

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB DE BLIDA
FACULTE DE SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT D'AERONAUTIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du Diplôme des Études Universitaire Appliquée (DEUA)
en aéronautique

Option : propulsion

Thème

*Comparaison entre
les systèmes d'air
d'un moteur JT8D
et CFM56-7B*

Présenté par :

BELAID HAROUNE
BOUALI FATMA

Dirigé par :

M^r : GUELLATI KARIM
M^r : KEBAB HAKIM

Promotion: 2002-2003

REMERCIEMENTES :

Nous remercions, dieu tout puissant de nous avoir enrichies de volante et de courage a fin de donner ce fruit de longue années d'études.

On tient nos vifs remercions les deux qui encadrant notre travail : **GUELATT KARIM** et **KEBAB HAKIM**.

Nous remercions aussi les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont accorde, en acceptant de juger notre travail.

Nous remercions en fin tous les enseignants de l'institut d'AERONAUTIQUE de Blida .

Nous tenons à remercier tous les personnel d'ateliers H400.

dedicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents pour leur amour et sacrifices.
Et leur soutien moral, le long de mes études.

Ma très cher sœur, et remerciements spéciales pour leur sacrifices.

Mon très cher frère de leur soutien moral.

Mon très cher ami Abde alhalim

Mes amis de l'université chacun par son nom spécialement :
Ismail, Yacine, Abdou, Lhohaichie, Berrekbia,
Ahmed, Nour eddine, de leur compréhension.

Mes amis de ma ville spécialement : Mino, Belkhir, Houcine,
Bilal, Moh, Djaafcr,

Et finalement a tous ceux que me connu .

Haroune.

dedicaces

Je dédie ce modeste travail a :

Mes chères parents que j'aime profondément: La meilleur
femme du monde, **ma mère**, qui m'encourager

Et soutenir moralement, « merci et j'aime »

L'adule et la compréhensif homme, **mon père**, qu'il ma

Aider moralement et matériellement

Mes sœurs :Fatiha, Naima, Saida.

Mes frère :Samir, Mohamed, Kamel.

En particulier la familles BOUALI ,SAFSAF et

BENCHAA

Surtout ma grand mère et mes tentes

Et finalement a tous ceux que me connu .

WASSILA.

RESUME :

L'objectif de notre travail est de faire une étude comparative entre deux circuits d'air de deux moteurs, en l'occurrence, le JT8D qui appartient à l'ancienne génération, et le CFM56-7B qui appartient à la nouvelle génération.

Grâce a une étude descriptive des deux moteurs, on a pu comprendre et voir clairement leurs différents composants. Cependant le but est aussi de comprendre le principe de fonctionnement des circuit d'air des ces deux moteurs.

Mots clés :JT8D – CFM56 – CIRCUIT D'AIR.

THE WORK RESUME :

The aim of our work is the comparative study between the air systems of the engines CFM56-7B and JT8D, after the descriptive study of engine which allows us to see clearly the different components of these two engines, however the reason is to show the main functions for their air systems, also the methodology of maintenance for the engine JT8D.

ملخص

الموضوع المقدم يهدف إلى دراسة ومقارنة بين النظامين الهوائيين لكل من المحركين JT8D و CFM56-7B .

ومن أجل هذا تناول الموضوع لمحة تاريخية عن المحركين مع تقديم وصف لأهم العناصر المكونة لهما .

وبعدها تطرقنا إلى عرض مفصل لكل من النظامين الهوائيين .

في المحور الثالث تم تقديم أنواع الصيانات الموجودة وكيفية تطبيقها على المحرك JT8D وأهم أنواع الأعطاب (الخسائر) التي يتعرض لها هذا الأخير .

في المحور الأخير تم تقديم المقارنة مع استنتاج النظام الهوائي لكفؤ حيث استخلصنا مدى التقدم التكنولوجي للنظام الهوائي للمحرك CFM56-7B بالنسبة إلى النظام الهوائي للمحرك JT8D .

GLOSSAIRE :

ANGLAIS	FRANÇAIS
Actuator	Vérin
Acoustical panel	Panneau acoustique
Aircraft	Avion
Anti-ice valve	Vanne de dégivrage moteur
Bearing	Roulement
Blade	Ailette
Bleed	Prélèvement
Body	Corps
Booster	Compresseur basse pression
Case	Carter
Cavity	Trou
Check valve	Vanne anti-retour
Combuster	Chambre de combustion
Compressor	Compresseur
Closing	Fermeture
Cone	Cône
Detector	Détecteur
Descharge	Refoulement
Display	Ecran
Dual	Double
Ejector	Injecteur
Exchanger	Echangeur
Fan	Soufflante
Fault	Panne
Filter	Filtre
Fuel	Carburant
Frame	Châssis
Gearbox	Boîtier d'accessoires
Governor	Régulateur
Head	Tête
Hose cowl anti-icing air inlet	L'air de dégivrage de capot d'entrée d'air
Nose cowl	Capot d'entrée d'air
Nose cowl anti-ice valve	Vanne de dégivrage d'entrée d'air
Pressure modulating valve	Vanne modulatrice de pression
Regulator	Régulateur

LISTE DES ABREVIATIONS :

AGB	Boite de commande des accessoires.
APU	Unite de puissance auxiliaire.
BP	Basse pression.
BSV	Vanne de sélection injecteurs.
CDU	Boite de commande et affichage.
CDS	Système de visualisation commune.
EEC	Unite électronique du contrôle moteur.
EGT	Température de sortie d'échappement .
FADEC	Système de régulation électronique numérique à plein autorité
FIM	Manuel de recherche de pannes.
FOD	Dégât causé par des corps étrangers.
FRV	Vanne de retour carburant.
FMS	Système de gestion de vol.
HDS	Arbre d'entraînement horizontale.
HP	Haute pression.
HPC	Compresseur haute pression.
HPT	Turbine haute pression.
HPTACC	Contrôle actif du jeu turbine haute pression.
IDG	Générateur d'entraînement intègre.
LPC	Compresseur basse pression.
LPT	Turbine basse pression.
LPTACC	Control actif du jeu turbine basse pression.
N1	Vitesse de rotation de l'attelage basse pression.
N2	Vitesse de rotation de l' attelage haute pression.
RDS	Arbre d'entraînement radial .
TAT	Température de l'air total.
TBV	Vanne de décharge transitoire.
TGB	Boîtier de renvoi d'angle.
VBV	Vanne de décharge.
VSV	Stator à calage variable.

LISTES DE FIGURES :

CHAPITRE I : GENERALITES

- Fig I.1 page 4 Courbe caractéristique d'une entrée d'air type pitot
Fig I.2 page 5 Courbe caractéristique du fonctionnement de
compresseur
Fig I.3 page 5 Courbe caractéristique du fonctionnement d'une
chambre de combustion.

CHAPITRE II : CIRCUITS D'AIR DU MOTEURS JT8D ET CFM56-7B

- Fig II.1 page 19 ... Description générale de système de prélèvement
d'air moteur
Fig II.2 page 20 Dégivrage du moteur JT8D.
Fig II.3 page 24 Alimentation électrique du commandes de
système de dégivrage moteur
Fig II.4 page 25 ... Alimentation du réchauffeur carburant.
Fig II.5 page 31 Vérin (PRBC).
Fig II.6 page 32 Le fonctionnement de PRBC.
Fig II.7 page 37 Prélèvement d'air du circuit de conditionnement
d'air
Fig II.8 page 46 Description générale du système d'air
Fig II.9 page 47 Description des VSV.
Fig II.10 page 48 Le fonctionnement des VBV.
Fig II.11 page 51 Description de la valve TBV.
Fig II.12 page 52 Description du système (HPTACC).
Fig II.13 page 55 Description de fonctionnement du système
(LPTACC)

SOMMAIRE

Introduction.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES	
I.1 Généralités sur le JT8D.....	2
I.1.1 Historique du moteur JT8D.....	2
I.1.2 Description du moteur JT8D.....	3
I.1.2.1 Introduction.....	3
I.1.2.2 Les composants du moteur JT8D.....	3
I.1.2.3 Spécification du réacteur.....	8
I.1.2.4 Caractéristiques du moteur JT8D.....	8
I.1.3 Les différentiels systèmes du JT8D.....	9
I.1.3.1 Système carburant.....	9
I.1.3.2 Système de lubrification.....	9
I.1.3.3 Système des commandes moteur.....	10
I.1.3.4 Système de démarrage.....	10
I.2 Généralités sur le moteur CFM56-7B.....	11
I.2.1 Historique du moteur CFM56-7B.....	11
I.2.2 Description du moteur CFM56-7B.....	12
I.2.2.1 Introduction.....	12
I.2.2.2 Les modules principaux du moteur CFM56-7B.....	12
I.2.2.3 Les composants du moteur CFM56-7B.....	14
I.2.2.4 Caractéristiques du moteur CFM56-7B.....	15
I.2.3 Les différents systèmes du CFM56-7B.....	15
I.2.3.1 Système carburant.....	15
I.2.3.2 Système de démarrage.....	16
I.2.3.3 Système de graissage.....	16
CHAPITRE II : CIRCUITS D'AIR DU MOTEURS JT8D ET CFM56-7B	
II.1 Circuit d'air du moteur JT8D.....	18
II.1.1 Introduction.....	18
II.1.2 Dégivrage moteur et la prise d'air.....	18
II.1.3 Alimentation du réchauffeur carburant.....	23
II.1.4 Dégivrage des ailes.....	26
II.1.5 Système anti-pompage.....	27
II.1.6 Circuit de commande FCU.....	33
II.1.7 Pressurisation du réservoir d'eau.....	34
II.1.8 Pressurisation du réservoir hydraulique.....	35
II.1.9 Conditionnement d'air.....	35
II.1.10 Refroidissement de l'alternateur.....	41
II.1.11 Circuit de refroidissement et pressurisation interne.....	41
II.1.12 Refroidissement de la section chaude du moteur.....	42

II.2 Circuit d'air du moteur CFM56-7B.....	44
II.2.1 Introduction.....	44
II.2.2 Système de commande de stator à calage variable VSV.....	44
II.2.3 Les vannes de décharge VBV.....	44
II.2.4 Les vannes de décharge transitoire TBV.....	44
II.2.5 Système de contrôle actif du jeu turbine haute pression (HPTACC).....	49
II.2.6 Système de contrôle actif du jeu turbine basse pression (LPTACC).....	53

CHAPITRE III : MAINTENANCE ET RECHERCHE DE PANNES DU MOTEUR JT8D

III.1 Maintenance	56
III.2 Recherche de pannes.....	60

CHAPITRE IV : COMPARAISON

IV.1 Comparaison entre les deux moteurs.....	67
IV.2 Comparaison entre les différent systèmes.....	68
IV.2.1 Comparaison entre les systèmes carburants.....	68
IV.2.2 Comparaison entre les systèmes de graissage.....	69
IV.3 Comparaison entre les systèmes d'air.....	70

CONCLUSION.....	71
------------------------	-----------

INTRODUCTION

INTRODUCTION :

Le bon fonctionnement d'un turboréacteur est conditionné par la bonne santé des différents systèmes qui le composent, tel que le système de carburant, le système de graissage, le système d'allumage.....

Notre travail consiste à l'étude de l'un de ces systèmes en l'occurrence celui d'air. Ce dernier représente un intérêt particulier, en assurant plusieurs fonctions à la fois et qui sont :

- Le refroidissement
- La climatisation
- La pressurisation
- L'anti-givrage

Et aussi la protection contre le phénomène du pompage.

Dans cette étude on va s'intéresser à deux systèmes d'air équipant deux moteurs différents, dont le premier est un JT8D appartenant à l'ancienne génération, et le deuxième est un CFM56-7B nouvelle génération.

Une étude descriptive est faite pour les deux systèmes, où nous avons montré les éléments qui les composent, leurs modes de fonctionnement, et les différences qui existent entre les deux systèmes.

Pour mener à bien notre étude, nous l'avons divisé en quatre chapitres. Dont le premier est consacré aux généralités sur les deux moteurs. Le deuxième est une description détaillée des deux systèmes d'air équipant les deux moteurs. Dans le troisième chapitre, on va s'intéresser aux problèmes de recherche de pannes et de la maintenance du JT8D. Pour ramener notre travail à son terme, nous avons introduit un quatrième chapitre comparatif entre les deux moteurs. En fin une conclusion finale.

CHAPTER I

I- Généralités :**I. 1- Généralités sur le JT8D :****I. 1. 1- Historique du moteur JT8D :**

Le moteur JT8D est un turboréacteur double corps, double flux à écoulement axial fabriqué par le constructeur américain **pratte** et **whintey**. Sa conception a débuté en avril 1960 avec le modèle JT8D-1.

plusieurs variantes du premier modèle ont été construites après, englobant des modifications et des développements technologiques qui ont des impacts remarquables sur certains paramètres tels que la poussée, la consommation spécifique, le poids, etc....

Le tableau ci après illustre les dates de certification et les poussés produites par chaque modèle:

MODELE	POUSSEE	DATE DE CERTIFICATION
JT8D-1	14 000 à 15° C	Février 1963
JT8D-5	12 000	Avril 1963
JT8D-7	14 000 à 27° C	Mars 1966
JT8D-9	14 500	Mai 1967
JT8D-11	15 000	Sept 1968
JT8D-15	15 500	Avril 1971
JT8D-17	16 000	Février 1974
JT8D-17R	17 400	Avril 1976

A la fin de l'année 1988, la production de JT8D a cessé, elle a enregistré 11878 moteurs construits. La production par type de variante est :

<u>MODELE</u>	<u>NOMBRE DE MOTEUR CONSTRUIT</u>
JT8D-1 /5	1809
JT8D-7	2612
JT8D-9	2832
JT8D-11	128
JT8D-15/-15A	2525/338
JT8D-17/-17A	1069/241

JT8D-17R	312
JT8D-17AR	12

Notons enfin que ces types de moteurs équipent les avions suivants :

- Boeing 727/ 737
- MC Donnell Douglas 9
- Dassault super caravelle et Mercure.
- Saab Viggen

I. 1. 2- Description du moteur JT8D :

I. 1. 2. 1- Introduction :

Le réacteur JT8D du type turbo fan de marque **pratt et whitney** est un modèle à double flux axial, à deux corps, d'un taux de dilution modéré, utilisant un compresseur basse pression à six étages, entraînés par une turbine à trois étages, et un compresseur haute pression à sept étages, entraînés par une turbine à un étage par l'intermédiaire d'un arbre.

I. 1. 2. 2- les composants du moteur JT8D:

a- Entrée d'air :

Elle est du type PITOT. Elle se présente sous la forme d'un conduit. Son rôle est de raccorder le plus avantageusement (champ de vitesse le plus homogène possible) les filets d'air avec l'entrée du compresseur et cela dans le domaine du vol (vol subsonique).

- Eléments de l'entrée d'air :

- 1- Manche d'entrée d'air, double parois en alliage d'aluminium.
- 2- Carter d'entrée réacteur.
- 3- Carter compresseur.
- 4- Compresseur axial.
- 5- Cône de pénétration : conditionne le bon écoulement de l'air abrite un accessoire .
- 6- Aubages directeur d'entrée : sert à guider l'air suivant un angle convenable sur les ailettes du compresseur.
- 7- Roulement du palier avant.

- La géométrie de la manche d'entrée d'air :

La géométrie de cette manche est définie de façon à accorder l'écoulement jusqu'à l'entrée du compresseur pour obtenir une efficacité optimale, définie comme suit :

$$E = \frac{P_{ip}}{P_{it}}$$

Pip : pression d'impact réellement mesuré.
 Pit : pression d'impact théorique.

- Courbe caractéristique d'une entrée d'air type Pitot (voir figure I.1) :

ϵ : rendement.

M_0 : le nombre de mach.

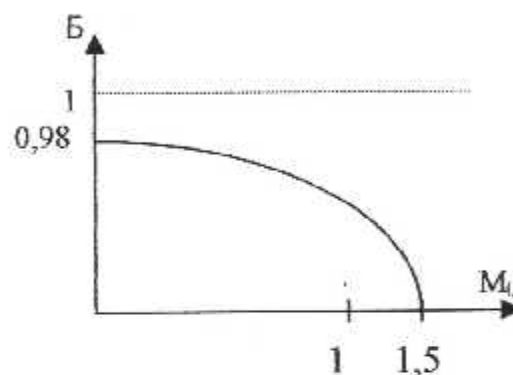


Figure I.1

• **Remarque :**

Certains moteurs JT8D équipant les B727 sont munis des portes additionnelles au niveau des entrées d'air pour éviter les dépressions qui s'y installent lors d'un atterrissage ou d'un décollage.

b- Compresseur :

Le type axial double coup rotatif, son rôle est d'amener le fluide dans les conditions minimales d'inflammation. Il est constitué de treize étages (une grille d'aubes rotor + une grille d'aube stator = 1 étage) et composé de :

- Attelage basse pression (N1) : formé de six étages entraînés par une turbine à trois étages. Les deux premiers étages de cet attelage constituent le fan qui comprend 27 ailettes dans le premier étage et 40 ailettes dans le deuxième.
- Attelage à haute pression (N2) : comprend sept étages entraînés par une turbine.

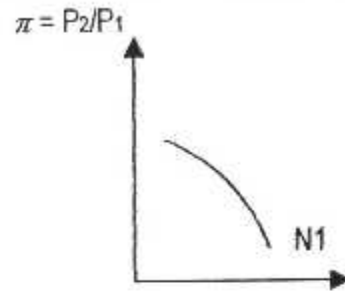
• **Remarques :**

- La fixation des ailettes sur le compresseur est une fixation sapin sauf celles du 2^{ème} et du 7^{ème} étages, qui ont une fixation peigne (par rivets).
- Le rendement du compresseur est généralement de l'ordre de 90 %.

- Courbe caractéristique du fonctionnement de compresseur (voir figurel .2):

π : rapport de compresseur

Ma : débit d'air massique



Figurel. 2

c- Chambre de combustion :

Le JT8D dispose de neuf chambres de combustion séparées et disposées annulairement (chambres mixtes ou turbo annulaires) chacune contenant un seul injecteur de carburant de type **DUPLEX**. Ces chambres sont faites en **TITANE** (résistant aux fortes contraintes de températures) et elles sont interconnectées par des tubes pour aider la propagation de la flamme lors du démarrage.

Deux chambres sont équipées de bougies (position 7h et 4h arrière du moteur) pour le démarrage du réacteur et / ou pour l'utilisation d'un allumage continue.

Deux réservoirs de récupération carburant des chambres de combustion sont localisées sur la partie inférieure de ces dernières, permettant ainsi le drainage du carburant résiduel sur l'extérieur.

La température dans la chambre de combustion d'un mélange air-carburant correspondante à un rapport massique théorique de 1/15 (dosage théorique)

-Courbe caractéristique de fonctionnement d'une chambre de combustion (voir figure I.3) :

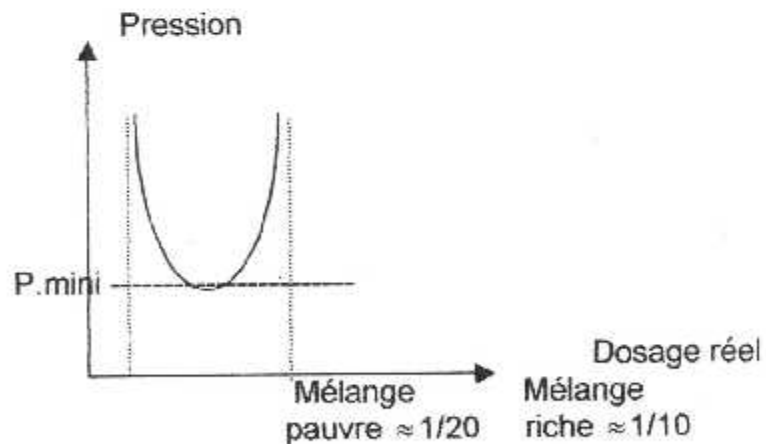


Figure I.3

- Rendement d'une chambre de combustion :

Il est, en général, de l'ordre de 95 % et il est défini comme suit :

$$\text{- Théorique : } R_{c\ dc} = \frac{(M_a + M_c) c_p | T_3 - T_2 |}{M_c P_{ci}}$$

$$\text{- Réel : } R_{c\ dc} = \frac{(M_a + M_c) c_p | T_3 - T_2' |}{M_c P_{ci}}$$

M_a : Débit d'air

M_c : Débit carburant

c_p : Chaleur massique à pression constante

T_2 : Température entrée turbine (théorique)

T_2' : Température dans la chambre de combustion.

P_{ci} : Pouvoir calorifique inférieur du carburant.

d- Turbine :

Elle a pour rôle d'entraîner le mobile auquel elle est attelée. Elle doit en outre fournir la puissance nécessaire à l'entraînement des accessoires (régulateur, pompes, alternateur)

Le JT8D dispose de quatre étages turbines (type axial) qui se trouvent à la sortie des chambres de combustion, chacune avec des aubes distributaires respectives. La première turbine constitué d'un seul étage, représente l'attelage haute pression (relié au compresseur haute pression), la deuxième turbine constitué de trois étages, représente l'attelage à base pression (relié au compresseur à basse pression).

La fixation des ailettes sur la roue est une fixation dite « sapin ». La turbine est faite d'un matériaux très résistant aux contraintes thermiques et contenant du **NICKEL** (qui augmente la résistance au fluage) du **COBALT** (qui améliore la tenue thermique) ou du chrome (résistance à la corrosion)

- Disque turbine : partie massive de la roue, elle est en acier spécial du type austénitique ou ferritique.
- Ailette de turbine = NK18 CD AT.

N : Nickel.

K : COBOLT.

C : Chrome 15 à 20 %.

D : molybdène.

A : Aluminium 3%.

T : Titane 3%.

- Travail d'une turbine :

- Travail théorique : $W_{th}^{3-4} = CP(T3-T4)$.

- Travail réel : $W_r^{3-4} = CP(T3-T4')$

T3 : Température entrée turbine

T4 : Température sortie turbine théorique.

T4' : Température sortie turbine réel.

- Rendement :

Voisin de **0,85 à 0,88** et défini comme suit :

$$R_{tu} = \frac{T3-T4'}{T3-T4}$$

Le roulement anti-friction entre arbre et le roulement anti-friction avant turbine sont localisés à l'intérieur de la section principal turbine moteur.

e- Conduite d'échappement :

Son rôle principal est d'achever la transformation d'énergie de pression en énergie cinétique. C'est dans cette conduite qu'a lieu a la détente utile à la propulsion.

Cette conduite contient quatre ailettes de sortie, situées entre la cloison intérieure et le logement support roulement anti-friction de la turbine basse pression . Les charges sont transmises par bielles aux flaqes extérieurs de la conduite externe aux quels sont attachées les fixations arrières du réacteur. Dans cette partie, il y a six sondes de pression pour l'indicateur du taux de pression moteur (ERR) et huit thermocouple pour l'indicateur de température des gaz d'échappement .

- Puissance cinétique du jet

Théorique : $P_{Jt} = (M_a + M_c) C_p (T4 - T5)$

Réel : $P_{Jr} = (M_a + M_c) C_p (T4 - T5')$

T4 : Température entrée conduite d'échappement.

T5 : Température sortie conduite d'échappement (théorique)

T5' : Température sortie conduite d'échappement (réelle)

$$\text{Rendement tuyère} : R_{tug} = \frac{T4 - T5'}{T4 - T5}$$

$$\text{Vitesse d'éjection} : V5 = \sqrt{2C_p (T4 - T5)}$$

f- Reverses :

Ils sont destinés à créer une force freinante qui permettra de réduire la longueur de piste nécessaire lors d'un atterrissage ou après une accélération arrêt (décollage avorté). Ils sont localisés sur l'extrémité arrière de chaque réacteur pour utilisation au sol seulement. La poussée inversée est fournie par deux portes déflecteurs s'ouvrant à l'arrière, qui deviennent les gaz d'échappement vers l'avant.

Les inverseurs de poussée sont actionnés hydrauliquement suivant le type d'avion sur lequel ils se trouvent (B 727 : pneumatiques; B 727 : hydrauliques) et sont commandés et surveillés électriquement.

g- Boite d'entraînement des accessoires :

La boîte d'entraînement des accessoires moteurs supporte et entraîne plusieurs accessoires nécessaires pour le fonctionnement du réacteur. La boîte est entraînée par un « arbre à colonne » à partir du compresseur haute pression. Elle est localisée sous le réacteur. Elle est faite en magnésium et constituée de six roues dentées montées sur différents axes. L'étanchéité de ces roues est assurée par des joints **CARBONE**.

I. 1. 2. 3- Spécification du réacteur :

TYPE	Flux axial turbine à gaz turbo fan
Nombre de chambres de combustion	Neuf
Type de chambre de combustion	Chambres turbo annulaires
Type de compresseurs	A deux compresseurs, treize étages, soufflante avant, compresseur basse pression à six étages et un compresseur haute à sept étages
Type turbine	A quatre étages, utilisant un étage pour la haute pression et trois étages pour la basse pression

I. 1. 2. 4- Caractéristique du moteur JT8D :

- Pousse au décollage	7030 da N
- Pousse maximale continue	6233,88 da N
- Pousse maximale de croisière	5624 da N
- Ralenti	421,77 da N
- Longueur	3,137 M
- Température ambiante	28,9° C

- Température total à la turbine	620° C
- Taux de dilution	1,031
- Taux de compresseur du fan	1,975
- Débit d'air entrant au décollage	146,06/148,33 Kg/h
- Poids du moteur à sec	1502 Kg
- Vitesse de rotation N1 à 100%	8589 tr/mm
- Vitesse de rotation N2 à 100%	12250 tr/mm
- Vitesse de rotation maximale	182,4 %
- Température total à l'entrée turbine	1062 C°

I. 1. 3- Les différents systèmes de JT8D :

Le JT8D comprend les systèmes suivants :

I. 1. 3. 1- Système carburant :

- **But :**

Le circuit d'alimentation a pour but d'amener le carburant du réservoir jusqu'aux injecteurs avec une pression suffisante pour obtenir une bonne pulvérisation dans tous les cas de fonctionnement : ralenti, poussée maximale et altitude élevée.

Le turboréacteur est alimenté en carburant par un système comprend les organes suivants :

- La pompe carburant : aspire le carburant du réservoir, et le fournit au régulateur.
- Le filtre carburant : évite l'introduction d'impureté dans le régulateur
- Le réchauffeur carburant : sert à dégivrer le carburant .
- Le régulateur : règle le dosage du carburant à tous les régime du réacteur
- L'échangeur thermique refroidit l'huile par échauffement du carburant.
- La valve
- Les injections : 09 injecteurs pulvérisent le carburant .
- Le débit mètre : mesure la consommation spécifique du carburant

I. 1. 3. 2- Système de lubrification :

- **But :**

Le circuit d'huile des turboréacteur assure, comme dans les moteur à explosion , la lubrification et le refroidissement et le nettoyage des pièces mobiles, cependant, le problème de graissage se présente pour les réacteurs de manière différente en raison :

- a-De leurs conditions d'utilisation.
- b-Du petit nombre d'élément mobiles qu'ils comportent.
- c-De la complète absence de mouvement alternatifs.
- d-De la présence de roulements à billes ou à rouleaux qui sont avec les engrenages d'entraînement des accessoires les seuls parties délicates à lubrifier.

Le système de lubrification comprend les organes suivants :

- Un réservoir d'huile.
- Une pompe de pression : elle refoule l'huile vers le filtre, ainsi que vers le circuit de graissage du radiateur.
- Un filtre.
- Cinq pompes de récupération avec quatre chip detector.
- Un échangeur thermique : à refroidissement par carburant.
- Une valve : qui protège l'échangeur thermique contre toute surpression.
- Un circuit de récupération : ramenant l'huile au réservoir au moyen de quatre pompes.
- Le reniflard : il renvoi la vapeur d'huile par un séparateur centrifuge à l'extérieur.

I. 1. 3. 3- Système de commande moteur :

Le turboréacteur est commandé par trois commandes :

- Commande d'inverseur de poussé : permet de choisir le sens de poussée à appliquer à l'avion.
- Commande de poussé : permet d'obtenir une poussée plus ou moins forte en agissant sur le régulateur de carburant.
- Commande de démarrage : permet la mise en marche, ou l'arrêt du réacteur.

I. 1. 3. 4- Système de démarrage :

Le démarrage du turboréacteur utilise l'air à basse pression fournie au démarreur pneumatique à travers la vanne de démarrage, il entraîne la turbine, cette dernière entraîne le compresseur à haute pression.

Trois possibilités existent pour l'alimentation du démarreur :

- Par l'air soutire de l'APU
- Par l'air soutire d'un groupe au sol.
- Par l'air soutire du réacteur opposé lorsqu'il est en fonctionnement.

I. 2- Généralités sur le CFM 56-7B :

I. 2. 1- Historique du moteur CFM56-7 :

Avec 50% de la part de marché cumulée durant les cinq dernières années, la famille CFM56 confirme en 1999 sa place N°1 à l'échelle mondiale pour les avions plus de 100 places. Dans le cadre de leur filiale commune, CFMI International, SNECMA et GENERAL ELECTRIC conçoivent, fabriquent et commercialisent les moteurs CFM56. Pour préparer l'avenir et satisfaire le futur besoin du marché, Les deux partenaires se sont engagés dans un important programme de développement technologique: TECH 56. Par ailleurs, SNECMA poursuit le développement de son activité dans le domaine des moteurs de forte poussée.

Dans le monde, volent quotidiennement 4000 avions équipés de CFM56, ils effectuent un décollage toutes les cinq secondes. Les CFM56, moteurs à vocation civil, équipent les AIR-Bus de la famille A 320, A 340 et différentes versions de Boeing 737. Dans le domaine de l'aviation commerciale, CFMI motorise aujourd'hui les avions d'environ 300 opérateurs. Cependant, le CFM56 présente de nombreuses applications militaires: USP Air force et l'Air français équipant les avions BOEING K-135 ET BOEING E 6-A wocs.

Avec 1080 CFM 56 produits, 1999 est une année record 25 ans après la création du CFMI, c'est également l'année de la livraison du 10 000^{ème} CFM 56. Enfin, le niveau de prise de commande est resté soutenu avec 986 unités tous modèles confondus l'année a été favorable aux ventes de quadriréacteurs A340-300 équipé de CFM 56-5 avec 31 avions commandés.

En 1997, après un premier record du monde de longévité sous l'aile sans dépose en catégorie « cyclage élevé » à 30 317 heures, CFMI a repoussé deux reprises la marque en 1999. Tout d'abord chez HAPAG-LIOD puis chez SUN EXPRESS à 32 000 heures à chaque fois avec des moteurs CFM 56-3.

De nouvelles applications pour les moteurs CFM ont vu le jour. Par sa commande de 15 avions (à 10 options), Air France est devenu client de lancement de l'air bus A318 équipé de CFM56-5B. Ce moteur est le seul à propulser l'ensemble de sa famille A320.

Le CFM567b a trouvé une nouvelle application sur le B 737 Wedgetail, avion de surveillance électronique commandé par l'armée de l'air australienne. Dans le domaine de l'environnement, la nouvelle technologie de chambre de combustion à double tête DAC (double annular combustor), qui permet une réduction importante des émissions polluantes d'oxyde d'azote, a été adaptée par Lauda Air pour ses 737 NG.

Elle est proposée en optant pour le CFM56-5B et 7B et équipe déjà entre autre les avions de suissair, Austrian Airlines et SAS.

I. 2. 2- Description du réacteur CFM 56-7B :

I. 2. 2. 1- Introduction :

Le CFM56.7B est un turbofan de conception modulaire , à aux de dilution élevée constitué de trois modules principaux.

- Module fan : - La soufflante
- Compresseur BP (LPC)
- Module CORE : - Compresseur HP (LPC)
- Chambre de combustion

- Module LPT : - Turbine HP (HPT)
- Turbine BP (LPT)

- Commande des Accessoires .

La soufflante, le rotor LPC et rotor LPT sont sur le même arbre basse pression (N1).
Le rotor HPC et le rotor HPT sont également sur l'arbre haute pression (N2).

I. 2. 2. 2- les modules principaux du moteur CFM 56-7B :

a - Module Fan :

- **La soufflante :**

La soufflante est composée de 24 ailettes, elle est entraînée par le LPT

- **Compresseur basse pression :**

C'est un compresseur à trois étages, il est entraîné également par le LPT. Il dispose à sa sortie 12 vannes de charge (VBV) qui permettent d'évacuer dans le canal de flux secondaire l'excès d'air que fournit éventuellement dans certaines conditions le LPC, évitant ainsi le pompage de ce dernier.

La soufflante et le compresseur basse pression forment un compresseur à 4 étages le fan accéléré la vitesses de l'air , un splitter divisé cet air en deux parties : l'air primaire et l'air secondaire.

L'écoulement primaire va au niveau du coure de l'engin après avoir été entraîné par le HPC pour augmenter sa pression et l'envoyer vers le HPC. Le secondaire entre dans les approvisionnements de conduits du fan (tuyère de fan) , ce dernier fournit approximativement 80% de la pendant le démarrage.

b- Module core :

- **Compresseur haute pression :**

C'est un compresseur axial constitué de neuf étages , il augmente la pression de l'air provenant du compresseur basse pression et l'envoi vers la chambre de combustion. Les trois premier étages comportent des aubes statorique à callage variable (VSV) et constitues le dispositif anti-pompage HP.

- **Chambre de combustion :**

La chambre de combustion est de type annulaire comportant 20 injecteurs et deux bougie d'allumage . A ce niveau l'air provenant du compresseur haute pression est mélangée avec du carburant vaporisé des injecteurs, Ce mélange fait brûlé et génère des gaz chaud qui de dirige vers la HPT.

c- Module LPT :

- **Turbine haute pression :**

C'est un module à un seul étage .Elle effectue la transformation de l'énergie des gaz chaud en énergie mécanique pour entraîner le HPC et la commande des accessoires. L'ensemble HPT-HPC est appelé « attelage HP », (N2) .

Cet attelage tourne dans le sens horaire, il est supporté par trois roulement 3B,3R,3R (à billes, à rouleaux, à rouleaux).

- **Turbine basse pression :**

C'est une turbine à quatre étages. Elle transforme l'énergie des gaz chauds en énergie mécanique qui sert pour entrainer la soufflante et le LPC.Lensemble LPT-LPC est appelé (attelage BP(N1))

Cet attelage tourne dans le sens horaire , il est supporté par le roulement 5R (à rouleaux).

d- Commande des accessoires (GEAR. BOX) :

Elle est composé de :

- Boîtier du dispositif d'admission (JGB)
- Arbre d'entraînement radial (RDS).
- Boîtier de renvois horizontal (HDS).
- Boîtier de commande des accessoires (AGB).
- L'Axe N2 entraîne l'AGB par ces axe et boite de vitesse :
- JGB.
- RDS.
- TGB.
- HDS.

L'AGB tient et actionne les accessoires d'avion et du moteur

1.2.2.3 – Les composants du moteur :

a- Entrée d'air :

L'entrée d'air convertit l'énergie cinétique de l'air entrant en énergie de pression de pression, lorsque l'avion avance, l'air pénètre par ce conduit .

Qualités requises :

Ne doit pas affecter les performances le l'avion doit diriger l'air uniformément vers le compresseur fournir l'air requis au compresseur

b- Compresseur :

Le compresseur sert à fournir la quantité maximale d'air sous pression qui puisse être chauffé dans l'espace limité de la chambre de combustion. Le compresseur est axial composé d'un disque entouré d'ailettes (blades). En tournant , les ailettes aspirent à l'air.

Un aspirateur ménager fonctionne de la même manière . Le compresseur devra également fournir une quantité d'air suffisante pour refroidir les parties les plus chaudes du moteur. Pressuriser les joints d'étanchéité. Les servitudes de l'avion (dégivrage, pressurisation ...)

c- La chambre de combustion :

la chambre de combustion sert à transformer l'énergie chimique du carburant en énergie calorifique. Une fois que l'air est bien comprimé, il est dirigé dans la chambre de combustion. Plus il y a d'air et plus on peut y injecter du carburant. Le mélange air-carburant s'enflamme et produit une très grande poussée.

d- La turbine :

La turbine transforme l'énergie cinétique et thermique des gaz en énergies mécaniques, la turbine est reliée au compresseur, lorsque la turbine tourne à cause des gaz d'échappement qui frappent ses ailettes, le compresseur tourne également afin de compresser de l'air, le rôle principal de la turbine est donc de faire tourner le compresseur.

e- La tuyère :

La tuyère convertit la pression des gaz en énergie cinétique. Le début du canal d'échappement est d'avoir la forme requise afin que la pression des gaz à la sortie du moteur soit la plus faible possible et que ces gaz évacuent l'engin le plus rapidement possible au dix-huitième siècle, le scientifique suisse DANIEL BERNOULLI a découvert que le plus un fluide se déplace rapidement, plus sa pression diminue. Le canal d'admission et d'échappement sont fabriqués selon cette loi. Si l'on considère que l'air pénètre à débit constant dans le diffuseur (entrée d'air), sa vitesse va diminuer puisqu'il y a plus d'espace à la fin de la section. De ce fait, la pression augmente, favorisant la compression. Au contraire, dans la tuyère (sortie du réacteur), sa vitesse va augmenter puisque l'espace est fait cette pression jumelée à la

haute pression de la chambre de combustion qui crée la poussée du réacteur. C'est comme si quelqu'un pousse avec sa main à l'intérieur de la chambre de combustion afin de faire avancer l'engin.

I. 2. 2. 4- Caractéristique du moteur CFM 56-7B :

- Modèle	CFM 56-7b
- Poussée	1800 à 27300 Pounds
- Diamètre du fan	61 Inch (1.55 mètres)
- Poids du moteur à vide	5257 Pounds (2358 Kg)
- Masse de la nacelle complète (moteur + capot)	3300 Kg
- Longueur	2,5 mètres
- Mach	0,8
- N1 masc	5380 HPM (104%)
- N2 masc	15183 RPM (105%)
- Taux de compression	32
- Débit d'air décollage	385 Kg/h
- Vitesse moyenne d'éjection Des gaz (décollage)	295 m/s
- Consommation spécifique	0,59 à 35 Kft c.à.d 0,59 Kg de carburant pour Kgf de poussée par heure.
- Taux de dilution	5,6
- Générateur électrique	90 Kva
- Hydraulique	3000 Psi et 390 à 440 f degrés
- Limité de démarrage de l'EGT	725 C°
- EGT masc	950 C°

I. 2. 3 – Les différents systèmes du CFM 56-7B :

I.2.3.1- Système carburant :

Le système carburant assure :

- L'alimentation du circuit hydraulique des dispositifs anti-pompage, vanne de décharge et stator à callage variable.
- L'alimentation des injecteurs de la chambre de combustion.
- L'alimentation des circuits hydrauliques d'asservissement et de contrôle du régulateur principale de carburant (HMC).
- Le refroidissement d'huile de graissage réacteur.
- Le refroidissement d'huile de graissage de l'alternateur (IDG).
- L'alimentation des circuits hydrauliques de commandes des vannes de refroidissement des carters turbines, haute et basse pression.

- Les compositions du circuit carburant :

Le circuit carburant comprend :

- Une pompe carburant à haute pression.

- Un échangeur thermique principale (carburant / huile) réacteur.
- Un filtre principale carburant (HMU).
- Un échangeur thermique secondaire (carburant / huile) de l'alternateur (IDG).
- Un serve fuel hester.
- Une rampe d'injecteur carburant.
- Vingt (20) injecteur de carburant.

I.2.3.2- Système de démarrage :

Le système de démarrage réacteur utilise la pression du circuit de génération pneumatique de bord qui peut-être alimenté par :

- L' APU
 - L'un des réacteurs sur avion déjà en fonctionnement.
 - Un ou deux groupes de parc pneumatique (pression comprise entre 25 et 55 PSI).
- Le réacteur est équipé d'un démarreur pneumatique à turbine qui entraîne l'attelage pression, l'alimentation du démarreur pneumatique est commandée par une vanne électro-pneumatique.

I.2.3.3- Système de graissage :

Le système de graissage assure :

- La lubrification par gicleurs de tous les roulements, pignons comme leurs du recteur du réacteur et des boîtiers de transmission.
- Le refroidissement des puisards et des boîtiers de transmission.
- Le drainage des impuretés vers les filtres.
- Le réchauffage du carburant.

L'huile de lubrification utiliser pour le réacteur est(mobil jet oil) , cet huile doit répondre aux exigences suivantes :

- Pouvoir de lubrification élevé.
- Viscosité constante.
- Point d'éclair élevé.
- Point de congélation bas.
- Peu moussante.

- Compositions du circuit de graissage :

Le système de graissage comprend :

- Un réservoir.
- Une pompe de pression d'huile.
- Cinq (05) pompes de récupération d'huile.
- Six (06) filtres à l'entrée des pompes de pression et de récupération.
- Un clapet d'isolement.
- Des bouchons magnétiques.

a- Réservoir :

Le réservoir d'huile à une capacité de 23 à 26 quarts. C'est un réservoir en aluminium Protégé par une enveloppe protectrice anti-feu . Il comprend les éléments suivants :

- Un bouchon de remplissage sous pression.
- Un transmetteur de quantité d'huile.
- Une jauge d'indication de quantité d'huile (Visuel).
- Visse de drainage.
- Remplissage par gravité.

Le réservoir positionné à 3h dans la partie arrière du chasser fan.

On trouve aussi sur la partie supérieur du réservoir le séparateur d'huile qui enlève l'air Continu.

b- Les pompes :

Les pompes hydrauliques sont des appareils conçus pour transformer l'énergie mécanique En énergie hydrauliques elles sont constituées de :

- Une pompe de pression d'huile.
- Cinq (05) pompes de récupération d'huile.

CHAPTER II

II- Circuits d'air du moteurs JT8D et CFM 56- 7B :

II.1-Circuit d'air du moteur JT8D :

II. 1.1- Introduction : (Voir figurell.1)

Dans ce chapitre nous avons parlé du rôle du réacteur en tant que générateur de poussée entre autre son rôle est de fournir de l'air, par soutirage sans pour autant atténuer les performances du réacteur pour les différentes utilisations qui sont :

- Refroidissement.
- Dégivrage.
- Conditionnement d'air.
- Pressurisation.

II.1.2- Dégivrage moteur et la prise d'air : (Voir figure II. 2)

II.1.2.1 - Généralité :

La prise d'air a pour but de guider l'air d'alimentation du moteur vers l'entrée de celui ci avec minimum de perte d'énergie. En vol, elle est destinée a augmenter la pression à l'entrée du compresseur . L'air chaud est soutiré à partir du 13^{ème} étage du compresseur de part, et d'autre du moteur, il est amené par une seule ligne à droite du moteur.

La ligne est équipé d'une shut-off valve électrique avec une restriction variable en vol : cette restriction est dosée le débit d'air soutiré en fonction de la température de sortie du compresseur.

L'air est ensuite dirigé vers une chambre de mélange située à la partie inférieure de la prise d'air. Cette chambre contient un injecteur aspirant de l'air froid ambiant et le mélange à l'air de soutirage. Cette disposition évite la surchauffe de la prise d'air.

Le mélange est amené dans un collecteur entourant l'avant de la prise d'air et est dirigé le long du bord d'attaque à travers une série d'orifices dans ce collecteur.

L'air circule ensuite est entre dans la double paroi de la prise d'air en suite est refoulé vers l'extérieur par une ouverture dans le fond. La shut-off vanne et sa restriction sont placées à l'avant droite du moteur (position 4 h).

La restriction variable comprend deux disques dont l'un est fixe, l'autre est mobile commandé par un bimétal en fonction de la température de l'air soutiré . Ce disque peut se déplacer d'environ 30° pour moduler le débit d'air soutiré en masquant les orifices de passage.

Le régulateur commence à se fermer à partir de 255°C et atteint la position closed stop à 360°C (débit minimum) . il est équipé d'un indicateur de position pleine ouverture comprenant une pin maintenue par un ressort . Lorsque le régulateur est bloqué en position pleine ouverture, le disque mobile est en contact avec la pin et celle-ci ne peut être enfoncée. Si le régulateur fonctionne correctement la pin doit à tout moment pouvoir être enfoncée si la température est supérieure à 255°C.

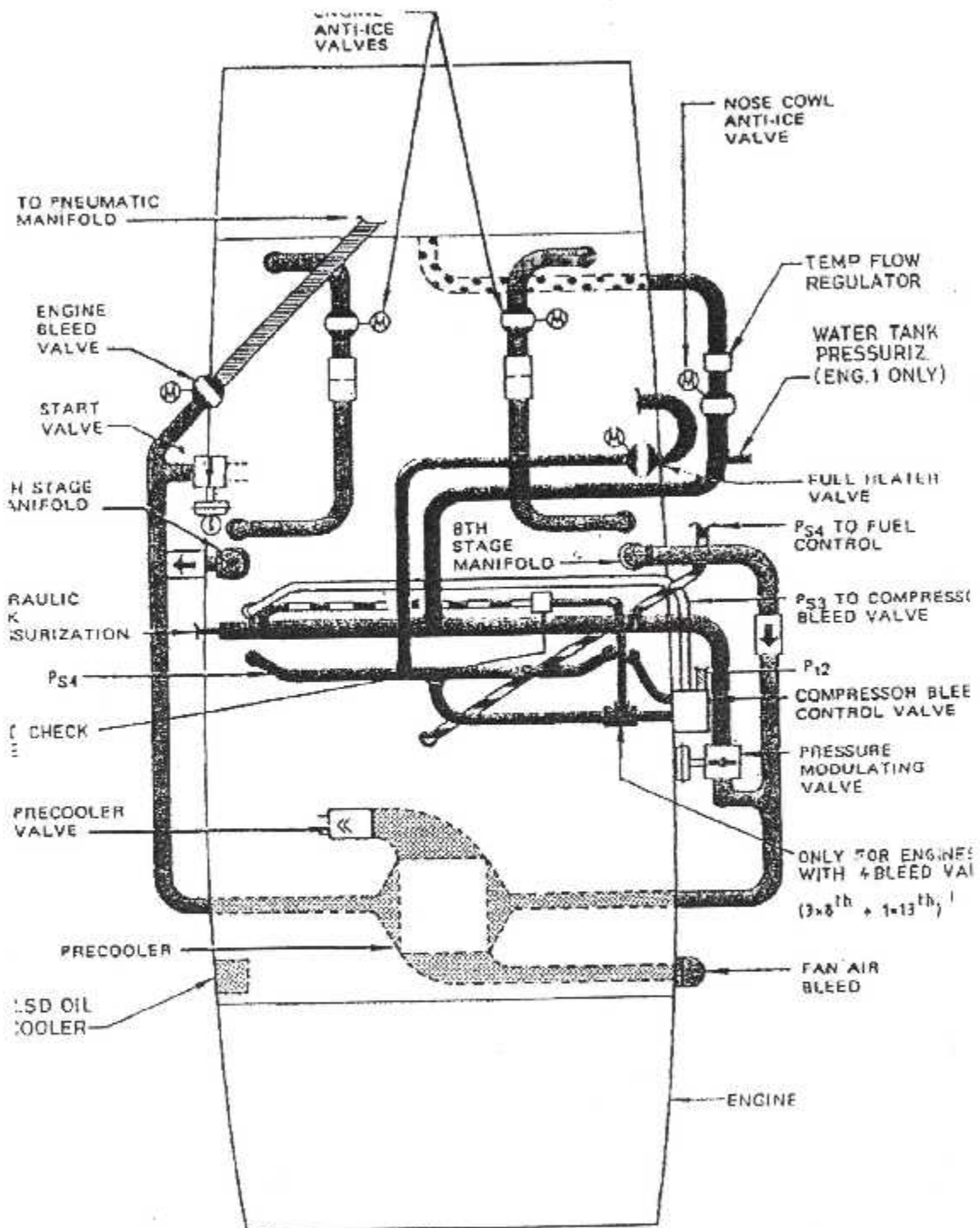


Fig.(II.1) DESCRIPTION GENERAL DU SYSTEME DE PRELEVEMENT D'AIR MOTEUR

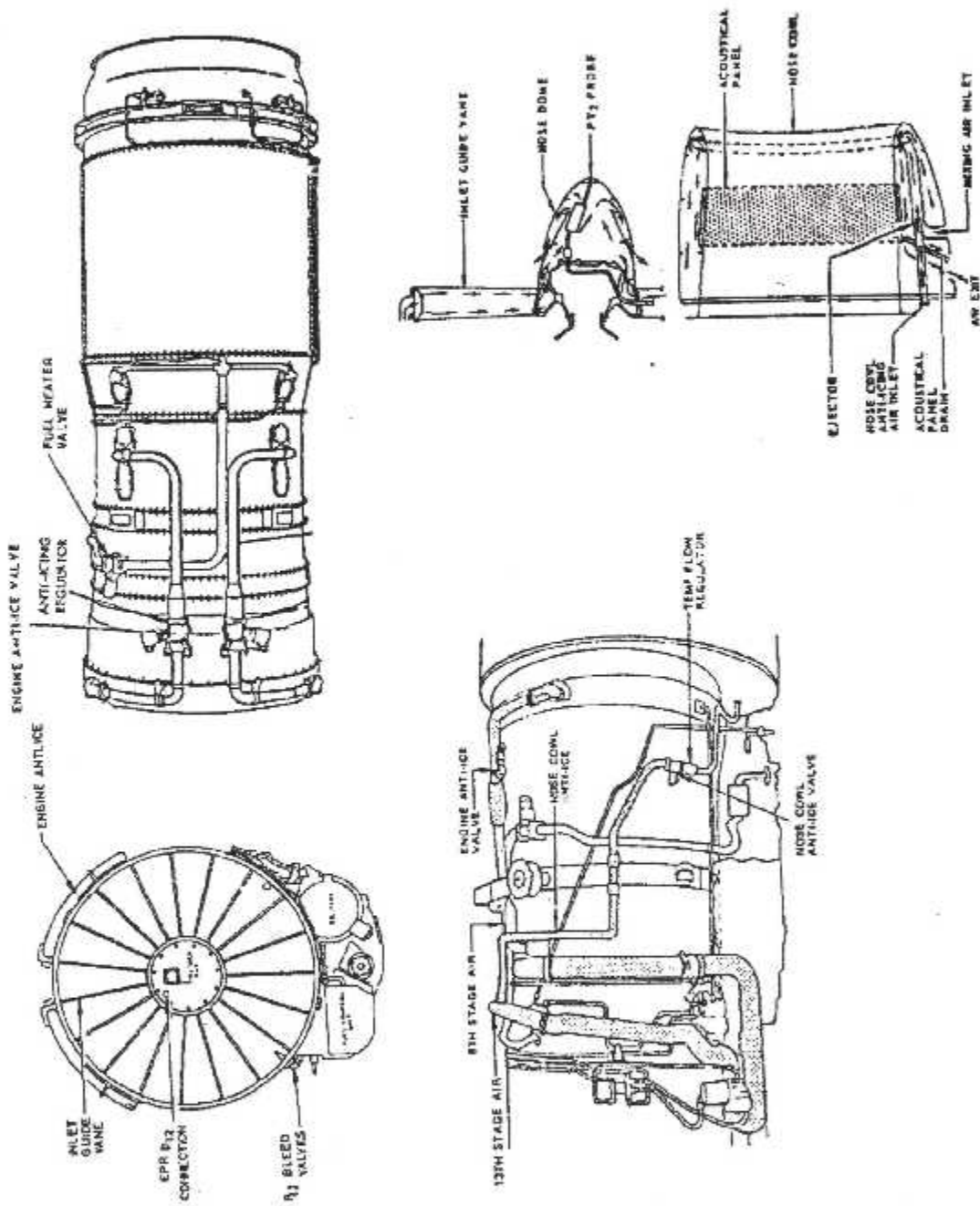


FIG (II.2) DEGIVRAGE DU MOTEUR JT8D

II.1.2.2- Dégivrage du moteur :

Le moteur est dégivré par l'air chaud soutiré à partir du 8^{ème} étage du compresseur. Le système est identique pour les moteurs, l'air est amené intérieurement de l'étage 8 à un collecteur à l'arrière du compresseur d'où il est soutiré de part et d'autre part du moteur (approximativement à 45° au dessus du plan de symétrie horizontale du moteur).

Les deux lignes de dégivrage aboutissent à l'avant du moteur . chaque ligne est équipé d'une vanne anti-givrage moteur précédée d'une restriction fixe limitant le soutirage d'air.

L'air de dégivrage traverse les inter guides vanne creuses et est collecté dans le support du roulement -1, il s'écoule le nœse dôme, circule entre la double paroi de ce dernier et retourne à l'entrée du moteur à travers des orifices à l'arrière du dôme.

II.1.2.3- Dégivrage de la prise de pression Pt₂ :

Comme la prise de pression Pt₂ de l'indication EPR est située à l'intérieur du nœse dôme, elle est dégivrée par l'air dégivrage de ce dernier.

II.1.2.4- Dôme d'entrée :

Un dôme conique est monté par goujons et écrous sur le couvercle à l'avant du moteur. Il est destiné à guider l'écoulement.

Le dôme couvre la génératrice tachymétrique N₁ et une prise de pression Pt₂ à l'avant. Le nœse dôme est garni extérieurement de panneaux. Il est à double paroi et est dégivré par le circuit de dégivrage du moteur .

- Le fonctionnement du dégivrage :

Dans les conditions de givre la sonde Pt₂ dans le dôme avant se bouche par la glace. La pression de l'air retenue entre le dôme et le transmetteur de taux de pression dure du réacteur est alors ventilé vers le dôme avant, réduisant ainsi le signal Pt₂ causant la hausse de l'indication du taux de pression du réacteur. En

plaçant de switch dégivrage du réacteur sur la position marche, on assure l'ouverture de trois valves de dégivrage. L'air de soutirage du réacteur du 8^{ème} étage de compresseur coule à travers des réstricteurs, les valves de dégivrage réacteur droite et gauche et entre ensuite dans le carter entrée compresseur.

Il circule alors à travers les ondes distributrices à l'entrée creuses et le dôme avant d'où il est renvoyé à nouveau vers le réacteur.

L'air de soutirage du réacteur du 13^{ème} étage du compresseur BP, coule à travers la valve de dégivrage carter d'entrée du réacteur, valve régulatrice ,Thermostatique, il est déchargée en suite à travers l'injecteur , mélangé à l'air de soutirage du 13^{ème} étage, et se dissipe ensuite dans le capotage du bord d'attaque à travers un tube perfore.

L'aire est alors déchargé à l'extérieur à travers un orifice dans le carter d'entrée du réacteur.

II.1.2.5. Commande :

Les trois shut off valves sont commandées simultanément par un switch par moteur .

Les deux interrupteurs dégivrage moteur sont situés sur le module P5-11 et sont à deux positions :

- Etiquettes valve open
- Trois étiquettes bleues (cowl, RH,LH) sont placées au dessus de chaque switch. Elles sont alimentées à travers un circuit imprimé (printed circuit cards) .

A1 Moteur 1et A2moteur 2) par moteur.

Ces circuits sont placés derrières le module P5-11

Les trois circuit d'un même sont sur une carte.

- Lorsque le switch de commande est off et les valves fermées, les étiquettes sont éteintes.
- Si le switch est ON et les valves en transit, les étiquettes sont allumées fortement (Bright).
- Par contre si le switch est ON et les valves complètement ouvertes , elles sont allumées faiblement .
- Les étiquettes sont également allumées fortement lorsque la position des valves ne correspond pas à celle de switch.

Switch	Valve	light
OFF	Closed	OFF
OFF	Transit	Bright
ON	Closed	Bright
OFF	Transit	Bright
ON	Open	Bright
ON	Open	Dim

- Fonctionnement :

Lorsque l'engin (interrupteur de dégivrage moteur) est mis en :

ON : L'enroulement OPEN de chaque valve est alimentée et les valve s'ouvrent ; lorsque les valves sont complètement ouverte l'alimentation est coupée par leur contact fin de course

- Trois transistors (A ,B et C) du circuit imprimée reçoivent en permanence du 28VDC sur leur collecteur.

- Avec le switch ON la valve correspondante est les transits

Les transistors B et C enclenchent (à travers les diodes zener E et F), ce qui rend les transistors A et D passant et l'étiquette trouve une masse directement à travers A et D ce qui l'allume fortement .

- Lorsque la valve est complètement ouverte, ses contacts fin de course s'inversent , ce qui coupe la diode E et par conséquent les transistors B et A , l'étiquette trouve une masse par le transistor D et la diode zener G qui assure la mise en veilleuse.

OFF : L' enroulement CLOSE des valves est alimentée et celles-ci se referment .

- Pendant leur transit les étiquettes sont alimentées de la même façon que ci-dessus.
- Quand les valves sont complètement fermées, le transistor C n'est plus passant ce qui coupe D et A et l'étiquette correspondante s'éteint.

II.1.2.6-Alimentation électrique : (Voir figure II.3)

- Les valves sont alimentées en 115 AV Ø C par le XFER BUS 1 (moteur 1) ou 2 (moteur 2).
- Les étiquettes et leurs circuits imprimés reçoivent du 28 VDC de la BUS1(moteur 1) ou 2 (moteur 2) .
- Les break ers sont sur P18-3 .

II.1.3- ALIMENTATION DU RECHAUFFEUR CARBURANT :

II.1.3.1- Description et fonctionnement : (Voir figure II. 4)

Le réchauffeur carburant est un échangeur de chaleur air carburant alimenté en air chaud soutiré à l'arrière du compresseur N2 (étage 13), il est constitué d'un noyau central à tubes multiples dans lesquels passe le bleed air, tandis que le carburant circule autour des tubes .

Le bleed air s'échappe à l'atmosphère à travers le capot gauche.

Le réchauffeur est situé entre les deux étages de la pompe carburant, il est monté à côté des régulateur. Une by pass tarée à 15-20 PSI permet de contourner le réchauffeur en cas de colmatage.

Cette valve est à l'intérieur du réchauffeur. Quand il y'a formation de givre du filtre carburant se qui entraîne une pression différentielle entre l'entrée et la sortie du filtre pour une valeur de 4,4 à 5,8 PSI l'interruption de pression différentielle du filtre carburant allume un voyant ambre au niveau de poste de pilotage.

Le pilote met alors l'interrupteur de la valve de réchauffage carburant, cette valve s'ouvre laissant le passage d'air du 13^{ème} étage qui va aller vers le réchauffage carburant .

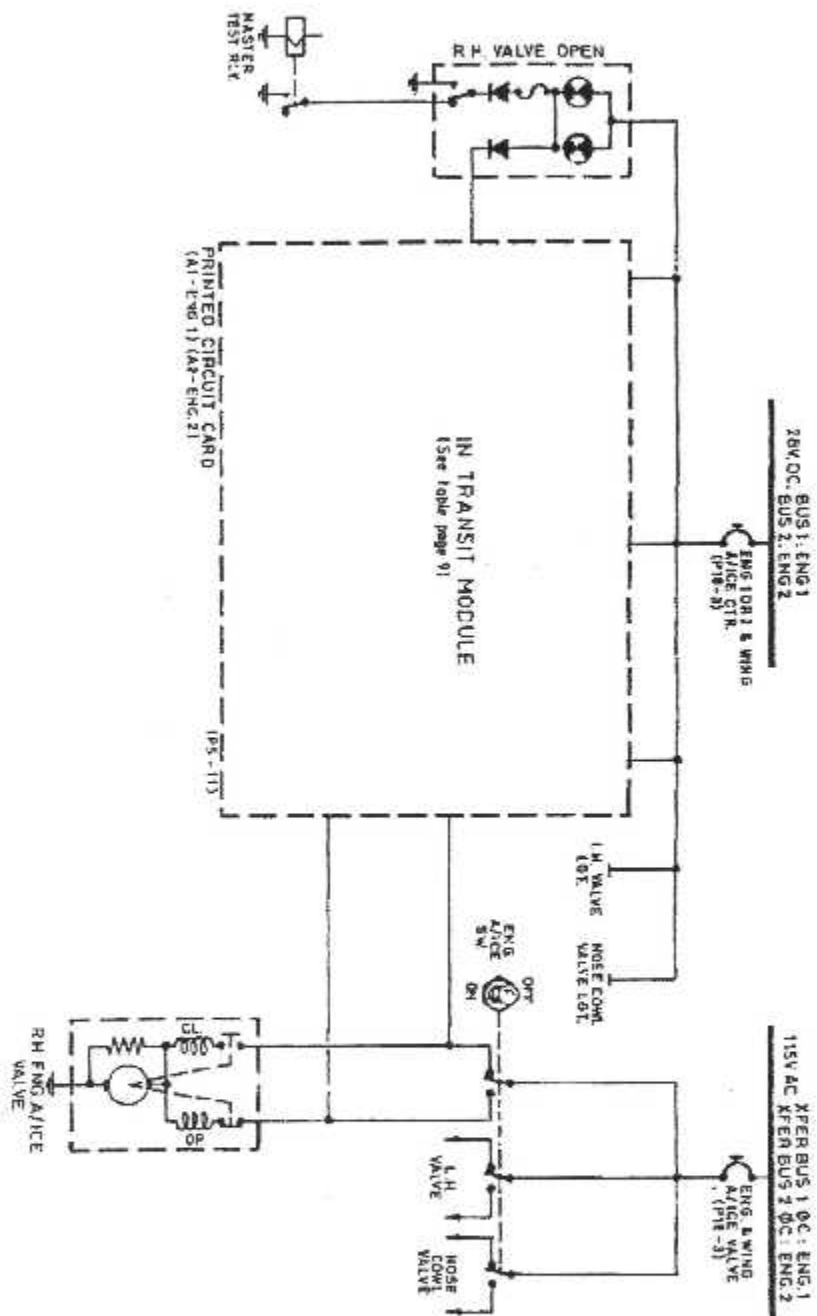
Le cycle de fonctionnement du réchauffeur carburant est de :

1min en marche, 30 min à l'arrêt .

II.1.3.2- La valve de réchauffeur carburant :

L'air de soutirage est admis dans le réchauffeur carburant à travers une SHUT-off valve (valve à papillon entraînée par un moteur électrique) situé à la partie supérieur et à droite du moteur .

Fig.(II.3) ALIMENTATION ELECTRIQUE DU COMMANDES DE SYSTEME DE DEGIVRAGE MOTEUR



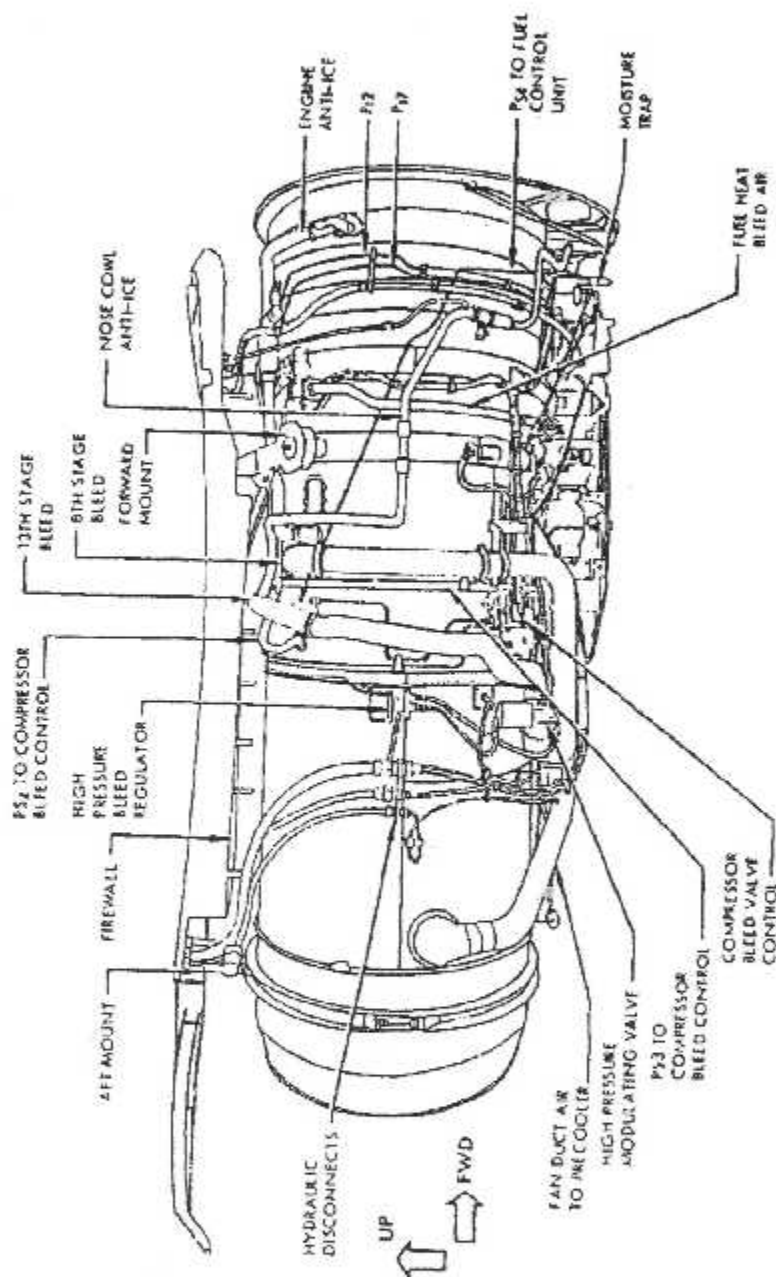


FIG. (II.4) ALIMENTATION DU RECHAUFFEUR CARBURANT

II.1.4- Dégivrage des ailes :

But :

Eviter la formation du givre au niveau des bords d'attaque des ailes afin de maintenir la forme aérodynamique de l'aile.

L'air chaud est pris au système pneumatique de l'avion pour assurer le dégivrage des trois bords de bord d'attaque de chaque aile.

L'alimentation en air se fait à travers une vanne de commande dégivrage aile .

Le circuit n'est normalement utilisable qu'en vol , néanmoins l'essai du système est possible tant que au sol qu'au vol.

Dans le premier cas et protégé contre la surchauffe par deux switch de surchauffe sol.

Le circuit pneumatique peut être alimenté en air par :

- Un soutirage aux moteurs (8^{ème} ou 13^{ème} étage).
- L.A.P.U.
- Un groupe de sol pneumatique .

Un conduits de dégivrage est logé dans le bord d'attaque de chaque aile, depuis la nacelle moteur jusqu'à l'extrémité de l'aile.

Les conduits de dégivrage sont raccordés à la conduite pneumatique par leur vanne de contrôle .

Ils sont également connectés à leurs slats par un ensemble de tubes télescopiques qui permettent le déplacement du slat .

L'étanchéité entre les deux tubes télescopiques est réalisée par un joint . Le tube interne est raccordé à la conduite de dégivrage par un raccord basculant en T qui permet la rotation du tube autour du conduit de dégivrage .Deux joints assurent l'étanchéité .

Le télescopique externe est raccordé a un tuyau de dispersion logé dans le slat correspondant également par un raccord en T basculant .

Le tuyau de dispersion s'étend sur toute le longueur du slat . un support logé au niveau du bord d'attaque du slat supporte le conduit ainsi que le télescope.

Ce support empêche toute fuite d'air par la découpe destinée à laisser passer le télescopique à travers le stat poutre.

Des orifices à l'avant du tuyau de dispersion dirigent l'air chaut autour du bord d'attaque du slats .

L'air circule ensuite entre la tôle et la semelle supérieure du slot poutre et s'échappe ensuite à l'atmosphère par le multiples orifices dans la paroi antérieure du slats.

II.1.4.1- Vanne de commande de dégivrage des ailes :

une vanne de contrôle antigivrante est placée dans le bord d'attaque de chaque aile. Du coté extérieur de l'entretoise, elles raccordent la conduite de dégivrage au conduite pneumatique.

Chaque ensemble comprend :

- Une vanne papillon entraînée par un moteur électrique (115 VAC).
- Un indicateur de position.
- Des contacts fin de course limitant le couple fournit.
- Des contacts fin de course destines à alimenter une étiquette au cockpit.

- Le temps de déplacement des vanne et de une à trois secondes .
- Les vannes sont accessibles après enlèvement d'un panneaux en nid d'abeille placé en dessous du bord d'attaque.

II.1.4.2- Switch de surchauffe sol :

Un switch de surchauffe du type bimétallique est placée à coté de chaque vanne de contrôle, En aval de celle ci. Ces switchs sont destinés à fermer les vannes lorsque la température de l'essai de systèmes au sol . En vol ces n'interviennent pas car la température du soutirage d'air en aval des vannes de contrôle ne dépasse jamais 33°C.

Les switchs sont accessibles de la même façon que leur vannes.

II.1. 5- système anti-pompage :

II.1.5.1- Définition du pompage :

Un pompage est un écoulement inverse de l'air causé par un décrochage de l'air au niveau des ailettes provoqué par un bourrage d'air au niveau du compresseur

II.1.5.2-Causes du pompage :

a- Circuit amont :

La perturbation de l'écoulement d'air provoquera un décrochage aérodynamique sur les ondes du compresseur et par conséquent, une baisse de P_2 entraînera le pompage .Toute détérioration ou défectuosité de l'entrée d'air et du compresseur peut donc conduire au pompage .IL peut aussi se produire un phénomène identique lorsque la vitesse du son est atteinte en un point quelconque du compresseur.

b-- Circuit aval :

Lorsque la pression du circuit aval trop grande on augmente trop brusquement. Il peut y avoir le pompage.

On peut citer comme causes principales, la modification trop brusque du régime, défectuosité ou détérioration de la chambre de combustion, de la turbine ou du dispositif d'échappement .

Pour éviter le pompage on ouvre les vannes de décharge pour évacuer sur le plus d'air vers l'extérieur à travers le conduit d'échappement fan, l'ouverture des vannes de décharge se fait entre 43% et 51% de la vitesse du compresseur BP les vannes de décharge contiennent un piston libre qui se déplace à l'intérieur.

Quand le moteur est en marche, la position du piston est contrôlé par la position d'air qui pousse contre le piston. Si l'air de la P_{s4} n'est pas envoyé vers les vannes de décharge, l'air du compresseur pousse le piston d'ouverture.

Ceci permet à l'aide du compresseur **HP** d'aller rejoindre le flux d'air dans le fan directement. Quand l'air du P_{s4} est envoyé par le **PRBC** vers les vannes de décharge, il pousse le piston vers la position fermée, ceci empêche l'air du compresseur **HP** d'aller vers le flux secondaire.

Au démarrage la P_{s3} est inférieure à la pression du ressort et de P_{t2} ce qui ouvre les vannes de décharge car dans ce cas le muscle valve du **PRBC** est fermé à l'air de la P_{s4} (pas P de passage vers les vannes de décharge) . A l'accélération le P_{s3} augmente et devient supérieur à la pression du ressort et de la P_{t2} . Ce qui ferme les vannes de décharge dans ce cas le muscle- valve est fermé , donc l'air de la P_{s4} passe vers les vannes de décharge (fermeture). contact des volves Au et des parois de leur cylindre.

II.1.5.3- REMEDES :

Le système anti-pompage , se présenter sous trois versions différentes :

a-Version 1 :

Il s'agit ici de la version de base .Cette version est composée :

- de deux bleed valves du type flottant à deux positions (open et closed) au 13^{ème} étage.

Elles se situent à l'arrière du diffuseur case chassis (position 4 et 7H).

Lorsque les valve sont ouverte ,elles refoulent l'air dans la section d'échappement du fan.

Elles ne sont pas visibles de l'extérieur.

- d'un actuator pneumatique ,présure ration bleed contrôle (**PRBC**) situé à la partie inférieure et à droite du moteur (sur la section diffuseur de l'échappement du fan).

b- Version 2 :

Après l'application du **P** et **W** service bulletin N° 4597 le système anti-pompage se présente comme suit :

- deux bleed valves à deux positions , à hauteur du 13^{ème} étage.

- une bleed valves (du même type) à hauteur du 8^{ème} étage.

Cette bleed valve supplémentaire amélioré les caractéristique d'accélération du moteur aux régimes intermédiaires.

- un actuator pneumatique (**PRBC**) du même type que dans la version 1 .

c- Version 3 :

L'application du service bulletin N° 5425 modifie le système de la façon suivante :

- **Trois** bleed valves à deux positions à hauteur du 8^{ème} étage .

- Une valve du même type à hauteur du 13^{ème} étage .

- Une start check valve qui commande la bleed valve du 13^{ème} étage.

- Un actuator pneumatique(**PRBC**) du même type que les deux précédentes, qui commande les trois bleed valves du 8^{ème} étage.

- La bleed valve du 13^{ème} étage évite le pompage pendant la phase de démarrage du moteur . En régime elle est donc toujours fermée.
- La transformation du système vers la version 3 permet également une économie de carburant de ± 23 KG par vol et par moteur .

II.1.5.4 -Vérin (actuator PRBC) : (Voir figure II. 5)

Il comprend :

- Un diaphragme soumis à la pression différentielle $P'_{s3} - P_{t2}$.
- Deux tiroirs positionnés par le diaphragme et admettent la pression de sortie du compresseur N2 (P_{s4}) sur l'une ou l'autre face d'un tiroir.
- Un tiroir dirigeant une pression de commande vers les vannes de soutirage .

La pression P_{s3} est soutirée à la sortie du compresseur N1 (pression P_{s3}) à travers une restriction ($P'_{s3} = P_s - \text{perte de charge}$) tandis que la pression P_{t2} est prise à l'avant du moteur dans l'inter case.

La différence $P'_{s3} - P_{t2}$ est donc proportionnelle au rapport de compression P_{s3} / P_{t2} du compresseur N1 .

La pression P_{s4} est prise au carter diffuseur tandis que le signal de pression peut être soit la pression ambiante (prise dans la nacelle moteur , sur l'actuator) , soit la pression P_{s4} .

- **Fonctionnement :** (Voir figure II. 6)

a- Moteur a l'arrêt :

Lorsque le moteur est à l'arrêt , le ressort du diaphragme maintient les pilot valves dans la position ouverture tandis que le tiroir admet la pression ambiante aux bleed valves .

Les bleed valves peuvent être ouvertes ou fermées , suivant l'importance relative de leur propre poids et de la force de frottement qui existe au contact des valves et des parois de leur cylindre .

b- Mise en marche du moteur :

A la mise en marche du moteur, la pression P'_{s3} , est insuffisante pour vaincre la pression P_{t2} et le ressort qui agissant sur le diaphragme, l'actuator conserve donc sa position statique.

Les bleed valves s'ouvrent ou restent ouvertes car elles sont soumises extérieurement à la pression ambiante (obtenue à travers le tiroir de l'actuator) et intérieurement à la pression de refoulement plus élevée du N2.

c- Fermeture des valves :

Aux régimes élevés, la pression P_{s3} agissant sur le diaphragme devient suffisante pour vaincre la pression d'entrée P_{t2} et le ressort.

Le déplacement du diaphragme inverse le tiroir qui transfèrent la pression P_{s4} sur la face supérieure du territoire de l'actuator. Ceci permet d'admettre la pression P_{s4} aux bleed valves.

Comme cette pression agit sur une surface plus importante des valves, la force résultante est suffisante pour vaincre la pression de sortie du N_2 et les valves se ferment.

d- Ouverture des valves :

Si le régime moteur est réduit, la pression P_{s3} redevient insuffisante et la pression de commande P_{s4} des bleed valves est remplacée par la pression ambiante. Les valves s'ouvrent.

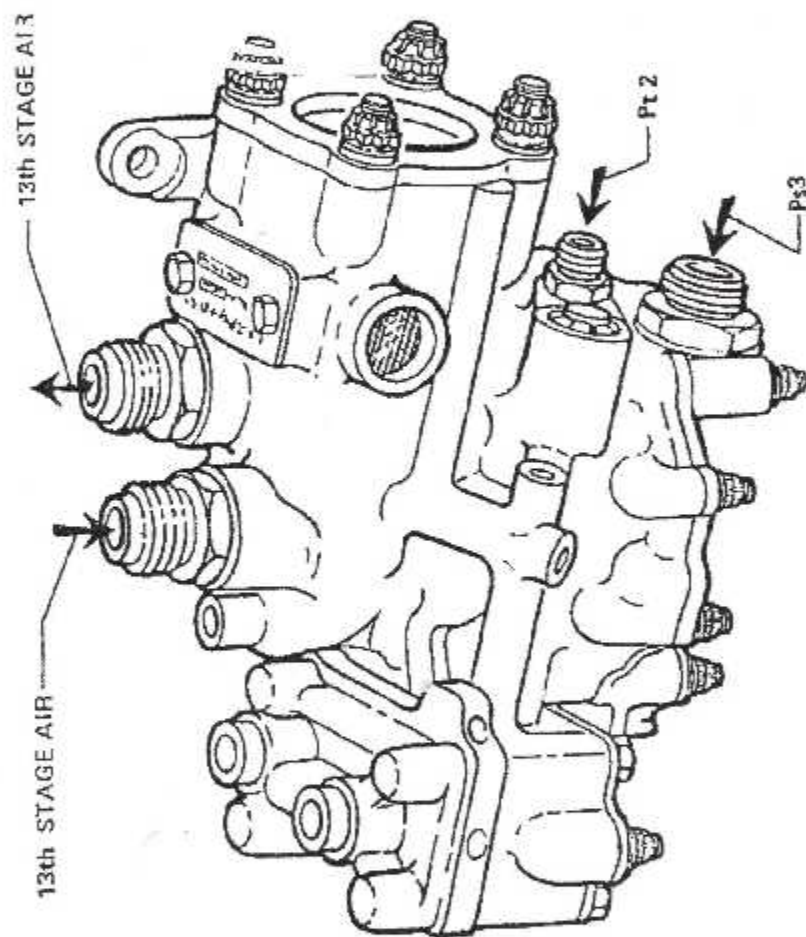


Fig.(II.5) VERIN (ACTUATOR PRBC)

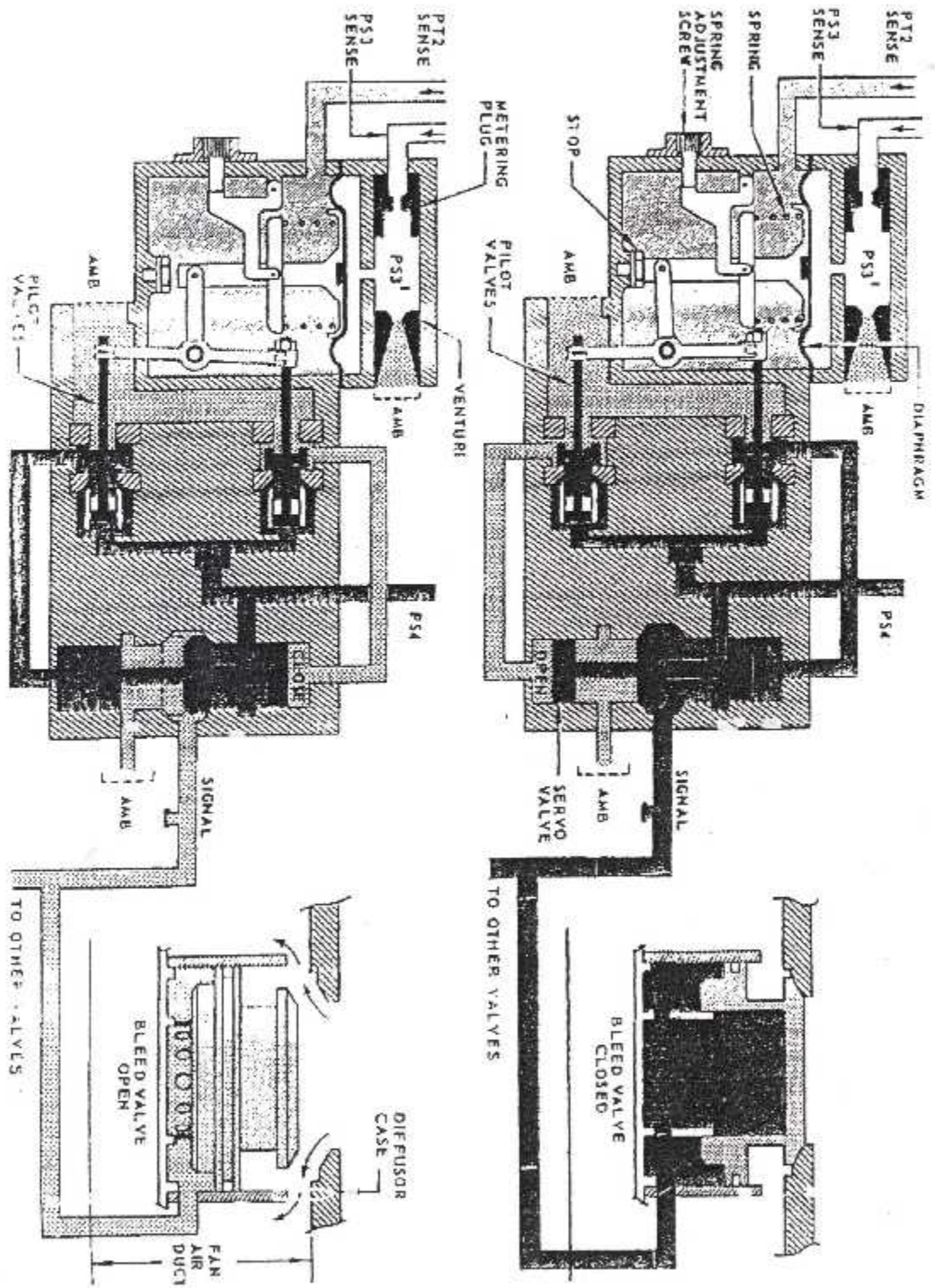


Fig.(II.6) LE FONCTIONNEMENT DU (PRBC)

e- start check- valve :

Cette check-valve, normalement fermée , est équipée d'un piston chargé par un ressort et pourvu d'orifices dans la tête du clapet.

Avec moteur arrêté, la ligne de commande de la bleed valve du 13ème étage, est relié à la pression ambiante au travers des orifices du piston et du cylindre. La bleed valve est donc ouverte.

Pendant la phase de démarrage la pression P_{s4} augmente Lorsqu'elle atteint une valeur de (+) ou (-) 25 PSI , la check- valve s'ouvre et P_{s4} est admise à la bleed valve .Celle -ci se ferme.

Comme P_{s4} est fonction de PAM et T_{amb} , il est possible que , dans certaines conditions, la bleed valve ne soit pas fermée au régime de ralenti.

Afin de palier à cet inconvénient , le moteur doit être accéléré jusqu'à environ 65% de N_2 , ce qui assure la fermeture de la bleed valve

Atteint une valeur de(+) 25 PSI, la chek valve s'ouvre et P_{s4} est admis à la bleed valve. Celle ci se ferme.

- Comme P_{s4} est fonction de PAM, il est possible que , dans certaines condition , la bleed valve ne soit pas .

La start check-valve se ferme et la bleed s'ouvre lorsque la pression P_{s4} est inférieure à 7 PSI c'est à dire lorsque le moteur est arrêté .

- Elle est montée du coté droit du moteur, à l'avant du diffuseur case en position 3h.

- **Influence de la température ambiante :**

Pour une même vitesse de rotation, la pression P_{s3} diminue lorsque la température ambiante croit.

Il faut donc un RPM plus élevé pour obtenir la pression P_{s3} capable de vaincre P_{s2} plus le ressort et provoquer la fermeture des bleed valves.

II.1.6- Circuit de commande du FCU :**II.1.6.1- Généralité :**

Alors que sur les moteurs à explosion le réglage de la puissance s'obtient en modifiant le débit d'air d'admission ce qui entraîné grâce au carburateur une variation du débit de carburant , le réglage de la poussée du turboréacteur s'effectue en modifiant le débit de carburant injecté dans la chambre de combustion . Ce qui entraîne la variation du nombre de tours et de la température.

La façon dont le carburant est fourni au réacteur ne modifie en rien les caractéristiques de ce dernier . Le contrôleur de débit de carburant qui assure la régulation du réacteur est un ensemble de servomécanisme destiné à faciliter la conduits du réacteur .

II.1.6.2- Le régulateur :

Le régulateur est du type hydromécanique . Il calibre le débit de carburant et permet :

- D'établir un régime d'équilibre du moteur.
- D'éviter les zones de fonctionnement dangereuses pour le moteur (pompage , extinction pauvre et riche , débit maximum). Pendant l'accélération et la décélération
- Maintenir la poussée de ralenti constante et ce indépendante de la température .

- Le calibrage du débit carburant se fait en fonction de la position de la manette de poussée , de la poussée inverse , et des trois paramètres de fonctionnement de moteur.

- La vitesse de rotation N_2 .
- La pression de sortie du compresseur N_2 (P_{s4}) .
- La température totale à l'entrée du moteur T_{12} .

- Le régulateur est monté devant la pompe carburant .

La computing section est constituée d'une capsule recevant la P_{s4} d'un servomécanisme complexe qui déplace au système de billes(rollers) , d'un second servomécanisme (TV pilot valve) qui positionne la trotte et de valve (out put et multipling levers) .

Le servomécanisme de commande de la trotte valve est positionné par un couple qui agit sur le multipling lever . Ce couple est déterminé par :

- La force F qui agit à l'extrémité de l'output lever , cette force est proportionnelle à la pression P_{s4} qui sollicite l'autre extrémité du levier.
- La distance L qui dépend de la pression des rollers , c'est à dire par l'intermédiaire d'un servo , des signaux N_2 et T_{14} et de la position de la manette

La force F est liée au débit d'air à l'arrière du compresseur N_2 comme le couple M :

$$M = F \times L = \text{Débit d'air} \times L = P_{s4} \times L = \text{Débit carburant}.$$

Il en résulte $L = \text{Débit carburant} / P_{s4}$

Le déplacement des rollers est donc proportionnel au rapport débit carburant / P_{s4} .

Ce rapport est appelé le ration (R) ou $R = \text{Débit carburant} / P_{s4} = \text{Fuel flow} / \text{Air flow} = F / A$.

Le ration est donc l'image de la richesse du moteur.

- Influence de P_{s4} :

Pendant toute la phase d'accélération , la pression de sortie du compresseur augmente . La force sollicitant les rollers et le multipling lever augmente le couple appliqué à ce dernier et la trotte valve s'ouvre par l'intermédiaire de la T.V pilot valve. Le débit carburant augmente , mais la caractérisation d'accélération dépend de la variation du rapport R .

II.1.7- Pressurisation du réservoir d'eau :

La pressurisation du réservoir d'eau est fournie avec de l'air du 13^{ème} étage moteur un seulement de conduit pneumatique gauche .

Pour maintenir une pression dans le circuit de distribution d'eau , tout l'air de circuit de pressurisation de réservoir d'eau passe à travers un filtre puis un régulateur de pression avant d'atteindre le réservoir d'eau.

L'air est filtré pour éviter la contamination . Le régulateur de pression réduit la pression d'air et la maintient 25 PSI dans le réservoir d'eau .

Des clapet anti- retour équipe le circuit pour éviter la pressurisation inverse .

- Clapet de surpression :

Un clapet vde surpression est monté sur la partie supérieure du réservoir pour lui éviter toute détérioration causé par une surpression , il est tarée à 50 (+) ou (-) PSI , la pression de retraitage est 37 PSI minimum.

II.1.8 Pressurisation du réservoir hydraulique :

Le circuit pressurisation du réservoir hydraulique pique son air à partir du 13^{ème} étage du moteur 1ou2 ou groupe de parc . Pour pressurisé les réservoirs hydrauliques du circuit A,B et secours .

Le circuit fournit un débit positif du fluide hydraulique aux pompes et évite l'émulsion dans les réservoirs .

Une pression constante de 40à47 PSI est maintenue dans les réservoir par un régulateur de pression pour laisser échapper la pression négative dans les réservoirs .

La surpression du circuit est évitée par un clapet de surpression tarée entre 60 et 65 PSI .

Le circuit de pressurisation est composé aussi d'un filtre de mise à l'air libre , filtre d'air , restriction anti- retour, vanne de prise au sol, clapet de surpression, conduite d'air, vanne d'alimentation réservoirs.

II.1.9- Conditionnement d'air :

- **But :**

Le but du conditionnement d'air est d'assurer le confort de l'équipage et des passagers. Celui de l'équipage est nécessaire a fin de conserver à ces membres les capacités intellectuelles,

Leur jugement ,leur mémoire, leur habilité et leur diverses possibilités d'observation exacte et rapide , toutes ces qualités étant évidemment sous la dépendance des conditions de confort .

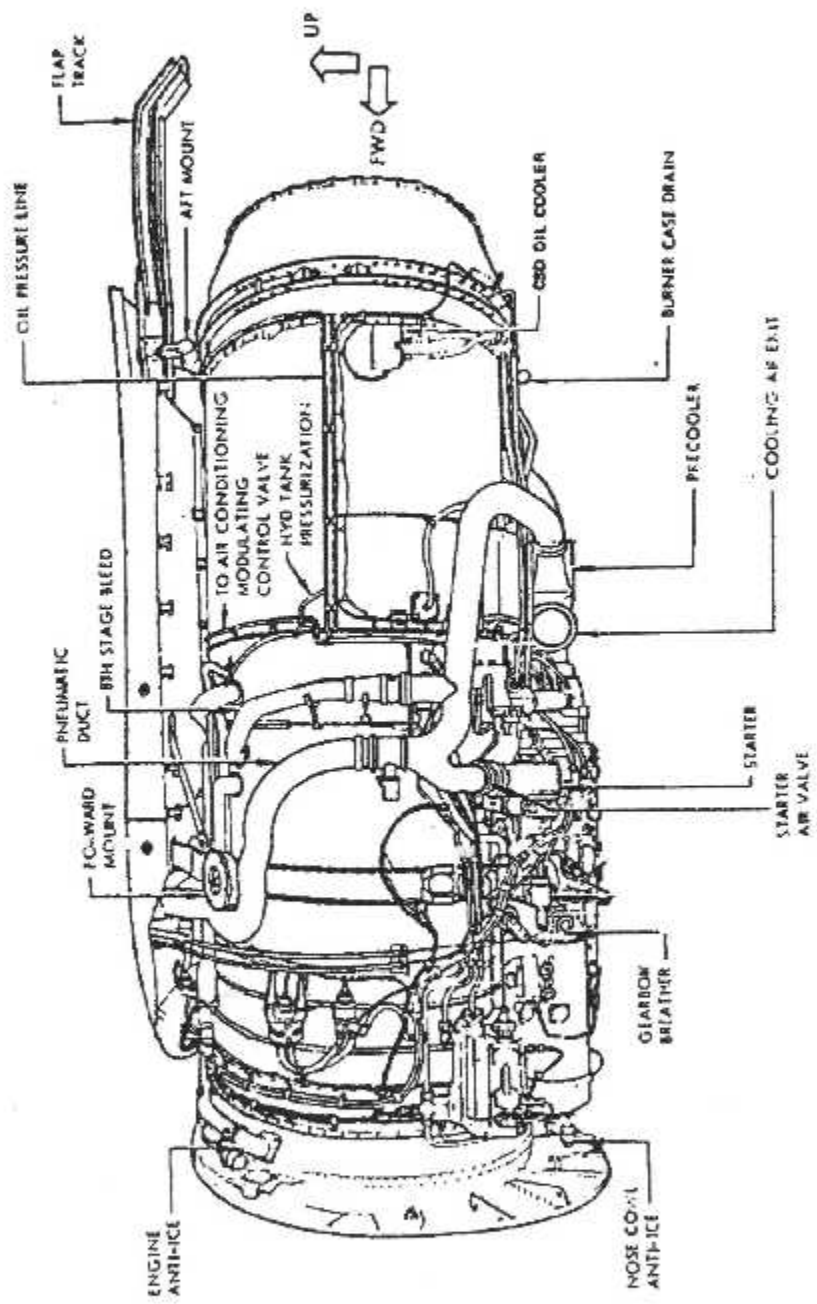
Il ne faut oublier non plus que le confort est nécessaire aux passagers ces derniers sont assis ou couchés tout le temps du trajet . L'impression de confinement ou de manque d'espace serait accrue par des conditions de confort défectueuses de plus un passager aura souvent tendance à interpréter faussement un malaise et une sensation d'insécurité accompagnera forcément un trouble physiologique quelconque. Le confort peut ce définir comme un état dans lequel le sujet est inconscient des processus physiologiques que son organisme en action pour s'adapter au milieu amiant .

Sa réalisation est un problème difficile car elle mettent en jeu des phénomène assez différents

Les divers facteurs qui jouent sur l'impression de confort sont :
La constitution de l'atmosphère , la température et la pression .

II.1.9.1- Source d'alimentation : (Voir figure II. 7)

En vol l'alimentation en air est obtenu à partir du 8^{ème} étage moteur .
Au bas régime à des altitudes élevées l'air du 13^{ème} étage est automatiquement ajouté, selon la demande ,à l'air de 8^{ème} étage pour maintenir un constant en repoussé à la demande de la vanne de refroidissement correspondante. un precooler situé sur la partie inférieure du moteur , il limite la température d'air qui arrivé au conduite pneumatique ou utilisant l'air du FR . comme refroidisseur . L'air pré refroidi de chaque moteur passe en suite par un filtre à AIR ou les impuretés seront séparées et déchargées vers l'extérieur , en vol L'APU peut être utilisé pour le conditionnement d'air de façon à laisser le maximum de poussée pour les moteurs , l'APU peut être utilisé jusqu'à 5100 m.



JT8D - 15 — EXTERNAL BLEEDS (L.H. SIDE)

Fig.(II.7) PRELEVEMENT D'AIR DU CIRCUIT DE CONDITIONNEMENT D'AIR

II.1.9.2- Identification des sous système :

a- Circuit de commande de conditionnement d'air :

Le circuit de conditionnement d'air est composé de deux circuits indépendants , groupe de réfrigération , double circuit de commande de température cabine , circuit de distribution , circuit de commande de pressurisation. Le circuit de conditionnement d'air est capable de fournir un taux de ventilation de 486 litre / sec Jusqu'à l'altitude d'opération .

Le circuit a une capacité suffisante pour maintenir un environnement cabine adéquat pour permettre de distribuer vers un sous système qui est opérationnel .

b- Refroidissement d'air cabine :

Le refroidissement d'air cabine a deux groupes de réfrigération individuels situés dans le compartiment non pressurisé sous la section centrale des ailes .

Chaque groupe de refroidissement est composé d'un échangeur de chaleur primaire et secondaire , circuit d'air dynamique modulable , le ventilateur de refroidissement d'air , groupe de réfrigération , séparateur d'eau , circuit de dégivrage de séparateur d'eau ainsi que les commandes et les conduites.

A partir du circuit pneumatique , l'air passe à travers l'échangeur De chaleur primaire où le processus de refroidissement commence .

L'air est ensuite comprimé dans le compresseur du groupe de réfrigération est refroidi une deuxième fois en passant par l'échangeur secondaire.

Ceci provoque une diminution considérable de température par le fait que l'air est détendu dans les étages turbine et qui va entraîner le compresseur du groupe de réfrigération. La busée excessive de l'air refroidie est enlevée par le séparateur d'eau. Ce séparateur est protégé contre le givre par une alimentation d'air chaud commandé thermostatiquement qui est obtenu en contournant le groupe de réfrigération.

En vol l'échangeur de chaleur est refroidi par l'air ambiant à partir de l'entrée d'air dynamique au sol ou en vol avec volet déployé, le ventilateur dans le conduit d'air dynamique est entraîné par l'air pressurisé pour fournir un débit refroidisseur.

En vol, le débit d'air dynamique est commandé automatiquement par un circuit de commande qui positionne la porte d'entrée d'air dynamique et l'ouïe d'échappement pour minimiser la traînée avion.

c- Le système de contrôle de température cabine

La régulation de la température dans la cabine des passagers et cockpit est accomplie en variant le mélange air froid / air chaud du circuit de refroidissement d'air cabine. La commande située sur le panneau supérieur permet une commande manuelle et automatique du circuit de contrôle de température et pour la surveillance de chaque groupe. Chaque circuit de commande est composé d'un sélecteur de température, voyant de surchauffe et d'alerte et indicateur de position de la vanne de mélange

d- Circuit de distribution d'air :

L'air du circuit de conditionnement d'air est distribué uniformément cargo et entre dans l'alimentation individuelle en air frais pour les passagers et l'équipage.

e- Circuit de ventilation individuelle :

L'air froid est disponible pour chaque siège passager, la cabine de contrôle et les toilettes. L'air froid est pris à un ventilateur entraîne l'air à travers le système de conduite vers les sorties individuelles.

f- Circuit de refroidissement des équipements :

Toutes les races électriques et électroniques sont refroidis par l'air soutiré de la cabine circulant autour. L'air est entraîné par une soufflante en vol. Cet air s'échappe vers les parties inférieurs du fuselage autour de la soute cargo avant pour aider au réchauffement de cette soute.

g- Circuit de chauffage du compartiment cargo :

Chaque soute cargo est réchauffé par l'air qui s'échappe de la cabine circulant autour de la partie extérieure des cloisons de la soute cargo. Cet air s'échappe finalement à l'extérieur, à travers les vannes du système de pressurisation.

II.1.9.3- Paramètres de contrôle et de commande de conditionnement d'air :**- S'élécteur température d'air :**

Il est à deux positions :

- Position « conduit d'alimentation » : sélectionne la soude du conduit principale de distribution pour l'indicateur de température.
- Position « cabine passager » il sélectionne la soude de la cabine passager pour l'indicateur de température.

- L'indicateur de vanne de mélange d'air :

Il indique la position de la vanne de mélange d'air gauche ou droite contrôlé automatiquement pour le sélecteur de température cabine passager sur mode « auto » et manuellement sur mode « manuel »

- Indicateur de température :

Indique la température au niveau du conduit 'alimentation et cabine passager sélectionné à partir du sélecteur de température.

- Voyant de surchauffe conduit :

Voyant ambre indique la surchauffe du conduit d'alimentation (88°C), dans ce cas, la vanne de mélange concerné est ouverte sur position « plein froid ».

- Sélecteur de température cabine de passager et poste de pilotage :

« auto » le contrôleur de température automatique commande la température cabine respective.

« manuel » la vanne de mélange d'air est contrôlé manuellement

- Voyant de soutirage double :

Voyant ambre illuminé indique l'ouverture de la vanne de soutirage de L'APU

1-N° :Vanne de soutirage moteurouverte .

2-N° : Vanne de soutirage moteur 2 ouverte et la vanne d'isolation ouverte.

- Voyant de « plein ouverte » de la porte d'air dynamique :

La lumière bleue indique la position « plein ouvert » de la porte respective d'air dynamique.

- Voyant de fermeture de la vanne de décharge avant :

Une lumière bleue la « plein fermeture » de la vanne de décharge.

- Indicateur du conduit de pression :

Indique la pression de soutirage d'air du conduit pneumatique gauche et droit.

- Interrupteur des aérateurs individuels :

Il augmente le débit d'air au niveau des sorties des aérateurs individuels

- Interrupteur des groupe de réfrigération :

Il ouvre la vanne de réfrigération respective pour permettre à l'air d'entrée dans le groupe de réfrigération se ferme automatiquement et le vanne de mélange est sur plein froid .

- Voyant d'enclenchement des groupes de réfrigération :

Une lumière ambre indique l'enclenchement du groupe respectifs, la vanne du groupe de réfrigération se ferme automatiquement et le vanne de mélange est sur plein froid.

- Interrupteur de la vanne d'isolation :

. « Fermé » il isole le circuit pneumatique gauche et droit .
 « Auto », la vanne est ouverte automatiquement si n'importe quel groupe de réfrigération où l'interrupteur de soutirage moteur est placé sur position « OFF ». Ouvrir la vanne de soutirage respective pour permettre le passage de l'air de soutirage dans le conduit pneumatique .

- Voyant d'enclenchement de soutirage :

Une lumière ambre indique le dépassement de la limite de température de soutirage. Les vannes de soutirage se ferment automatiquement .

- Interrupteur de soutirage APU.

Ouvrir la vanne de soutirage de L'APU pour permettre le passage de l'air de soutirage dans le conduit pneumatique .

II.1.10- Refroidissement de l'alternateur :

Du FAN air est pris à droite du moteur et est envoyé à travers la génératrice pour en assurer le refroidissement .
 L'air est déchargé à l'atmosphère à travers une découpe à la partie inférieure du capot droit.

II.1.11- Circuit de refroidissement et pressurisation interne

Le réacteur est refroidi intérieurement, particulièrement dans la zone des turbines, par de l'air prélevé à différentes étages des compresseurs . cet air est aussi utilisé pour pressurer les labyrinthes et les joints carbones d'étanchéité des logements de paliers.

II.1.11.1- Les différents soutirage :**a- Sous tirage d'air du 2^{ème} étage :**

L'air soutirage au conduit d'échappement du FAN est utilisé dans refroidissement du précoler dans le système pneumatique. Ce soutirage est pris à hauteur des chambres de combustion et amené au dessus du moteur d'où , il est refoulé à l'atmosphère à travers le capot gauche . Au refroidissement du radiateur d'huile CSD Ce soutirage est pris à hauteur des chambres de combustion passe dans le radiateur et il est foulé dans l'échappement du FAN.

b- Prise d'air au 6^{ème} étage :

Une certaine quantité d'air dérivée à l'arrière du compresseur BP 6^{ème} étage pressurise le joint labyrinthique du palier * 2 puis, pénétrant dans le rotor du compresseur BP, va pressuriser à l'avant le joint labyrinthe du palier * 1, cet air s'écoule ensuite par l'arbre BP(qui est creux) vers l'arrière du réacteur . Sortant de

l'arbre BP par des trous dans le tourillon arrière, il pressurise les joints carbone du palier *6 puis refroidit ce palier

Ainsi que la face arrière du disque du 4^{ème} étage de turbine. Cet air s'évacue finalement à la périphérie arrière du disque (empêchant toute pénétration de gaz de combustion) et aussi extrémités des quatre ras creux du cône intérieure d'échappement .

- **Remarque :**

L'air du 6^{ème} étage pressurises également le joint labyrinthe du palier *3

c- Prise d'air au 9^{ème} étage :

Des trous percés dans le rotor du compresseur HP, au niveau du 9^{ème} étage permettent une entrée d'air à l'intérieur de ce rotor . Cet air contribue à la pressurisation du joint labyrinthe du palier *3 et s'évacue à la périphérie de la face avant du rotor .A l'intérieur du rotor HP, l'air exerce une force vers l'arrière qui réduit la poussée axiale vers l'avant supportée par le palier *4.

d- Prise d'air au 13^{ème} étage :

Une certaine quantité d'air dérivée à l'arrière du compresseur HP (13^{ème} étage) contribue à la pressurisation du joint labyrinthe du palier *4 puis passant autour de ce palier et s'écoulant dans l'espace annulaire compris entre les manchons d'isolement thermiques et le carter intérieur de chambre de combustion , cet air empêche un échauffement exagéré de la zone des paliers 4 , 4.5 , 5.

Ensuite, l'air accède à l'avant du disque du 1^{ère} étage de turbine et pressurise les joints carbone des paliers*5 et 4 ½ puis circule entre les disques des 1^{ère} , 2^{ème} et 3^{ème} étage avant de s'évacuer de part et d'autre des stators.

- **Remarque :**

Le joint labyrinthe du palier *4 est également pressurise par l'air venant du 8^{ème} étage .

II.1.12- Refroidissement de la section chaude du moteur

Sur le moteur, certaines parties doivent être refroidies afin d'évacuer les calories recueillies au contact des gaz chauds.

Les parties qui doivent être refroidies, sont la chambre de combustion et l'avant du premier étage de la turbine.

Le constructeur s'arrange pour qu'un compromis s'impose à lui. En effet la ventilation et la pressurisation doivent assurer toutes les fonctions énumérées, mais ne doivent pas être trop importantes car tout prélèvement du débit d'air sur le compresseur se traduit par une perte de performance de ce dernier. L'air sorti du 13^{ème} étage se divise en deux parties, 25% pour la combustion, 75 % pour le centrage de la flamme, la dilution et le refroidissement des enveloppes extérieure et intérieure et les INGV.

1- Refroidissement de la turbine :

Le refroidissement est obtenu par circulation d'air du 13^{ème} étage en provenance du compresseur .

- Refroidissements par cavités :

Le refroidissement de la paroi de l'ailette est assurée l'échange de calories entre les gaz chauds et extérieurs à la paroi et les gaz frais circulant à l'intérieur de l'embase et rejetés au bord de fuite suivant la réalisation de conduite interne permettant la circulation des gaz frais.

II-2-Circuit d'air du moteur CFM56-7B :**II.2.1- Introduction : (Voir figure II. 8)**

Le rôle du système d'air est de contrôler le fonctionnement du moteur . Le système d'air en réalité empêche de présenter un dysfonctionnement en pompage et surpression , ainsi que le contrôle de l'efficacité au niveau des turbines, c'est à dire le contrôle de jeu et le refroidissement des carters turbine haute pression et basse pression .

II.2.2- Système de commande de stator à calage variable (VSV) : (Voir figure II. 9)

Le système stator à collage variable (VSV) est un dispositif qui contrôle l'écoulement d'air du compresseur HP, il assure une quantité d'air exacte qui coule à travers le compresseur HP en ajustant l'écoulement autour des profils d'aubes à différent régime de fonctionnement moteur dans le but d'éviter le pompage ou avoir une marge pour ne pas rester en pompage.

A bas régime (régime ralenti 61%) les VSV contribuent à réduire le débit d'air à l'entrée du compresseur haute pression HP.

Les vérins des VSV actionne les vannes en position plus ouverte quand N2 augmente. La position des VSV est également modifier lors de l'utilisation des inverseurs de poussée.

II.2.3 - Vannes de décharge (VBV) : (Voir figure II. 10)

Ce mécanisme est disposé en arrière du compresseur BP il permet d'effectuer une décharge d'air du compresseur BP . D'autre part, il permet d'éviter les particules non désirer pour atteindre le compresseur HP durant les faible vitesse et l'utilisation des inverseurs de poussée.

Les vannes de décharge (VBV) sont commandés par le EEC qui envoi un signal électrique au HMU. Ce dernier transforme ce signal grâce à moteur couple et servo vanne en une commande hydraulique afin d'actionner les portes de décharge.

Il y'a un LVDT qui se connecte avec chaque vérin, le LVDT du vérin gauche est relié au canal A Du EEC celui du vérin droite est reliée au canal B .

Les VBV sont complètement ouvertes lors de l'opération des inverseurs de poussée en atterrissage et durant une décélération rapide

Les VBV sont en position fermées quand les VSV sont en position ouvertes, c'est à dire quand la vitesse N2 atteint 80 % de la vitesse maximale .

II.2. 4- Vannes de décharge transitoire (TBV) : (Voir figure II. 11)

C'est un dispositif de vanne qui contrôle la quantité d'air qui sera sous-tiré du 9^{ème} étage pour être renvoyé au distributeur (aube stator) du 1^{ère} étage turbine basse pression.

A ce moment là , pendant le démarrage, la TBV sera en position ouverte pour permettre à l'air sous pression du 9^{ème} étage de passer au distributeur du 1^{er} étage

turbine basse pression BP , par la **TBV** s'ouvre aussi pour aider à l'accélération rapide du rotor N2 .

La **TBV** contrôle la quantité d'air du 9^{ème} étage qui est dirigé vers le distributeur du 1^{er} étage de la turbine basse pression.

Cet air coule de la vanne **TBV** à travers la tuyère **TBV** vers le carter de la turbine **BP** pour passer enfin à travers des trous dans la sortie du 1^{er} étage de la turbine BP et se mélange avec les gaz d'échappement du moteur.

- Durant la séquence du démarrage, la vanne de décharge est en position ouverte et se ferme quand la vitesse de rectification de **N2** est en ralenti.
- Durant la phase d'accélération, la **TBV** s'ouvre quand la vitesse au ralenti et celle de l'approximation de 76% et 80 % de sa rotation maximum, et quand la vitesse de N2 est supérieur à 80%, la **TBV** est fermée durant les phases d'accélération du moteur.

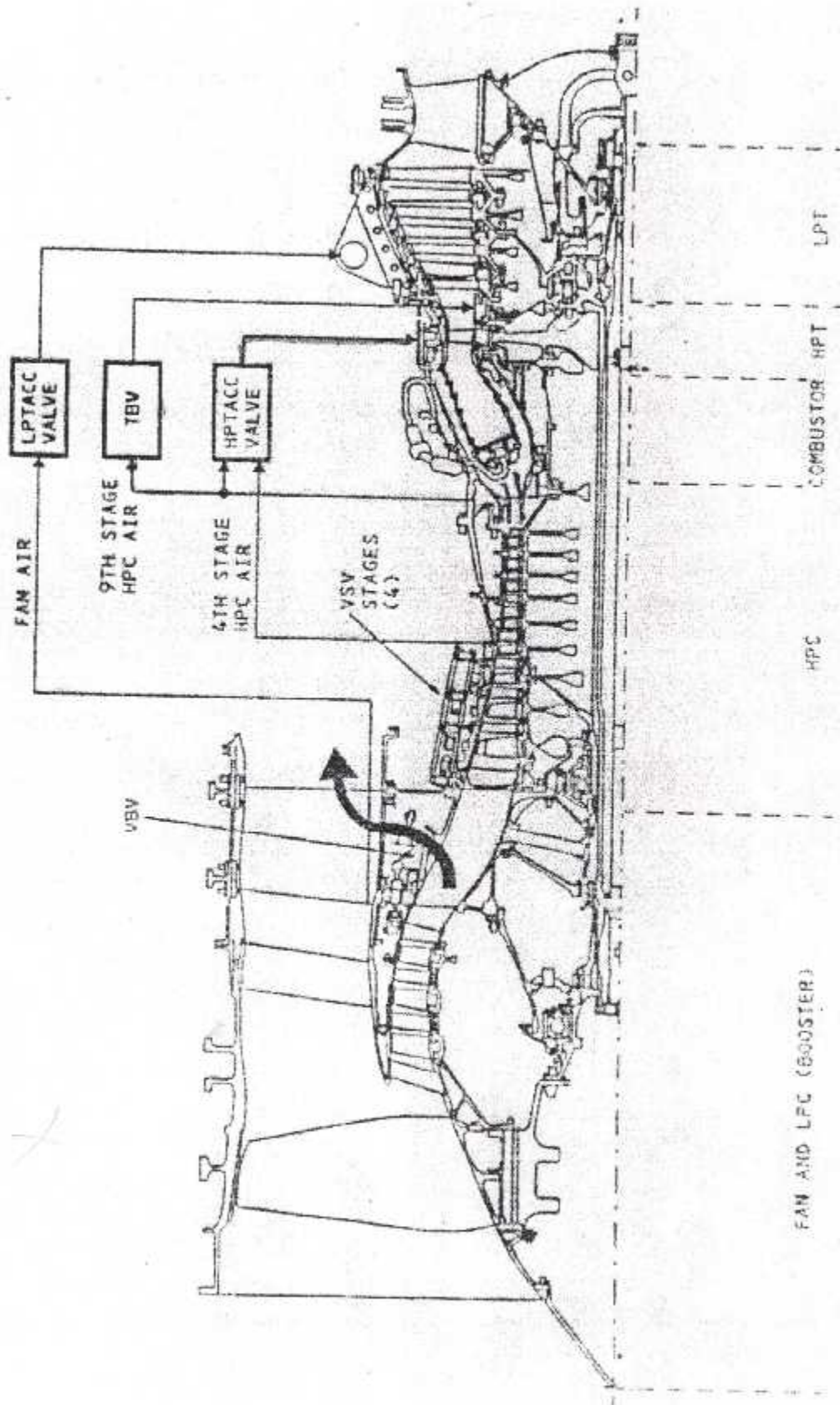


Fig.(II.8) DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME D'AIR.

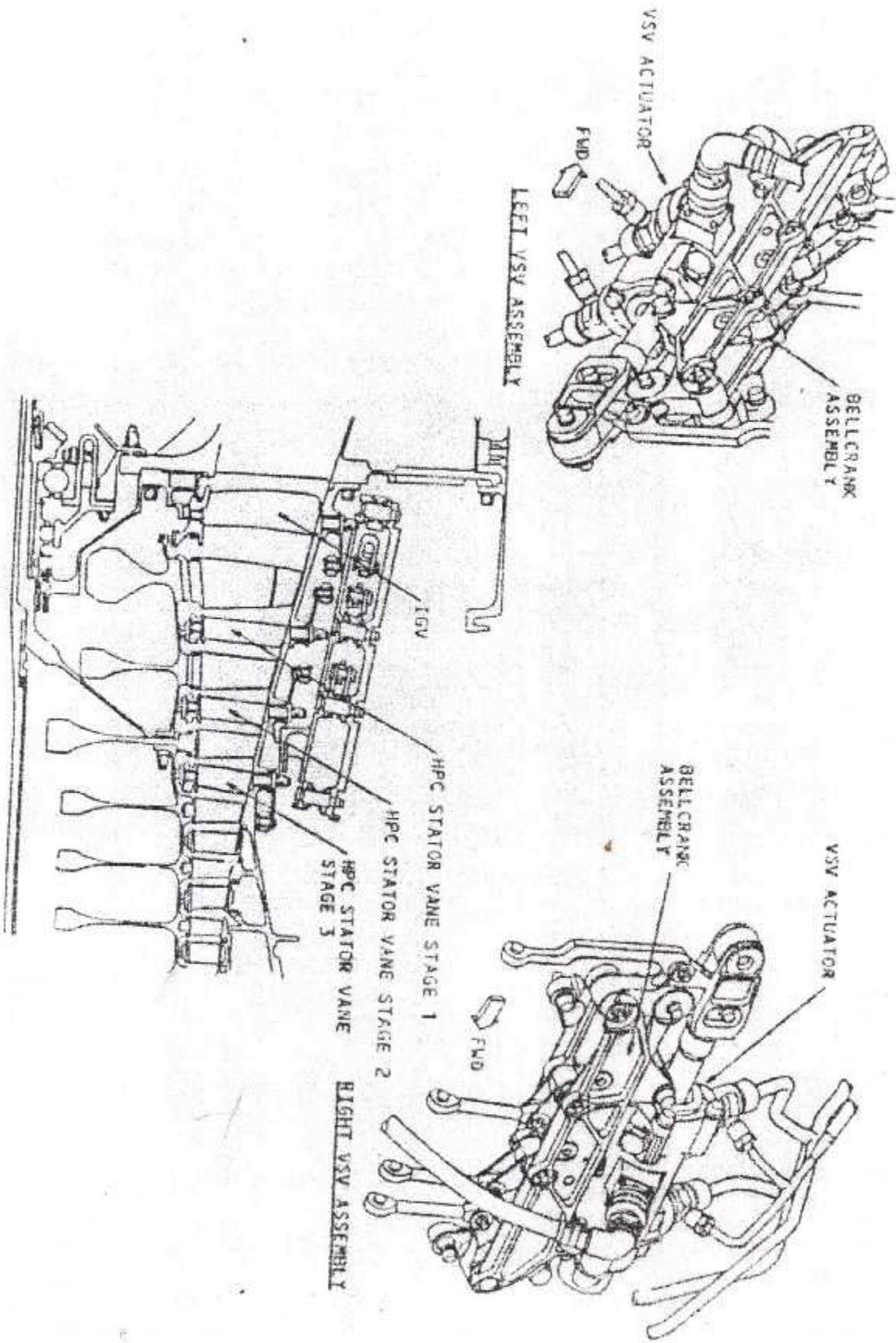


Fig.(11.9) DESCRIPTION DE STATORS A CALAGE VARIABLE (VSV)

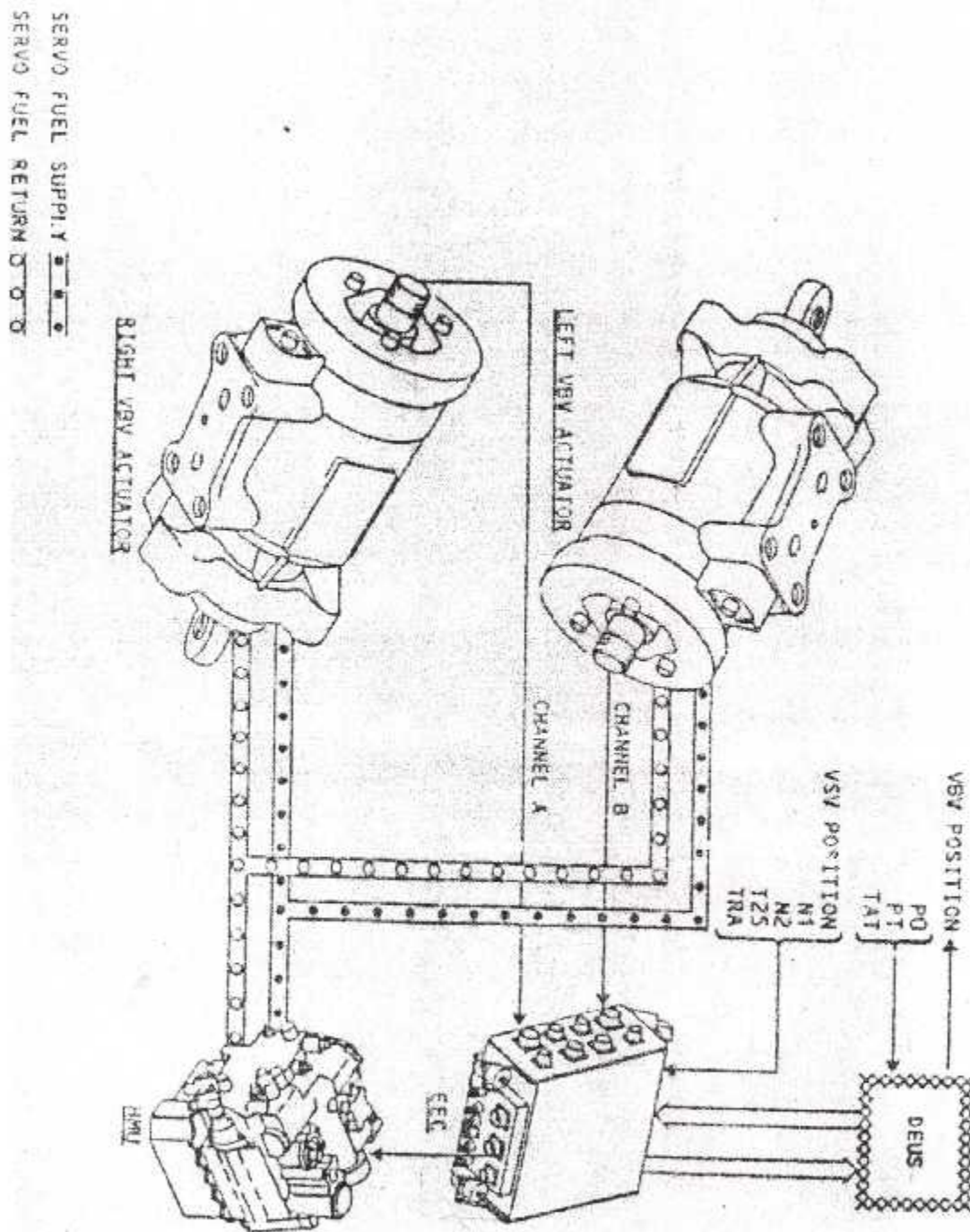


Fig.(II.10) FONCTIONNEMENT DU SYSTEME(VBV)

II.2.5- Système du contrôle actif du jeu turbine haute pression (HPTACC) : **(Voir figure II.12)**

Le système du contrôle du jeu turbine haute pression contrôle la quantité d'air prélevé du 4^{ème} et 9^{ème} étage du compresseur haute pression et renvoyé vers le carter de la turbine haute pression pour contrôler le jeu. Tout ça est dans le but de réduire la consommation spécifique du carburant SFC, ainsi que la température des gaz sortie (EGT).

II.2.5.1-Fonctionnement :

a- Pas d'air :

Le vérin HPTACC possède respectivement deux valves pour l'air de 9^{ème} et 4^{ème} étage du compresseur haute pression, les vannes sont en position fermées .Ce qui correspond à l'arrêt du moteur ou il y'a un dysfonctionnement du EEC ou HMU. Le jeu entre les extrémités des aubes de la turbine haute pression et leurs enveloppe est au maximum.

b- Ecoulement haut et bas du 9^{ème} étage :

- **Ecoulement haut :**

Le EEC met le vérin à 37% de son extension, la vanne du 9^{ème} étage est complètement ouverte, le flux HP chaud de l'air est entièrement envoyé vers l'enveloppe de la turbine haute pression HP. La vanne du 4^{ème} étage est fermée . Dans ce cas, on a les jeux sont en maximum.

- **Ecoulement bas :**

Le EEC met le vérin à 8% de son extension .La valve du 9^{ème} étage n'est pas complètement ouverte. Donc il y'a moins de quantité d'air chaude provenant du 9^{ème} étage est envoyée vers l'enveloppe de la turbine HP. Tandis que la valve du 4^{ème} étage est en position fermée.

c- Ecoulement Mixte :

Le EEC calcule la position du vérin entre 38% et 99 % de son extension. dans ce cas, la vanne du 4^{ème} étage est utilisée pour renvoyer une quantité d'air moins chaude pour être mélangé à celle du 9^{ème} étage et renvoyer à l'extrémité de l'enveloppe de la turbine HP. Cette disposition est utilisée dans le cas où le démarrage à froid.

d- Valve du 4^{ème} étage complètement ouverte (9^{ème} étage fermé) :

Le vérin est à 100 % de son extension . L'air prélevé du 4^{ème} étage moins chaud que celui du 9^{ème} étage .Donc il donne un refroidissement maximum à l'enveloppe de la turbine HP le jeu est au minimum. On utilise cet état croisière pour minimiser la consommation du carburant .

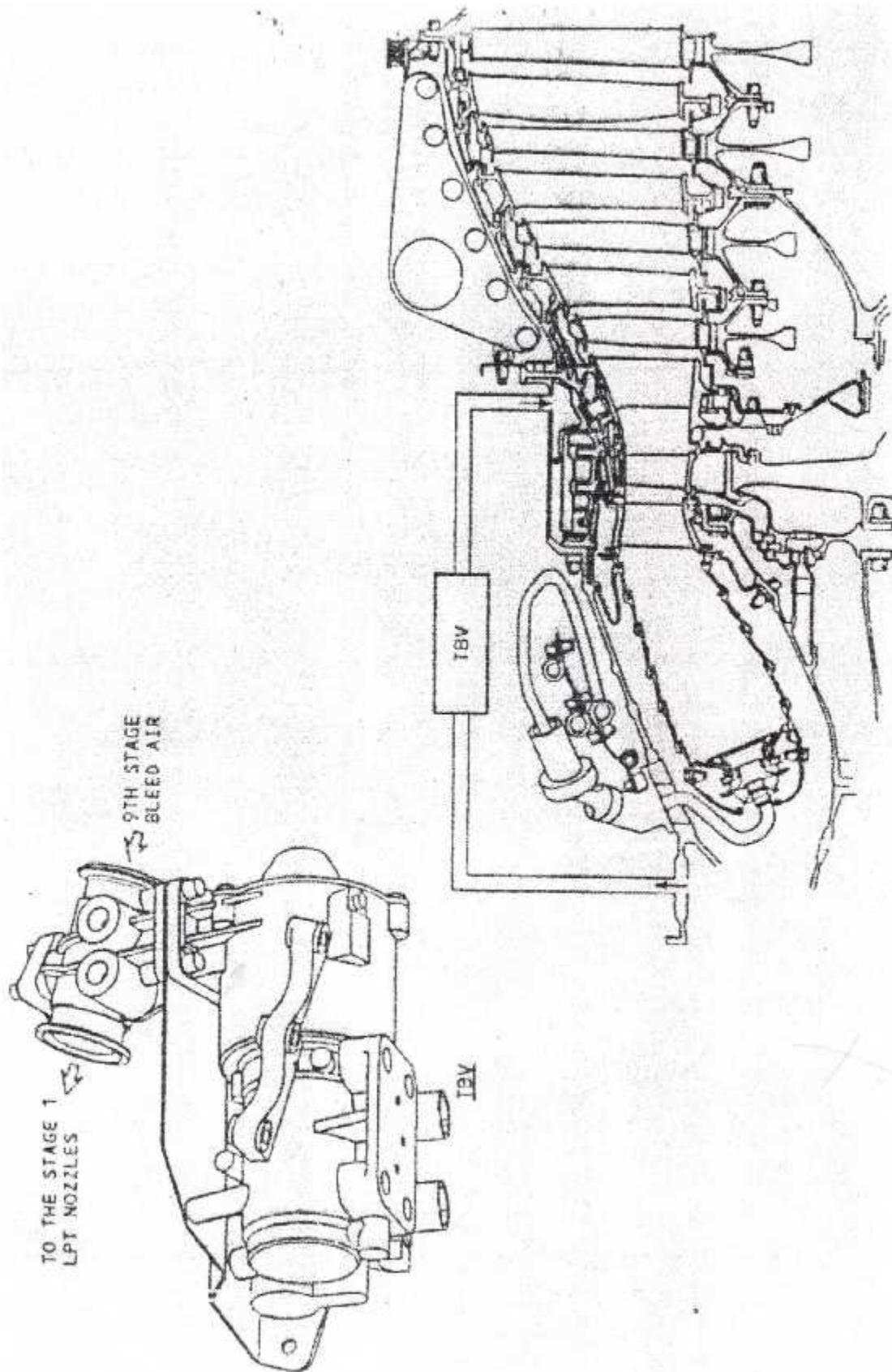


Fig.(II.11) DESCRIPTION DE LA VALVE DE DECHARGE ET DE TRANSITION (TBV)

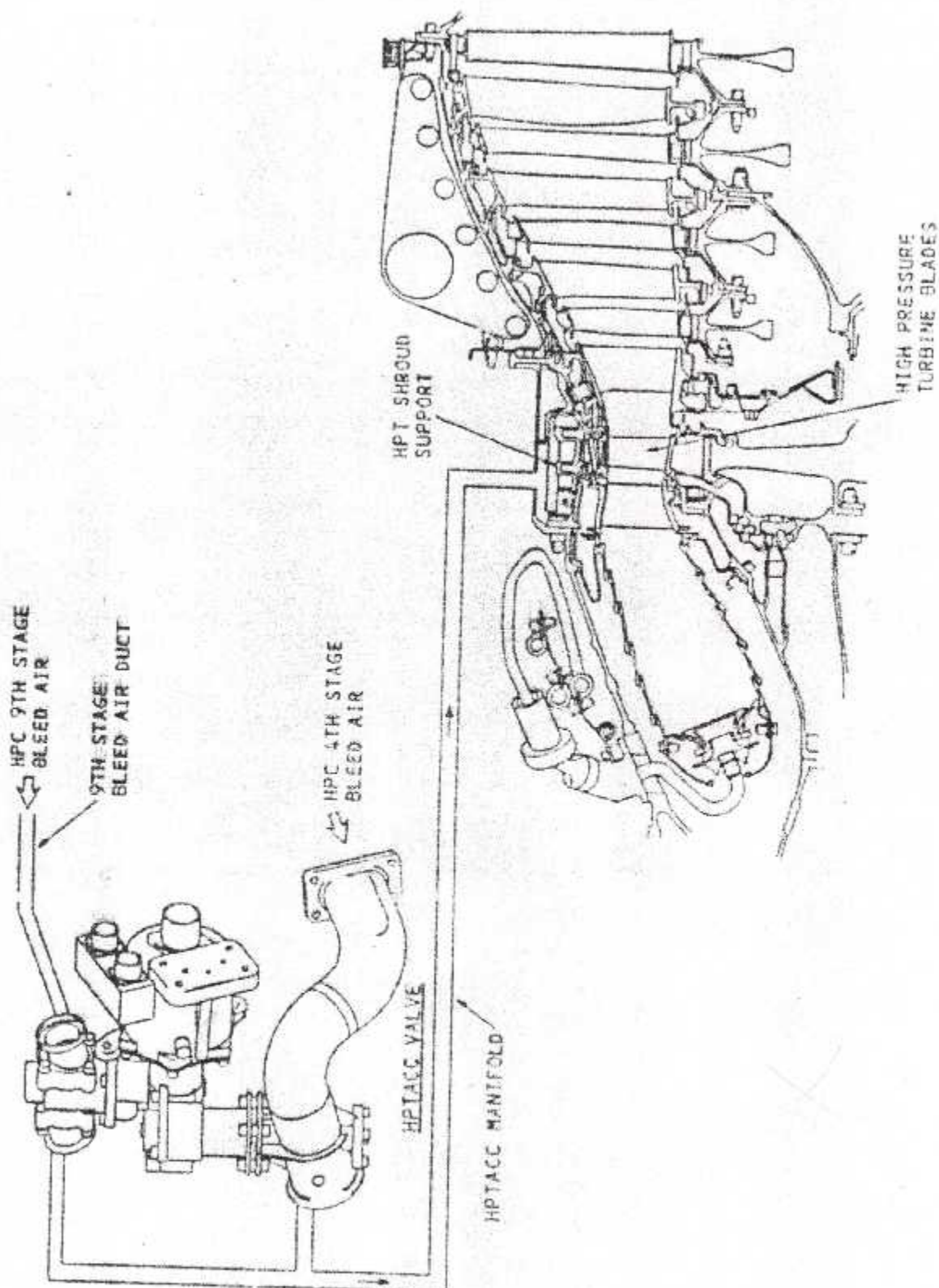


FIG (II. 12) DESCRIPTION DU CONTROLE ACTIF DU JEU DE LA TURBINE HAUTE PRESSION (HPTACC).

II.2.6- Contrôle Actif du jeu turbine basse pression (LPTACC) : (Voir figure II. 13)

Le système de contrôle du jeu du turbine basse pression (LPTACC) contrôle la quantité d'air prélevée du flux secondaire du fan qui est dirigé vers le carter de la turbine BP pour contrôler le jeu. Ceci à travers la vanne de LPTACC.

II.2.6.1-Fonctionnement :

a-Position fermeture :

Quand les pressions hydrauliques aux orifices A et B sont zéro, un ressort de rappel tient le papillon contre l'arrêt de fermeture. Ce ressort de rappel déplace l'arrière de papillon contre l'arrêt de fermeture si la panne de contrôle le ou le facteur hydraulique de l'entraînement mécanique s'arrive.

b-Mouvement angulaire du papillon :

Quand la valve est installée dans le moteur, le capteur de (RVDT) transmet un signal au (EEC) qui donne une indication de la position du papillon, le (EEC) commande l'unité hydromécanique (HMU) par rapport aux données obtenues. L'unité hydromécanique alimente la valve de LPTACC.

- Avec la pression modulée (PC) de l'orifice A.
- Avec la pression de retour (PC_r) de l'orifice B

Des fuites internes sont drainées par canalisation entre l'orifice C et le mamelon de drainage.

c-Ouverture du papillon :

L'unité hydromécanique (HMU) , contrôlé par le (EEC) diminue la pression module (PC_r) par l'orifice A jusqu'au papillon soit en position demandée . Puisque la charge appliquée au piston par la chambre B est plus que la charge appliquée par la chambre A

Le piston cause :

- Le papillon se déplace vers la position ouverte.
- Le capteur RVDT tourne.

Quant le papillon est en position exigée, l'unité de contrôle électronique (EEC) cause le piston de dis pression dans la position équilibrée parle capteur (RVDT).

d-La fermeture du papillon :

L'unité hydromécanique (HMU) commandé par l'unité électronique du contrôle (EEC) Augmente la pression modulée (PL) à travers l'orifice A jusqu'à la papillon soit dans la position demandée.

Puisque la charge appliquée au piston par la chambre B est inférieur que la charge appliquée par la chambre A, le piston cause :

- Le papillon se déplace vers la position fermée
- Le capteur **RVDT** tourne.

Quand le papillon est en position exigée, l'unité du contrôle électronique (**EEC**) cause la position de rester équilibrée par le capteur **RVDT**.

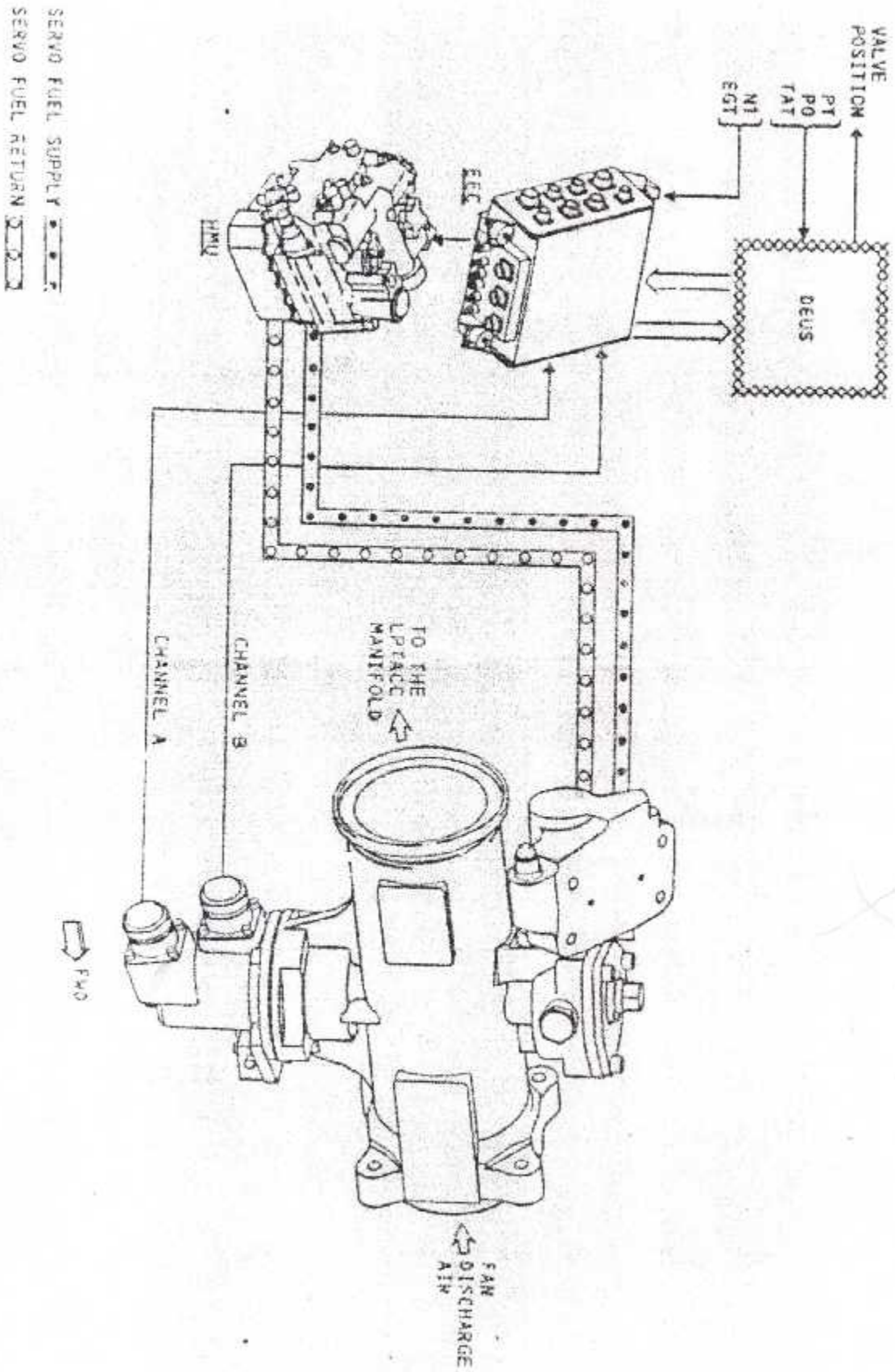


Fig.(II.13) DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DU SYSTEME (LPTACC)

CHAPTER III

III- Maintenance et recherche de pannes du moteur JT8D :

III.1- Maintenance :

- **But :**

La maintenance est l'ensemble des opérations ayant pour objectif le maintien des performances du potentiel et de la disponibilité du matériel au niveau fixé par les commandements.

La maintenance est le mot significatif d'un ensemble des actions qui permettent de maintenir le moteur pour le rétablissement des caractéristiques de navigabilité à un même état lors la certification en fonction de l'objectif réglementaire de sécurité , dans le but d'assurer une régularité et une ponctualité de production à un niveau acceptable.

D'entretien des aéronefs nécessite une organisation des moyens matériels et humaines qui coûtent chères.

Pour des raisons économiques , une compagnie doit assurer la sécurité et la disponibilité de ses appareils à un coût de maintenance moindre.

III.1.1- Différents types de maintenances :

Il existe deux types :

a- Maintenance préventive : Sert à empêcher la défaillance.

-Maintenance préventive systématique (hard time).

-Maintenance préventive conditionnelle (selon état).

b- Maintenance curative (surveillance de comportement) : Sert à réparer la défaillance.

III.1.2- Application sur le moteur JT8D :

III.1.2.1- Généralité :

Les moteurs JT8D du constructeur américain Pratt et Whitney est de conception classique qui remonte aux années 50, équipant ses trois différentes séries (JT8D-9A, JT8D-15, JT8D-17) les avions d'air Algérie du type B737 et B 727 sont équipés ces moteurs.

Le système de maintenance qui est adapté est la maintenance suivant potentiel. C,à- de le turbo réacteur est entre tenue en effectuant des potentiels des moteurs déterminés à l'avance, et réacteur est entre tenue en effectuant des visites périodique et inspection intervenant à des potentiels des moteurs déterminés à l'avance et réalisées suivant un planning confectionné sur la base des heures et des cycles de fonctionnement des turboréacteurs de même types équipant toute la flotte d'avion suscité et ceci pour une période déterminée, généralement équivalent à une année.

En plus des visites périodiques représentant la maintenance lourde des turbo réacteurs est qui interviennent donc après des déposes programmées des moteurs.

On procède aussi à des travaux de maintenance hors programmée, il s'agit d'action corrective nécessaire après les déposes prématurées des moteurs pour pannes. D'ailleurs durant certaines périodes on a un volume de travaux non programmé intérieur au programme des visites périodique . Ceci perturbe énormément toute l'activité de maintenance et d'exploitation, et diminue la disponibilité de ces moteurs. Cela est dû à divers facteurs internes ou externe du moteur, qui font chuter le niveau de fiabilité de ce moteur par ses périodes et qui causent des déposes prématurées . On peut citer les plus importante :

- Erosion des compresseurs et turbines dues à l'environnement contenant de la poussière et particules abrasives.
- Ir.gestion de corps étrangers.

III.1.2.2- Les travaux de maintenance :

Il existe :

- 1- Les visites périodiques (programmées)
- 2- Les déposes non programmées.

A- Les visites programmées :

a- Potentiel du moteur atteint selon philosophie de maintenance :

Tous les travaux de maintenance sont essentiellement basés suivant les normes de constructeur actuellement sont les suivant :

- Over haul Manuel (OHM).
- Ari craft wring list (AWL).
- Illustrated part catalogue (IPC).
- Master minimum equipment list (MMEL).
- Maintenance planning document (NPD).
- Non destructive testing Manuc. (NTM).
- Standard Manuel (SM).
- Wiring standard Manuel (WSM).
- Illustrated tooland equipment Manuel (TEM).
- Tech-pub-combined index (IPCI).
- Trouble shooting Manuel (TSM)

- Inspection de la partie chaude de moteur (VI) :

- Cette visite comprend essentiellement la maintenance de la section chaud de moteur et intervention légère sur les autres modules .
- Cette visite est suggéré dans cet intervalles doit être fixé suivant d'expérience et si c'est possible de la faire coïncider avec une visite pour cause spécifique.

- Petites visites :

Cette visite concerne toutes les opérations d'inspection, de dépannage de réglage et de remplacement d'élément du moteur composé dans les programmes d'inspection d'avion entretien en ligne .

- Révision général :

Cette visite est prévue pour effectuer une révolution complète du moteur ou de module spécifique le composant, elle se compose de tous les travaux menant à une remise en état et conditionnement des pièces, des sections, module ou du moteur complet.

La restauration des sections du moteur est plus importante de cette visite est recommandée au bout de chaque 13.000 heures.

b- Problème de PVL (Pièces de vie limité) :

La maintenance de ce groupe turboréacteur comporte le suivi, le planning de remplacement et le remplacement des pièces à durée de vie limitée intervenant à des potentiels déterminés. En effet, ces pièces tourmentées sont soumises à des charges mécaniques importantes, pouvant entraîner des incidents graves, à leur rupture pour cause du phénomène de fatigue. D'où leur limitation de vie et leur remplacement avant le temps d'apparition des criques de fatigue.

c- Conenance (Avion en visite) :

Dans ce cas en va présenter deux types :

- Grand entretien.
- Petit entretien.

B- Les déposes non programmées:

La dépose non programmée est une dépose intervenant suite à une anomalie de fonctionnement ou à des dégâts physiques prématurés qui nécessitent de démonter le potentiel des déposes non programmées soit dues essentiellement au :

- Injection des corps étrangers (F.O.D).
- Fluage à chaud.
- La fatigue à chaud.
- Erosion.

a-Injection des corps étrangers :

Aux cours des mouvements au sol de l'avion ou aux phases de décollage, montée en altitude, approche et atterrissage, les réacteurs peuvent aspirer des objets se trouvant sur les aires de roulage et pistes tel que : les pierres, écran, brouillon ..., et plus grave encore, ces réacteurs peuvent avaler des oiseaux (mouettes..) présente dans l'environnement de l'aérodrome.

Une fois aspirée par le compresseur du moteur, les ailettes de celui-ci sont endommagées suites aux chocs subis avec ces objets, après ces chocs les ailettes enregistrent les ruptures, perte de métal, déformation et criques.

b-Fluage à chaud:

Phénomène de déformation continue de métal soumis à des contraintes mécaniques et thermique, cette déformation peut conduire à une rupture.

c- La fatigue à hautes températures :

L'élévation de la températures diminue la limite en fatigue des matériaux. La fatigue à haute température provient de phénomène complexe de vibration et se combine avec le fluage à chaud. Ceci diminue la tenue réelle des pièces au fluage à chaud.

d- Erosion :

L'environnement provoque une érosion (gaz à grande vitesse) qui affectes sur tout les ailettes compresseur et turbine provoquent.

Une diminution de leurs résistance mécanique et dégradation de leurs caractéristique aérodynamique.

III.2- Recherche de pannes :

Le but principal de la recherche de panne est détecter les défauts engendrant un néfaste comportement des pièces et de fournir des données concrètes pour juger l'état des systèmes.

III.2.1- Les différents méthodes :

III.2.1.1- Méthode globale :

Consiste à remplacer tous les éléments de la fonction du système incrimines.

a- Avantages :

- Sauvegardes des ponctualité d'avion
- Sûr.
- Rapidité.

b- Inconvénients :

- Beaucoup de déposes injustifiées.
- Manipulation excessive (pose/dépose) des équipements dont la fiabilité décroître.
- Nécessité de disposer au magasin d'un stock de tous les éléments constitutifs de la fonction.

III.2.1.2- Méthode progressive :

Cette méthode consiste à remplacer successivement les équipement de la fonction incriminée et de son analyse approfondit.

Une fois l'équipement remplacé on procède à un essai qui permet de vérifier si la fonction à été restaurée.

Dans le cas contraire, on remonte l'ancien équipement et on procède au remplacement du suivant et ainsi de suite jusqu'au dépannage complète ou total de la fonction du système.

III.2.1.3- Méthode historique :

On cherche l'historique de chaque équipement puis on trouve le pourcentage de panne élever.

a- Avantage :

- 90% des panne peuvent être résolu par ce processus qui fait intervenir une analyse simple.
- Cette méthode permet d'agir en priorité sur les causes les plus probables.

b-Inconvénients :

- Diminution de la fiabilité des équipements.
- Le temps alourdi à la recherche de panne.
- Dépose injustifiés.

III.2.1.4- Méthode analytique (TSM) :

Cette méthode permet d'affiner la méthode progressive et d'incriminer à coup sur, l'élément en cause .Cette méthode nécessite des spécialiste ayant une bonne connaissance du système, la démarche a suivre est de faire la liste de toutes les causes possibles est construire d'arbre de défaillance, qui permettra d'éliminer les causes par la prise en considération les informations sur l'avion (alarme, indication, l'observation d'équipage).

III.2.2- Différents types des pannes:

- Panne simple active :

Exp : Blocage de commandes, fuites rupture, court, circuit.

- Panne passive (dormante , cachée) :

C'est une panne dont la présence n'est pas immédiatement détecter.

Exp : système de protection .

- Panne multiple due à une cause unique (mode commun) :

Exp : Le feu, l'Explosion, la fondre, F.O.D,grêle .

- Panne en cascade :

Une panne simple pas critique en elle même entraîne une série d'autres pannes successives.

- Erreur de conception :

Environnement différent de celui prévu.

Exp : erreur logicielle.

- Erreur de fabrication :

Exp : assurance qualité (JAP145).

- Erreur de maintenance :

Exp : oubli outil , montage in corrette.

- Erreur dans l'application du test :

Exp : Banc d'essai.

- Erreur pilotage :

Exp : Erreur d'application des procédures, conception de l'interface équipage avion à mettre en cause.

III.2.3- Classe des pannes :

III.2.3.1- Panne classe1 :

Elle nécessite d'être portée à la connaissance de l'équipage car elles ont des conséquences opérationnelles, elles nécessitent obligatoirement une action du pilote pour remédier à la panne (panne no go), c'est à dire : elle doit être rapportée au log book. Ce sont des pannes qui n'ont pas besoin d'être réparées mais il faut prendre quelques précautions.

III.2.3.2- Panne classe 2 :

Elles n'ont pas des conséquences opérationnelles pour le vol en court et pour les prochains vols elles sont directement portées à la connaissance de l'équipage, elles doivent être rapportées au log book. Ce sont des pannes qui n'ont pas besoin d'être réparées mais il faut prendre quelques précautions.

III.2.3.3- Panne classe3 :

Elles ne sont pas indiquées à l'équipage car elles n'ont pas de conséquences opérationnelles sur l'avion et n'affectent en rien la sécurité de l'avion, elles peuvent ne pas être réparées si ce n'est pour des considérations économiques et de disponibilité.

➤ INDEX DES PROBLEME

Observation	Causes probables	Recommandation
N1 limite ou non limite	Système d'indication	Vérifier l'instrument de N1
Pas d'allumage	Système d'allumage	1- Contrôler la boîte d'allumage, les câbles électriques, ou les bougies d'allumage ainsi déterminer le composant en panne par remplacement de ces accessoire à tour de rôle. 2- Contrôler les switches d'allumage
	Système carburant	1- Vérifier le levier de fermeture carburant . 2- Contrôler la pression au niveau de la pompe primaire de carburant
Moteur démarre normalement mais l'accélération est faible (N2 et EGT Stable)	Système carburant	1-Contrôler que l'air ne circule pas dans le circuit carburant . 2-Vérifier qu'il n'y a pas de fuite dans la conduite de P _{S4} .

	<p>Système de soutirage d'air</p>	<p>Contrôler les valves de soutirage d'air.</p>
	<p>- Air craft interface (l'extérieur du moteur)</p>	<p>1. Contrôler le branchement pour la restriction des accessoires du système carburant . 2. Contrôler la coupure de la vitesse de rotation du démarreur.</p>
<p>Thrust lever mis alignement (levier de poussé non aligné)</p>	<p>Système de dégivrage.</p>	<p>Vérifier que les valves de soutirage d'air fonctionnent correctement .</p>
	<p>Système carburant</p>	<p>1- Contrôler le réglage de FCU 2- Contrôler la PS4 pour fuite 3- Contrôler la purgeur .distributeur . 4- Contrôler l'équilibrage de FCU.</p>

	Air-craft interface	<p>1. Contrôler la restriction ou le mal frottement de la cellule du système carburant .</p> <p>2. Contrôler le circuit de soutirage d'air pour un fuite.</p>
Thru-thrust lever limited.	Système de dégivrage.	Vérifier que les valves de soutirage d'air fonctionnent correctement.
	Système d'indication	Contrôler s'il n'y a pas de fuite dans la conduite PE7 dans le circuit EPR.
	Système de carburant	<p>1- Contrôler le réglage de FCU.</p> <p>2- Contrôler la P_{s4} de FCU s'il n'y a pas de fuite.</p>
	Air craft interface (l'extérieur du moteur)	Contrôler s'il n'y a pas de fuite dans les conduites de soutirage d'air.
EGT limité.	Système anti givrage	Vérifier que les valves de soutirage d'air fonctionnent correctement.
	Air craft.	Contrôler s'il n'y a pas de fuite dans le système de soutirage d'air.

N2 limité.	Système de dégivrage.	Vérifier que les valves Fonctionnent Correctement.
Lente accélération	système carburant	1-contrôler s'il n'y a pas de fuite au Niveau de P ₂₄ 2-Remplacer le FCU.
	Système de soutirage d'air.	Contrôler les valves de soutirage d'air.
Changement soudain Des paramètres Relatives aux Accessoires.	Système de soutirage.	Vérifier que les valves fonctionnent Correctement.
	Système d'indication	Contrôler que Les indications EPR, RPM, EGT Fonctionnent Correctement.
	Air craft interface.	Référez de la Section(V1) pour Déterminer les Causes de Détermination des Accessoires.

ЧАПТРЕ IV

IV- COMPARAISON:**IV. 1- Comparaison entre les deux moteurs CFM56-7B et JT8D :**

	JT8D	CFM56-7B
Longueur	3,137 M	2,50 m
Diamètre	1,07 M	1,55 m
Poids à vide	2146 kg	2358 kg
Poussée	7030 da N	18000 à 27000 da N
Mach MAX	0,8	0,8
N°1 MAX	102% (8510 tr/mn)	104% 5 5380 tr /mn)
N°2 MAX	102% (12250 tr/mn)	105% (15183 tr /mn)
Taux de compression	18	32
Taux de dilution	0,99	5,6
Début d'air au décollage	146,6 à 148,3 Kg /s	385 kg /S
Consommation spécifique	0,286 Kg / S	0,59 kg /S
EGT	620°C	945° C

IV. 2- Comparaison entre les différents systèmes :

IV. 2. 1- Comparaison entre les systèmes carburant :

JT8D	CFM56-7B
<ul style="list-style-type: none"> - 01 Pompe carburant à 2étage BP et HP . - Echangeur thermique -Réchauffeur carburant (prévèlements d'air). - Filtre carburant. - Indication. - Régulateur de carburant (PCU). - 09 injecteurs . - Fonctionnement : Pompe BP = Réchauffeur= Filtre=Pompe HP=FCU débitmètre= échangeur=purgeur distributeur =injecteurs 	<ul style="list-style-type: none"> - 01 Pompe carburant à 2étage BP et HP. - Echangeur thermique. -Réchauffeur carburant (prévèlements d'air). - Filtre carburant . - Indication. - HMU commandé par la EEC - 20 injecteurs. - Fonctionnement Pompe BP= échangeur =Filtre =Pompe HP=HMU=01 1 : Doseur asseroi (FMV)= débitmètre = injecteurs. 2 : Réchauffeur carburant =asservissement =HMU = Actionner le les VSV et VBV

IV. 2.2- Comparaison entre les systèmes de graissage :

JT8D	CFM56-7B
<ul style="list-style-type: none"> - 01 Réservoir - Circuit refoulement. - Circuit d'aspiration. - Circuit d'aération. - Echangeur thermique indication (T°,P,) - Capacité du réservoir (20,81 L) - Capacité utilisable (15,14 L) - 5 Pompes de récupération avec 4 chip détecteur - Reniflard - 07 Palier 	<ul style="list-style-type: none"> - 01 Réservoir . - Circuit refoulement . - Circuit d'aspiration. - Circuit d'Aération. - Echangeur thermique indication (T°,P,) - Capacité du réservoir (23,26L) - Capacité utilisable (20,90L). - 03 Pompes de récupération avec 3 chip détecteur (C B U). -Coupage de protection de surpression. - 02 Palier , palier W/AR.

IV. 3- Comparaison entre les systèmes d'air :

	JT8D	CFM 56-7B
Les éléments Concernés.	<ul style="list-style-type: none"> - Vérin (actuator PRBC.) - Les vannes de décharge. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le EEC. - VSV. - VBV. - La HMU. - Turbine actuator (vérin).
Le Fonctionnement	Le PRBC reçoit les données A partir Des différentes pressions, après il décide L'ouverture ou la fermeture De la vanne.	Le système fonctionne selon les lois hydromécaniques par l'intermédiaire du sélecteur De pression, c'est à dire L'unité hydromécanique (HMU) qui fonctionne selon la commande du EEC, d'où il décide, quelle pression, quel canal l'envoi pour l'ouverture ou la fermeture de la vanne.
Système Anti pompage	On trouve seulement deux (02) vannes de décharge , sont disposées au niveau du 13 ^{ème} étage .	Le système anti pompage est muni les dispositifs suivants : <ul style="list-style-type: none"> - Les VBV (à l'arrière du LPC) - Les VSV (à l'entrée du HPC) - Les TBV (au niveau du 9^{ème} étage HPC).
Refroidissement Et contrôle du Jeu de turbine.	On ne trouve pas un système de contrôle du jeu de turbine, Le refroidissement est obtenu par circulation d'air du 13 ^{ème} étage en provenance du compresseur à travers des trous munis les ailettes.	Le refroidissement et le contrôle du jeu de turbine par l'intermédiaire du LPTCC et HPTCC.

CONCLUSION

CONCLUSION :

A l'issue de ce modeste travail, nous avons pu enrichir nos connaissances dans le domaine de la propulsion en étudiant les deux moteurs proposés.

Dans cette étude on s'est intéressé particulièrement aux systèmes d'air équipants deux moteurs, l'un appartient à la nouvelle génération qui est le CFM56-7B et qui a fait son apparition à AIR ALGERIE en 1996, par contre le deuxième appartient à l'ancienne génération en l'occurrence le JT8D qui est utilisé dans la même compagnie depuis 1983.

En guise de conclusion on a pu constater que :

- Le soutirage, d'air dans les deux systèmes est assuré par l'intermédiaire des vannes qui fonctionnent suivant la différence entre les pressions hydrauliques.

Dans le système d'air du JT8D on trouve :

- Des vannes de décharge comme remède anti-pompage, un vérin(actuat PRBC) décide de la position de la vanne.

- On a remarqué l'absence d'un système de control actif du jeu turbine.

Par contre, dans le moteur CFM56-7B, on trouve :

- Les dispositifs du VSV, VBV, et la TBV qui représente un remède anti-pompage.

- La position de ces vannes est assurée par un calculateur électronique(EEC) qui est envoie un signal a la HMU. Cette dernière transforme ce signal en signal hydraulique.

- On trouve aussi deux systèmes de control actif du jeu turbine(basse pression et haute pression).

Cette étude comparative nous a permis de constater que le système d'air du CFM56-7B à connu des améliorations par rapport au système d'air du JT8D.

Enfin nous espérons que cette étude va servir de document précieux pour les futurs étudiants qui vont s'intéresser à ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE :

Documentations:

- [1] – BENTREAD HOCINE
« Les cours de technologie des moteurs ».
département d'aéronautique
année 2002-2003

- [2] – ABADA OMAR
« Les cours de recherche des pannes et organisation maintenance ».
le département d'aéronautique
année 2002-2003

- [3] – LEHMANN et LEPOURRY
« Technologie des turboréacteurs »
le département du transport
édition 1989

- [4] – CD ROME: B737 Flight CBT.

Les sites :

- [5] – www.cfm56.com.
- [6] – www.ge.com.
- [7] – www.snecma.com.