

N° Ordre...../DGM/FT/UMBB/2022

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



**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES**

*Faculté de Technologie*

*Département Génie Mécanique*

*Mémoire de Master*

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en:

**Filière : Electromécanique**

**Spécialité : Mécatronique**

**THEME**

**Diagnostic et maintenance de la pompe  
hydraulique principale de l'avion Boeing 737-  
800**

Présenté par:

ANNOU AMINE

Promoteur :

PF.D. BENAZZOUZ

**Promotion 2021- 2022**

## **Remerciement**

Je remercie tout d'abord mon Dieu ALLAH  
qui m'adonné la force pour compléter ce  
mémoire.

Je remercie beaucoup notre encadreur  
**PR. Djamel Benazzouz**, qui a suivi mon  
travail.

Je remercie sincèrement tous les professeurs  
en général,

Je remercie monsieur le directeur du département de  
génie mécanique **Mr. Chelile Ahmed** et tous

**Les enseignants** et tous **mes amis étudiants**  
pour leur aide, et particulièrement tous ceux qui  
ont participé de près

Ou de loin dans ce travail.

## Sommaire

Introduction Générale .....	10
I- Introduction.....	1
I-1- Historique de l'entreprise aérienne Air Algérie .....	1
I-2- Présentation de l'avion Boeing 737 .....	4
Description de l'avion B737-800 : .....	5
Les performances de l'avion B737-800 : .....	6
I-3- Énergie utilisée à bord des avions .....	6
I-10- Conclusion .....	7
GENERALITE SUR LE SYSTEME HYDRAULIQUE D'AVION .....	9
I- CIRCUIT POMPE A: .....	10
PRESSURISATION RESERVOIR «A»:.....	10
MISES EN PRESSION: .....	10
1- ROBINET D'ISOLEMENT ASPIRATION: .....	10
2- POMPES HYDRAULIQUES A: .....	10
3- BLOCS MODULE POMPE A: .....	11
4- FILTRE DE RETOUR POMPE A:.....	11
5- ACCUMULATEUR POMPE A: .....	12
6- SURVEILLANCE SURCHAUFFE: .....	12
7- RESERVOIR: .....	12
8- CAPACITE: .....	12
9- EMBLACEMENT:.....	12
10- EQUILIBRAGE: .....	12
11- REMPLISSAGE: .....	13
II- CIRCUIT B: .....	13
1- POMPES B: .....	13
2- BLOC MODULE B: .....	13
3- ACCUMULATEUR B:.....	14
4- FILTRE DE RETOUR B: .....	14
5- SURVEILLANCES SURCHAUFFE: .....	14
III- CIRCUIT DE SECOURS: .....	14
1- ELECTROPOMPES SECOURS: .....	14
2- BLOC MODULE DE SECOURS:.....	15
3- MOTOPOMPE D'ACTION EN SECOURS DES VOILETS B-A:.....	15
4- INTERCOMMUNICATIONS DES CIRCUITS: .....	16
5- Conclusion.....	16
1/ Généralités sur l'hydraulique : .....	18
I-1/ Définition de l'hydraulique :.....	18
1-4/ Les domaines d'utilisation : .....	18

2- le rôle d'une pompe hydraulique ? .....	18
3- Type des pompes hydraulique.....	18
4- la différence entre une pompe hydraulique et un moteur hydraulique.....	19
II-1- Introduction a la pompe hydraulique .....	19
II-2- Description de la pompe hydraulique de la Boeing .....	20
II-3- Principe de fonctionnement de La pompe.....	20
II-4- Caractéristiques techniques de la pompe .....	21
II-5 Système de régulation et de protection de la pompe .....	22
II-6- Choix de la fréquence 400 Hz .....	24
II-7-1- Le refroidissement des pompes.....	25
II-9- Conclusion.....	25
III-1- INTRODUCTION A LA MAINTENANCE.....	26
III-2- ESSAI DE LA POMPE .....	32
III-4- Etude des pannes de la pompe (check liste de dépannage).....	43
Conclusion Générale.....	50

## Liste des Figures

N°	Tableaux	Page
<b>01</b>	Figure N°01: Flote d'avion d'air Algérie	<b>02</b>
<b>02</b>	Figure n°02 organigramme et codification des services de la direction technique	<b>04</b>
<b>03</b>	Figure N°03 BOEING 737-800	<b>05</b>
<b>04</b>	Figure N°04: Système hydraulique	<b>09</b>
<b>05</b>	Figure N°05: pompe hydraulique	<b>10</b>
<b>06</b>	Figure n°06: électropompe	<b>13</b>
<b>07</b>	Figure N°07: électropompe de secoure	<b>14</b>
<b>08</b>	Figure N°08: le principe de transformation des énergies	<b>19</b>
<b>09</b>	Figure N°09: Assemblage de pompe hydraulique à cylindrée variable	<b>19</b>
<b>10</b>	Figure N°10: schéma de la pompe en coupe	<b>20</b>
<b>11</b>	Figure N°11: schéma bloc de régulation	<b>23</b>
<b>12</b>	Figure N°12- COURBE DU POIDS EN FONCTION DE LA FREQUENCE	<b>25</b>

<b>13</b>	Figure N°13: GEARBOX	<b>26</b>
<b>14</b>	Figure N°14 : ORGANIGRAMME DE LA MAINTENANCE	<b>31</b>
<b>15</b>	Figure N°15: Banc d'essai Testek	<b>34</b>
<b>16</b>	Figure N°16: Moteur d'entrainement a courant continu	<b>35</b>
<b>17</b>	Figure N°17: Boite d'engrenage sur banc d'essai	<b>36</b>
<b>18</b>	Figure n°18: génératrice tachymeterique	<b>37</b>
<b>19</b>	Figure N°19: Electrovanne du banc d'essai	<b>37</b>
<b>20</b>	Figure N°20: manomètre du banc d'essai	<b>38</b>
<b>21</b>	Figure N°21: Interface du banc d'essai	<b>39</b>
<b>22</b>	Figure N°22: installation de la pompe sur le banc d'essai	<b>42</b>

## Liste des Tableaux

N°	Figures	Page
<b>01</b>	Tableau N°01 : Dimensions du Boeing 737-800	<b>06</b>
<b>02</b>	Tableau N°02 :- Performances du Boeing 737-800	<b>06</b>
<b>03</b>	Tableau N°03 : Caractéristiques mécaniques :	<b>22</b>
<b>04</b>	Tableau n°04 : caractéristiques hydraulique	<b>22</b>
<b>05</b>	Tableaux N°05: la plage de pression sur la pompe	<b>24</b>
<b>06</b>	Tableau N°06 : Avantages et inconvénients de la maintenance corrective	<b>29</b>
<b>07</b>	Tableau N°07 : Avantages et inconvénients de la maintenance préventive	<b>30</b>
<b>08</b>	Tableau N°08 : Caractéristiques du Moteur d'entraînement à courant continu	<b>35</b>
<b>09</b>	Tableau N°09 : Caractéristiques de la Boite d'engrenages	<b>36</b>
<b>10</b>	Tableau N°10 : Autres caractéristiques du banc d'essai	<b>39</b>
<b>11</b>	Table N°11 : les différentes anomalies fréquentées de la pompe hydraulique et leurs remèdes	<b>45-46-47</b>

### Abréviations

Abréviations utilisées	Désignations
A.P.U. (auxiliaire power unit)	Unité de puissance auxiliaire.
P.C.U	Unité de contrôle de la pompe
C.G.T.A	Compagne générale de transport aérien
H.P	Haut pression
O.M.N	
EDV	Electrovanne de dépression électronique
F.A.A	Fédéral aviation agency
R.G	Révision général
I.H.M	Interface home machine
f.e.m	Force électromotrice

# Résumé

---

## Résumé

Ce travail est réalisé suite à un stage pratique effectué au sein de l'atelier Hydraulique de la compagnie Air Algérie. Nous avons présenté dans une première partie, une étude technique de la pompe hydraulique équipant l'avion BOEING 737. La deuxième partie de ce travail, a été consacrée à sa maintenance et les différentes étapes à suivre pour garantir un bon diagnostic et entretien.

## Abstract

This work is carried out following a practical internship carried out within the Hydraulic workshop of the Air Algeria Company. In the first part, we presented a study technique of the hydraulic pump fitted to the BOEING 737 aircraft. The second part of this work has been dedicated to its maintenance and the different steps to follow to guarantee proper diagnosis and maintenance.

## ملخص

يتم تنفيذ هذا العمل بعد تدريب عملي يتم إجراؤه داخل ورشة العمل الهيدروليكية في شركة طيران الجزائر. في الجزء الأول ، قدمنا دراسة تقنية المضخة الهيدروليكية المجهزة بطائرة بوينج 737. الجزء الثاني من هذا العمل، تم تخصيصه لصيانته والخطوات المختلفة التي يجب إتباعها لضمان التشخيص السليم والصيانة.

# **Introduction Générale**

---

# Introduction Générale

L'énergie hydraulique utilisée à bord des avions tel que la Boeing 737, est essentiellement produite par des pompes hydrauliques qui la fournissent sous forme de pression variable.

L'importance de la pression hydraulique à bord de ce type d'avions, et les conditions de fonctionnement de ses pompes, ont fait la différence de conception entre ses pompes aéronautiques et les autres pompes de type normale.

Le but de notre projet est l'étude technologique et maintenance de La pompe hydraulique équipant l'avion BOEING 737.

Alors, nous avons répartis notre travail sous trois étapes essentielles :

- **Chapitre I** : Généralité sur l'avion Boeing 737.
- L'étude technologique de la pompe hydraulique ainsi que la génération électrique de l'avion font l'objet du **second chapitre**.
- Tandis que le **chapitre III**, nous l'avons consacré aux étapes de sa maintenance corrective et préventive, ainsi que la technologie du banc d'essai de la pompe les différents essais : Test de vérification de la pression, Test diélectrique, Essai de frottement, Patch Test (Facultatif), auxquels la pompe hydraulique est soumis.

# Chapitre I

**PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET DE L'AVION  
BOEING 737-800**

---

## **I- Introduction**

Les moteurs synchrones sont en général des machines puissantes ; ils ne sont guère employés que dans des installations importantes. Ils améliorent le facteur de puissance des installations dont ils font partie.

### **I-1- Historique de l'entreprise aérienne Air Algérie**

La compagnie Air Algérie est une entreprise nationale de transport aérien à utilité public, créée en 1947 dans le but d'exploiter un réseau dense et régulier de lignes aériennes entre l'Algérie et la France; Ce même réseau était desservi depuis la fin de la seconde guerre mondiale par la société "AIR TRANSPORT" dont les lignes s'étendaient jusqu'à l'ex-Afrique occidentale française le 23 Avril 1953 à la suite de la fusion de ses deux organismes, la compagnie générale de transport aérien Algérie "C.G.T.A" entra officiellement en activité.

Après l'indépendance en 1962, la société a changé son nom à Air Algérie (Entreprise Nationale des Services d'exploitation Aériens). En 1963, le gouvernement algérien est devenu propriétaire de 51% des actions de la société a augmenté à 83% des parts en 1970 et à 100% en 1974, après l'acquisition des 17% restants étant détenus par air France.

Notre flotte est composée de 56 appareils modernes d'âge moyen de 11 ans répondant aux normes de sécurité internationales, exploités tant pour le transport de nos passagers que pour le cargo :

### A330 -202



**Capacité : 263**

**Nombre : 8**

### B737-800



**Capacité : 162/148**

**Nombre : 25**

### B737-700



**Capacité : 112**

**Nombre : 2**

### B737-600



**Capacité : 101**

**Nombre : 5**

### ATR.72-212 A



**Capacité : 66**

**Nombre : 15**

### HERCULE L 100-30



**Capacité : 20**

Tonnes

**Nombre : 1**

**Figure N°01: Flote d'avion d'air Algérie**

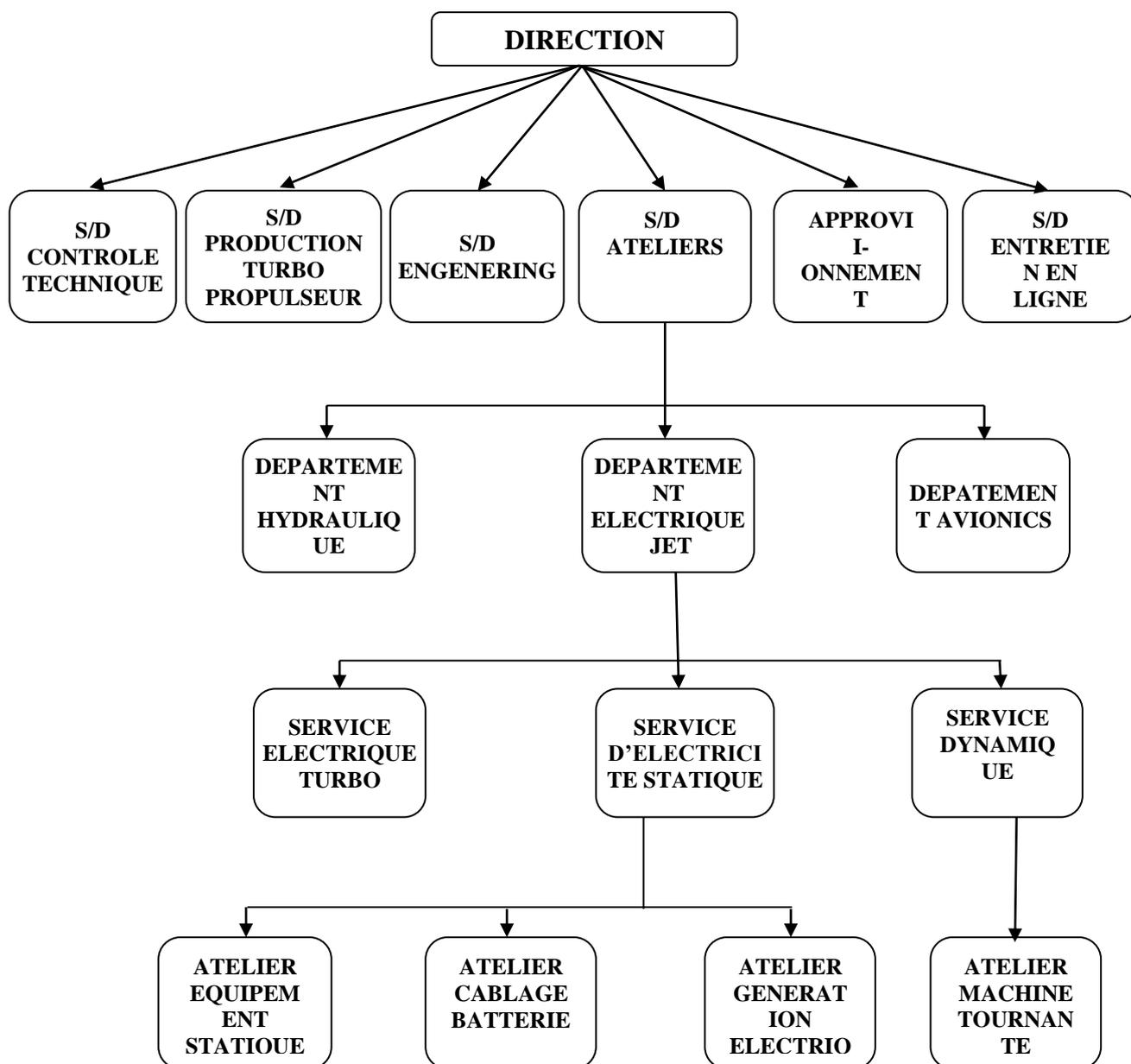
#### **I-1-1- Mission de la compagnie**

Air Algérie est chargée d'assurer :

- Le transport aérien du publique, du fret du courrier.
- L'exploitation des lignes aériennes nationales et internationale
- L'entretien et la réparation des aéronefs.
- L'assistance technique et commerciale à d'autres compagnies étrangères.
- Ventes des titres (billets) de transport pour son compte et pour le compte d'autres compagnies.

## I-1-2- Présentation et organigramme de la direction technique

La direction technique a pour mission de définir la politique de maintenance en vue d'assurer la sécurité, l'exploitation de la flotte prolongeant la durée de vie des appareils pour se faire la direction technique se compose de plusieurs directions et de sous directions selon l'organigramme de la Figure I-1.



**Figure N°02 ORGANIGRAMME ET CODIFICATION DES SERVICES DE LA DIRECTION TECHNIQUE**

### **I-1-3- Présentation du département "Hydraulique "**

C'est dans ce département que nous avons effectué notre stage. Le département a pour mission l'exécution des travaux d'entretiens programmés ou particuliers (changement des éléments importants, vérin, pompe, et tout les pièces hydraulique, ...) suivant la demande de la sous direction engineering des avions.

Ce département est lié à la sous direction travaux planifiés.

### **I-2- Présentation de l'avion Boeing 737**

La Boeing 737 C'est un avion robuste, conçu à l'origine pour résoudre le problème de transport de la logistique de l'armée américaine. Donc, c'est un avion capable de décoller ou d'atterrir sur courtes distances. Jusqu'en 1981, il fut vendu en 1600 exemplaires.

#### **I-2-1- Description de l'Avion**

Le **Boeing 737** est un avion en ligne court à moyen-courrier biréacteur à fuselage étroit développé et construit depuis 1967 par la Boeing Commercial Air planes. Initialement développé comme un dérivé des 707 et 727, plus petit et plus abordable, le 737 se décline en une famille de dix modèles pouvant emporter de 85 à 215 passagers. Depuis 2004, le 737 est le seul avion de ligne à fuselage étroit de Boeing en production. Depuis son lancement jusqu'en mars 2018, plus de 10 000 appareils ont été produits, ce qui a fait du Boeing 737 l'avion de ligne à réactionnel plus vendu jusqu'en 2018.



**Figure N°03BOEING 737-800**

### **Description de l'avion B737-800 :**

Le Boeing 737-800 est la version la plus vendue de la famille 737 next-génération, reconnu pour sa fiabilité, l'efficacité énergétique et la performance économique, le 737-800 est sélectionné par les transporteurs de premier plan à travers le monde , car il fournit aux opérateurs la flexibilité nécessaire pour desservir un large éventail de marchés. Le jet des monocouloirs, qui peut accueillir entre 155 à 189 passagers, peut voler 260 miles nautiques plus loin et de consommer de carburant de 7 pour cent de moins tout en transportant 12passagers de plus que le modèle concurrent.

Le 737-800 a été lancé le 5 septembre 1994, avec des engagements de clients pour plus de 40 avions.la première livraison était de transporteur allemand Hpag-llyod au printemps 1998, le 13 mars 1998, le 737-800 obtenu la certification de type de la fédérale aviation administration américaine. Validation de type JAA de 737-800 sur avril 9, 1998.

### **I-2-2- Les dimensions de l'avion B737-800 :**

Les dimensions de la Boeing 737-800 sont données par le tableau suivant :

**Tableau N°01 : Dimensions du Boeing 737-800**

Longueur hors tout	<b>39.47m</b>
Longueur du fuselage	<b>38.09m</b>
Envergure	<b>35.79m</b>
Hauteur	<b>12.55m</b>
Largeur	<b>3.76m</b>
Largeur cabine	<b>3.53m</b>
Surface alaire	<b>124.58m<sup>2</sup></b>
Empattement	<b>15.60m</b>

## Les performances de l'avion B737-800 :

Les performances du Boeing 737-800 sont résumées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau N°02 :-Performances du Boeing 737-800**

Maximum poussé	<b>2x24.000lb</b>
Vitesse de décollage	<b>290km/h</b>
Vitesse d'atterrissage	<b>205-283km/h</b>
Vitesse de croisière moyenne	<b>848km/h</b>
Vitesse de croisière maximale	<b>880km/h</b>
Altitude maximum de croisière	<b>12.497m</b>
Consommation	<b>2.600kg/h (2 950 l/h)</b>
Distance franchissable (portée)	<b>5 420 Km</b>
Distance de décollage	<b>2 800 m</b>

### I-3- Energie utilisée à bord des avions

Les énergies utilisées au bord des aéronefs ont pour objectif essentiel d'assurer les servitudes ainsi le confort de l'équipage et des passagers.

#### I-3-1- Différents formes d'énergies utilisées

Trois types d'énergie sont utilisés dans les avions :

- **Hydraulique:** Utilisée pour la sortie et l'entrée des trains d'atterrissage pour le pilotage automatique.
- **Pneumatique:** Cette forme d'énergie représente l'avantage d'utiliser contrairement à l'énergie hydraulique, un fluide léger qui est l'air.
- **Electrique:** Elle est utilisée pour les instruments de bord car elle représente beaucoup d'avantages dont, la facilité de conversion en énergie :
  - Mécanique.
  - Lumineuse.
  - Hertzienne.
  - Calorifique.

### **I-3-2- Energie électrique utilisée dans l'avion**

De nos jours, l'énergie électrique est devenue la seule énergie qui convient à l'automatisation des systèmes multiples à bord des avions, dont la sécurité des vols et le confort des passagers en dépend. On distingue deux formes d'énergie électrique utilisées :

- L'énergie à courant alternatif
- L'énergie à courant continu.

### **I-10- Conclusion**

Dans ce chapitre on a présenté l'entreprise air Algérie ainsi que l'avion Boeing 737-800 et leur caractéristique, est après on a parlé de l'énergie utilisé dans l'avion.

# Chapitre II

GENERALITE SUR LE SYSTEME HYDRAULIQUE  
D'AVION

---

## GENERALITE SUR LE SYSTEME HYDRAULIQUE D'AVION

Le système hydraulique comprend trois circuits indépendants, un circuit secours et deux circuits principaux **A** et **B**.

La pression dans les circuits en fonctionnement est 3000PSI (20684.27 kps) et elle est fournie:

- Pour le circuit pompe **A** par deux pompes entraînées par les réacteurs N<sup>0</sup>1 et N<sup>0</sup>2.
- Pour le circuit pompe **B**, par deux électropompes.
- Pour le circuit de secours par une électropompe.

La pression hydraulique nécessaire à l'utilisation normale des commandes du vol, du train d'atterrissage, des freins et de l'escalier arrière est fournie par les circuits **A** et **B**.

Le circuit de secours délivre de la pression à la gouverne inférieure de direction et aux dispositifs de bord d'attaque (sortie seulement).

Toutes les fonctions essentielles assurées par les circuits **A** et **B** disposent d'un secours hydraulique, pneumatique, électrique ou manuel.

Un robinet d'intercommunication permet de mettre en pression le circuit **A** par le circuit **B** lors d'essais au sol.

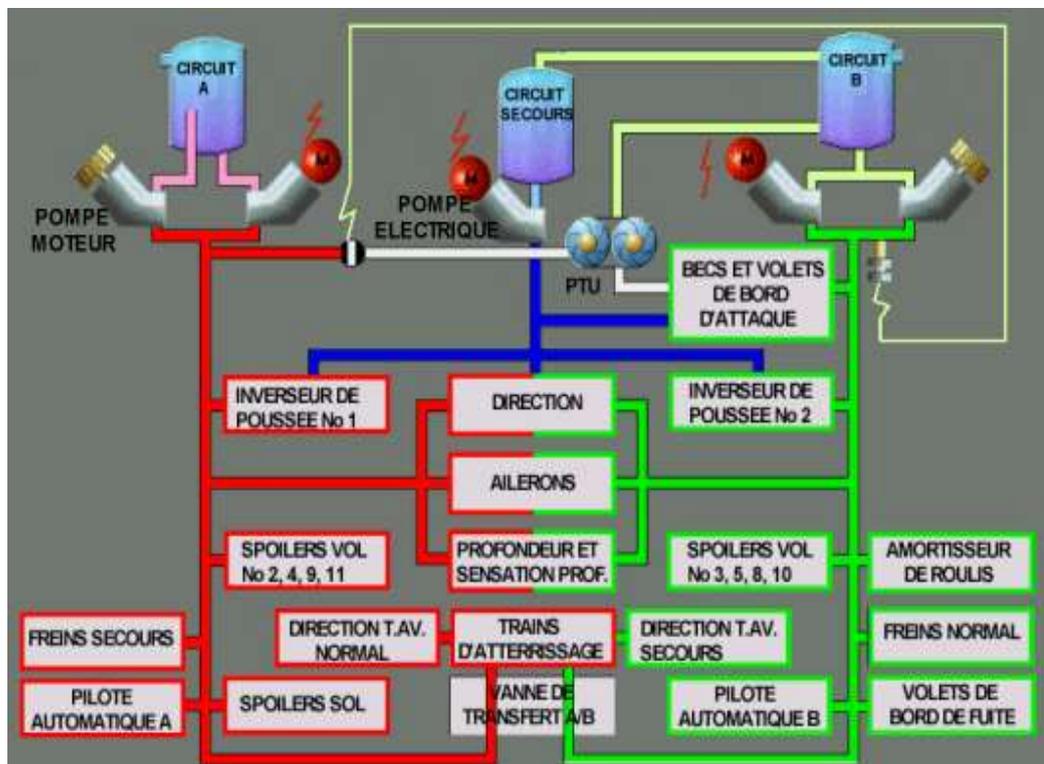


Figure N°04: Système hydraulique

## **I--CIRCUIT POMPE A:**

### **PRESSURISATION RESERVOIR «A»:**

Les prélèvements d'air **HP** sur les réacteurs 1 et 2 assurent la pressurisation du réservoir A, la pressurisation au sol des réservoirs est possible à partir d'une prise située à l'arrière du fuselage, un régulateur placé à coté du réservoir A, maintient une pression constante d'environ 45 PSI (310.264 Kps).

Sur le réservoir A un clapet de surpression est taré 65 PSI (448.159 Kps).

### **MISES EN PRESSION:**

#### **1-ROBINET D'ISOLEMENT ASPIRATION:**

C'est un robinet du type guillotine il est actionné par un moteur électrique. Il peut être commandé par la commande coupe-feu ou par l'interrupteur sous cache du panneau **O.M.N.**

Sur le robinet un levier de command manuel indique les positions ouverts ou fermé.

#### **2- POMPES HYDRAULIQUES A:**

Deux pompes auto régulatrice entraînées par les réacteurs N<sup>0</sup><sub>1</sub> et N<sup>0</sup><sub>2</sub>, débit maxi 22 gpm pression 3000 PSI (20684.27 kps) [Tolérance 2850/3200 PSI (19650.06/22063.22 kps)].

Sur le refoulement, un robinet dans le corps de pompe se ferme lorsque la pression de vient inférieure à 500 PSI (3447.38 kps).



**Figure N°05: pompe hydraulique**

Ce robinet de refoulement peut être également commandé par un interrupteur au panneau O.M.N. celui –ci alimente un solénoïde (excité lorsque la pompe est coupée) qui repousse un tiroir permettant d'envoyer la pression de refoulement sur la face arrière du clapet de blocage. Le refoulement vers le circuit est alors coupé mais le débit de lubrification et de refroidissement interne vers l'échangeur (3gpm) est toujours assuré. Un filtre de drainage de corps de pompe placé sur le réacteur, et un clapet anti-retour sont installés sur le retour de chaque pompe.

### **3-BLOCS MODULE POMPE A:**

L'ensemble bloc module est prévu pour collecter le liquide hydraulique vers des éléments type cartouche facilement démontable.

Le module se compose d'un carter avec les aménagements nécessaires pour installer:

- Deux filtres de pression du type cartouche (sans dérivation).
- Deux clapets anti-retour.
- Deux contacteurs de baisse de pression 1100PSI (75.84233Bar).

### **4- FILTRE DE RETOUR POMPE A:**

Le filtre de retour est du type à doubles éléments, le premier élément est un filtre papier micrométrique (0.4 à 3 microns) remplaçable, le filtre est fait pour supporter 4.3gpm.

Si le débit dépasse 5 à 7 gpm, un clapet de dérivation s'ouvre et le débit évite le premier élément, le clapet de débit fonctionne aussi en clapet de surpression et dérive le débit du premier élément à partir d'une pression différentielle de 50 PSI (344.738kps), le liquide dérivé du premier élément passe au travers du second élément jusqu'à ce que la chute de pression entre l'amont et l'aval de ce second élément dépasse 100PSI (689.476kps).

Un second clapet de dérivation s'ouvre alors, et les deux éléments sont "dérivés" les deux éléments de filtres sont équipés d'indicateur de pression différentielle. Lorsque la pression chute de plus de 36PSI (248.211kps) à travers le premier élément et de plus de 65 PSI (448.159kps) à travers le second élément, les indicateurs apparaissent et signifient que les éléments correspondants sont encrassés.

Les indicateurs restent visibles tant qu'une le sapas repositionnées à la main.

## **5- ACCUMULATEUR POMPE A:**

Monté sur (7 T VEA -7 TVEB seulement) situé à gauche de l'escalier, l'accumulateur a une capacité d'environ 0.41, et est pré chargé de gaz neutre 2000PSI (13789.51kps), il est relié du côté hydraulique au bloc module A, du côté gaz à l'ensemble .transmetteur de pression prise gonflage et indicateur de pression à lecture directe.

Le transmetteur de pression fournit la pression en PSI sur l'indicateur du panneau inférieur O.M.N.

Lorsque les pompes ne débitent pas, l'indicateur donne la pression de gaz de l'accumulateur, soit 2000PSI (13789.51kps).

## **6- SURVEILLANCE SURCHAUFFE:**

Un thermo contact de surchauffe du liquide de retour est placé en aval de l'échangeur et à environ 104<sup>0</sup>c assure l'allumage d'un voyant ambre au panneau inférieur O.M.N.

## **7- RESERVOIR:**

Le liquide hydraulique utilisé est du SKUDROL 500A (spécification américaine BSM3.11)

## **8- CAPACITE:**

Les pleins des réservoirs sont indiqués au panneau inférieur OMN par trois jaugeurs

- Circuit **A** repère **F** sur le jaugeur à 4.43USG (capacité totale 5.4 USG)
- Circuit **B** repère **F** sur jaugeurs 1.78USG mais la capacité totale de ce réservoir est 3.13 USG
- circuit de secours repère **F** sur jaugeurs à 0.65 USG

## **9- EMBLACEMENT:**

Les réservoirs A et secours sont situés à gauche de l'escalier arrière, ainsi que la majorité des composants des circuits correspondants, tandis que le réservoir et composants du circuit B se trouvent dans le karman inférieur gauche.

## **10- EQUILIBRAGE:**

Le réservoir A est relié aux deux autres réservoirs par deux lignes d'équilibrages servant à pressurisation, au remplissage et aux transferts de liquide.

En particulier la ligne d'équilibrage **A-B** est placée de manière à conserver un minimum de **2.5USG** dans le réservoir. Assi une fuite venait à se produire sur le circuit **B**.

## 11- REMPLISSAGE:

Le complément de plein des réservoirs n'est possible qu'au sol soit sous pression soit à l'aide d'une pompe à main, à travers un filtre –l'ordre de plein est **B-A** secours par l'intermédiaire des lignes d'équilibrage.

## II- CIRCUIT B:

### 1- POMPES B:

Deux électropompes autorégulatrices (régulation par variation de la course des pistons) entraînées chacune par un moteur électrique **115 V** alternatif triphasée, son dans le karman inférieur gauche, elles peuvent déborder chacune **6.5gpm** au maximum. Le débit du drainage du corps de pompe est d'environ **2gpm**.

L'aspiration de la pompe se fait à travers le moteur électrique, ce qui assure le refroidissement de celui-ci.



**Figure N°06: Electropompe**

### 2- BLOC MODULE B:

Le bloc module du circuit **B**, inter posé entre les pompes et les servitudes, comporte:

- Deux filtres de pression.
- Deux manocontacts **1100PSI (7584.233kps)**.
- Deux clapets anti-retour.
- Un clapet de surpression **3500PSI (24131.65kps)**.

Les manocontacts assurent l'allumage de voyants ambre au panneau inférieur O.M.N lorsque les pressions des électropompes correspondantes deviennent inférieures à 1100PSI

(7584.233kps) environ, les voyants s'éteignent à 1200PSI (8273.709kps).

### **3- ACCUMULATEUR B:**

Situé dans le karman inférieur gauche possède les même caractéristique que l'accumulateur A.

### **4- FILTRE DE RETOUR B:**

Un filtre de retour de circuit au réservoir avec clapet by-pass admet en particulier l'arrivée de la tuyauterie de remplissage des réservoirs et le retour de la partie pompe de la motopompe du circuit de secours.

Un filtre avec un clapet anti-retour est disposé sur le retour de chaque électropompe.

### **5- SURVEILLANCES SURCHAUFFE:**

Un thermo contact de surchauffe sur le retour de chaque électropompe (situé en amont de l'échangeur) assure l'allumage d'un seul voyant ambre, à environ **1040C** au panneau inférieur O.M.N

## **III- CIRCUIT DE SECOURS:**

### **1- ELECTROPOMPES SECOURS:**

Une électropompe de secours "new York AIR BRAKES" (régulatrice par variation de temps effectif de refoulement des pistons à course constante) entraînée par moteur électrique **115V** alternatif triphasé, peut débiter au maximum **3gpm** un débit de drainage assure le refroidissement et la lubrification de l'électropompe puis retourne au réservoir (pas d'échangeur).



**Figure N°07: électropompe de secoure**

## 2- BLOC MODULE DE SECOURS:

Le bloc module de secours interposé entre l'électropompe et les servitudes situées à gauche de l'escalier, comporte principalement:

- Un filtre de pression.
- Un manocontact 1200 PSI (8273.709kps).
- Un sélecteur secours direction commandé par la pression du circuit **A** (600PSI (4136.85kps)).
- Robinet d'isolement secours des dispositifs A-B permettant l'arrivée de pression de la motopompe si l'interrupteur "secours volets" est sur "marche" et si l'un des interrupteurs EXT ou INT est sur sortie.
- Un clapet de surpression 3500PSI (24131.65kps).
- Un thermo contact de surchauffe de liquide retour qui à environ 104 °C, permet l'allumage d'un voyant ambre au panneau inférieur O.M.N.

Le manocontact 1200PSI (8273.709kps) assure l'allumage d'un voyant vert au panneau inférieur O.M.N. quand la pression de refoulement est supérieure à 1200 PSI (8273.709kps). Le voyant s'éteint vers 1100PSI (7584.233kps).

Il peut donc rester allumé un certain temps après l'arrêt de la pompe tant que la pression n'a pas chuté.

## 3- MOTOPOMPE D'ACTION EN SECOURS DES VOLETS B-A:

C'est une pompe type non régulée, elle comporte deux alimentations

- Alimentation partie moteur → pression de secours.
- Aspiration partie pompe → compartiment **A-B** du réservoir **B**.

La pression en provenance du circuit de secours est délivrée à la partie moteur de l'électropompe à condition que l'interrupteur secours vol est resté sur "marche" et que l'un des interrupteurs "INT" ou "EXT" est sur sortie.

#### **4- INTERCOMMUNICATIONS DES CIRCUITS:**

##### **a. INTERCOMMUNICATION SOL:**

Au panneau inférieur O.M.N, un interrupteur commande un robinet à moteur permettant la mise en pression du circuit **A** au sol grâce aux électropompes du circuit **B**. le robinet d'intercommunication ne peut être ouverte que si l'une des conditions suivantes est respecté.

**A-** groupe de parc électrique branché (le robinet se ferme automatiquement lors du débranchement du groupe).

**B-**L'alternateur APU en fonctionnement est connecté sur le réseau.

##### **b. INTERCOMMUNICATION FREINS:**

Au panneau inférieur O.M.N, un interrupteur commande un robinet à moteur permettant d'utiliser la pression A pour le freinage des trains principaux (en cas de perte du circuit B).

Un voyant vert s'allume lorsque le robinet est ouvert ou en cours de fermeture.

#### **5- Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons débuté par étudier le Principe de fonctionnement de la génération de fluide hydraulique sur l'avion Boeing 737.

# Chapitre III

---

**Généralités sur l'hydraulique et technologie de la pompe**

---

## **1/ Généralités sur l'hydraulique :**

### **1-1/ Définition de l'hydraulique :**

Hydraulique a pour racine le mot grec '**hudor**' qui signifie l'eau (ou liquide quelconque).

L'hydraulique est la science qui étudie le comportement du fluide.

Dans un système industriel, L'hydraulique se traduit par la transmission de l'énergie à distance par l'intermédiaire d'un liquide.

Il en résulte un mouvement :

- Rectiligne avec travail dans un seul sens : vérin simple effet.
- Rectiligne avec travail dans les deux sens : vérin double effet.
- Circulaire avec travail dans les deux sens: moteur hydraulique ou vérin rotatif.

### **1-4/ Les domaines d'utilisation :**

- **Domaine de l'aéronautique** : commande du train d'atterrissage des avions...
- **Domaine de l'industrie** : les machines-outils, les robots ...
- **Domaine de l'agriculture** : les tracteurs, les ramasseuses presses à balle ronde...
- **Domaine des travaux publics et de génie civil** : les chevillards, les tractopelles...
- **Domaine de la manutention** : les chariots élévateur...
- **Domaine de l'industrie automobile** : systèmes de freinage, direction assistée...

## **2- le rôle d'une pompe hydraulique ?**

Les pompes sont les générateurs de débit à la base de tous systèmes hydrauliques. Dans un circuit hydraulique, leur rôle est de faire circuler un fluide qui va permettre de déplacer des charges grâce à d'autres composants tels que des vérins ou des moteurs

## **3- Type des pompes hydraulique**

**Il existe quatre types de pompes hydrauliques :**

**Pompes à engrenages.**

**Pompes à pistons.**

**Pompes à palettes.**

**Pompes à vis.**

#### 4- la différence entre une pompe hydraulique et un moteur hydraulique

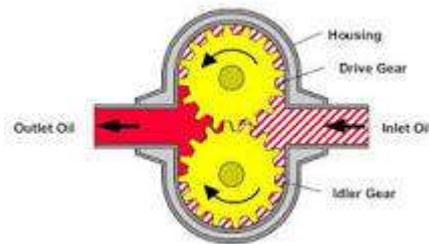


Figure N°08: les principes de transformation des énergies

Le moteur hydraulique. Contrairement à la pompe, le moteur hydraulique transfère l'énergie hydraulique en énergie mécanique. Il utilise le débit d'huile qui est poussé dans le circuit hydraulique par une pompe hydraulique et le transforme par un mouvement rotatoire pour entraîner un autre dispositif.

#### II-1- Introduction a la pompe hydraulique

L'ensemble de pompe hydraulique est une unité de type à compensation de pression entraînée par moteur et en ligne utilisant une soupape de dépressurisation électronique(EDV).

Lorsqu'elle est utilisée dans un système hydraulique, cette pompe fournit un débit de fluide à faible pulsation dans un volume variable et dans une plage de pression pré déterminée.

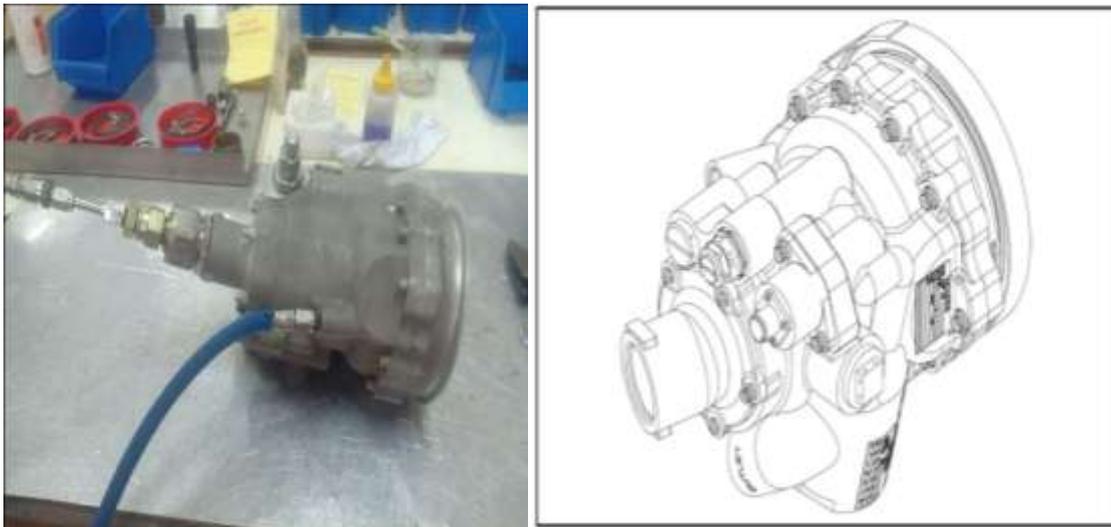


Figure N°09: Assemblage de pompe hydraulique à cylindrée variable

## II-2- Description de la pompe hydraulique de la Boeing

La pompe hydraulique équipant l'avion **Boeing 737** est constituée essentiellement de plusieurs parties:

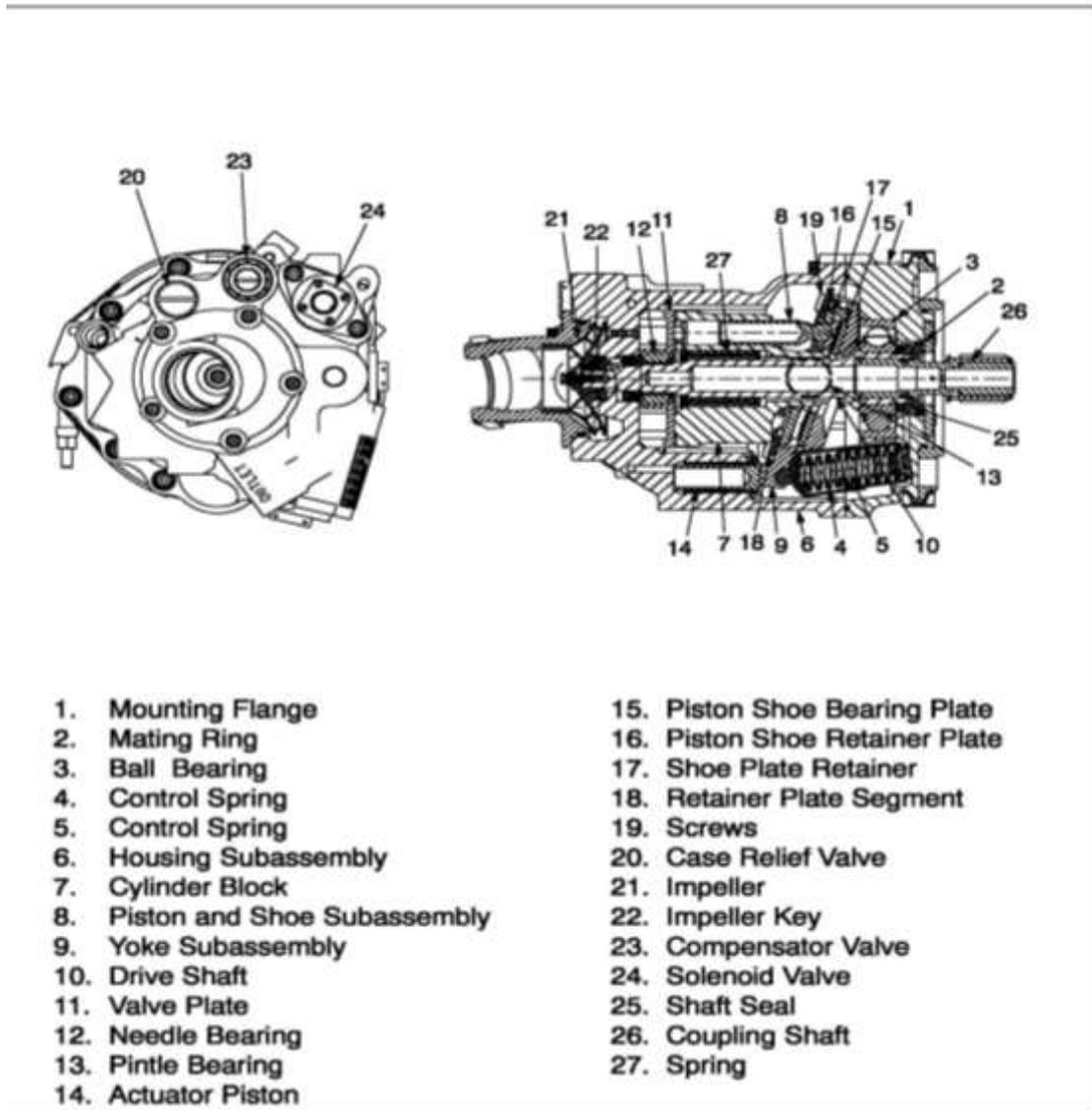


Figure N°10: schéma de la pompe en coupe

## II-3- Principe de fonctionnement de La pompe

Lorsque l'arbre d'entraînement est entraîné par l'entraînement d'accessoires du moteur par l'intermédiaire d'un arbre d'accouplement, le bloc-cylindres tourne avec lui. Les dents cannelées dans le bloc cylindres et sur l'arbre d'entraînement fournissent les moyens d'accouplement. La face rodée de soupape du bloc cylindres est maintenue contre la face rodée de la plaque de soupape par l'action du ressort à l'intérieur du bloc-cylindres.

En cas de fonctionnement sous pression, cette fonction est assistée par la pression hydraulique. Le bloc-cylindres et le bloc de soupapes fournissent l'action de soupape pour le développement du débit de fluide.

## II-4- Caractéristiques techniques de la pompe

Une pompe est caractérisée par son débit pour une fréquence de rotation donnée ainsi que par sa pression admissible au refoulement.

- **Cylindrée :**

C'est le volume engendré pour une rotation d'un tour. Elle est exprimée en **cm<sup>3</sup>/tr**.

V : volume d'un élément

n<sub>e</sub> : nombre d'éléments

n<sub>c</sub> : nombre de courses par tour.

$$Cyl = v \cdot n_e \cdot n_c \dots \dots (1)$$

- **Fréquence de rotation :**

Exprimée en tr/min, elle correspond à la vitesse normale d'utilisation pour une pompe chargée continuellement.

La fréquence maximale correspond à la vitesse à ne pas dépasser.

En dessous de la fréquence minimale, la pompe risque de ne pas s'amorcer

- **Débit :**

C'est la quantité de fluide passant dans la pompe en 1 minute. IL est exprimé en **l/min**.

Q : en l/min

Cyl : en litres

N : en tr/min

$$Q = Cyl \cdot N \dots \dots (2)$$

- **Puissance nécessaire à l'entraînement d'une pompe :**

P : en kW.

Q : en l/min.

Δp : en bars.

η<sub>t</sub> : rendement total de la pompe.

$$p = \frac{Q \cdot \Delta p}{600 \cdot n_t} \dots \dots (3)$$

- **Rendements d'une pompe**

$$\text{Rendement volumétrique } n_{vol} = \frac{Q_{reel}}{Q_{théorique}} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Rendement totale } n_t = \frac{\text{puissance de sortie}}{\text{puissance d'entrée}} \dots\dots\dots (5)$$

**Tableau N°03 : Caractéristiques mécaniques :**

Longueur (hors arbre d'accouplement)	<b>273,3mm</b>
Rallonge d'arbre d'accouplement	<b>46,0mm</b>
Diamètre extérieur du piston (nominal)	<b>18,09mm</b>
Nombre de piston et sabot sous-ensembles	<b>9</b>
Déplacement théorique à angle de joug maximal	<b>39,33ml/tr</b>
Poids	<b>14,5kg</b>

**Tableau N°04 : Caractéristiques Hydraulique**

Vitesse nominale	<b>3750tr/min</b>
Pression de fluide d'entrée recommandée	<b>34.9241-310kPa</b>
Tension de l'électrovane (18-29,5vdc)	<b>28 V.</b>
Pression d'entrée minimale	<b>35kPa,absolu</b>
Pression EDV (à3750tr/min).	<b>7584,2kPa</b>
Température du fluide en entrée	<b>65.5°-77.6°C</b>
Débit à vitesse et pression nominales	<b>142l/min</b>
Fonctionnement continu recommandé de pression	<b>20856,6kPa</b>

## **II-5 Système de régulation et de protection de la pompe**

Sur avion, la régulation, la protection et le contrôle d'ensembles des dispositifs qui assurent la bonne génération électrique à partir d'un de la pompe, est un système indispensable pour l'obtention d'un débit, pression selon les normes imposées.

Pour la pompe équipant Boeing 737 :

- \* la pression maximale de sortie (outlet) est de **4137 kPa**.
- \* le pression minimale d'entrée (inlet) est de **35kpa**.
- \* le case drain est de **2 gpm**.

### II-5-1- Définition de la régulation

La régulation est un procédé de surveillance et de réglage d'une grandeur physique selon les normes et les tolérances voulues. Par conséquent, la régulation est un système d'asservissement qui a pour rôle, de contrôler en temps réel, le fonctionnement de la pompe, cette régulation ne concerne que le réglage de débit à partir d'une L'électrovanne de dépressurisation permet à la pompe de fonctionner dans la plage de pression normale ou dans la plage dépressurisée. La plage de pression normale est de 20685 kPa et la plage dépressurisée est de 4137 kPa.

### II-5-2- Le régulateur de pression (proportionnel)

Le régulateur de pression à pour rôle de régler la pression de sortie de la pompe qui est déterminée par la relation suivant :

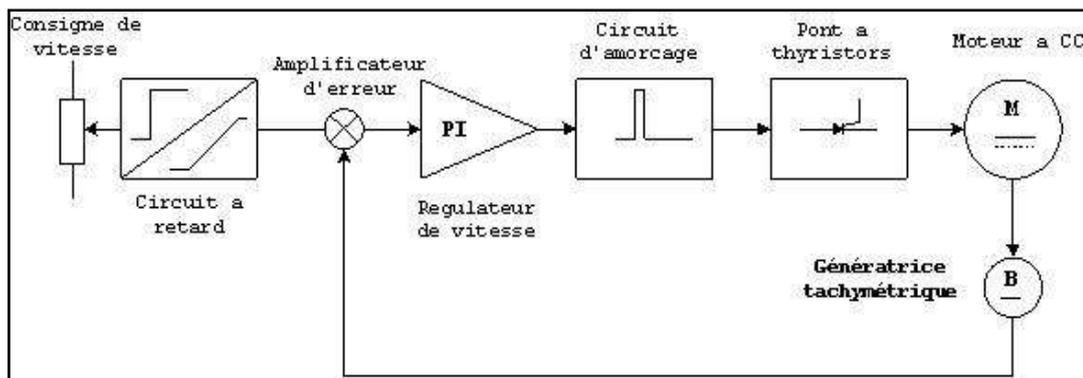


Figure N°11: schéma bloc de régulation

### II-5-3- Régulateur de pression sur la pompe hydraulique

L'électrovanne de dépressurisation permet à la pompe de fonctionner dans la plage de pression normale ou dans la plage dépressurisée. La plage de pression normale est de 3000 psi (20685 kPa) et la plage dépressurisée est de (4137 kPa). Lorsque la pompe fonctionne en tant qu'unité dépressurisée, un débit de fluide à pression réduite est généré par l'unité.

Ce flux assure la lubrification et le refroidissement des composants de la pompe. Ce liquide retourne au réservoir via l'orifice de vidange du boîtier.

Tableaux N°05: la plage de pression sur la pompe

La plage de pression normale	<b>20685 kpa</b>
la plage dépressurisée	<b>4137 kpa</b>

## II-6- Choix de la fréquence 400 Hz

Les constructeurs d'avions ont entrepris des recherches pour arriver enfin à fabriquer des instruments de bord à très grande précision (nécessairement à la sécurité des appareils) tels que les gyroscopes, indicateur de position et autres, pour alimenter ces dispositifs, ils ont conçus un alternateur à une fréquence constante de 400Hz.

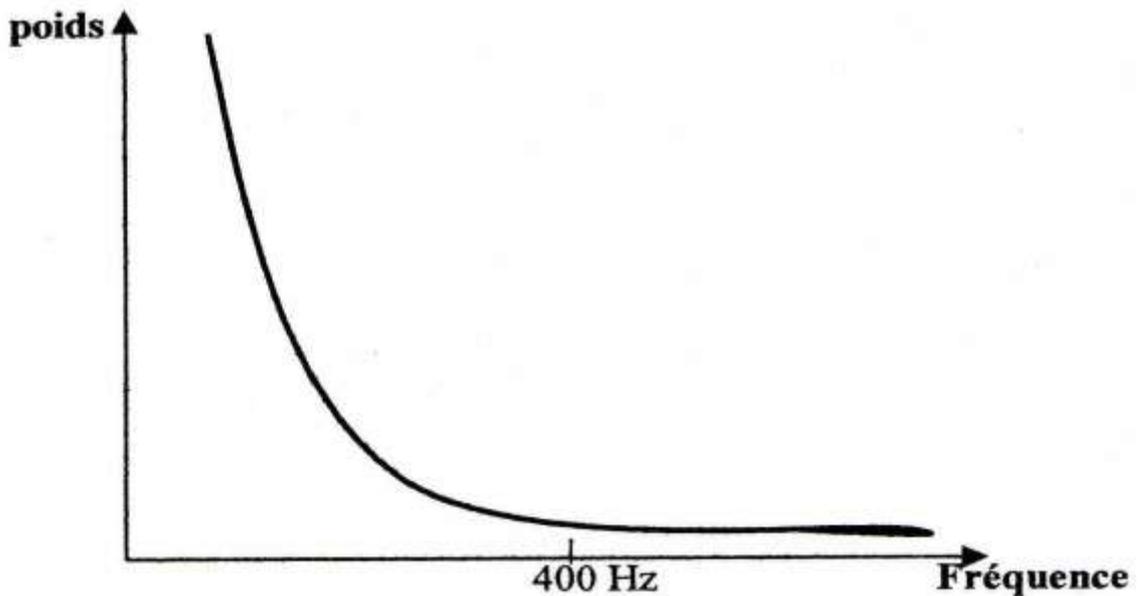
L'emploi de fréquence élevée permet une réduction sensible du poids des équipements électriques de bord, on sait que la f.e.m est donnée par la relation :

$$E = \Delta\Phi / \Delta t \dots \dots \dots (6)$$

Si **E** est élevée  **$\Delta t$**  est petit, donc pour obtenir une même **f.é.m.**, il suffira d'un flux plus faible, d'où moins de spires constituant le bobinage, moins de fer également pour la réalisation du circuit magnétique :

$$S = K. \sqrt{P/F} \dots \dots \dots (7)$$

Dans ce domaine, il aurait été possible d'élever encore ces fréquences, mais il ne faut pas oublier que les pertes par hystérésis et courants de Foucault, diminuent le rendement des appareils et augmente leur échauffement, la courbe ci-dessous représente la variation du poids en fonction de la fréquence (2).



**Figure N°12-** COURBE DU POIDS EN FONCTION DE LA FREQUENCE

### **II-7-1- Le refroidissement des pompes**

Lorsque la pompe fonctionne en tant qu'unité dépressurisée, un débit de fluide à pression réduite est généré par l'unité. Ce flux assure la lubrification et le refroidissement des composants de la pompe. Ce liquide retourne au réservoir via l'orifice de vidange du boîtier.

La circulation du fluide dans le carter assure la lubrification et le refroidissement des pièces mobiles de la pompe hydraulique et la tête de fluide à la ligne de vidange fournit un cas positif pression pour garder l'air hors du système. Ce flux constitue le circuit de lubrification.

### **II-7-2- L'entraînement de la pompe**

Les pompes hydrauliques motrices sont entraînées par des moteurs à travers quatre boîtes à engrenages réductrices (**GEARBOX**).

La pompe hydraulique est entraînée par un moteur auxiliaire à vitesse constante.

Cette liaison mécanique peut être à tout instant disjunctée par une simple impulsion électrique agissant sur le système permettant la rupture de la jonction boîte – pompe. C'est donc un fusible mécanique.



**Figure N°13: GEARBOX**

### **II-9- Conclusion**

Les pompes hydrauliques sont, en général, des pompes puissantes ; ils ne sont guère employés que dans des installations importantes.

Dans cette étude nous avons étudié La technologie de la pompe hydraulique, et leur système de la régulation de pression.

# Chapitre

## IV

MAINTENANCE ET DIAGNOSTIQUE

---

## **III-1- INTRODUCTION A LA MAINTENANCE**

La maintenance doit être considérée comme une fonction de production à part entière .Pour produire, il faut satisfaire à quatre impératifs : approvisionner en matière première, transformer celles-ci en produits finis, assurer la qualité et maintenir l’outil de production en état marche.

### **III-1-1- Définition de la maintenance**

C’est un ensemble des activités destinées à maintenir, à un bien dans un état ou dans des conditions données de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise .

#### **Objectifs opérationnels**

- Maintenir l’équipement dans un état acceptable.
- Assurer la disponibilité de l’outil de production à un prix raisonnable.
- Former un service qui élimine les pannes à tout instant.
- Augmenter à la limite la durée de vie de l’outil de production.
- Obtenir un rendement maximal.

#### **Objectifs économiques**

- Réduire les temps d’arrêt.
- Réduire au minimum les coûts de la maintenance et de la production.

### **III-1-2- Les méthodes de la maintenance**

Toutes les méthodes de maintenance sont dérivées de deux concepts essentiels :

- La maintenance corrective.
- La maintenance préventive

#### **III-1-2-1- Maintenance corrective**

Maintenance effectuée après défaillance, Suivant la nature la nature des interventions, on distingue deux types de remise en état de fonctionnement :

- La réparation : remise en état de fonctionnement conforme aux conditions données.
- Le dépannage : remise en état provisoire qui sera obligatoirement suivi d’une réparation.

Les avantages et les inconvénients de la maintenance corrective sont montrés dans le tableau

**Tableau N°06 : Avantages et inconvénients de la maintenance corrective**

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénient</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simplicité du travail.</li> <li>- Utilisation maximale du matériel.</li> <li>- Economie des pièces de rechanges</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organisation très difficile de l'intervention par l'impossibilité de prévision.</li> <li>- Arrêt imprévu de la machine donc perturbation de la production.</li> <li>- Coût de réparation plus élevé que celui de l'intervention avant la panne parce que les dégâts sont plus importants.</li> <li>- Coût de perte de production considérable.</li> </ul>

### **III-1-2-2- Maintenance préventive**

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un échéancier à établir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage (maintenance systématique) et/ou de critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service (maintenance conditionnelle).

- **Maintenance préventive systématique**

Les remplacements des pièces et des fluides ont lieu quelque soit leur état de dégradation, et de façon périodique.

- **Maintenance préventive conditionnel**

Les remplacements ou les mises en état des pièces, les remplacements ou les appoints en fluide ont lieu après une analyse de leur état de dégradation. Une décision volontaire est alors prise d'effectuer les remplacements ou les mises en état nécessaires.

- **Avantages et inconvénients de la maintenance préventive**

**Tableau N°07 : Avantages et inconvénients de la maintenance préventive**

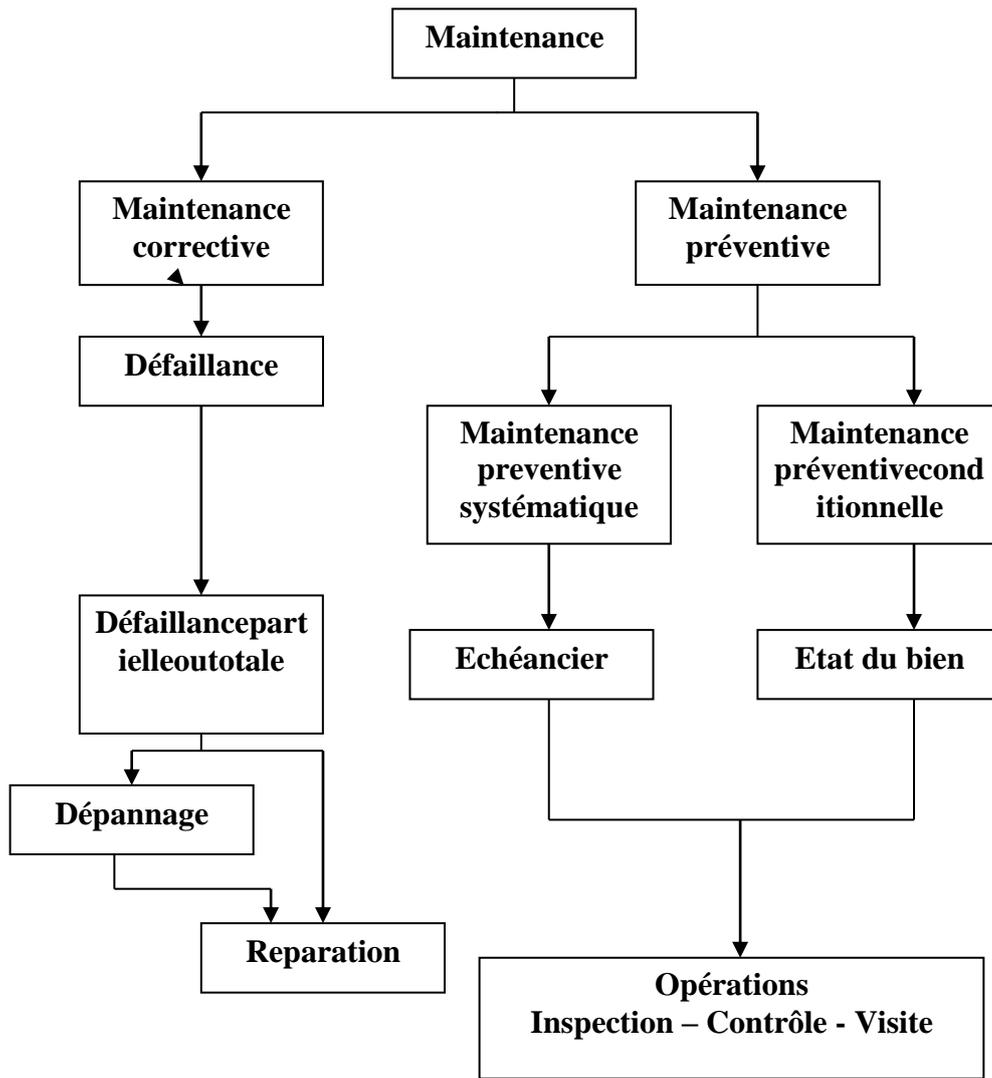
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût de chaque opération est prédéterminé.</li> <li>- Meilleure gestion financière.</li> <li>- Les arrêts et les opérations d'interventions sont en accord avec la production.</li> <li>- Augmentation de la sécurité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le coût des opérations est très élevé car la périodicité est collée sur la durée de vie minimum des composants.</li> <li>- L'intervention est anticipée pour rester en phase avec d'autres arrêts.</li> <li>- Le démontage même partiel d'un appareil incite aux changements de pièces par précaution.</li> <li>- La multiplication des opérations de démontage accroît le risque d'introduction de nouvelles pannes dites de « jeunesse » ou de « défaut de montage ».</li> </ul>

**III-1-3- Introduction à la maintenance aéronautique**

Pour les besoins de la maintenance aéronautique la **F.A.A** (Federal Aviation agency), a créé règlements, une bonne partie de ces règlements font référence à la révision générale (**R.G**) programmée. Les utilisateurs sont soumis à déposer, démonter, réparer, remonter et remettre en place chaque matériel (ou organe) de façon systématique et périodique.

Dans la politique de maintenance, on distingue trois types d'entretien :

- Entretien avec temps limite (un potentiel de nombre d'heures cellules).
- Entretien avec surveillance et comportement en service.
- Entretien selon vérification de l'état.



**Figure N°14 : ORGANIGRAMME DE LA MAINTENANCE**

### III-1-3-1- Maintenance de la pompe hydraulique

On a appris à l'atelier hydraulique que la méthode suivie par la compagnie nationale est la maintenance préventive systématique et corrective. La révision de la pompe sera limitée au remplacement des éléments défectueux ou parvenus à la limite de fonctionnement. En ce qui concerne le potentiel de fonctionnement de la pompe, il est fixé par le constructeur à 5000 heures ; à la fin de chaque potentiel, on procède à la révision générale de la machine.

Il est à noter qu'aussi la pompe peut être déposée pour simple vérification ou un contrôle effectué lors d'une révision de l'avion ou la moto réductrice (**GEAR BOX**) qui entraîne la pompe.

### III-1-3-3- étapes de la maintenance de la pompe

Les différentes opérations effectuées lors d'une révision générale sont énumérées comme suit :

#### - **Etat apparent avant démontage**

En général lorsque la pompe est ramenée pour une révision générale, même pour un défaut quelconque, il est très important, avant de démonter, de faire une visualisation globale de son état, par engagement du technicien à donner son opinion sur ce cas, pour qu'il puisse ensuite donner une conclusion

Il doit donc détecter les anomalies suivantes :

- s'il n'y a pas des éléments qui manquent (vis, plaque signalétique,...).
- s'il n'a pas reçu de choc (pendant ce démontage et le transfert vers l'atelier).
- Lors d'une panne, si l'arbre n'est pas cassé.
- L'électrovanne si elle n'y est pas endommagée.

#### - **Démontage de l'ensemble de la pompe**

Le démontage se fait à l'aide du schéma d'ensemble de la pompe pour le repérage des composants de la pompe et on procède de la manière

#### - **Nettoyage :**

Après avoir démonté l'ensemble de la pompe, ils sont lavés à l'aide d'un solvant ou détergent (lessive) et de l'eau, puis on procède au séchage au four des différentes parties de la pompe à une température de 121°C pendant une durée de deux heures ou 93°C pendant trois heures.

Le but du séchage, est d'éliminer toute la quantité d'eau qui s'incruste dans les parties complexes de la pompe afin d'éviter la rouille.

Après le séchage on procède à une vérification de l'isolation entre les différentes parties de la pompe en deux points différents. Pour cela, on utilise un mégohmmètre. Si celui-ci indique une isolation incorrecte, on remet la partie concernée dans le four pour une autre durée de séchage.

#### - **Contrôle visuel :**

Cette opération consiste à vérifier les parties extérieures et inférieures de la pompe, afin de déceler éventuellement les défauts mineurs ou majeurs.

- Vérifier toutes les parties constitutives de la pompe (détection de rouille, usures, déformation, fils dénudés, traces de corrosions, soudures défectueuses,...).
- Vérifier l'arbre d'accouplement ainsi que l'état de la fixation.
- Vérifier la fuite externe.

- **Remplacement systématique**

Après chaque démontage ou précisement, après chaque révision générale, on doit remplacer systématiquement toutes les pièces suivantes :

- a- Toutes les vis normalement montées.
- b- Les joints de l'entraînement.
- c- Remplacer impérativement tous les roulements à billes à chaque fois et lors de la révision générale.
- d- Remplacer éventuellement les délesteurs de roulements à billes.

- **Equilibrage d'arbre**

Cette opération sera effectuée que si :

- a- Des travaux ont été effectués sur l'arbre.
- b- L'arbre a été remplacé.

L'équilibrage d'arbre se fait dans un atelier spécialisé ,il consiste en l'ajout de masses par suppression d'une qualité de métal bien déterminé par rectification sur des machines spéciales d'usage

- **Contrôle dimensionnel**

L'opération de mensuration à effectuer systématiquement sur le stator (coté entraînement et opposé) et sur le rotor (coté entraînement et opposé) a une tolérance de  $\pm 8\mu$ .

On mesure la cage du roulement et son emplacement correspondant.

Ce contrôle est réalisé au niveau du service de contrôle métallographique.

On vérifie aussi l'usure des cannelures ou encoches du manchon d'entraînement.

- **Réparation**

La réparation fait partie de la maintenance préventive, qui consiste en la réparation, remplacement de pièces défectueuses ou toute autre opération de révision ou de prévention.

La réparation peut s'effectuer sur les pièces suivantes :

- L'arbre d'entraînement.
- Vice et rondelle.

- **Remontage**

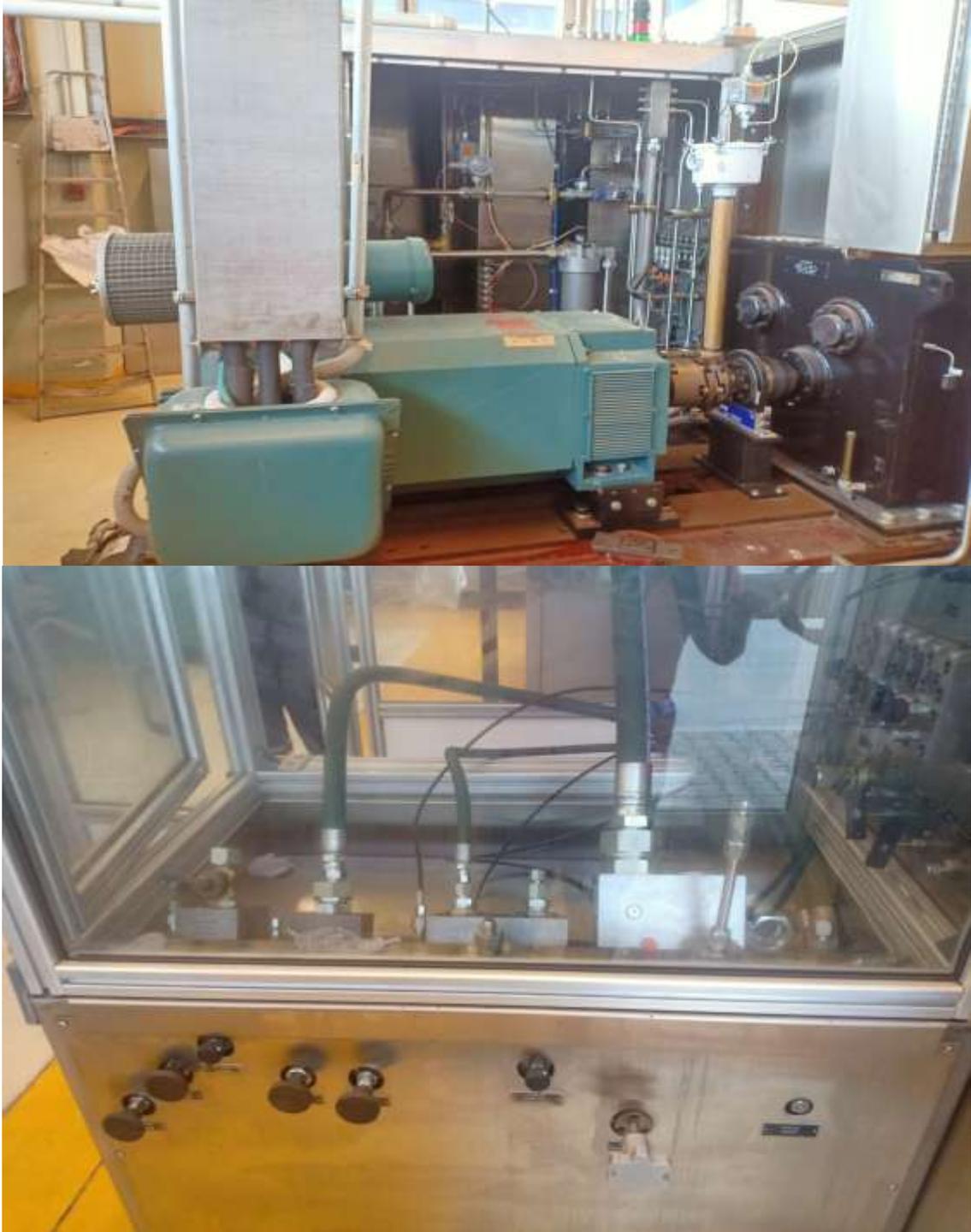
On procède d'abord au remontage du rotor de l'excitatrice, ensuite l'ensemble pompe avec toutes les vis de fixation et leurs rondelles. Ces dernières sont serrées à l'aide d'un torquage (force de serrage de 0.6 m.kg-). On vérifie la libre rotation du l'arbre en l'entraînant à la main.

Généralement à la fin de chaque révision, on effectue un essai au banc d'essai.

## III-2- ESSAI DE LA POMPE

### III-2-1- Bon d'essais

Les essais se font sur un banc d'essai qui simule les conditions de travail de la pompe à bord de l'avion.



**Figure N°15: Banc d'essai Testek**

**Le banc est composé :**

- d'un moteur électrique à courant continu qui est connecté à une boîte à engrenages entraîne la pompe à la vitesse demandée.
- Un moteur pompe de graissage assure la lubrification de la boîte à engrenages par huile.
- Une pompe à eau assure le refroidissement du banc d'essai par la circulation d'eau. Le refroidissement de la pompe hydraulique se fait par un système intérieur.
- Une génératrice tachymétrique mesure la vitesse de rotation de tout le groupe. Des électrovannes qui contrôlent le débit ainsi que la pression pendant le teste.
- Une pompe de gavage assure un débit primaire minimale de 35Kps.

Quelques caractéristiques des éléments qui composent le banc d'essai sont les suivants :

- **Moteur d'entraînement à courant continu**

Ses caractéristiques sont présentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau N°08 : Caractéristiques du Moteur d'entraînement à courant continu**

Puissance	20-150 chevaux (89,48/111,85 kilowatts)
Vitesse de rotation	Jusqu'à 5200 tr/min
Tension	440 V DC.
Intensité du courant	256A.
Température d'échauffement	.80 à 100°C.
Excitation indépendante	120 DC, 95A.



**Figure N°16: Moteur d'entraînement à courant continu**

- **Boite d'engrenages**

Ses caractéristiques sont données dans le tableau suivant :

**Tableau N°09 : Caractéristiques de la Boite d'engrenages**

Puissance	<b>100 kW.</b>
Vitesse de rotation	<b>0 à 2300 tr/mn.</b>
Vitesse de sortie	<b>1500 tr/mn.</b>
Rapport de multiplication	<b>6.52</b>



**Figure N°17: Boite d'engrenage sur banc d'essai**

- **Génératrice tachymétrique**

Une génératrice tachymétrique est un instrument qui mesure la vitesse de rotation d'un arbre à l'aide d'un signal électrique généré en interne. Ce signal ou tension de référence est en fournissant au tachymètre une connexion directe à l'arbre faisant tourner le mécanisme interne du générateur à la même vitesse que l'arbre.

La tension générée est ensuite lue par les circuits du tachymètre et affichée sur un affichage et transmise à un dispositif externe tel qu'un régulateur de vitesse.



**Figure N°18: Génératrice tachymétrique**

- **Electrovanne**

Une électrovanne ou électrovalve est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe, il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique.

En appellent ce genre des électrovannes proportionnelles peuvent être ouverte avec plus ou moins d'amplitude.



**Figure N°19: Electrovanne du banc d'essai**

- **Manomètre**

Les manomètres est utile pour contrôler en temps réel la pression d'un fluide sous l'état liquide ou gazeux su un circuit bien défini. Gradué en bar, psi ou en pascal, il peut être analogique ou numérique.



**Figure N°20: manomètre du banc d'essai**

- **Interface homme machine (IHM)**

Une interface homme machine est une interface permettant a un utilisateur d'interagir avec une machine, un système ou un appareil.

L'opérateur par exemple utilisé une IHM pour surveiller et contrôler la température, le débit, la pression, la vitesse de rotation, exct.

Ces interfaces servent donc de passerelles entre les opérateurs et l'équipement.



**Figure N°21: Interface du banc d'essai**

**- Autres caractéristiques du banc d'essai**

Ses caractéristiques sont données dans le tableau suivant :

**Tableau N°10 : Autres caractéristiques du banc d'essai**

Sens de rotation	horaire et anti-horaire.
Accélération	25 tr/sec max.
Groupe de charge	600 kVa triphasé
Ventilation	7.1 m <sup>3</sup> /mn.

**- Alimentation du banc d'essai**

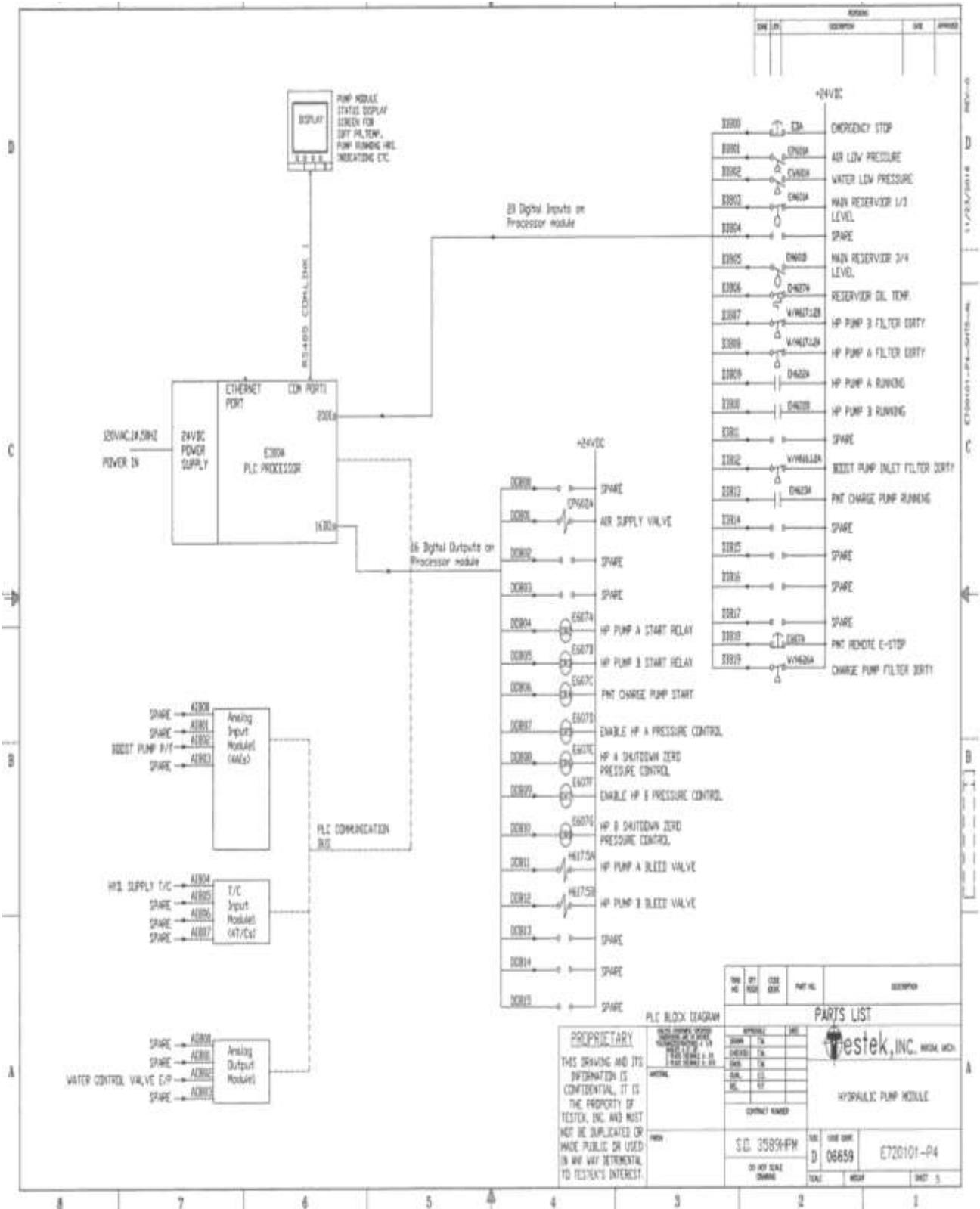
Le banc d'essai est alimenté par deux réseau triphasé :

1. Tension 120 VCA, LN, 400 Hz, 5 A max, L1L2L3 et N respectivement. la terre de l'installation directement à la barre de terre.
2. Tension 120 VCA, LN, 50/60 Hz, 25 A max, L1L2L3 et N respectivement. la terre de l'installation directement à la barre de terre.

## - Système de commande du banc d'essai

Le système de commande du banc d'essai est piloté à partir d'un pupitre Principal, ou les différents essais sont exécutés selon la convenance.

Le banc d'essai doit être situé dans un local maintenu à une température constante de  $25 \pm 1.5^\circ\text{C}$ .





### **III-2-2- diagnostique**

#### **III-2-2-1- Essai préliminaire et installation**

- Vérifier la libre rotation de l'arbre, en l'entraînant à la main.
- Essai d'isolement.
- Test de l'électrovanne
- Test de vérification de la pression.
- Test diélectrique.
- Essai de frottement.
- Test de fonctionnement de la soupape de décharge.
- Patch Test(Facultatif).

#### **III-2-2-2- Installation de la pompe sur le banc d'essai**

Lorsqu'on installe la pompe sur le banc d'essai, on doit s'assurer de la lubrification des cannelures de l'arbre d'entraînement de la pompe avec une graisse spéciale. Puis on accouple l'équipement au banc d'essai en utilisant pour la mise en place de la machine un outillage de lavage et un plan. Enfin, on connecte la pompe au circuit d'essai, puis on procède aux cinq mesures principales comme suit :



**Figure N°22: installation de la pompe sur le banc d'essai**

- **Vérifier la libre rotation du l'arbre, en l'entraînant à la main.**

Faites tourner manuellement l'arbre d'accouplement dans le sens des aiguilles d'une montre. La rotation doit être douce et sans aucune trace de grippage.

- **Essai d'isolement**

La résistance d'isolement doit être mesurée entre le connecteur électrique de la bobine et le boîtier métallique.

- La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à 200 mégohms.

- **Test de l'électrovanne**

Activer la vanne (broches 1 et 3 et fournir une pression hydraulique de 4500 psi (31026,41kPa) aux ports de pression et de contrôle, et 700psi(4826,33 kPa) au port de retour pendant une période de deux minutes.

- Il ne doit y avoir aucune preuve de fuite externe et la soupape ne doit subir aucune déformation qui empêcherait d'autres essais de la soupape.

- **Test diélectrique**

Appliquez 1125V, 60 Hz entre les broches du solénoïde et le boîtier pendant une(1) minute.

- L'unité doit présenter aucun signe de rupture d'isolation.
- Fuite supérieure à 0,5mA constituera un échec.

- **Essai de frottement**

Avec la pompe dépressurisée et tous les orifices ventilés vers l'atmosphère,

- Le couple requis pour faire tourner l'arbre d'entraînement ne doit pas dépasser (6,78Nm).

- **Patch Test**

En maintenant 3750tr/min, régler le débit de sortie pour obtenir (19477,69/19822,43kPa) avec une pression de carter de 90psi (620,53kPa).

- Un test patch du filtre de la conduite de vidange du boîtier doit être exécuté pendant 15 minutes avec une filtration de 30 microns (37mm).

#### - **Test de fonctionnement de la soupape de décharge**

Connectez une conduite hydraulique d'une source de débit continu à l'orifice de pression du dispositif de test et vérifiez s'il y a des fuites à l'orifice d'entrée du boîtier.

Augmentez progressivement la pression jusqu'à ce que la soupape de décharge du carter s'ouvre et que le débit soit observé.

- La soupape de décharge du carter doit s'ouvrir à 240-290 psi (1654,7-1999,5 kPa).
- Aucune fuite n'est autorisée en dessous de 220 psi (1516,9 kPa).

#### - **Test de vérification de la pression**

Avec la pompe fonctionnant à 3750tr/min, une température de fluide d'entrée de (65,5à76,6 °C), une pression de carter de (586,05à655kPa),

- Vérifiez la pression de sortie à un débit nul pour vous assurer qu'elle est de (20684,27 à 21029, 01 kPa).
- Serrez le contre-écrou du compensateur à (10,1/11,3 Nm).

### **III-2-2-10 Commentaires et conclusions de diagnostique**

#### **a) Commentaires**

- Les essais de la pompe se font toujours avec son **P.C.U** (unité de contrôle de la pompe).
- L'essai au banc s'effectue après chaque :
  - Révision générale.
  - Remise en état.
  - Diagnostic.
  - Après une durée de 2 ans de stockage.

#### **b) Conclusion**

Les résultats obtenus des différents essais effectués, sont satisfaisants et sont dans les normes et tolérances fixées par le constructeur, d'où ces différents pompes sont prêt à être remontés sur avions ou stockés dans un endroit approprié, jusqu'à une prochaine utilisation.

### III-4- Etude des pannes de la pompe (check liste de dépannage)

Vu l'importance de la pompe à bord de l'avion, son fonctionnement risque d'avoir des anomalies ou des pannes, les plus fréquentes sont énumérées dans le **table III-8**.

**Table N°11** : les différentes anomalies fréquentées de la pompe hydraulique et leurs remèdes

Pannes	Causes possible	Travail a exécuté
Joint d'arbre La fuite Dépasse un Goutte par 5 minutes.	Faces d'étanchéité de l'élément d'étanchéité et/ou de la bague de contact Usé ou endommagé.	Retirer l'élément d'étanchéité et la bague d'accouplement. Remonter l'élément d'étanchéité et la bague d'accouplement Mesurez la cavité du joint d'arbre et meulez l'entretoise de la bague pour obtenir la charge appropriée du joint d'arbre.
	La charge du joint d'arbre de à 7,7 à 9,5 kg n'est pas maintenue.	
Excessif couple nécessaire pour Tourner le lecteur arbre. Le couple ne doit pas dépasser 6, 78Nm.	Roulement endommagé	Une révision complète
	Jeu axial insuffisant pour le bloc-cylindres	Le jeu entre le bloc-cylindres et la plaque de soupape doit être de (0,15à0, 25 mm) .retrait de la plaque de soupape, est contrôle du jeu axial du bloc-cylindres.
	Jeu insuffisant pour mâchoires de piston entre mâchoires de piston Plaque de retenue et Segment de piston plaque d'appui dégagement de course de chaussure doit être (0.0254/0.04572m).	Retrait du boîtier, de la plaque de soupape et du bloc-cylindres.
Faible débit de cas Pendant le minimum	Course excessive de chaussures autorisation.	Démontage de la plaque de soupape et du logement, pour leur .remontage

cas de fuite test.	Le jeu doit être compris Entre (0.0254-0, 04572mm).	
Excessif interne fuite	Faces de soupape rainurées de plaque de soupape et bloc-cylindres provoquant une séparation entre le bloc-cylindres et plaque de soupape.	Reportez- vous à l'élément 3, "CAUSE PROBABLE", faces de soupape rayées de Plaque de soupape et bloc-cylindres» pour une éventuelle réparation.
	Jeu excessif Entre compensateur Tiroir et douille de compensation	Démontage du régulateur de pression composante de ce sous-ensemble Comme demandé. Remplacer les éléments qui ne peuvent pas répondre conditions.
	Jeu excessif entre le piston et la chaussure sous-ensembles et les alésages du bloc-cylindres	Reportez-vous au point 3, «CAUSE PROBABLE, jeu excessif entre le piston et le segment, etc.». pour une éventuelle réparation.
Ne pompe pas développement débit suffisant au niveau du système en fonctionnement de vitesse.	Faces de soupape rayées de la plaque de soupape et du bloc-cylindres provoquant une séparation entre le bloc-cylindres et la plaque de soupape.	Retrait de la plaque de soupape, du logement et du bloc-cylindres.
	Compensateur de pression Le réglage n'est pas correct Réglé, permettant à l'étrier de passer à la position de	Pour le réglage correct de la vis de réglage du compensateur de pression

	débit nul avant que le volume et la pression ne soient développés.	
	Liquide d'entrée insuffisant Débit (débit de suralimentation) vers la pompe.	Vérifier la disponibilité et le volume du débit d'entrée.
	Piston d'actionneur ne fonctionnant pas librement dans son alésage.	Vérifier l'état et le fonctionnement du piston de commande dans le boîtier. Le piston doit se déplacer librement dans son alésage et avoir un jeu ne dépassant pas la valeur indiquée.

### III-5-Conclusion

Nous pouvons dire que la pompe hydraulique équipant l'avion Boeing 737 est une pompe très fiable, sa fiabilité a été démontrée durant son exploitation en vol et par le constructeur.

Les différentes anomalies et pannes suivies et répertoriées ont apporté des améliorations nécessaires et ont élargie le temps de son exploitation (heures de vol).

# Référence

- (1) MANUEL D'ENTRETIEN DES COMPOSANTS AVEC LISTE DES PIÈCES ILLUSTRÉE CYLINDRÉE VARIABLE POMPE HYDROLIQUE NUMÉRO DE PIÈCE 849589 NUMÉRO DE MODÈLE PV3-240-18.
- (2) Manuals and Drawings Banc pompe hydraulique 3589.
- (3) Site internet (blog.wika.fr).
- (4) Lebigdata.fr
- (5) Future-sciences.com
- (6) Manomano.fr
- (7) Spiegato.com
- (8) <https://www.maxicours.com/>
- (9) www.flightsim-corner.com
- (10) Electricité pratique L.Pastouriaux, M.Bellier, A.Varoquaux, A.Galichon Edition Librairie DELAGRAVE Paris 1967.

# **Conclusion Générale**

---

## Conclusion Générale

Ce travail est réalisé suite à un stage pratique effectué au sein de l'atelier Hydraulique de la compagnie Air Algérie. Nous avons présenté dans une première partie, une étude technique de la pompe hydraulique équipant l'avion BOEING 737. La deuxième partie de ce travail, a été consacrée à sa maintenance et les différentes étapes à suivre pour garantir un bon diagnostic et entretien.

Différents essais pratiques sont effectués sur la pompe dans un banc d'essai qui simule les conditions de travail de la pompe à bord de l'avion. Les résultats obtenus des différents essais effectués, sont satisfaisants. Ils montrent que les pompes hydrauliques soumis aux essais sont dans un état de fonctionnement qui vérifie les normes et tolérances fixées par le constructeur. Ces pompes hydrauliques sont alors prêts à être remontés sur avions ou stockés dans un endroit approprié, jusqu'à une prochaine utilisation.

Par ailleurs, pendant cette période de stage, nous nous sommes familiarisées avec le milieu professionnel surtout que nous avons le privilège d'être en contact permanent avec le monde du travail. Il nous a permis essentiellement d'acquérir des connaissances théoriques et pratiques sur la pompe hydraulique aéronautique et sur la distribution des fluides hydrauliques en général. Il nous a aussi permis de s'adapter avec le matériel technique utilisé pour la maintenance et le contrôle dans ce domaine. Ce dernier nécessite une très bonne maintenance et un très bon entretien pour les accessoires d'avions, car la sécurité des voyageurs est un facteur très important.

Ce travail entamé sur l'étude technique et la maintenance de la pompe hydraulique utilisé dans le domaine de l'aéronautique, permettra à l'avenir à toute personne qui désire approfondir l'étude de cette pompe, d'avoir comme document de départ ce mémoire.