouleau fabriqué en acier, supporte l'arrière du barillet, et il est positionné pour recevoir la résultante des réactions radiales du barillet et des pistons.

Aucun autre palier n'étant nécessaire pour soutenir le barillet.

III.2- FONCTIONNEMENT MECANIQUE DES ORGANES CONSTITUTIFS.

Lorsque le moteur commence à tourner (sens inverse des aiguilles d'une montre), le mouvement de rotation est transmis au barillet (46) par l'intermédiaire de l'arbre d'entraînement. Les pistons(38) qui logent dans les déférents alésages du barillet et reposent sur le plateau incliné (44) sont entraînés en rotation par l'intermédiaire du barillet et glissent librement sur le plateau incliné par le biais des patins.

En phase d'aspiration, la rotation du barillet et l'inclinaison du plateau assurent la compression et le refoulement du fluide.

La plaque oscillante (37) joue le rôle du point d'appui qui facilite le retour des pistons à leurs positions initiales tout en maintenant leurs patins en contact permanent avec la face du plateau incliné.

La rotation libre de la rondelle plate (41) entre le palier d'appui et sa rondelle (40) réduit le degré de surchauffe et l'usure de la surface de contact entre les pistons et le plateau.

Un dispositif situé dans la glace (25) permet la régulation de la pression (ce dispositif fera l'objet d'un développement dans les paragraphes qui suivent).

III.3- FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE (FIG. 12).

La pompe, entraînée par un moteur électrique, fournit le fluide sous une pression vers le système « b ». une pompe centrifuge placée en aval du moteur électrique permet d'amplifier la pression du fluide aspirer afin de réaliser un bon approvisionnement de la pompe principale.

L'électropompe délivre un débit de 6.3 GPM(24l/mn) maximum à une pression de 2700 Psi (189 bars) avec une vitesse de rotation de 5800 tr/mn maximum.

Au niveau de l'électropompe, on distingue trois circuits :

- Un circuit principal.
- Un circuit de commande.
- Un circuit de refroidissement et lubrification.

III.3.1- LE CIRCUIT PRINCIPAL.

L'huile arrive par l'orifice d'aspiration grâce à la rotation de moteur et sort par l'orifice de refoulement sous une pression dite *pression système* (2700 Psi). Le fluide est pressurisé dans le réservoir avec une pression de 45 Psi (3.15 bars) pour assurer un bon approvisionnement des électropompe.

Ce fluide entre dans le moteur électrique par l'orifice d'aspiration avec une pression minimale de 14.7 Psi (1 bar), passe entre le stator et le rotor. Les hélices placées à l'arrière du moteur forcent le fluide) un deuxième étage ou se trouve la pompe centrifuge auxiliaire (fig. 13). Cette dernière amplifier la pression d'aspiration de 2.5 PSI afin de diriger le fluide vers la pompe principale avec une pression de 35 Psi minimum.

Durant la phase d'admission, le fluide arrive de la pompe centrifuge. Il traverse dans son passage le corps de la pompe et la lumière d'aspiration de la glace pour arriver aux alésages du barillet.

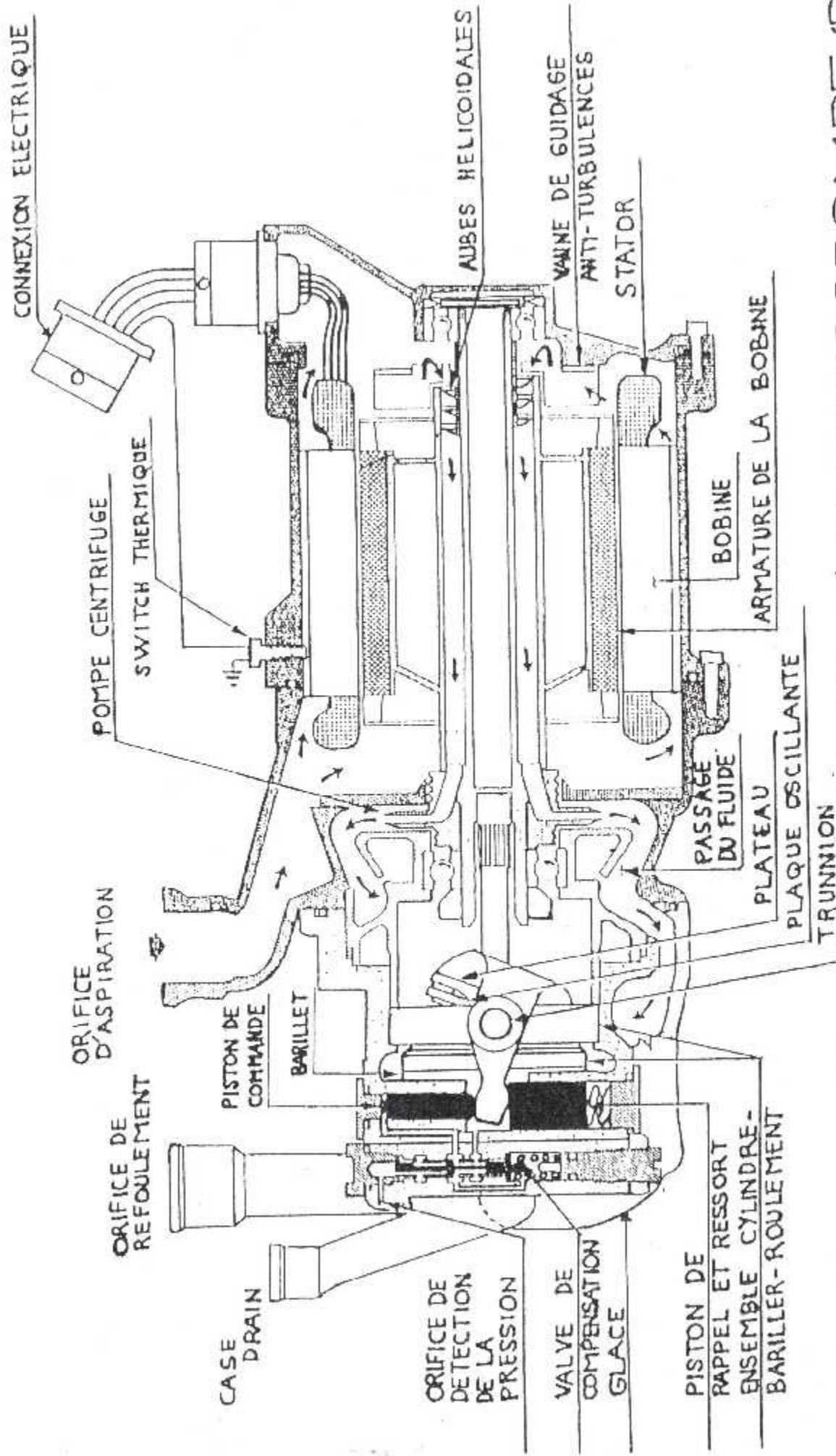
Durant la phase de refoulement, le fluide sort du barillet avec une grande pression à travers la lumière de refoulement et il est guidé vers le système hydraulique « B » à travers l'orifice de refoulement.

III.3.2- LE CIRCUIT DE COMMANDE.

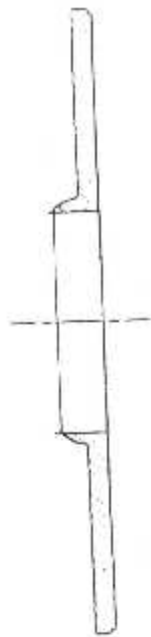
C'est un circuit qui alimente le dispositif de régulation de pression (compensateur). Il est alimenté par une dérivation de la conduite de refoulement.

La résistance d'écoulement du fluide dans le système hydraulique « B » provoque une augmentation de pression de refoulement de la pompe. Plus cette résistance est grande, plus la pression de refoulement augmente, cette croissance de pression est détectée par un petit orifice usiné sur l'orifice de refoulement de la glace qui communique avec le mécanisme de compensation. Ce mécanisme constitué d'un ensemble chemise tiroir chargé par un ressort réglable. Lorsque la pression de refoulement est comprise entre zéro(0) et 2700Psi, le piston de rappel est fort pour maintenir le plateau à sa position maximale (inclinaison maximale), par conséquent le piston de commande est mit en communication avec le drain.

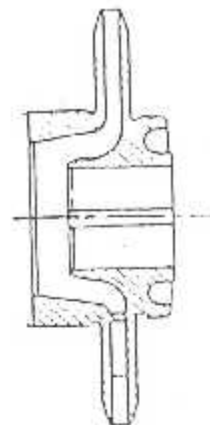
Si la pression dépasse 2700 Psi la valve de compensation (compensateur) s'ouvre partiellement, un débit de fluide s'établit au niveau de la valve vers le piston de commande. Plus la pression de refoulement augmente, lus le fluide au niveau de la valve de compensation vers le piston de commande augmente. A une pression de 3000Psi, pression qui positionne le plateau à un angle nul, le ressort se comprime complètement, et par conséquent le débit de la pompe s'annule.



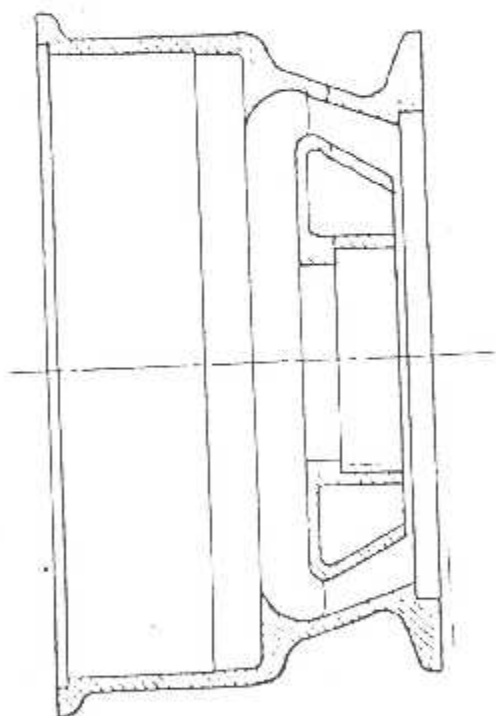
FIG/12/ VUE COUPEE DE L' ELECTROPOMPE (B)



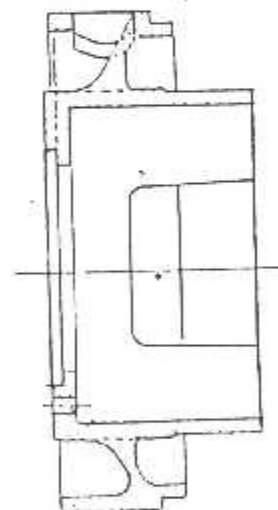
COUVERCLE (10)



ROUE CENTRIFUGE (11)



CORPS DE LA POMPE CENTRIFUGE (17)



DIFFUSEUR (03)

FIG/13/ LES ELEMENTS DE LA POMPE
CENTRIFUGE AUXILIAIRE

III.3.3- LE CIRCUIT DE LUBRIFICATION ET DE REFROIDISSEMENT

Ce circuit assure la circulation du fluide à travers le moteur et le corps de la pompe. En mode fonctionnel, le carter (59)(corps) est remplis le fluide de lubrification.

La circulation d'huile sous pression assure un bon graissage de toutes les surfaces métallique en contact et résout parfaitement le problème de lubrification.

Les fuites qui passent par les pistons et l'écoulement qui arrive du mécanisme de compensation augmente le volume de fluide dans le corps de la pompe, cette quantité assure la lubrification avant de prendre le case drain.

III.4- L'AUTOREGULATION DE LA POMPE (FIG. 14).

Le débit est sensiblement proportionnel à l'inclinaison du plateau ; l'électropompe « AP2V-38 » possède deux états de fonctionnements :

- Etat avec un débit nul et une pression de 3000Psi
- Et un état ou le débit est Max et pression de 2700Psi.

La pression (≤ 2700 Psi) est envoyée en permanence sous le piston de rappel (10) dont l'action s'ajoute à celle du ressort (9) pour placer le plateau dans sa position de débit maximal. La pompe débite continuellement le fuite qui fait augmenter la pression de refoulement jusqu'à une valeur maximale(3000Psi) lorsque les servitudes ne se sont alimentées. Un ressort taré à 3000Psi communique avec la pression de refoulement, il se comprime complètement pour une valeur de 3000Psi lissant passer une partie du fluide dans un « servomécanisme » qui exerce une pression de 3000Psi sur le piston de commande. Ce dernier fait pivoter le plateau incliné vers un angle nul. Avec l'utilisation des différentes servitudes, la pression diminue jusqu'à une valeur minimale 2700Psi ; le ressort referme l'orifice du servomécanisme. Par conséquent la course des pistons s'annule ainsi que le débit mais la pression reste à 3000Psi.

La pression existante dans le servomécanisme chute et le piston de commande sous l'effet du ressort est rappelé sa position initiale, on revient à l'état initial (i.e. état ou la pompe débite avec une pression de 2700Psi).

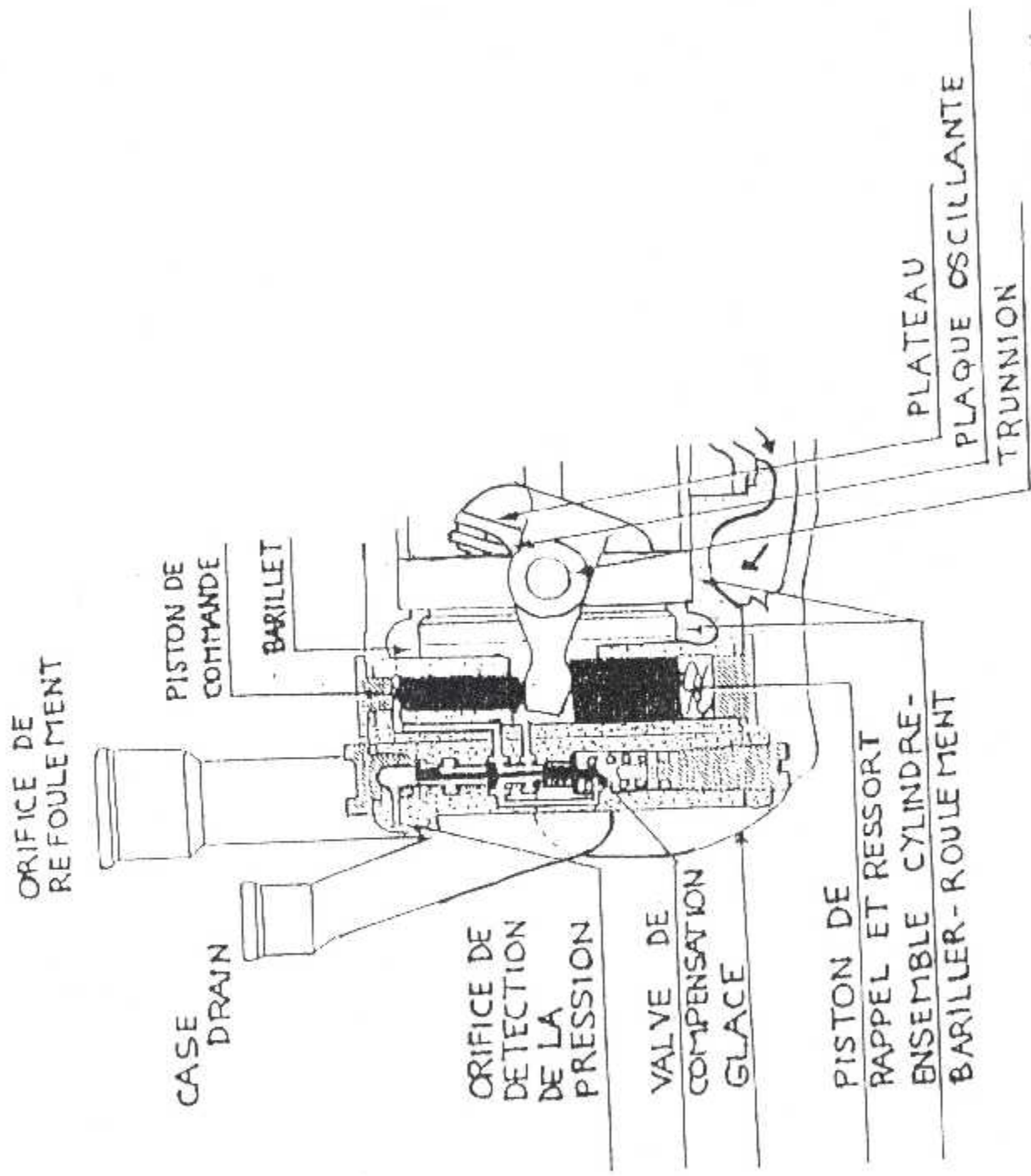


FIG 141 AUTOREGULATION DE LA POMPE

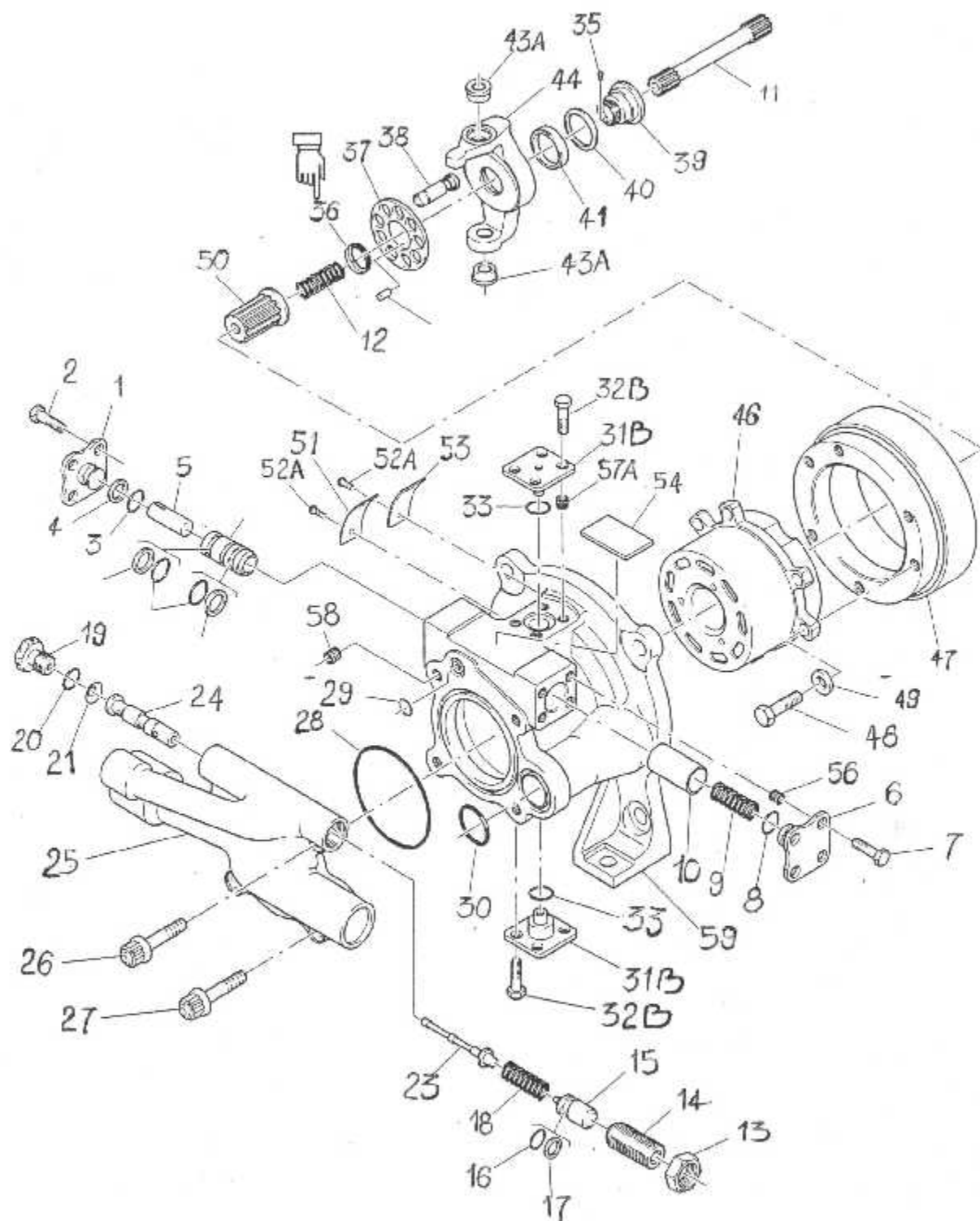


FIG.15- POMPE HYDRAULIQUE

Nomenclature

repère	Nombre	Désignation
01	01	Cap (bouchon)
02	04	Vis
03	01	Joint
04	01	Bague d'appui
05	01	Piston de commande
06	01	Bouchon
07	04	Vis
08	01	Joint o'ring
09	01	Ressort de rappel
10	01	Piston de rappel
11	01	Arbre d'entraînement
12	01	Ressort
13	01	Ecrou
14	01	Vis de réglage
15	01	Siège du ressort
16	01	Joint o'ring
17	01	Bague
18	01	Ressort
19	01	Bouchon
20	01	Joint
21	01	Rondelle
22	01	Assemblage chemise-tiroir
23	01	Tiroir
24	01	Chemise
25	01	Glace
26	02	Vis
27	02	Vis
28	01	Joint o'ring
29	01	Joint o'ring
30	01	Joint o'ring
30B	02	Trunnions
32B	08	Bouchons
33	02	Joint o'ring
34	01	Assemblage plateau-pistons
35	01	Rivet
36	01	Ecrou
37	01	Plaque oscillante
38	01	Piston semelle
39	01	Retainer
40	01	Rondelle
41	01	Rondelle plate
43A	02	Roulement trunnion
44	01	Plateau
45	01	Assemblage barillet-roulement
46	01	Barillet
47	01	Barillet-roulement avec attaches
48	06	Vis

49	06	Rondelle
50	01	Rondelle –entretoise
51	01	Plaque d'identification
52A	01	Vis
53	01	Plaque d'identification
54	01	Plaque de sens de rotation
56	01	Insert
57A	01	Insert
58	01	Insert
59	01	Corps

2^{eme} PARTIE

***ETUDE DU MOTEUR
ELECTRIQUE***

Les machines électriques en aviation sont entraînées dans la plus des cas par des moteurs électriques asynchrones à courant alternatif triphasé, et rarement on utilise le monophasé. Le choix du triphasé s'impose en effet par son prix de revient avantageux, sa robustesse et sa simplicité d'entretien.

III.5- SOURCE D'ENERGIE ELECTRIQUE DU B737.

Le système de l'énergie électrique de B 737 est un réseau de triphasé 115/220V, 400HZ, 40KVA. Les trois phases 115V proviennent de deux alternateurs entraînés par les réacteurs et un alternateur entraîné par L'APU (groupe auxiliaire de puissance) en vol, d'une part, d'autre part, on a trois phases 115V d'une source externe ou de L'APU quand l'avion est en sol.

L'énergie électrique de ces sources est distribuée à partir de la cabine "contrôle" de l'avion, par l'intermédiaire des systèmes bus, localisés principalement dans deux panneaux (P6 coté droit et P18 coté gauche). A partir de ces panneaux on peut obtenir d'autres tensions 28V AC monophasées et 28V DC.

On dispose aussi d'une autre source électrique de 28V DC en magasinée dans une batterie. Elle sert au démarrage de l'APU et à alimenter les circuits essentiels de commande, en cas de la défaillance des autres sources.

II.6- LE MOTEUR ELECTRIQUE "B".

C'est un moteur asynchrone triphasé couplé en étoile avec un démarrage direct. Il comporte un inducteur fixe nommé "stator", constitué par empilement de tôles minces, et un induit mobile nommé "rotor", supporté par deux roulements à billes. Le rotor, à cage d'écureuil, est claveté sur l'arbre de transmission.

III.6.1- CARACTERISTIQUES DU MOTEUR ELECTRIQUE.

✓ Puissance.....	12HP
✓ Tension	115 à 200V
✓ Fréquence	400HZ
✓ Nombre de phases.....	3 phases.
✓ Nombre de pôles.....	8 pôles.
✓ Courant (pour TP ^o >90°F).....	40.5 A (max.).
✓ Courant (90°F).....	42.0 A (max.).
✓ Température d'entrée.....	150°F (max.).
✓ Pression d'entrée.....	14,7 Psi (min).
✓ Vitesse de rotation.....	5625 tr/mn(min).
✓ Poids.....	19.8 Lb.

III.6.2- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR ELECTRIQUE.

Le branchement est très simple, trois fils amènent le courant de ligne à l'enroulement du stator, le rotor étant en court circuit. Des que le stator est alimenté, il se produit un champ tournant, ce champ balaie les conducteurs du rotor, et y induit des f.e.m, le rotor étant en court circuit, les f.e.m y produisent des courants induits.

Les courants placés dans le champ tournant sont soumis à des forces qui forment un couple. Le rotor étant libre, ce couple le fait tourner. L'arbre du rotor est en accouplement à denture avec l'arbre d'entraînement de la pompe.

La protection du moteur électrique est assurée par l'association de plusieurs appareils appelés "appareils de protection".

III.7.-PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU CIRCUIT "B" (FIG. 15).

➤ Mise en marche du moteur de la pompe N° 1.

- Fermeture du switch S1.
- Excitation du relais (R23).
- Fermeture des contacts du relais (R23) du GEN bus N° 1.
- Moteur de la pompe sous tension.

➤ **Arrêt normal.**

- Ouverture du switch S1.
- Désexcitation du relais (R23).
- Ouverture des contacteurs.
- Moteur de la pompe à l'arrêt.

Si le moteur présente une anomalie, cette dernière est détectée par T160 CT (détecteur de fautes) et elle est transmise au module de fautes M719 sous forme de signal électrique. Ce dernier procède comme suit:

- Le module 719 excite le relais R25.
- Ouverture des contacts.
- La pompe est hors série.

➤ **G C U₁ défaillant:**

- Alimentation par le G C U₂ 28V DC.
- S1 fermé (on)
- S2 ouvert (off)
- Excitation de relais Alt
- Pompe sous tension

➤ **Vérification et contrôle (remise à l'état initial (RESET)).**

Si la panne est permanente

- S3 actionné.
- Excitation du relais Reset.
- Ouverture des contacts à ouverture
- Excitation de R25
- Moteur hors tension

Si la panne est fugitive

- Action sur S3.
- Excitation du relais Reset.
- Fermeture des deux contacts.
- Moteur est sous tension

Remarque:

- Tous les relais sont alimentés en 28V DC.
- Ce principe de fonctionnement est le même pour la pompe N° 2.

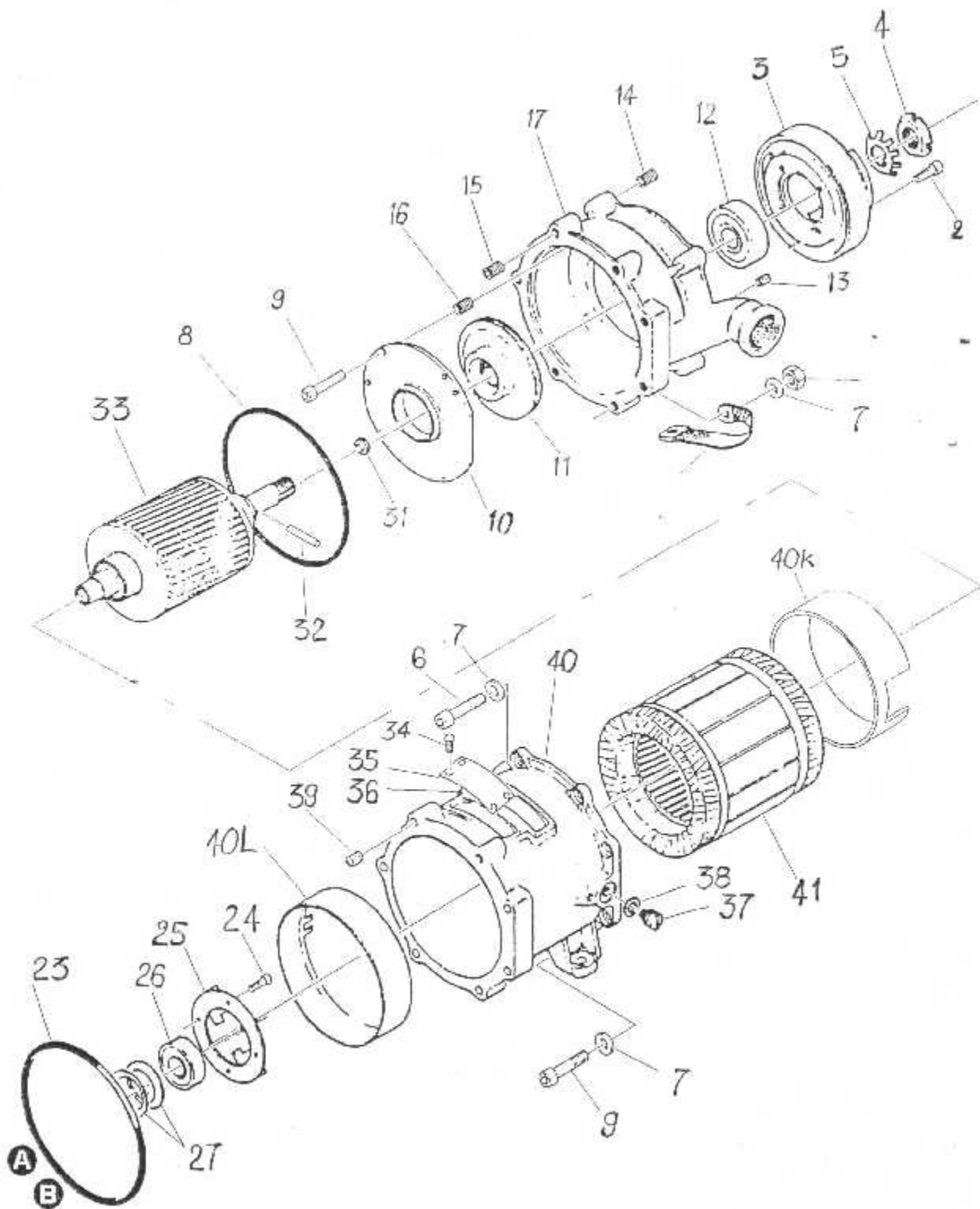
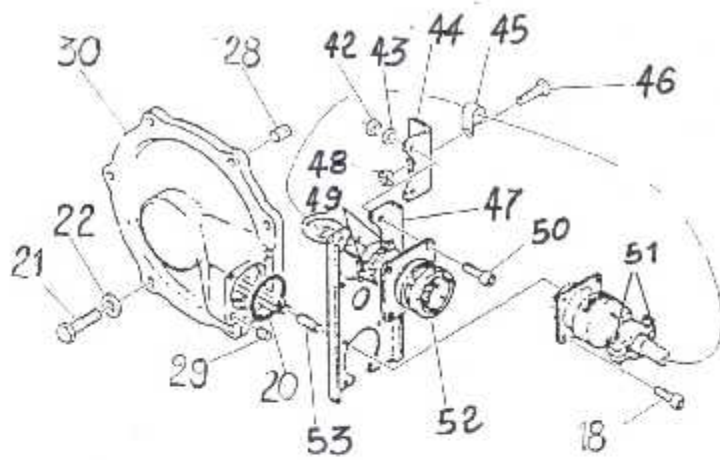
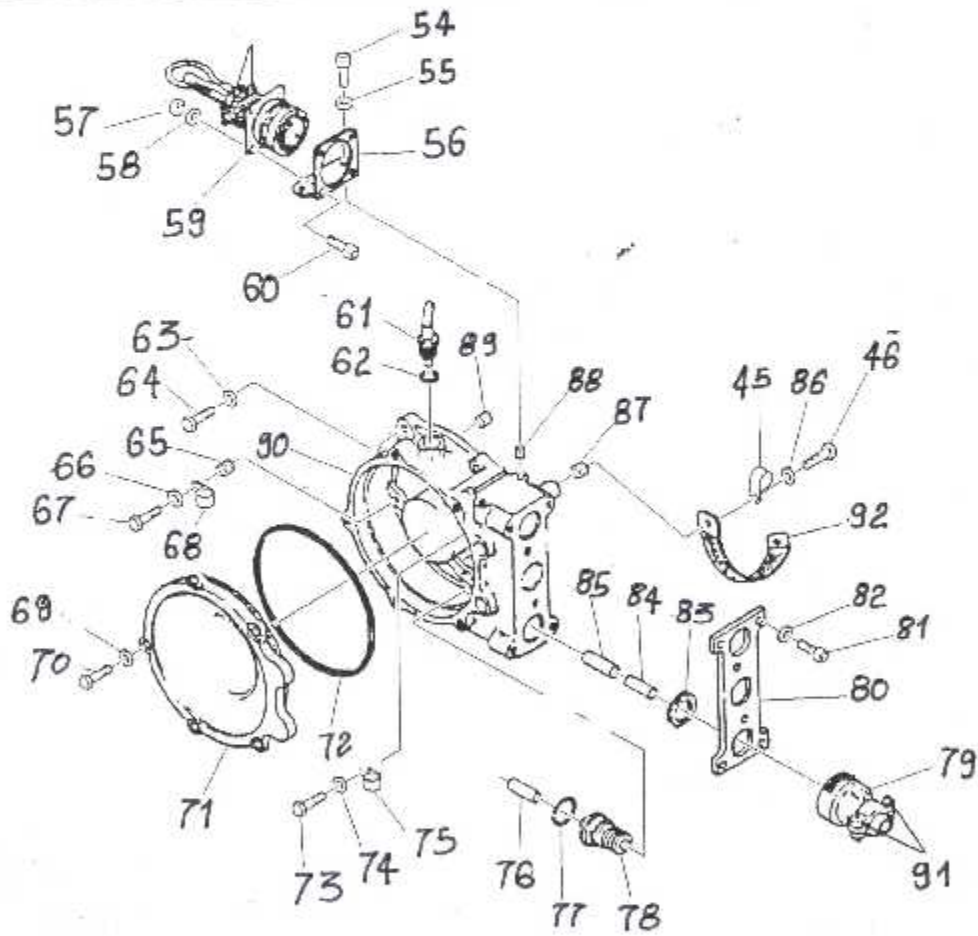


FIG.16- MOTEUR ELECTRIQUE



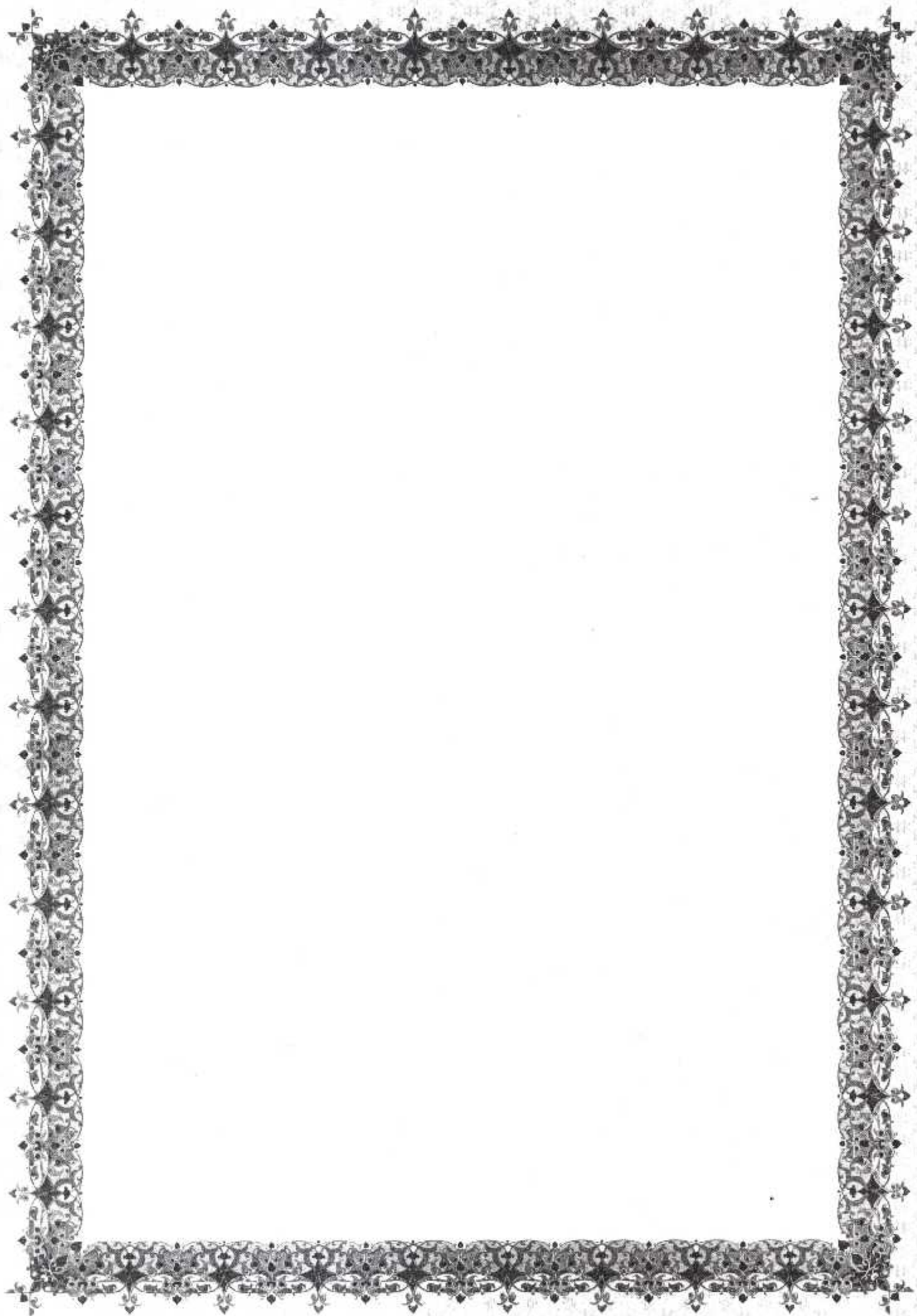
A



B

Nomenclature

Repère	nombre	Désignation
02	04	Vis
03	01	Diffuseur
04	01	Écrou
05	01	Rondelle
06	14	Vis
07	07	Rondelle
08	01	Joint o'ring
09	07	Vis
10	01	Couvercle
11	01	Turbine
12	01	Roulement
13	04	Insert
14	04	Insert
15	07	Insert
16	04	Insert
17	01	Corps de la pompe centrifuge
18	04	Vis
19	01	Câble
20	01	Joint o'ring
21	07	Vis
22	07	Rondelle
23	01	Joint o'ring
24	04	Vis
25	01	Cache roulement
26	01	Roulement
27	02	Rondelle belle ville
28	07	Insert
29	04	Insert
30	01	Flasque
31	01	Bouton thrust (cale)
32	01	Goupille
33	01	Rotor
34	04	Vis
35	01	Plaque d'identification
36	01	Etiquette
37	01	Sonde
38	01	Rondelle
39	01	
40	01	La carcasse du stator
40K	01	Isolateur
40L	01	Isolateur



IV.1. INTRODUCTION.

La durée de vie d'une machine ou d'un équipement quelconque est plus particulièrement fonction de sa nature et ses conditions de travail. Il ne faut pas donc éliminer la nécessité d'une maintenance préventive et d'une inspection périodique ainsi que le chargement nécessaire d'un nombre de pièce et de composants.

L'existence d'un service maintenance se justifie par la nécessité d'assurer la disponibilité permanente des équipements.

La fonction maintenance constitue un moyen efficace dans l'amélioration de la rentabilité, et la sécurité des personnes et des matériels. Les périodes maintenance doivent être planifiées et les différentes interventions doivent être enregistrées.

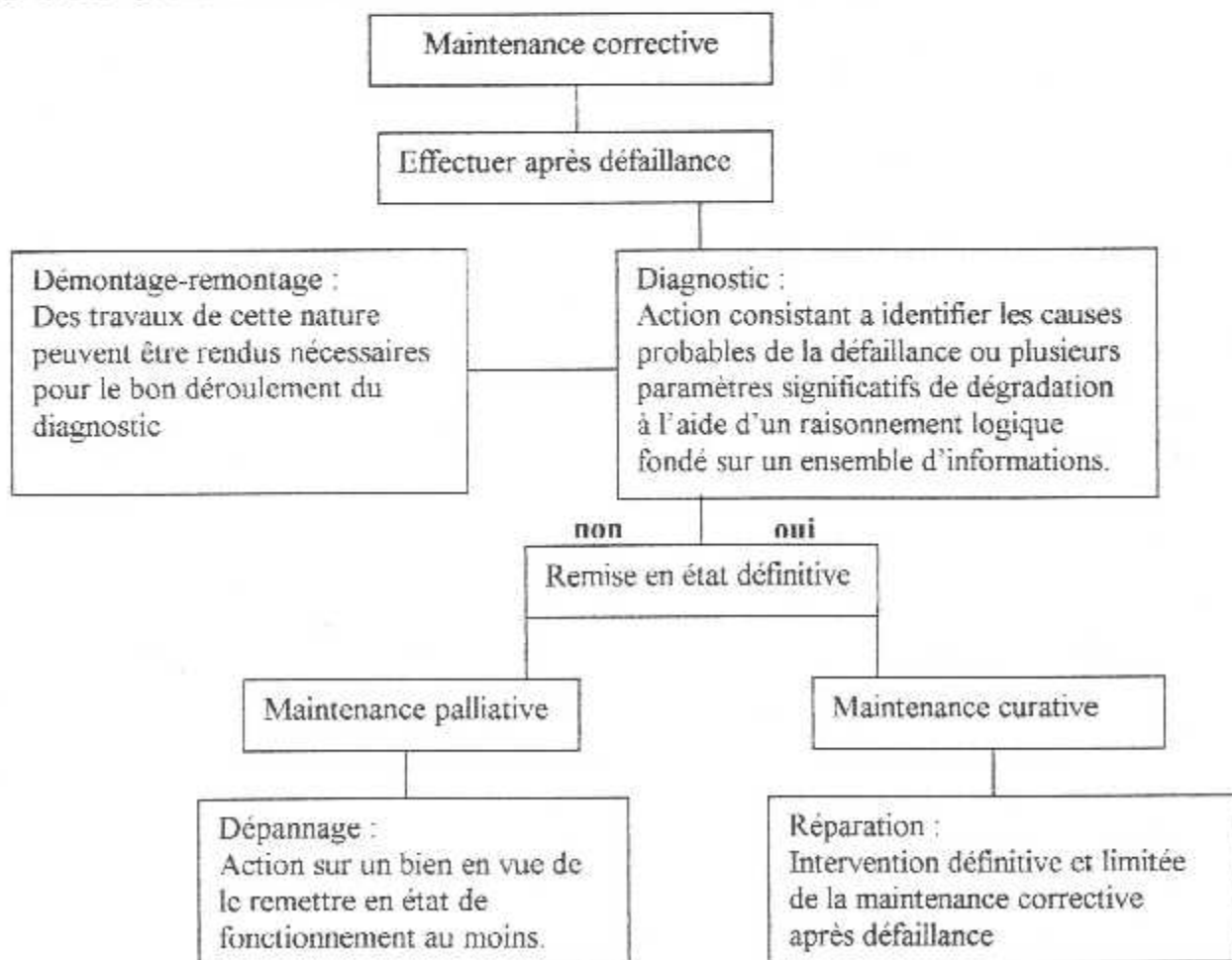
La maintenance est définie comme étant (l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de un bien dans état spécial ou il est en mesure d'assurer un service déterminer). (Norme AFNOR X60-10).

IV.2. DIFFERENTS TYPES DE MAINTENANCE.

IV.2.1. MAINTENANCE CORRECTIVE

- C'est une maintenance effectuée après une défaillance.
- C'est une politique de maintenance (dépannage ou réparation), qui correspond à une attitude de réaction à des événements plus ou moins aléatoires et qui s'applique après la panne.
- C'est un choix politique de l'entreprise qui malgré tout, nécessite la mise en place d'un certain nombre de méthodes qui permettent d'en diminuer les conséquences.

IV.2.1.1- ORGANIGRAMME DE LA MAINTENANCE CORRECTIVE



IV.2.1.2- LA MISE EN ŒUVRE DE LA MAINTENANCE CORRECTIVE

La maintenance corrective devra s'appliquer automatiquement aux défaillances, comme par exemple, la rupture brusque d'un organe mécanique.

Ce type de maintenance sera réservé au type de matériel peu coûteux et dont la panne aurait une influence sur la sécurité.

IV.2.2. MAINTENANCE PREVENTIVE.

C'est une maintenance effectuée dans l'intention de réduire la possibilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

Ce type de maintenance a pour objectif :

- D'augmenter la durée de vie des équipements.
- De diminuer le temps d'arrêt lors des pannes.
- De faciliter la gestion des stocks.

La maintenance préventive comprend deux types de maintenances :

IV.2.2.1 MAINTENANCE CONDITIONNELLE.

C'est une maintenance qui effectue un diagnostic avant de remplacer l'élément visité. Elle s'applique par exemple pour les grandes machines tournantes. Un démontage ou un remplacement coûte cher en perte de production et en temps. Pour cela la maintenance conditionnelle consiste aussi à ne changer l'élément que lorsque celui-ci présente des signes de vieillissement ou usure mettant en danger ses performances.

Elle est subordonnée à un type d'événement pédestrement, révélateur de l'état de dégradation (usure, bruits, ..Etc.).

IV.2.2.2 MAINTENANCE SYSTEMATIQUE.

C'est une maintenance effectuée selon un échéancier établi en fonction du temps et du nombre d'unités, elle est appliquée avant l'apparitions d'une panne.

Ce type de maintenance permet de réduire le nombre de défaillances, d'améliorer la disponibilité de l'équipement, la sécurité et l'augmentation de la durée de vie des équipements.

IV.3. MAINTENANCE APPLIQUEE POUR L'ELECTROPOMPE (AP2V-38).

Vu l'importance de l'électropompe qui fonctionne en permanence dans le circuit (B) de l'avion. La défaillance de celle ci provoque des incidents graves. Le service hydraulique JET applique une maintenance préventive systématique.

Une fois, l'électropompe arrive à la fin de son potentiel, les techniciens doivent la poser pour lui faire une révision générale quel que soit son état.

La maintenance de la partie électrique (moteur électrique) est effectuée à l'atelier « électricité JET » et la partie pompe au service « hydraulique JET ».

Le mode de maintenance est mentionné par le constructeur selon le type de visite ; pour ce-là, l'électropompe est déposée, inspectée et enfin testée au banc d'essai.

IV.4- ORGANISATION DE L'ENTRETIEN.

IV.4.1- ELEMENT DE BASE.

a) Le manuel d'entretien.

La réglementation prévoit que l'exploitation d'un avion ou d'une flotte, l'établissement d'un manuel d'entretien pour chaque type d'avion en respectant les indications du constructeur.

Ce manuel doit contenir les renseignements suivants :

- Les procédures du service et d'entretien
- Les généralités sur les potentiels des équipements, les périodicités des visites et les vols d'essais.
- Le détail des opérations à effectuer lors de chaque visite.
- Les modifications portées sur l'avion ou ses équipements.

b) Le service entretien.

Le service d'entretien est lié à l'utilisation du manuel d'entretien. L'exploitation doit mettre en place un tel service.

IV.4.2- CARACTERISTIQUE DE L'ENTRETIEN.**a. Spécialisation de l'entretien.**

L'entretien est organisé suivant la répartition de l'avion en éléments appelé ensemble. Ces ensembles sont eux aussi divisés en sous-ensembles. Les équipes qui assurent l'entretien sont spécialisées, de même que les lieux où sont effectués les réparations des éléments.

a) Potentiel.

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

Le potentiel matériel du B 727 et B 737 en service, est caractérisé 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 pompes hydrauliques du B 737 sont :

désignation	potentiel	Délais de stockage
Pompe du circuit « A »	10.000 heures	48 mois
Pompe du circuit « B »	7.500 heures	24 mois
Pompe de secours	12.000 heures	24mois

b) Périodicité.

Le matériel subit une usure systématique pendant son utilisation une dégradation pendant son stockage. Pour poursuivre et contrôler cette usure, l'avion est soumis à des vitesses de vérification dont les travaux sont déterminés dans le manuel d'entretien.

L'immobilisation n'étant pas souhaitable en dehors des visites programmées et les éléments en échange standard sont remplacés à cette occasion. Il est nécessaire d'introduire une tolérance de dépôts dans le potentiel.

c) Rentabilité de l'entretien.

L'entretien tient compte de l'expérience acquise et évolue en respectant deux paramètres suivants :

- ✓ Maintien du niveau de sécurité.
- ✓ Diminution au maximum du temps d'immobilisation.

La recherche de l'augmentation du potentiel sera menée de front avec l'obtention d'un haut niveau de sécurité.

IV.5- ORGANISATION DU DEPARTEMENT ENTRETIEN.**IV.5.1- SERVICE ETUDE (SOUS DIRECTION ENGINEERING).**

Ce service assure :

- Le suivi de l'évolution des équipements (constructeur).
- La création des documents d'entretien propre à l'exploitation.
- L'étude de modification rendue nécessaire pour améliorer l'entretien et diminuer le taux de pannes et rendre plus aisée l'exploitation.

IV.5.2- SERVICE METHODE (SOUS/D ENG) :

Il a pour rôle la planification des opérations d'entretiens, ainsi que l'organisation et la prévention de :

- La programmation, le lancement.
- La détermination des temps d'intervention.
- La réparation de l'outillage.
- L'installation des ateliers et des hangars.
- La réparation du personnel.

Ce service assure donc le contrôle du rendement de l'entretien et l'établissement des statistiques.

IV.5.3- SERVICE APPROVISIONNEMENT.

Ce service doit prévoir les pièces de rechanges du matériel avec un minimum de stock.

Le matériel se classe en deux catégories :

- Matériel consommable.
- Matériel révisable.

Le service approvisionnement commande ce matériel en fonction de ces prévisions de consommation.

IV.5.4- SERVICE CONTROLE.

Ce service tenu par la réglementation de mettre en place un contrôle désigné à garantir que toutes les opérations effectuées sont conformées aux méthodes prescrites par le manuel d'entretien. Le service de contrôle s'assure que l'échéancier des consignes de navigabilité est respecté.

IV.5.5- SERVICE FORMATION.

Ses principales activités sont :

- L'envoi des techniciens à l'étranger après l'achat d'avion ou d'un équipement nouveau pour poursuivre une formation.
- Les techniciens déjà formés, bénéficient d'un recyclage tous les cinq ans pour l'obtention d'une qualification.
- Le centre d'instruction du personnel technique (CIP) assure une formation au personnel et donne des cours d'anglais technique.

IV.6- DOCUMENT DE TRAVAIL.

L'exécution de l'entretien se fait à l'aide des documents suivants :

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

Le manuel d'entretien est établi pour chaque type d'avion suivant les indications du constructeur.

IV.7- ENTRETIEN DE L'ELECTROPOMPE « AP 2V-38 ».

Les problèmes que le service « hydraulique JET » et le service « électricité JET » trouvent au niveau de l'électropompe sont :

a. Partie pompe.

- Fuite externe (joints usés).
- Breacker sautent (début d'usure de la pompe, présence de limaille de fer).
- Ressort de compression cassée.
- Problème de roulement.
- Usure se produit au niveau d'alésage de piston de commande.

b. Partie moteur électrique.**1. surchauffe du moteur**

- Mauvais refroidissement.
- Insuffisance en lubrification.

2. breacker saute

- Déséquilibre de phases.
- Surcharges importantes.
- Court-circuit dans l'alimentation.
- Mauvaise isolation.

IV.7.1- PROCEDURE DE REVISION DE L'ELECTROPOMPE « AP 2V-38 ».

Les procédures de révision se divisent en plusieurs tâches. Toutes ces tâches sont indispensables pour le bon déroulement de la révision :

- Le démontage.
- Le nettoyage.
- Inspection et contrôle.
- Le remontage.
- Outillage spécifique.
- Test sur banc d'essai.
- Le stockage.

IV.7.1.1- LE DEMONTAGE DE L'ELECTROPOMPE.

Avant le démontage de l'électropompe, il faut la tester au banc d'essai pour détecter les défauts, c'est une condition pour commencer l'entretien. Cette condition aide à trouver les causes du mauvais fonctionnement.

A. Séparation moteur-pompe :

- 1) Démontez le vis et les rondelles.
- 2) Séparer la pompe du moteur électrique.
- 3) Démontez et écarter les joints de la pompe.
- 4) Ne pas enlever la plaque d'identification ou les vis de fixation sauf si le corps du moteur est endommagé.

B. Partie pompe hydraulique :**1. Le démontage.**

Pour le démontage, on procède de la manière suivante :

- 1) pour retirer l'arbre d'entraînement (11), il faut renverser le corps de la pompe (59), et presser sur le plateau (44) pour enlever le pignon (50).
- 2) Couper et démonter les fils de freinage.
- 3) Démontez les vis (2) qui attachent le cap (bouchon) (1) sur le corps (59).
- 4) Démontez le cap (1) puis démontez et séparer le joint (3) et la bague d'appuis (4).
- 5) Retirez le piston de commande (5).
- 6) Démontez les vis (7) qui retiennent le cap (6).
- 7) Démontez le cap (6) et retirez le joint (8).
- 8) Retirez le ressort (9) et son piston de rappel (10).
- 9) Démontez l'écrou (13), la vis de réglage (14) et le siège du ressort (15), dans la glace.
- 10) Retirez le joint (16) et la bague d'appuis (17) du siège.
- 11) Placer la pompe sur un angle pour retirer le ressort de compression (18) et le tiroir (23).
- 12) Démontez le bouchon (19) et retirez le joint (20).
- 13) Placer la pompe sur un angle pour démonter la rondelle (21) et la chemise (24).
- 14) Démontez les vis (26) et (27) et démontez la glace (25).
- 15) Démontez et séparer les joints de la glace et du corps (28),(29),(30).
- 16) Démontez les vis (32B) des deux trunnions (31B), et démontez et séparer les joints du trunnions (33).

17) Démontez le plateau (44) et l'ensemble piston (37),(38), le pignon intérieur (50) ,et le roulement du barillet de corps (45).

18) Démontez le plateau et le piston en suivant les étapes suivantes :

- a) Démontez le rivet (35) du retainer (39) de l'écrou (35).
- b) Installez l'ensemble plateau piston sur le démontage et utilisez un adaptateur torque pour démonter l'écrou (36).
- c) Démontez la plaque oscillante (37) avec les neuf (09) pistons et leurs semelles (38).
- d) Retirez les parties du plateau (39) à (44) avec l'outillage et enlever le retainer (39) avec la rondelle (40) et l'entretoise du retainer.
- e) Démontez le roulement (43A) trunion du plateau (44).

19) Démontez le vis (48), la rondelle (49) et séparer le barillet roulement (47) du barillet (46).

20) Ne pas démonter les inserts (56,57A,58) du corps si ce n'est pas nécessaire.

2. le nettoyage :

- a. nettoyage des organes pendant 5 à 10 mn avec le solvant.
- b. Sécher les organes à l'air comprimé.
- c. Placer les organes nettoyés dans des endroits propres et non poussiéreux jusqu'à l'utilisation.

❖ précautions

- par mesure de sécurité le nettoyage se fait dans un endroit aéré, loin de la chaleur et des produits inflammables.

- Port obligatoire des gants de protection.

3. Inspection et contrôle.

Après chaque démontage, les éléments sont inspectés et contrôlés. Cette inspection soit visuelle, soit par le moyen des essais non destructifs (NDT) pour la recherche des criques non apparentes.

Les contrôles à suivre sont :

- a. Inspecter tous les parties métal qui comprend un forgeage et les parties machines, pour faire signe à des pannes structurales, fissures, rayures, bavures, encoches, ou la corrosion.
- b. Contrôler tous les joints et les bagues.
- c. Inspecter tous les fils.
- d. Contrôler les conditions générales du pompe pour faire signe au surchauffe.
- e. Vérifier que toutes les pièces sont dans les tolérances exigées.

4. Montage de la pompe.

- la pompe doit être monter dans un endroit propre et loin des poussières .
- remplacer tous les joints et les bagues avec d'autres neufs avant l'assemblage.
- Les joints et les roulements doivent être baigner dans un lubrifiant avant leur installation.
- Freinage de l'ensemble pompe est normalement effectué après les testes.

Procédure de montage de l'électropompe.

a) Sous-ensemble corps.

- 1) Remplacer tous les inserts (56,57,58) qui sont démontés pour l'inspection.
- 2) Remplacer les plaques d'identification et de signalisation et les vis (52A).

b) Sous-ensemble roulement-barillet.

- 1) Remonter le roulement (47) avec les vis (48) et la rondelle (49).
- 2) Serrer les vis (48) de 20 à 25 inch pound (2.3 à 2.8 Nm) en utilisant un montage de fixation pour supporter l'ensemble.
- 3) Freiner les vis (48) avec le fil à freiner MS 20995 C32.

c) Sous-ensemble plateau-piston.

- 1) Si l'écrou (36), le retainer (39) et la plaque (37) sont remplacés, procéder comme suit :
 - a. Utiliser un outillage spécial ; et assembler la retainer (39), la rondelle plate (40) et l'écrou (36). Serrer l'écrou (36) de 90 à 120 inch pound (10.9 à 13.6 Nm).

- b. Utiliser une perceuse pour percer un trou de 0.067 inch (1.702 mm) de diamètre à travers le retainer (39) en ligne avec le trou existant de l'écrou (36).
- 2) Placer un outil dans la bague intérieure du roulement (43A) et doucement placer la bague extérieure du roulement avec les galets dans le montage et installer sur le plateau (44).
- 3) Utiliser une presse standard pour installer la bague intérieure (43A) dans le trunnion (31-B) à fleur avec le trunnion.
- 4) Répéter les étapes 2 et 3 pour l'installation du roulement (43-A) dans le côté opposé du plateau incliné (44).
- 5) Installer la rondelle de poussé vers le retainer (39).
- 6) Installer la bague (41) puis assembler le retainer (39) avec la bague (41) et la rondelle de poussé (40) sur le plateau (44).
- 7) Remonter l'ensemble piston et semelle (38) préalablement rodés sur la rondelle plate (41) et installer l'ensemble sur le retainer (39).
- 8) Utiliser des outils spéciaux pour installer l'écrou (36), serrer l'écrou de 96 à 120 inch pound (10.9 à 13.6 Nm), le trou de 0.067 inch doit être en ligne avec le trou de retainer (39). Le jeu entre les semelles des pistons et le plateau doit être 0.001 à 0.003 inch (0.25 à 0.076 mm).
- 9) Si le jeu n'est pas suffisant, démonter les composants et roder la rondelle de poussé (40) suffisamment pour donner le jeu voulu.

d) Assemblage barillet-roulement, sous-ensemble bague et rondelle, sous-ensemble corps-plateau et piston.

- 1) Installer le barillet (47) dans le corps (59).
- 2) Assembler le plateau-roulement avec la bague et rondelle (45) en mettant les neuf pistons dans leurs respectifs sur le plateau (44).
- 3) Mettre le sous-ensemble plateau et piston et le sous-ensemble roulement et barillet ainsi que la bague et roulement dans le corps (59) en alignant les trous dans le plateau et le corps (59).
- 4) Installer avec une externe présence les trunnion (31-B) afin d'éviter que les galets ne s'échappent du roulement (34).
- 5) Installer le joint (33) dans chaque trunnion, et monter l'ensemble trunnion (31-B) dans le corps (59).
- 6) Serrer chaque trunnion dans le corps avec les vis (32-B), les torques de 14 à 16 inch pound (1.6 à 1.8 Nm).

e) Glace et compensateur :

- 1) Installer les joints (28,29,30) dans leurs gorges respectives dans le corps (59).
- 2) Positionner la glace (25) sur le corps (59) avec des vis bien alignés (26 et 27).
- 3) Serrer les vis (26 et 27), les torques de 80 à 90 inch pounds (9.0 à 10.2 Nm).
- 4) Introduire le compensateur dans l'alésage de la glace (25).
- 5) Suivant la figure, installer la rondelle (21) dans le compensateur sur sa face concave vers l'extérieur du bouchon (19).
- 6) Mettre le joint (20) sur le bouchon (19) dans le compensateur.
- 7) Utiliser un outillage spécifique, insérer le tiroir (23) en ajustant l'écrou de la glace et le mettre dans la chemise (24).
- 8) Placer le ressort de compensation (18) en ajustant l'écrou du tiroir (23).
- 9) Placer les joints (17 et 16) sur le siège (15), lubrifier avec le BMS3-11. installer l'ensemble en utilisant l'outillage spécial.
- 10) Viser la vis de réglage (14) dans l'orifice de 3 à 4 tours, installer l'écrou frein (13) et serrer à la main.
- 11) Insérer le ressort (12) dans l'ensemble de l'arbre d'entraînement (11) et installer les parties plateau-piston (34) dans le sous-ensemble bague et rondelle.
- 12) Assembler le ressort de compression (9) avec le piston (10) et installer l'ensemble dans le corps (59).

- 13) Mettre le joint (8) sur le cap (6), installer le cap et serrer avec le bouchon (7) torque de 14 à 16 inch pounds (1.6 à 1.8 Nm).
- 14) Installer le pison de commande (5) dans l'orifice de corps (59).
- 15) Assembler la bague d'appui (4) et le joint (3) sur le bouchon (1) et serrer avec les vis (2). Torquer de 14 à 16 inch pounds (1.6 à 1.8 Nm).
Ne pas freiner les bouchons jusqu'à la satisfaction complète de l'essai.

C. Partie moteur électrique.

a. Démontage du moteur électrique.

- a) Retirer les vis (2) et le diffuseur (3).
- b) Dégager la rondelle (5) de l'écrou (4).
- c) Retirer les vis (6) et les rondelles (7) pour séparer entre le corps de la pompe centrifuge (17) et la carcasse du stator (40).
- d) Enlever le rotor (33) de la carcasse du stator (40).
- e) Retirer le joint o'ring (8) de la carcasse du stator (40).
- f) Retirer l'isolateur (40K) du corps de la pompe centrifuge (17).
- g) Retirer les vis (9) pour séparer entre le couvercle (10) et la roue centrifuge (1).
- h) Enlever le roulement (12) du corps de la pompe centrifuge (17).
- i) Retirer les vis (21) et les rondelles (22) pour séparer le flasque (30) et la carcasse du stator (40).
- j) Retirer le joint o'ring (23) de flasque (30).
- k) Retirer les vis (24), le cache roulement (25) et les rondelles Belleville (25) du flasque (30).
- l) Retirer les vis (18) du flasque (30), et retirer le joint o'ring (20).
- m) Retirer le vis (37) et le vis caché (38) du stator.

b. Nettoyage du moteur électrique.

- a) Immerger tous les composants du moteur sauf le câble (19) dans le solvant N°1335, à la température ambiante pour 15-50mn, après le nettoyage de ces composants par le ' méthyle - éthyle - ketone'. Sécher les composants par l'air comprimé à 20 Psi (max.).
- b) Après le nettoyage du stator et sa carcasse (40) ; rincer les (sauf le câble (19)) par le « Fréon TF », en suite il faut les sécher par l'air comprimer à 20 Psi (max.).
- c) Nettoyer le câble (19) par un tissu propre de coton mouiller par un solvant.

c. Inspection et contrôle :

Avant le montage du moteur électrique, il faut inspecter et contrôler tous ces éléments visuellement et électriquement. On doit respecter les jeux et les tolérances exigés.

d. Le montage du moteur.

- a) Installer la turbine (11), et le couvercle (10) dans le corps de la pompe centrifuge (17) par les vis (9).
- b) Rincer le nouveau roulement (12) par « Fréon TF » à une température ambiante. Après, il faut le sécher avec l'air comprimé à 20 Psi (max.).
- c) Lubrifier le nouveau roulement (12) par le fluide hydraulique BMS 3-11, ensuite installer le dans le corps de la pompe centrifuge (17).
- d) Aligner l'isolateur (40K) avec le corps de la pompe centrifuge (17).
- e) Glisser le rotor à l'intérieur de la turbine (11) et le roulement (12), ensuite, installer la nouvelle rondelle (5).
- f) Installer l'écrou (4) sur le rondelle (5).
- g) Lubrifier la nouvelle rondelle Belleville (27) et le nouveau roulement (26), ensuite il faut les installer dans le flasque (30).
- h) Installer le cache roulement (25) dans le flasque (30) par les vis (24).
- i) Lubrifier le nouveau joint o'ring (23) et installer ce joint dans la rainure du flasque (30).
- j) Placer le flasque (30) dans sa position normale avec la carcasse du stator (40), ensuite installer les vis (21) et les rondelles (22).

- k) Lubrifier le nouveau joint o'ring (20), et installer ce joint dans sa rainure du flasque (30) à coté du câble (19).
- l) Vérifier que le stator est connecter avec le câble (19), ensuite monter les vis (18).
- m) Installer la nouvelle rondelle (38) et le vis (37) dans la carcasse du stator (40).
- n) Lubrifier le nouveau joint o'ring (8), après installer ce joint dans la rainure de la carcasse du stator (40).
- o) Monter le rotor (33) entre le roulement (12) et le roulement (26), et assembler la carcasse du stator (40) avec le corps de la pompe centrifuge (17) par le vis (6) et les rondelles (7).
- p) Installer le diffuseur (3) dans le corps de la pompe centrifuge (17) par le vis (2).

IV.7.1.2- TEST DE L'ELECTROPOMPE « B » SUR BANC D'ESSAI.

- 1) Installer la pompe seule (sans le moteur) sur l'appareil de test.
- 2) Installer l'appareil de test et la pompe dans le banc d'essai, et connecter l'orifice de l'arriver de fluide avec l'orifice d'appareil de test.
- 3) Connecter l'orifice de refoulement et de case drain de la pompe avec le banc d'essai.
- 4) Fait fonctionner la pompe pendant 20 mn pour chaque condition (A), (B), (C) et comparer avec les données.
- 5) Après ces test, démonter et séparer la pompe de l'appareil de test.
- 6) Assembler la pompe avec le moteur électrique pour faire des tests d'ensemble.
- 7) Connecter les orifices d'aspiration, refoulement et case drain de la pompe avec du banc d'essai.
- 8) Connecter la puissance électrique à 115/200V, 400Hz, 3 phases avec la connections électrique du moteur.
- 9) Tester l'électropompe selon (D), (E), (F).

Fiche de test pompe « B »
Essai électropompe « B »

A. Essai pompe seul (rodage).

Vitesse (tr/mn)	Pression (psi)	Débit (gpm)	Temps (mn)	T°c	Relèves
1500	1500	1.65	20	0° à 65°	
3000	2000	3.30	20	65°	

B. Essai de l'ensemble pompe moteur.
Régulation et plein débit :

Pression (psi)	Débit (gpm)	Observation
3025 ± 50	0	
900		Augmenter lentement à 2700 psi
2700	5.85 + 0.35 - 0.15	

C. Contrôle de l'ampérage.

Pression (psi)	Débit (gpm)	Intensité (A)	Observation
2700	5.85+0.35 -0.15	40.5 max.	

D. Essai de l'ensemble pompe-moteur.

Pression (psi)	Débit (gpm)	observation	Relevé
3750	0	Pas de fuites externes	
3000±50	0	Réajuster la pression à débit nul et bloquer l'écrou	

NB : ajuster le vis de réglage (14) pour obtenir 3750 Psi.

E. Contrôle de l'ampérage et de débit.

Pression (psi)	Débit (gpm)	Intensité (A)	Relevé de débit	Relever intensité
2700	5, à 5.9	40.5 GPM....AMP

F. Essai statique.

Orifice drain	temps	observation	Relèves
200 Psi	2 mn	Pas des fuites extérieures ni déformation ni crique	

exécutant	chef de groupe	contrôle	veritas
date:	date:	date:	date:

Les tolérances de test :

Température	±5°F(±2.8°F)
Pression	±50psi (2.9 Bar)
Rotation	±50tr/mn
Débit	±0.10Gpm (l/mn)
Voltage	±2V
fréquence	±4HZ

IV.7.1.3- STOCKAGE.

Le stockage de l'électropompe se fait dans des sacs en plastique fabriqués en matière indiquée ci-dessous sous une température maintenue entre -40 et 160°F.

→ Sacs utilisés :

Sacs en polyéthylène 16 par 16 inch (40 ×40 cm).

→ Bandes de stockage (conservation) : kimpac cushioning material PPPD-843.

→ Carton de stockage et d'expédition: schipping carton 14×12×10 inch (35×30×25 cm).

→ Durée de stockage : 24 mois.

→ Instructions de stockage :

- Vidanger la pompe du fluide restant après test.
- Placer l'électropompe dans le sac en polyéthylène puis sceller et le placer dans le schipping carton. Remplir le vide par des bandes de conservation.
- Sceller le carton.

IV.8- FIABILITE – DISPONIBILITÉ ET MAINTENABILITÉ DE L'ELECTROPOMPE.

IV.8.1- GENERALITE.

La fiabilité est un concept qui intéresse de nombreux domaines de l'activité humaine, économique, technique et industriel. Pourquoi l'étude de fiabilité ? – parce que le fait d'attribuer une probabilité de bon fonctionnement à un équipement permet de choisir les meilleures solutions technologiques, les meilleurs procédures d'approvisionnement, de conception d'utilisation et de maintenance.

Au niveau de la conception, afin de pouvoir élever le degré de fiabilité.

Au niveau de la maintenance, dans le but de prévoir les dates d'arrêt préventives.

Au niveau de la gestion des pièces de rechanges, afin d'estimer le volume des stocks de sécurité.

La fiabilité est définie comme étant l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise dans des conditions d'utilisation et pour une période de temps déterminer. De façon brève. On peut définir la mission de service fiabilité par la maîtrise du comportement du matériel, et décider l'action à prendre.

Dans notre cas, nous nous intéressons a un lot de matériel identique. i.e ; a un lot de matériel fabriqué et contrôlé selon les mêmes techniques, a partir d'un mêmes schéma et avec les mêmes composants.

Dans le cas ou on dispose des données opérationnelles (dossier historique a jours, ..etc).

Une étude de fiabilité par le modèle de WEIBULL permet de situer l'équipement dans sa « courbe de baignoire » (en fonction de β).

Pour cela nous allons faire une étude de fiabilité sur trois électropompes, en utilisant le modèle de WEIBULL.

Dans la pratique, cette étude signifie que l'on sera amené à répartir un pare de matériel dont on désire analyser le comportement en différentes classes. L'analyse des résultats permettra d'ailleurs, dans bien des cas, d'affiner la répartition initialement adoptée ou même de la déterminer.

Nous recherchons donc en premier lieu dans les résultats analysés, tout les résultats présentant un caractère aberrant par rapport au reste de la population. C'est peut être un équipement unique aberrant, quand il conviendra d'examiner attentivement ces conditions d'utilisation et éventuellement l'historique en fabrication.

Ces cas aberrant se traduisent toujours, en ce qui nous concerne. Par des défaillances anormalement fréquentes, on parle parfois de défaillance systématique, leur détection rapide et leur correction est un des premiers objectifs recherchés.

Remarque

La méthode de calcul appliquée par le service fiabilité de la compagnie est une méthode classique.

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{\sum PR}$$

$$MTBUR = \frac{\sum TBF}{\sum PR + \sum PNR}$$

TBF : les heures de vol

PR : pannes retenues

PNR : pannes non retenues.

MTBUR : moyenne de temps entre deux pannes.

$$\text{Taux moyen annuel} = \frac{\text{Nombre de panne} \times 100}{\text{Nombre de décollages}}$$

III 9.2-ANALYSE PAR LE MODELE DE WEIBULL (CONCEPT THEORIQUES) :

III 9.2.1 MODELE DE WEIBULL :

Le modèle probabiliste de WEIBULL est très souple et plus précis en ce qui concerne l'étude des durées de vie des équipements, car ce loi des trois paramètres (β, η et γ) permet d'ajuster correctement toute sorte de résultat expérimentaux et opérationnelles.

La loi de WEIBULL couvre les cas où le taux de défaillance λ est variable et permet donc de s'ajuster aux périodes de jeunesse et au différentes formes de vieillissement. La détermination de ces trois paramètres (β, γ et η) permettra à partir des tableaux d'évaluer le MTBF et l'écart type.

- β est appelée paramètre de forme $\beta > 0$.
- η est appelé paramètre d'échelle $\eta > 0$.
- γ Est appelé paramètre de position $-\alpha < \gamma < +\alpha$.

IV.8.2.2- DEFINITION DES FONCTIONS IMPORTANTES EN FIABILITE.

Les fonctions qui interviennent dans les différents modèles sont les suivants :

- **Fonction de fiabilité $R(t)$:**

Elle représente la probabilité de survie à un instant t

$$R(t) = P[t < \text{instant de défaillance}] = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

Si $\beta=1$, $\gamma=1$ on retrouve la loi où exponentiel.

- **Fonction de répartition (probabilité de défaillance $F(t)$) :**

Elle représente la probabilité cumulative de défaillance à l'instant t , i.e. la probabilité d'apparition d'une défaillance au moins dans l'intervalle de temps.

$$[0, t] \quad F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

- **La densité de probabilité de défaillance $f(t)$:**

C'est la dérivée de $F(t)$, i.e. la densité de probabilité associée à la fonction de distribution $F(t)$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{-dR(t)}{dt} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

- **Taux de défaillance instantané $\lambda(t)$:**

Il représente la probabilité de défaillance d'un dispositif entre les instants t et $(t+dt)$, ramenée à l'unité de temps pour un dispositif en fonctionnement à l'instant t .

$\lambda(t)$ est la proportion de défaillance par unité de temps. Si A est l'évènement « jusqu'à l'instant t » et B l'évènement « défaillance entre t et $(t+dt)$ », on a d'après la survie des probabilité conditionnelles :

$$\lambda(t) = P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} = \frac{\text{probabilité de défaillance entre } t \text{ et } (t+dt)}{\text{probabilité de suivre jusqu'à l'instant } t}$$

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$$

- **Temps moyen entre défaillances.**

Le temps moyen entre défaillance, appelé aussi moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) est l'espérance mathématique de l'instant de défaillance :

$$MTBF = E(t) = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt = \gamma + \eta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

Le moyen MTBF a pour équation $MTBF = A\eta + \gamma$.

La valeur de A est lue dans la table. En fonction de β (annexe).

IV.8.2.3- SIGNIFICATION DES PARAMETRES DE WEIBULL.

- a. **Paramètre de forme β :**

Le paramètre β est certainement le plus important car c'est lui qui définit l'allure des courbes de distribution de WEIBULL. β est un nombre sans dimension, il permet d'adopter des courbes $\lambda(t)$ aux différentes phases de vie d'un système.

Il peut également servir d'indicateur pour un diagnostic.

Si : $\beta < 1$: période de vie jeunesse (précoce).

$\beta = 1$: période de vie utile (défaillance aléatoire).

$\beta > 1$: période de vie vieillesse (défaillance par vieillissement).

b. Paramètre de position γ (en unité de temps) :

Il est appelé aussi paramètre de décalage.

γ : indique la date de début de défaillance.

Si : $\gamma > 0$: il y a survie totale entre : $t = 0$ et $t = \gamma$

$\gamma = 0$: les défaillances débutent à l'origine du temps.

$\gamma < 0$: les défaillances ont débuté avant l'origine du temps.

Ce paramètre est introduit lors du redressement d'une courbe en un droite, directement sur le graphique de WEIBULL.

c. Paramètre d'échelle η en unité de temps.

Reprenons les équations :

$$f(t, \eta, \beta, \gamma) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{x - \gamma}{\eta} \right)^{\beta - 1} e^{-\left(\frac{x - \gamma}{\eta} \right)^\beta}$$

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta}$$

Dans lesquelles η est le paramètre d'échelle réelle.

Donc si l'on calcul la valeur de $F(t)$ avec $\eta = 1$, et que l'on cherche le résultat correspondant à $\eta = 5$ par exemple, la formule de $F(t)$ montre que t doit être multiplié par 5, tandis que la valeur de $F(t)$ est divisée par 5. L'aire totale sous la courbe sera inchangée et égale à 1.

IV.8.2.4- METHODE GRAPHIQUE DE WEIBULL.

a. Principe.

L'historique de fonctionnement d'un matériel permis de déterminer les TBF, donc les fréquences cumulés des défaillances notées, approximation de $F(t)$.

La détermination des trois paramètres de WEIBULL permet d'ajuster la loi probabiliste à la distribution statique relevée.

D'après WEIBULL, il faut :

1. Recenser les défaillances survenues d'après les fiches historiques.
2. Prendre le temps de bon fonctionnement « TBF » par ordre croissant.
3. Calculer les fréquences corrigées et selon les deux cas :
 - Si le nombre de défaillances totales $\eta > 20$, on utilise la formule :

$$F(t_i) = \frac{\sum n_i}{N + 1} \quad (\text{méthode des rangs moyens}).$$

- Si le nombre de défaillances totales $\eta \leq 20$, on utilise la formule :

$$F(t_i) = \frac{\sum n_i - 0.3}{N + 0.4}$$

4. Nous portons les points $M(F(t), t)$ sur un papier fonctionnel spécial, le nuage des points ainsi formé sera alors ajustée par une droite de WEIBULL, selon les méthodes de redressement et de progression.

5. On détermine les trois paramètres (γ, β, η) .
6. En utilisant le tableau de WEIBULL, on détermine la moyenne du temps entre les défaillances (MTBF), à partir de là on pourra déterminer :
 - La fiabilité $R(t)$.
 - La fonction de répartition $F(t)$ et le taux de défaillance instantanée $\lambda(t)$.
 - La périodicité d'une intervention systématique basée sur une fiabilité voulue.

$$t = \gamma + \eta \left(\ln \frac{1}{R(t)} \right)^{\frac{1}{\beta}}$$

b. Utilisation du papier de WEIBULL (fig.18)

On peut utiliser dans cette étude un papier graphique à l'échelle fonctionnelle spécialement conçu. Il permet de déterminer directement sans calcul, les valeurs de η et β en fonction de $F(t)$ et t .

Un point de graphique WEIBULL a donc pour coordonnées :

- En abscisse : sur A : nous trouvons t .
sur a : nous trouvons $\ln t(\eta)$.
- En ordonné : sur B : nous trouvons $F(t)$ en %.
sur b : nous trouvons $\ln \frac{1}{1-F(t)} \times \beta$

Chaque point $M(F(t), t)$ se port sur les principaux (A, B), pour l'utilisation de ce papier on doit suivre les étapes suivantes :

1. Préparation des données : tableau de dépouillement.

Ordre(i)	TBF(i)	η	$\sum \eta$	$F(i) \times 100(\%)$

2. Tracer les nuages des points $M(F(t), t)$:

- a. Sur l'axe A les valeurs de TBF.
- b. Sur l'axe B les valeurs $F(t)$ associer.

3. Tracer de la droite D1 : deux cas sont possibles :

- L'ajustement du nuage par une droite est possible, dans ce cas $\gamma = 0$.
- Nous trouvons une courbe C1, dans ce cas $\gamma \neq 0$.

La valeur de γ est déterminé par la technique de redressement de la courbe.

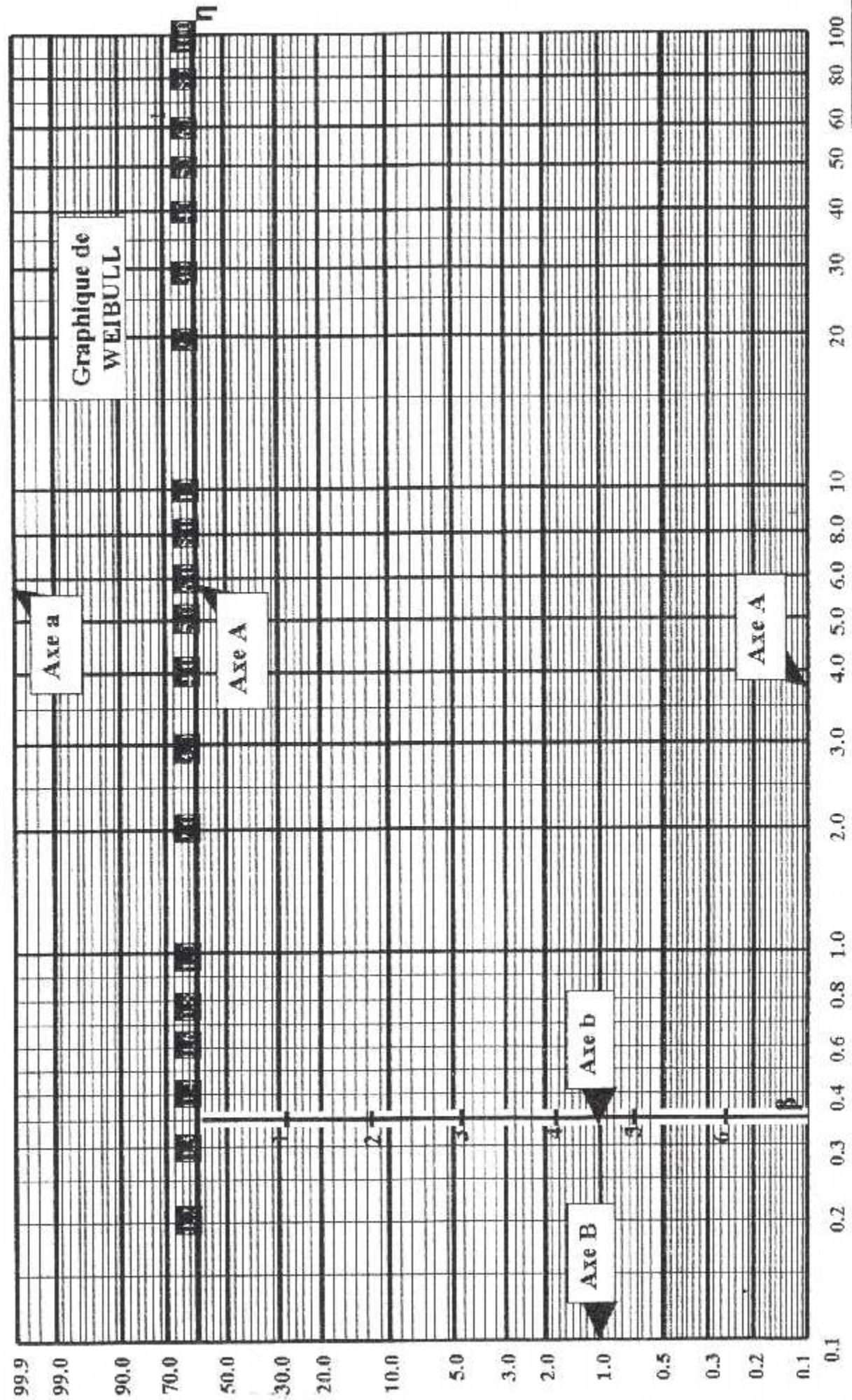
4. Nous avons la valeur de η à l'intersection de (D1) avec l'axe (A) supérieur.

5. Déterminant maintenant β , pour cela nous allons tracer la droite (D2), parallèle à (D1), passant par le point $\eta = 1$, ainsi définie, (D2) coupe l'axe b sur laquelle nous lisons directement la valeur recherchée de β .

Résumons : quand nous avons une droite, nous avons toujours $\gamma = 0$; η est lu directement, et β est repéré sur la parallèle de cette droite passant par le point $\eta = 1$.

Examinant maintenant les cas où le graphe est une courbe (C), si nous translatons (C), point par point, d'une valeur constante, nous voyons que la courbe se redresse, pour transformer complètement en une droite. La quantité, pour laquelle nous obtenons la droite (D1) est appelé γ ou paramètre de décalage.

FIG.17- PAPIER GRAPHIQUE DE WEIBULL



Loi de WEIBULL

Le redressement peut se faire aussi à partir de la formule :

$$\gamma = \frac{t_2^2 - t_1 \times t_3}{2 \times t_2 - t_1 - t_3}$$

Nous prenons trois points A1, A2, A3 sur la courbe C1 tel que (a1,a2) = (a2,a3) = Δ.
Nous lisons les valeurs de t1,t2 et t3 sur l'axe des t (axe A).

Remarque :

Le redressement se fait dans le sens de la convexité de la courbe.

γ est positif lorsqu'il est dirigé dans le sens des t croissants.

IV.8.3- CONCEPT DE LA DISPONIBILITE ET DE LA MAINTENABILITE.

➤ La disponibilité est l'aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données.

Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

- Avoir un minimum d'arrêt possible de service ou de production.
- Etre rapidement remis en état si tombe en panne.

L'amélioration de la disponibilité est un objectif de service maintenance et cela tout en :

- Réduisant les durées d'inversion (TTR)(Action Sur la Maintenabilité).
- Augmentant la MTBF (action sur la fiabilité)

La disponibilité opérationnelle s'écrit :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTA}$$

Tel que MTA =moyenne des temps d'arrêt.

➤ La maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétablie, sur un intervalle de temps, dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise. La maintenabilité caractérise la facilité de remettre ou de maintenir un bien en bonne de fonctionnement.

On peut caractériser la maintenabilité par la moyenne des temps d'arrêt MTA d'où :

MTA = la somme des temps d'arrêt sur le nombre de pannes.

$$MTA = \frac{\sum IA}{N}$$

IV.8.4- APPLICATION.

a. Choix de l'échantillon.

Il est rare, dans l'étude de fiabilité, que nous aillions la possibilité d'observer l'ensemble de population à étudier. En général, nous aurons recours à des prélèvements ou échantillons qui nous permettant de formuler une opinion plus ou moins exacte sur l'ensemble de la population.

Pour notre étude afin de déterminer l'échantillon, nous avons appliqué la méthode des courbes A,B,C.

b. Méthodologie :

La méthode A,B,C consiste à classer les pannes par ordre décroissant des heures d'arrêt (coûts), chaque panne se rapportant à une électropompe, puis établir un graphe faisant correspondre les pourcentages des heures cumulés aux pourcentages des pannes cumulés.

c. Principe de la méthode A.B.C :

A partir du dossier enregistré sur le dossier historique des taux des pannes, l'analyse A.B.C procède de la manière suivante :

- Classification des électropompe par ordre décroissant d'heures d'arrêts.
- Calcul de cumule des heures d'arrêt.
- Calcul des pourcentage cumulés des heures d'arrêt.
- Nombre des pannes par électropompe.
- Calcul des cumules des pannes.
- Calcul des pourcentages cumulés.

Pour construire la courbe ABC, il est intéressant d'utiliser le tableau ci-dessous :

N° de serie	Classement des TA(h)	Cumul des TA	% des TA	Nombre des pannes	Cumule des panes	% des pannes cumulées
1911	1183	1183	12.73	6	6	3.97
4342 DE	1007	2198	24	12	18	11.39
4448D	863	3053	33	17	25	15.85
2881	789	3842	42	15	40	25.31
4386DE	721	4563	49.13	9	49	31.01
3933A	626	5189	56	6	55	34.81
6220	605	5794	62.39	16	71	44.93
2025	558	6362	68.40	15	86	54.43
1211	498	6850	73.76	8	94	59.49
4563	484	7333	79	8	102	64.55
6221 E	472	7805	84.06	6	108	68.55
1261	452	8257	89	13	121	76.58
4419	379	8637	93	9	130	82.27
4563	354	8991	97	17	147	93.03
4611 AD	295	9286	100	11	158	100

Après le remplissage de tableau, vient de tracé de la courbe correspondante aux couples des points (% des pannes cumulées, % des temps d'arrêt cumulés) sur graphique à deux dimensions.

Commentaire :

- Classe A : contient 27.7 % des pannes qui entraînent 45.5 % d'heures d'arrêt, on se préoccupe d'avantages des électropompe qui caractérisent cette classe, on y trouve du tableau les électropmpes N° 4342DE, N° 1911, N° 4448 D et N° 2881.
- Classe B : contient 31.5% des pannes qui entraînent 29.5% d'heures d'arrêt, classe de moins influence par rapport à la première.
- Classe C : contient 41% des pannes qui entraînent 25% d'heures d'arrêt.

Les résultats obtenus permettent de prendre des discisions en matière de maintenance.

On se préoccupe d'avantages des éléments de la catégorie A.

1. Electropompe N° 4342 DE.

a. Classement des TBF par ordre croissant.

TBF (h)	
340	1
1024	1
1192	1
1244	1
2081	2
2289	1
2411	1
4298	1
4630	1
5783	1
6915	1

Nous avons N=12 avec N<20, en utilisant la formule d'approximation des rangs médians donc :

$$F(i) = (\sum N_i - 0.3) / (N + 0.4)$$

b. Tableau des valeurs.

Ordre	TBF _i	N _i	$\sum N_i$	F(i)x100%	$\lambda(t).10^{-4}$
1	340	1	1	5.64	1.68
2	1024	1	2	13.70	2.11
3	1192	1	3	21.77	2.19
4	1244	1	4	29.83	2.21
5	2081	2	6	45.96	2.53
6	2289	1	7	54.03	2.60
7	2411	1	8	62.09	2.63
8	4298	1	9	70.16	3.06
9	4630	1	10	78.22	3.16
10	7583	1	11	86.29	3.36
11	6915	1	12	94.35	3.54

c. Détermination des paramètres :

Nous reportons sur le papier de WEIBULL le nuage de point [TBF_i, f(i)] qui nous fait apparaître une courbe concave donc $\gamma < 0$.

Pour le redressement on a la formule pour laquelle on a le paramètre de décalage γ .

$$\gamma = \frac{t_2^2 - t_1 \times t_3}{2 \times t_2 - t_1 - t_3}$$

On a choisi trois points A₁, A₂ et A₃ tel que A₁A₂=A₂A₃ et nous avons lis t₁=800, t₂=2100, t₃=5600h.

$$\gamma = \frac{(2100)^2 - 800 \times 5600}{2 \times 2100 - 800 - 5600} = -256.25h$$

$$t_1 = t_1 - \gamma = 800 + 256.25 = 1056.25h.$$

$$t_2 = t_2 - \gamma = 2100 + 256.25 = 2356.25h.$$

$$t_3 = t_3 - \gamma = 5600 + 256.25 = 5856.25h.$$

La droite (D1) coupe l'axe (t, η) à l'abscisse en $\eta = 4100h$.

La droite (D2) coupe l'axe β à l'ordonnée en $\beta = 1.3$.

- Paramètres de WEIBULL :

$$\gamma = -256.25$$

$$\eta = 4100h$$

$$\beta = 1.3$$

- *recherche de la MTBF :*

avec l'utilisation des tableaux donnant (annexe) pour $\beta=1.3$ la valeur de $A=0.9236$ et $B=0.7164$.

$$MTBF = A\eta + \gamma = 0.9236(4100) - 256.25 = 3530.51h$$

$$MTBF = 3530.51h.$$

- *Probabilité de bon fonctionnement :*

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right)^\beta} = e^{-\left(\frac{3530.51-256.25}{4100}\right)^{1.3}} = 0.4$$

- *Probabilité de défaillance :*

$$F(t) = F(MTBF) = 1 - 0.4 = 0.6 \quad \text{soit } 60\%$$

- *Taux de défaillance :*

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$$

$$\lambda(MTBF) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$$

$$\lambda(MTBF) = \frac{1.3}{4100} \left(\frac{3530.51-256.25}{4100}\right)^{0.3} = 0,00029 p/h$$

$$\lambda(MTBF) = 3 \text{ pannes } / 10.000h$$

- *Calcul de la moyenne de temps d'arrêt (maintenabilité) :*

$$MTA = \frac{\sum TA}{N} = \frac{1007}{12} = 83,91h$$

- *Calcul de disponibilité :*

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTA} = \frac{3530,51}{3530,51 + 83,91} = 0,97 \quad \text{soit } 97\%$$

d. Analyse des résultats :

- Vu la valeur de $\beta > 1$ notre électropompe est en période de vieillesse.
- L'électropompe N°4342DE possède une MTBF égale à 3530.51 heures.
- Une probabilité d'apparition des pannes égale à 60%.
- Une probabilité d'apparition de trois (03) pannes chaque 10.000heures.
- $R(t)$ 40% signifie une mauvaise fiabilité. Ainsi pour l'augmenter et l'associer à un seuil de 90%, il faut intervenir systématiquement à :

$$t = -256,25 + 4100 \left[\log \frac{1}{0,9} \right]^{0,3} = 470,22h$$

- L'électropompe a une disponibilité de 97% pour une MTBF de 3530.51 heures.

2. Electropompe N°1911 :**a. Classement des TBF :**

TBF(h)	
222	1
1115	1
3991	1
4352	1
5504	1
6668	1

Nous avons $N=6$ avec $N < 20$, en utilisant la formule d'approximation des rangs médians donc : $F(i) = (\sum ni - 0,3) / (N + 0,4)$.

b. Tableau des valeurs:

Ordre i	TBFi	ni	$\sum ni$	$F(i) \times 100\%$	$\lambda(t) \cdot 10^{-4}$
1	222	1	1	10.93	0.9
2	1115	1	2	26.56	1.3
3	3991	1	3	42.18	2.5
4	4352	1	4	57.81	2.7
5	5504	1	5	73.43	3.3
6	6668	1	6	89.06	3.8

c. Détermination des paramètres :

Nous reportons sur le papier de WEIBULL, le nuage des points qui nous fait apparaître une courbe concave, donc $\gamma < 0$.

Pour le redressement on applique la formule pour laquelle le paramètre de décalage γ est donné par :

$$\gamma = \frac{(2200)^2 - 285 \times 5600}{2 \times 2200 - 285 - 5600} = -2184,5h$$

$$\gamma = -2184,5h$$

$$t'_1 = t_1 - \gamma = 285 + 2184,5 = 2496,5h.$$

$$t'_2 = t_2 - \gamma = 2800 + 2184,5 = 4984,5h.$$

$$t'_3 = t_3 - \gamma = 5600 + 2184,5 = 7784,5h.$$

- **Paramètre de WEIBULL:**

$$\gamma = -2184,5 \text{ h}$$

$$\eta = 7000 \text{ h}$$

$$\beta = 2,1$$

- **recherche de la MTBF :**

En utilisant les tableaux (annexe).

Pour $\beta = 2,1$, on a :

$$A=0,8857 \text{ et } B=0,4431$$

Donc :

$$MTBF = 4015,4 \text{ h.}$$

- **Probabilité de bon fonctionnement :**

$$R(MTBF) = 0,46 \quad \text{soit } 46\%$$

- **Probabilité de défaillance :**

$$F(t) = 0,54 \quad \text{soit } 54\%$$

- **Taux de défaillance :**

$$\lambda (MTBF) = 3 \text{ pannes}/10.000 \text{ h}$$

- **calcul de MTA :**

$$MTA = \frac{\sum IA}{N} = \frac{1183}{6} = 197,16 \text{ h}$$

- **Calcul de la disponibilité opérationnelle :**

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTA} = \frac{4015,4}{4015,4 + 197,16} = 0,95 \quad \text{soit } 95\%$$

d. Analyse des résultats :

- Vu la valeur de $\beta > 1$, notre électropompe est en période de vieillesse.
- L'électropompe N°1911 a fonctionnée pendant une MTBF égale à 4015 h. i.e. la première défaillance pourrait avoir lieu au voisinage de 4015 h de marche.
- Une probabilité d'apparition des pannes égale à 54%.
- Une probabilité d'apparition de 3 pannes chaque 10.000 heures.
- $R(t) = 46\%$, signifie une mauvaise fiabilité. Ainsi pour l'augmenter et l'associer à un seuil de 90%, il faut intervenir systématiquement à $t = 213,74\text{h}$.
- L'électropompe a eu une disponibilité de 95% pour une MTBF = 4015,4h

3. L'électropompe N°4448D.

a. Classement des TBF :

TBF(h)	
19	1
383	1
1609	1
2105	1
4822	1
5216	1
6264	1

Nous avons N=7, en utilisant la formule : $F(i) = (\sum ni - 0.3)/(N+0.4)$

b. Tableau des valeurs :

Ordre i	TBF I	ni	$\sum ni$	F(i)x100%	$\lambda(t).10^{-4}$
1	19	1	1	9.45	1.7
2	383	1	2	22.97	1.90
3	1609	1	3	36.48	2.20
4	2105	1	4	50	2.30
5	4822	1	5	63.51	2.70
6	5216	1	6	77.02	2.71
7	6264	1	7	90.54	2.80

c. Détermination des paramètres.

Pour la détermination des paramètres, nous procédons de la même manière que les deux premières électropompe.

$$\gamma = -658.7$$

$$t_1 = 688.7 \text{ h}$$

$$t_2 = 2008.7 \text{ h}$$

$$t_3 = 5858.7 \text{ h}$$

▪ Paramètres de WEIBULL.

$$\gamma = -658.7 \text{ h}$$

$$\eta = 4500 \text{ h}$$

$$\beta = 1.2$$

▪ valeur de la MTBF :

$$MTBF = 3574.5 \text{ h}$$

▪ Probabilité de bon fonctionnement :

$$R(MTBF) = 0.42 \quad \text{soit} \quad 42\%$$

▪ Probabilité de défaillance :

$$F(MTBR) = 0.58 \quad \text{soit} \quad 58\%$$

▪ Taux de défaillance :

$$\gamma (MTBF) = 3 \text{ pannes}/10.000 \text{ h}$$

▪ valeur de la MTA :

$$MTA = 123.3 \text{ h}$$

▪ Disponibilité opérationnelle :

$$D = 0.96 \quad \text{soit} \quad 96\%$$

- La défaillance entre les matériaux du piston (acier) et l'alésage (duralumin).
- Les efforts radiaux du piston sur l'alésage qui sont dus à la réaction du plateau (44) sur le piston de commande.

La présence de ces facteurs donne lieu à une attaque des angles vifs de l'alésage, ce qui produit des usures surtout au niveau de la rainure de lubrification et dans la face où se trouve l'orifice de communication de pression avec le piston de commande.

La conséquence directe de cette défaillance se traduit par un mauvais fonctionnement, selon l'importance de cette usure.

Donc, ces usures provoquent des fuites de pression au niveau du piston de commande, c'est pourquoi de dernier ne peut pas maintenir l'inclinaison du plateau à un angle nul (perturbation dans l'autorégulation), i.e. la pression imposée au départ (3000Psi) ne sera pas satisfaite. Ajouter à cela un débit qui ne s'annule jamais.

Alors, cette perturbation crée une fluctuation de pression totale du système.

Notons que la pompe doit fonctionner en permanence et qu'aucune défaillance n'est permise.

IV.10.3- LA SOLUTION PROPOSEE.

Afin de remédier à cette défaillance, nous proposons la solution classique suivante :

Il faut agrandir l'alésage de piston de commande usé, et installer une chemise remplaçable en duralumin (chemise jetable). En cas de défaillance, il serait préférable de jeter la chemise que de reformer le corps en entier.

On remarque qu'il n'y pas un équipement spécial sollicité par cette solution.

Les différentes suggestions de la solution :

- ✓ Chemise, en duralumin, usinée avec une grande précision pour être installée dans l'alésage.
- ✓ Deux joints d'étanchéité statique doivent être placés sur la chemise pour assurer une bonne étanchéité du système.
- ✓ Prévoir deux bagues anti-extension (montés avec les joints).

d. Analyse des résultats.

- Comme la valeur de $\beta > 1$, cette électropompe est en période de vieillesse.
- L'électropompe N° 4448D a fonctionné pendant une MTBF égale à 3574 heures.
- Une probabilité d'apparition des pannes est égale à 58 %.
- Une probabilité d'apparition des pannes chaque les 10.000 h.
- $R(t) = 42\%$, signifie une mauvaise fiabilité. Ainsi pour l'augmenter et l'associer à 90%, il faut intervenir à $t = 31.71$ heures.
- L'électropompe a eu une disponibilité de 96 % pour une MTBF = 3574h.

IV.8.5- COMMENTAIRES DES RESULTATS OBTENUS :

Tableau récapitulatif des paramètres.

N° de série	MTBF(h)	Γ	β	R(t)%	$\lambda(t)$ p/10000 h	$\beta > 1$ correspond à la croissance des taux de défaillances $\lambda(t)$. C'est l'époque de vieillissement (défaillance d'usure). <0, on est dans le cas les défaillances débutent avant l'origine des temps.
1911	4015.4	-2184.5	2.1	46%	3	
4342DE	3530.56	-256.25	1.3	40%	3	
4448D	3574.5	-658.7	1.2	42%	3	

D'après le tableau, on constate que les trois électropompes sont en période de vieillissement, avec une probabilité d'apparition de la première défaillance qui pourrait avoir lieu entre 3000 et 4000 heures avec une fiabilité qui varie approximativement dans les 40%, et une probabilité d'apparition de 3 pannes chaque les 10.000 heures de fonctionnement.

Donc, on peut dire que les défaillances de vieillissement sont des défaillances d'usure, avec la croissance rapide du $\lambda(t)$ en fonction du processus de détérioration par usure. Les 3 électropompes sont dans un état qui nécessite une intervention prioritaire de la part du service de maintenance, avec des politiques de remplacement systématique.

Ces défaillances entraînent des conséquences néfastes :

- Pour l'utilisateur : augmentation des coûts de maintenance et production.
- Pour l'équipement : détérioration partielle ou complète, baisse de son rendement.

IV.10- ANALYSE DE DEFAILLANCE AVEC PROPOSITION D'UNE SOLUTION.**IV.10.1- INTRODUCTION.**

L'analyse de défaillance est un procédé qui permet de recenser pour chaque élément d'un équipement son mode de défaillance et son impact sur le fonctionnement ou sur la sécurité de l'équipement.

On peut dire qu'une défaillance est l'atération ou la dégradation d'un bien qui accomplit une fonction requise.

IV.10.2- L'ANALYSE DE DEFAILLANCE DE L'ELECTROPOMPE :

D'après le service maintenance « hydraulique Jet », l'électropompe « AP-2V-38 » ne présente aucune défaillance importante sauf celle de piston de commande qui présente des usures.

Suite aux analyses faites sur cette électropompe, on peut dire que les facteurs qui sont derrière ces usures sont :

- Mouvement rapide et répétitif de piston de commande.
- L'effort important appliqué sur le piston de commande (210 bar \Rightarrow 2.1 N/mm²).

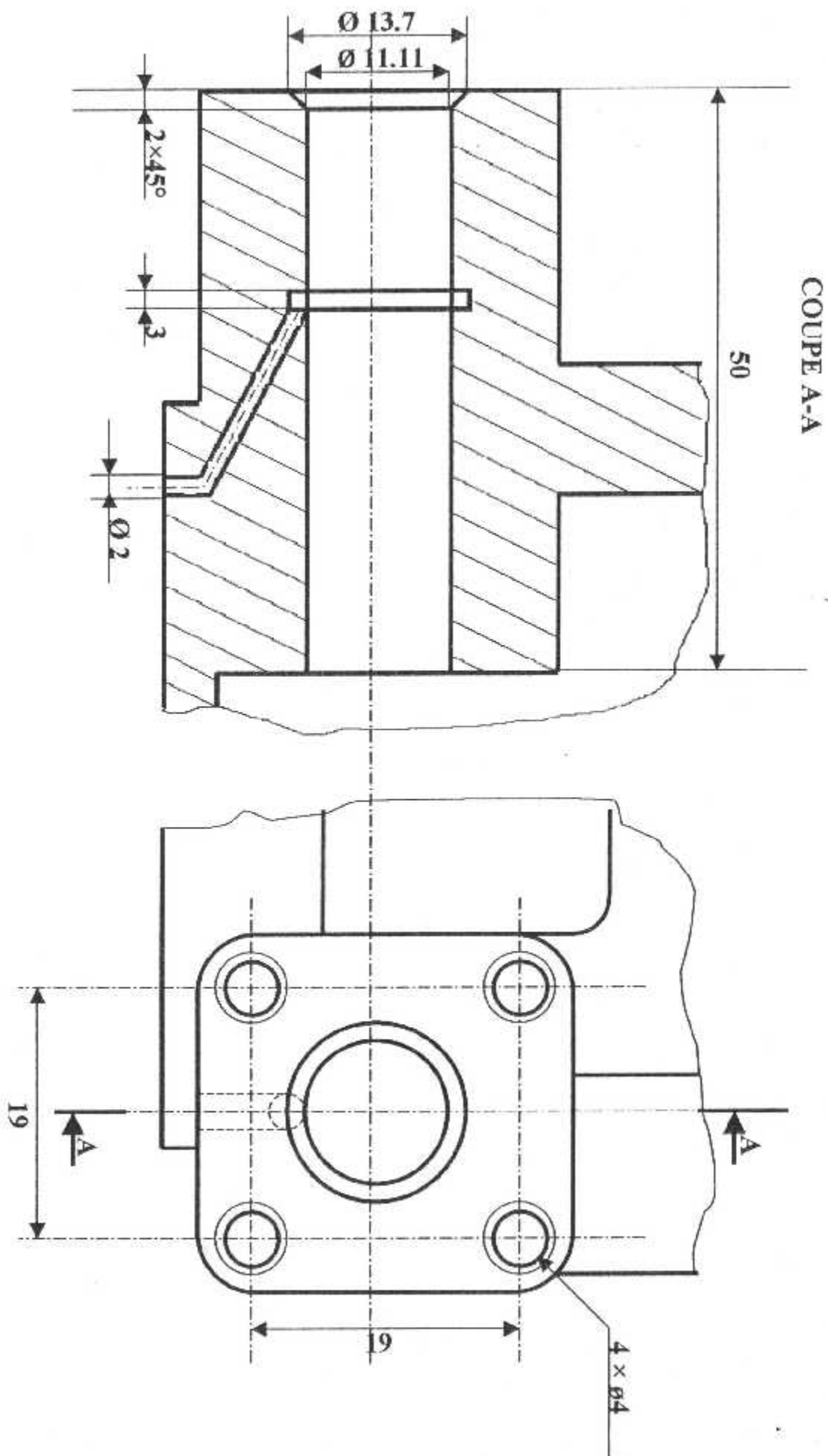


FIG.18- Alésage du piston de commande 'avant modification'

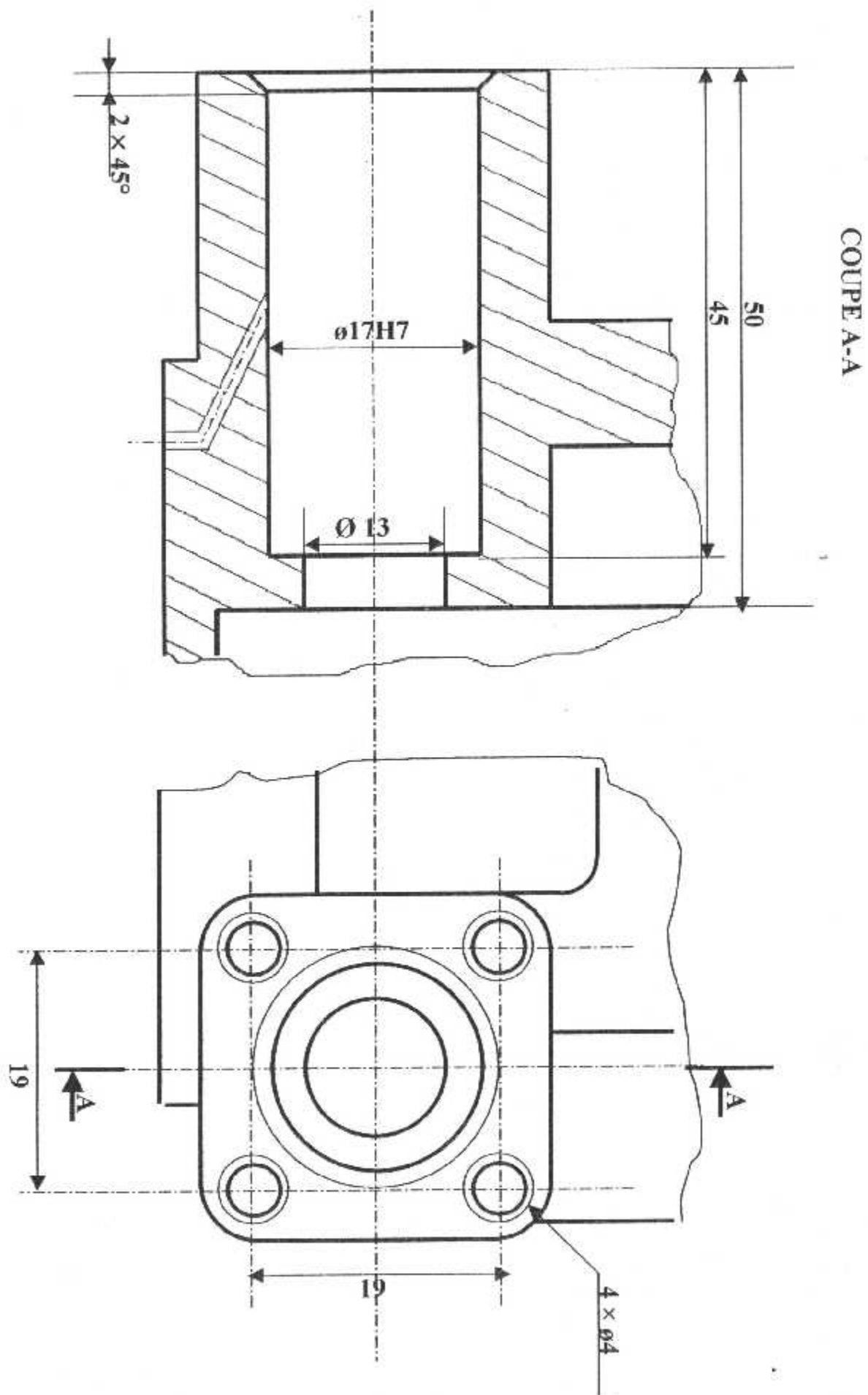


Fig. 19- Alésage du piston de commande 'après modification'.

COUPE A-A

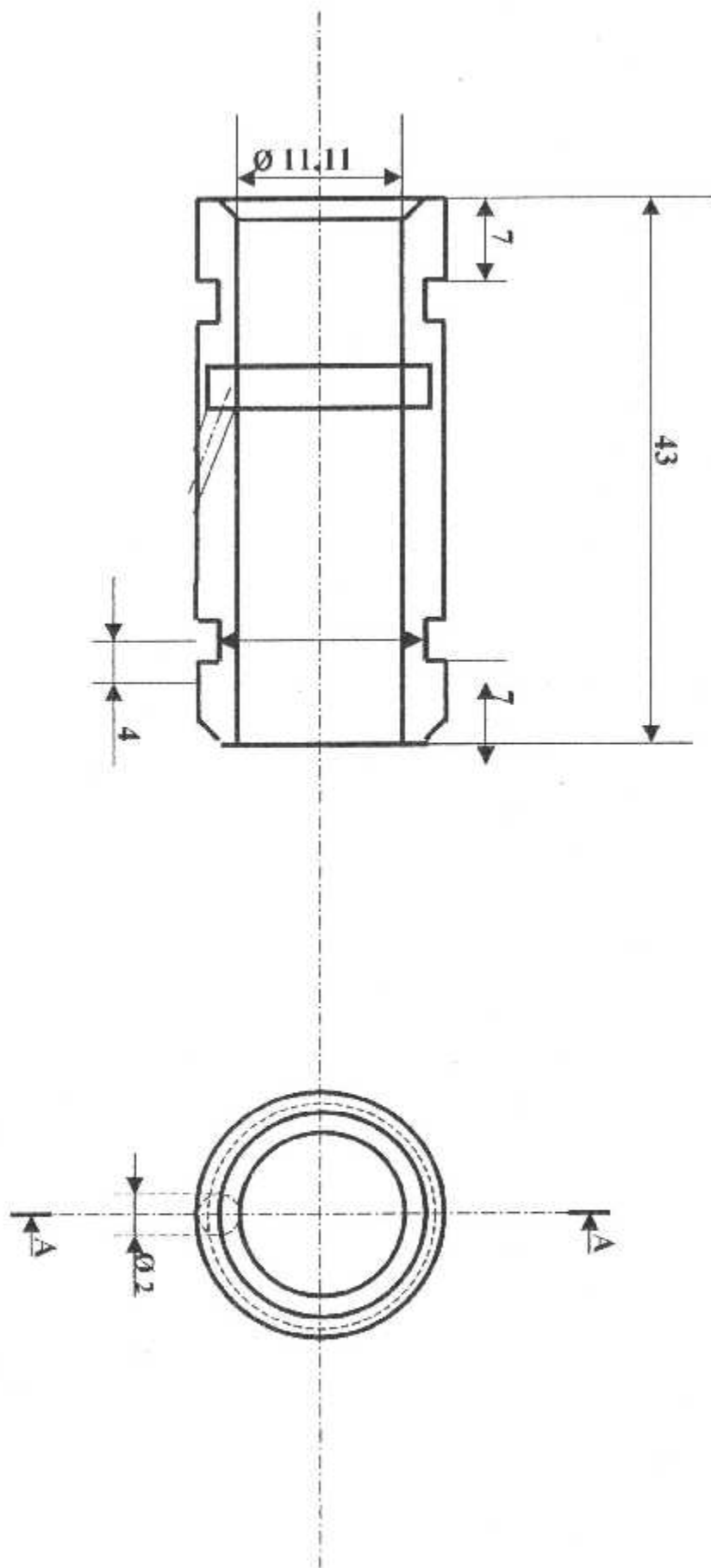


Fig.20- Chemise du piston de commande.

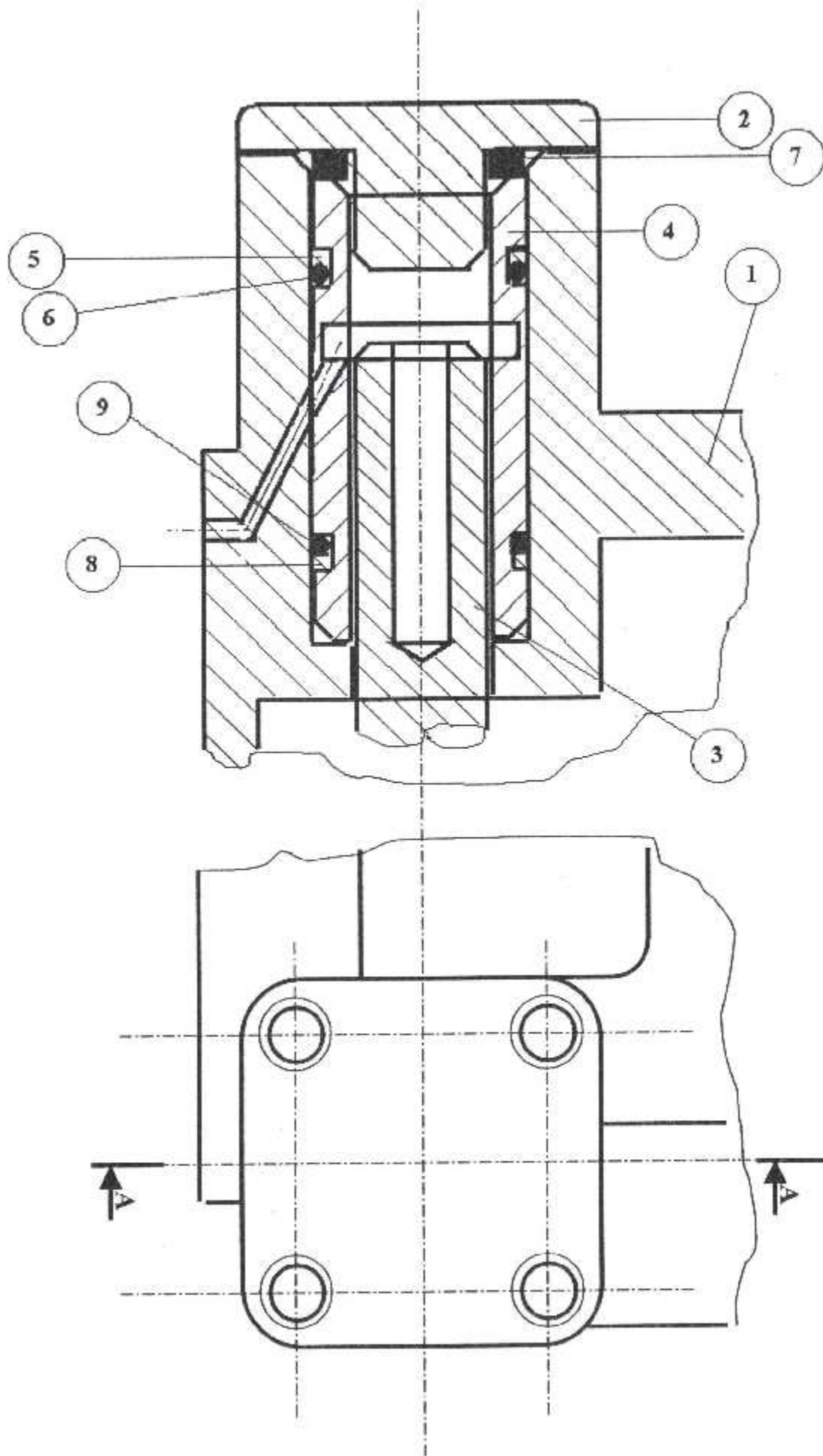
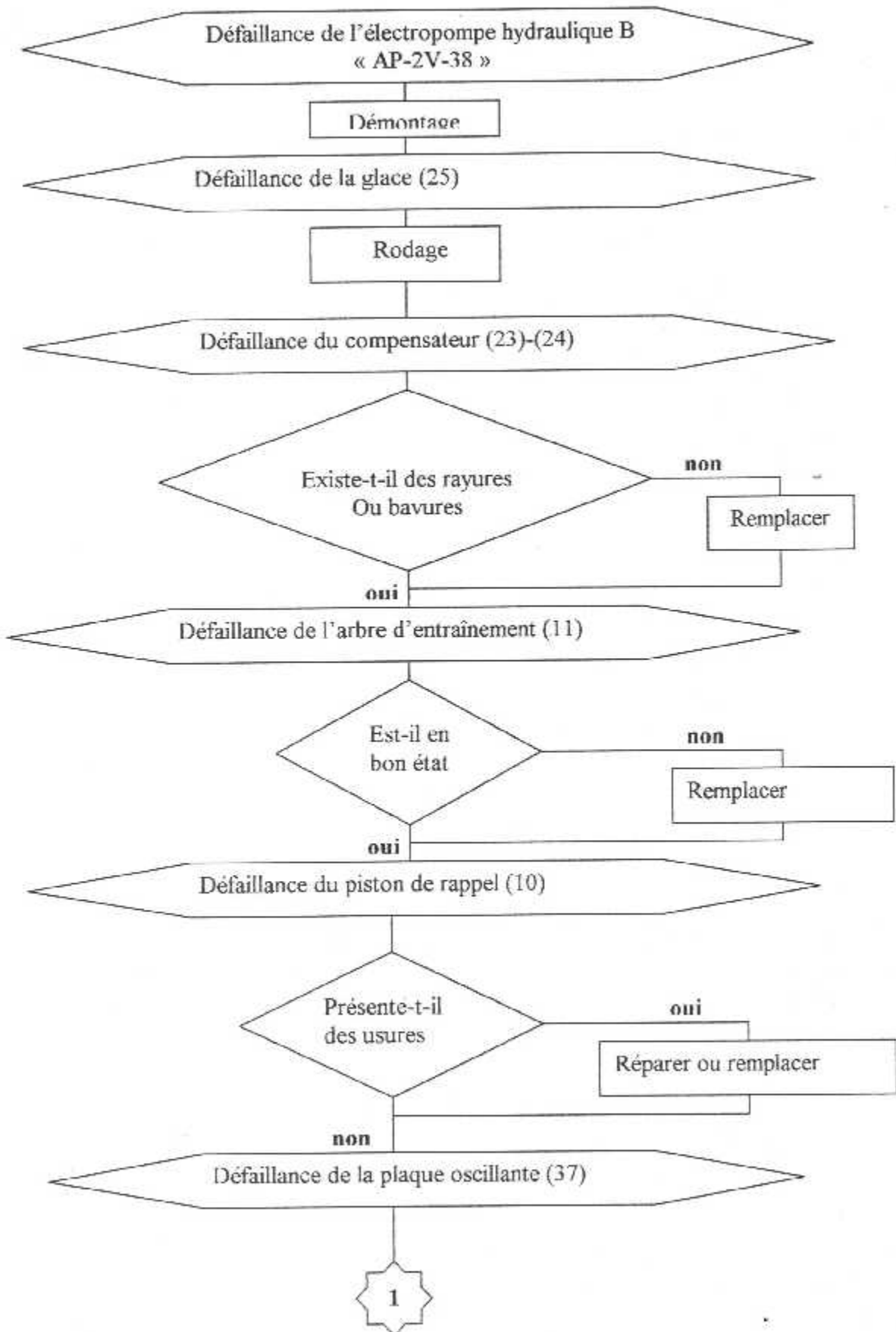
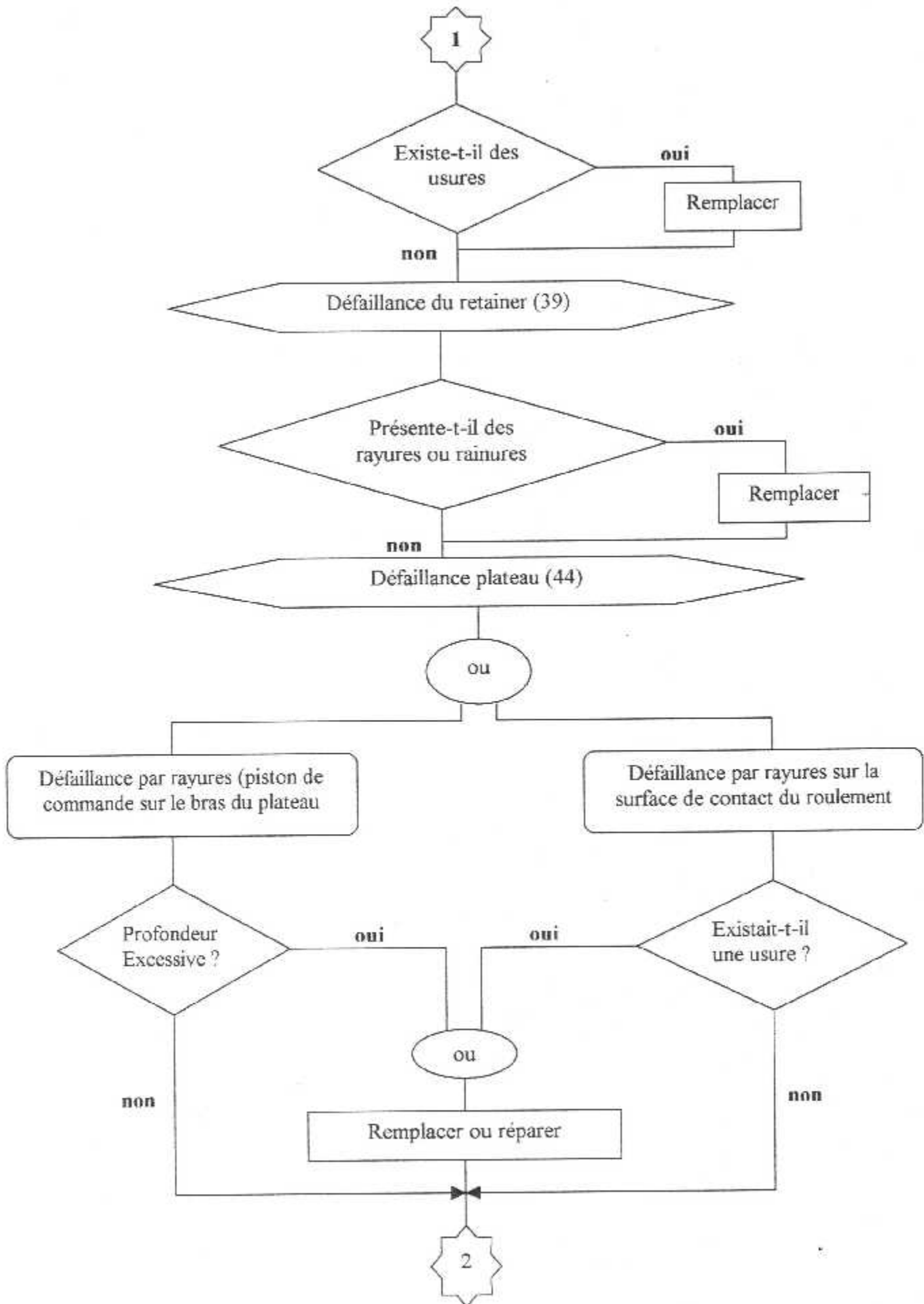


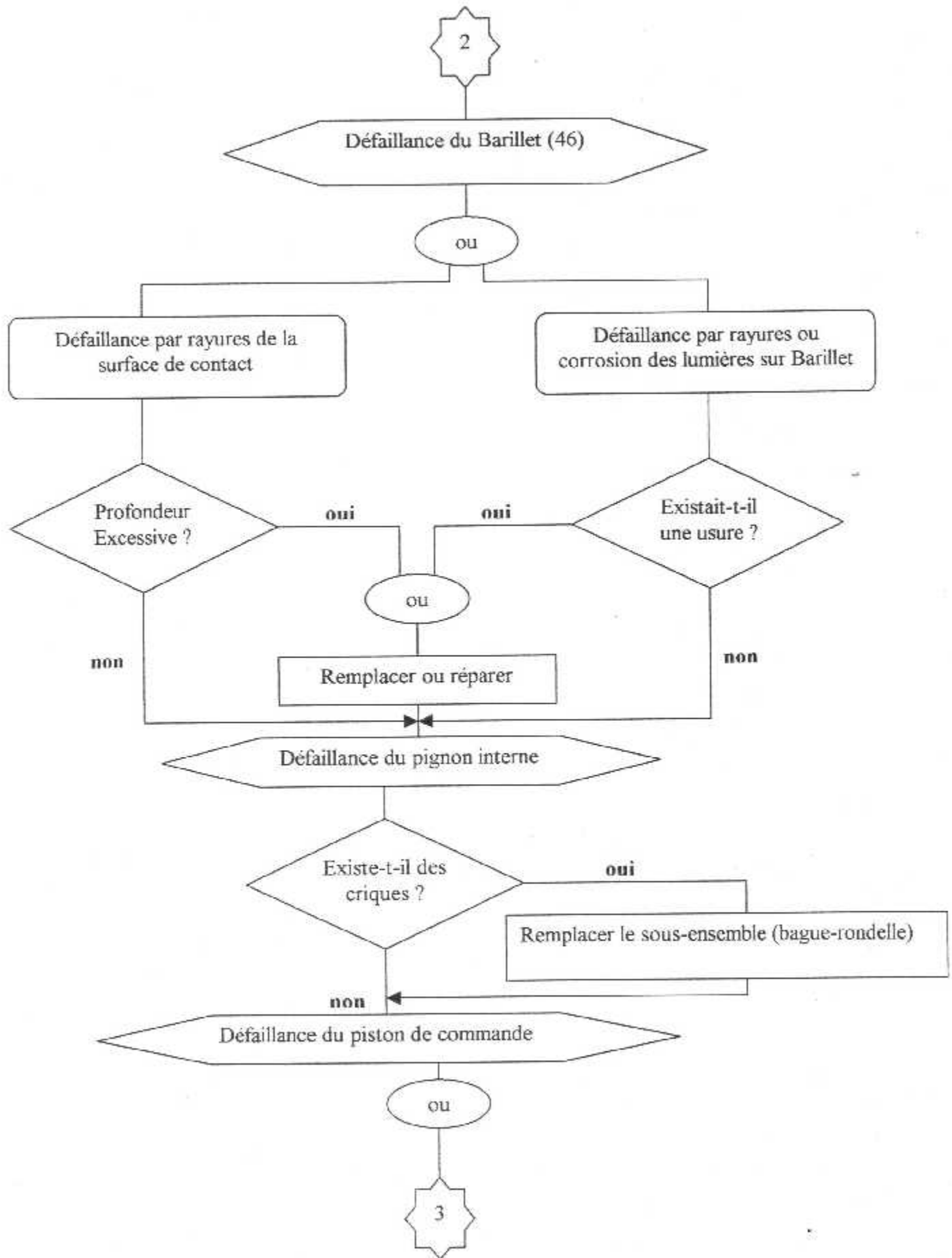
Fig.21- Montage de la chemise du piston de commande.

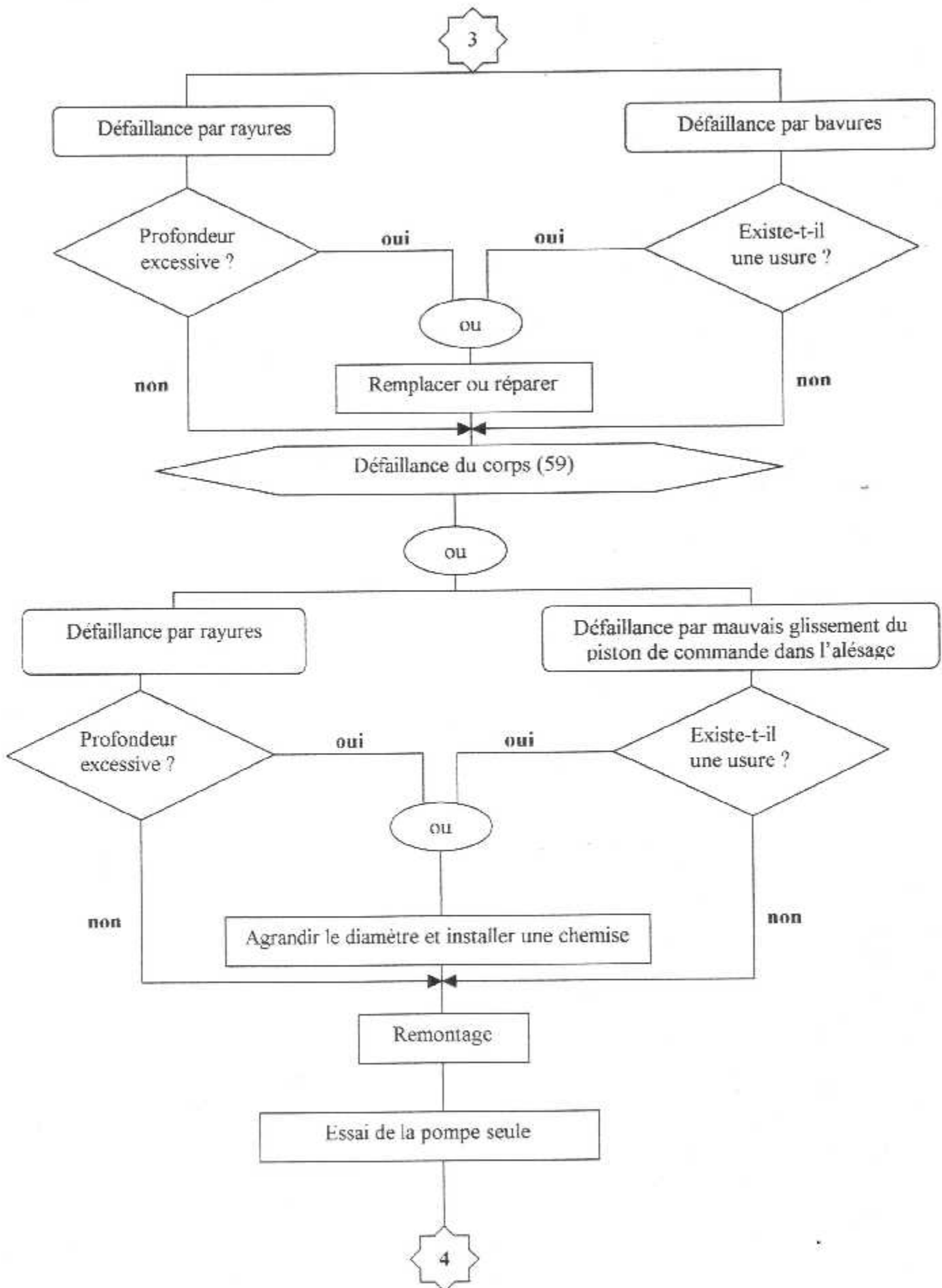
REPERE	NOMBRE	DESIGNATION	MATIÈRES	OBSERVATION
1	1	CORPS		56987
2	1	COUVERCLE		57432
3	1	PISTON		57438
4	1	CHEMISE	A-U 4G1	USINEE
5	1	BAGUE		MS28774-011
6	1	JOINT O'RING		8001112
7	1	CALE DE REGLAGE 12×17×3	CLINQUANT	COMMERCIAL
8	2	BAGUE ANTI- EXTRUSION 14×16×1.6		COMMERCIAL
9	2	JOINT TORQUE 14×1.78	TEFLON	COMMERCIAL

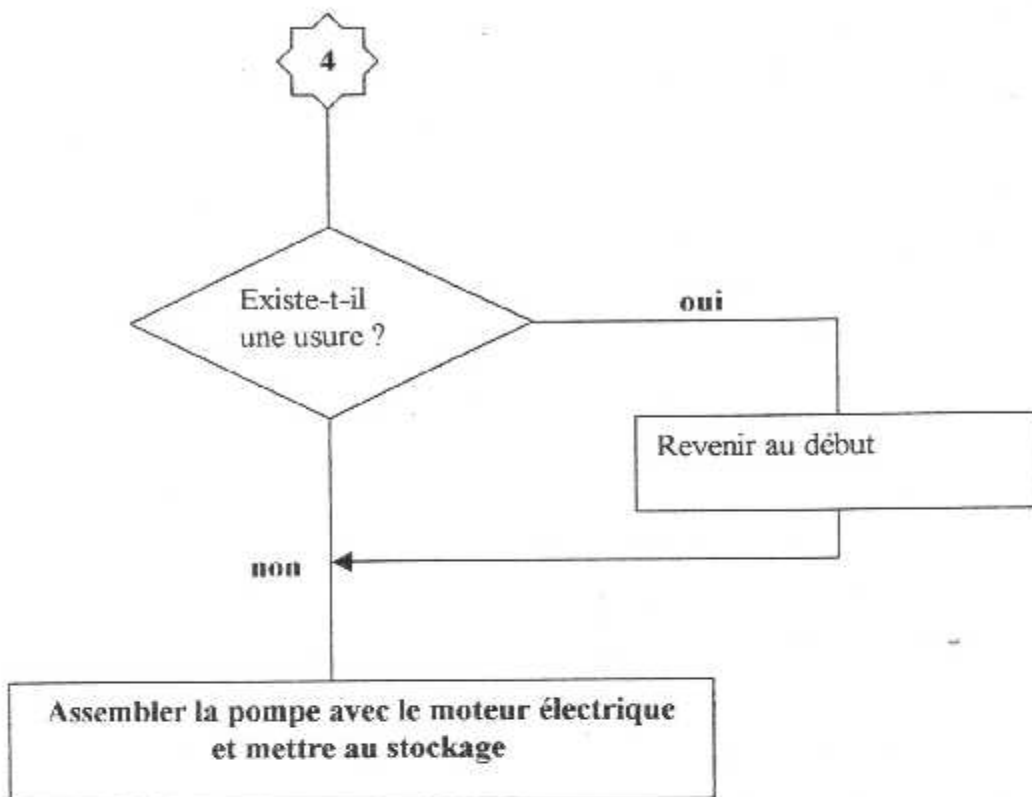
Arbre de maintenance de l'électropompe :











Recherche de pannes

pannes	Causes probables	Remède
Basse pression	Ressort de compression (18) tordu ou cassé.	Remplacer le ressort
	Fuites internes très élevées	Voir si les fuites du case drain sont excessives
	Action défectueuse. (mouvement défectueux) du piston de commande (5) ou du piston de rappel (10)	Résumer ou remplacer
	Faible rotation	Inspecter la fréquence et le montage du moteur
	Compensateur défectueux	Remplacer le sous-ensemble chemise terroir (23) et (24)
Fluctuation excessive de la pression de refoulement	Ressort du compensateur (18) grippé ou tordu	Remplacer le ressort
	Tiroir (23) grippé ou jeu excessif	Réviser ou remplacer complètement le sous-ensemble chemise-tiroir
	Roulement du trunnion (43-A) défectueux	Remplacer le roulement
	Amorçage de la pompe en fonction irrégulier	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspecter la pression d'aspiration et la rotation. ▪ Inspecter la prise électrique (la fiche). ▪ Remplacer le moteur.
	Jeu excessif de la chemise (24) dans l'alésage de la glace (25)	Réviser ou remplacer
	Jeu du plateau	Réviser ou remplacer
	Tester le système déficient (détérioré)	Changer le composant causant la fluctuation pendant le test du système
Fuites excessives au niveau de case drain	Jeu excessif entre le sous-ensemble piston et semelle (38) et le plateau (44)	Remplacer le sous-ensemble usé et ou la rondelle en Bronze
	Jeu de rotation du barillet	Reviser ou remplacer
	Jeu important entre la chemise de compensation et l'orifice de glace	Reviser
	Les surfaces de la glace (25) et celle du barillet ne sont pas parallèles	Remplacer le roulement
Torquage excessif pour l'entretien de la pompe	Roulement (47) défectueux	Remplacer le roulement
	Arbre d'entraînement tordu	Remplacer le roulement
	Mésalignement ou jeu du groupe rotatif	Reviser ou remplacer
Haute pression	Action défectueuse de compensateur	Remplacer la chemise et les terroirs (23) et (24)

	Tester le système détérioré	Contrôler la pression de roulement et la pression de case drain
	Action défectueuse du piston de commande (5) ou de rappel (10)	Remplacer le piston de commande ou de rappel
	Jeu de plateau incliné	Réviser ou remplacer
Haut ampérage	Voltage insuffisant	Réguler le voltage
	Basse ou haute fréquence	Réguler la fréquence
	Haute pression	Réguler la pression
	Mauvaise connexion électrique	Réparer ou remplacer
Interrupteur de thermostat fermé	Thermostat	Réparer le moteur électrique
	Défectueux	
Arrêt du moteur électrique	Faible énergie	Contrôler la source d'énergie ou réparer le moteur électrique
Faible vitesse	Surchauffe	Réduire la charge
	Faible voltage	Contrôler la source de 200 V
	Faible fréquence	Contrôler la fréquence de la source d'énergie
Perte de capacité	Orifice d'aspiration est bouché	Déboucher l'orifice et enlever les obstacles
Dégradation de l'isolation	Le connecteur ou le stator est défectueux	Réparer le moteur électrique
surchauffage	L'écoulement du fluide n'est pas dans les conditions normales de fonctionnement	Remplacer le filtre de case drain

CONCLUSION

Cette étude a été très bénéfique dans son ensemble, car elle m'a permis non seulement de mettre en pratique les connaissances acquises pendant ma formation, mais aussi de connaître le principe de fonctionnement de l'électropompe « AP-2V-38 » et d'acquérir les différentes méthodes utilisées dans la maintenance.

Par ailleurs, j'ai acquis un savoir faire sur les nouvelles technologies et méthodes de maintenance concernant les équipements de l'avion.

Finalement je souhaite que ce modeste travail apportera un plus et enrichira notre bibliothèque on matière de documentation technique sur un domaine intéressant comme l'aéronautique et que ce travail sera accompli par les promotions qui viennent pour résoudre les autres problèmes.

J'espère que j'ai donné le maximum d'explication sur l'électropompe « AP-2V-38 » qui équipe l'avion B737-200.

BIBLIOGRAPHIE

- ❖ **M-Poloujadouff**
Conversion électromécanique.
Edition Dunod, paris 1969.
- ❖ **A.Pagées et M.Gondran**
Fiabilité des systèmes
Edition Eyrolles, paris 1980
- ❖ **A.Pollard et C. Rivoire**
Fiabilité et statistique prévisionnelles, méthode de Weibull.
Edition Eyrolles, paris 1971
- ❖ **Daniel et Claude Bazar**
Guide de la maintenance.
Edition Dunod, paris 1981.
- ❖ **J.Faisandier**
Hydraulique et électro-hydraulique .
Edition Dunod, paris 1981.
- ❖ **George Fayet**
Hydraulique, machines et composants.
Edition dunod, paris 1983.
- ❖ **Boeing**
Mtenance manuel
Boeing USA 1981.
- ❖ **Abex**
Maintenance manuel
USA 1981.
- ❖ **J.P de Goote**
Technologie de l'hydraulique.
Edition Etai, paris 1983.

ملخص العمل

الهدف من هذا العمل هو الدراسة التكنولوجية والصيانة للمضخة الكهربائية المركبة على طائرات بوينغ 737-200.
الموضوع يعالج مشكلة التلف لجوف مقبس التحكم مع اقتراح حل مناسب .

RESUME DE TRAVAIL

L'objectif de mon travail est l'étude technologique et la maintenance d'une électropompe montée sur l'avion boeing 737-200.

Le sujet traite le problème d'usure des alésages du piston de commande avec préposition d'une solution convenable.

THE RESUME WORK

The objective of this work is the technological study and the maintenance of an electric-pump which equipped on Boeing airplane 737-200.

The subject treat the problem of drill damage of the piston control with suggestion a suitable solution.