

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement supérieure et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA

Faculté des sciences de l'ingénieur

Département d'aéronautique



PROJET DE FIN D'ETUDES

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'ETUDE
UNIVERSITAIRE APPLIQUE EN AERONAUTIQUE

OPTION : PROPULSION

THEME

REALISATION D'UNE MAQUETTE DE SYSTÈME DE GRAISSAGE MOTEUR CFM 56-7B

Réalise par:

KISSARLI abdekrim

Promoter: Mr.ABADA

2008/2009

RESUME

L'objectif de ce travail est :

- ✚ Elaborer une étude descriptive de système de graissage CFM56-7B.
- ✚ Réalisation d'une maquette explicative du fonctionnement ainsi que la démonstration des circuits de système.

Grace à ce travail, on peut identifier et voir clairement les différents circuits et éléments constituant le système d'huile et comprendre son principe de fonctionnement.

THE RESUME WORKS

The objective of this work is:

- ✚ Developed a descriptive study of oil system of CFM56-7B.
- ✚ Create an explanatory model of this system with demonstration circuits and components of the latter.

Thanks to this work, we can identify and vain clearly different circuited and components of this system and also understand the works principle.

ملخص

إن الهدف من هذا العمل هو:

عمل دراسة كلية و دقيقة لنظام تشحيم (CFM56-7B)
المحرك النفاث

وضع إنشاء توضيحي لنظام التشحيم مع تمييز مختلف مكونات هذا الأخير.

من خلال هذا العمل نتمكن من معرفة و استيعاب بوضوح مختلف الأجزاء
المكونة للنظام مع معرفة مبدأ عمل هذا الأخير



Remerciements

Au terme de ce modeste travail, je tiens à remercier le bon dieu le tout puissant de m'avoir attribué la faveur de réussir mes études.

Je tiens aussi à remercier Mr * *ABDA* * pour son constant suivi, son aide, ces conseils et son orientation.

Je remercie tous ceux qui ont attribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Mes remerciements s'adressent à l'ensemble des enseignants de l'institut qui ont contribué à notre formation.

Je remercie mes amis pour leur soutien moral.

Merci à tous.



Karim.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes chers parents que j'aime profondément, ainsi que mes frères et à chaque membre de la famille.

Je le dédie également à tout mes collègues de l'université spécialement à : Ahmed, Amine, Mohamed, houssein, Lyes, Salime, Chafik, Lyamine, Zoubir, Sofiene, Farouk, Tbessi.

Je le dédie aussi à tout ce qui mon aide à réaliser ce modeste travail.



SOMMAIRE

Résumé	
Remerciements	
Introduction général	

CHAPITRE I : HISTORIQUE

I.1.HISTORIQUE ET CHRONOLOGIE DE DEVELOPPEMENT MOTEUR CFM56-7B.....	1
I.2.TYPE DE MOTEUR CFM56.....	2
I.2.1. moteur cfm56-2.....	2
I.2.2. moteur cfm56-3.....	2
I.2.3. moteur cfm56-5A, 5B.....	3
I.2.4. moteur cfm56-5c.....	3
I.2.5. moteur cfm56-7b	4
I.2.HISTORIQUE ET CHRONOLOGIE DE DEVELOPPEMENT DU MOTEUR CFM56-7B.....	5

CHAPITRE II : DESCRIPTION DU MOTEUR CFM56-7B

II.1.DEFINITION DU MOTEUR.....	6
II.2. CARACTERISTIQUES DU MOTEUR CFM56-7B.....	7
II.3.LE DOMAINE D'APPLICATIONS DU MOTEUR	8
II.4. LES DIFERENTS MODULES DU MOTEUR	9
II.4.1. Le module major fan and booster.....	10
II.4.2. Module major core.....	11
II.4.2.1.Compresseur haute pression HP	11
II.4.2.2.Une chambre de combustion annulaire.....	12
II.4.2.3.Une turbine haute pression.....	13
II.4.3. Module major LPT	14
II.4.4. Module d'entraînement d'accessoires.....	15
II.5. CAPOTAGES	17
II.6. LES STATIONS AERODYNAMIQUES DU MOTEUR CFM56-7B.....	19
II.7. PALIERS ET ROULEMENTS MOTEURS	20

CHAPITRE III : SYSTÈME FADEC

III.1.DESCRPTION DES SYSTEMES HYDROMECHANIQUES DU MOTEUR CFM56-7B...	21
III.1.1.Description du système FADEC.....	21
III.1.2.Avantages de régulation numérique	21
III.1.3.Fonction du FADAC.....	22
III.2.UNITE ELECTRONIQUE DU CONTROLE MOTEUR(EEC).....	25
III.2.1.Les connexions de L'EEC aux systèmes du moteur et d'avion.....	26
III.2.2.Alimentation électrique de L'EEC.....	27
III.2.3.Dimensions et poids de L'EEC	27
III.3.UNITE HYDROMECHANIQUE (HMU).....	28
III.3.1.Electro-hydraulique servo-vanne (EHSV)	29
III.3.2.Alimentation du carburant au HMU.....	29

SOMMAIRE

CHAPITRE IV : LES DIFFERENTS CIRCUITS DU MOTEUR

IV.1. CIRCUIT CARBURANT.....	32
IV.1.1.Rôle.....	32
IV.1.2.Composition	32
IV.1.3.Contrôle.....	33
IV.1.4.Fonctionnement	33
IV.2.CIRCUIT DE GRAISSAGE	34
IV.2.1.Rôle	34
IV.2.2.Composition.....	34
IV.2.3.Contrôle.....	34
IV.3.CIRCUIT DE DEMARRAGE.....	36
IV.4.CIRCUIT D' ALLUMAGE	37
IV.5.COMMANDE ET CONTROLE.....	38
IV.6.CIRCUIT REVERSE	38
IV.6.1.Dispositif d'éjection	38
IV.6.2.Principe.....	39
IV.6.3. Inversion de poussée	39
IV.6.4.Signalisation	40
IV.7.CIRCUIT DE COMMANDE.....	40
IV.8.UNITE ELECTRONIQUE DE CONTROLE MOTEUR (EEC).....	41
IV.9.REGULATEUR PRINCIPAL CARBURANT (HMU)	42
IV.10.LE SYSTEME D'INDICATION.....	43
IV.11.SYSTEME D' AIR.....	44
IV.11.1.Le contrôle de jeu turbine haute pression (HPTACC)	45
IV.11.2.Le contrôle de jeu turbine basse pression (LPTACC).....	45
IV.11.3.Système VSV	46
IV.11.4.Système VBV.....	47
IV.11.5. TBV valve.....	50

CHAPITRE V : ETUDE GENERALE DU CIRCUIT D'HUILE

V.1.PRINCIPE DE SYSTEME D'HUILE	52
V.2.BUT DE SYSTEME D'HUILE	52
V.3.CARACTERISTIQUE PRINCIPALES DES LUBRIFIANTS.....	53
V.4.LES DIFFERENTS CIRCUITS DU SYSTEME DE GRAISSAGE.....	54
V.4.1.Le circuit d'alimentation	55
V.4.2. Circuit de récupération	56
V.4.3.circuit de dégazage.....	57
V.5.LES ELEMENTS CONSTITUANT LE SYSTEME	58
V.5.1.Le réservoir d'huile.....	60
V.5.2.Valve anti-fuite	63
V.5.3.Unité de lubrification.....	64
V.5.3.1. Alimentation	65

SOMMAIRE

V.5.3.2.Filtre d'alimentation d'huile	65
V.5.3.3.Indicateur d'obturation	65
V.5.3.4. Chip detector	65
V.5.3.5. l'unité de lubrification interne.....	67
V.5.4. Filtre de récupération d'huile.....	67
V.6.ECHANGEURS DE CHALEUR D'HUILE/CARBURANT.....	68
V.6.1.Echangeur de chaleur principal d'huile/carburant	69
V.6.2.Pratiques en matière d'entretien.....	71
V.6.3.Réchauffeur de carburant	71
V.6.4.Enveloppe de réchauffeur de carburant.....	72
V.7.DYSFONCTIONNEMENT DU CIRCUIT DE LUBRIFICATION.....	74
V.8. SIGNALISATION ET INDICATION.....	75
V.9.GRAISSAGE INTERNE DU SYSTEME.....	76
V.9.1. Graissage de la boîte d'accessoire d'admission (IGB)	76
V.9.2. Lubrification roulement N°1 à billes	77
V.9.3. Lubrification de roulement N°2 à rouleaux	78
V.9.4. Lubrification de roulement N°3	79
V.9.5.Lubrification de roulements n°4 et n°5.....	80
CHAPITRE VI : REALISATION	
VI.1.INTRODUCTION	81
VI.2. REALISATION	81
VI.3.LES CAS TRAITE.....	89
conclusion	

LISTE DES FIGURES

Figure(I.1) : Moteur CFM56-5.....	4
Figure(I.2) : Moteur CFM56-2.....	4
Figure(I.3) : Moteur CFM56-7B.....	4
Figure (II.1) : Vue interne de cfm56-7b	6
Figure (II.2) : Domaine d'application du moteur.....	8
Figure (II.3) : Les modules du moteur cfm56-7b.....	9
Figure (II.4): Le module major fan and booster.....	10
Figure (II.5): Module major core.....	11
Figure (II.6): Compresseur haute pression HP	12
Figure (II.7): Chambre de combustion annulaire.....	12
Figure (II.8): Turbine haute pression.....	13
Figure (II.9): Module major LPT.....	14
Figure (II.10): Module d'entraînement d'accessoires.....	15
Figure (II.11): Capotages.....	17
Figure (II.12): Les attaches moteurs.....	18
Figure (II.13) : Les stations aérodynamiques du moteur cfm56-7b.....	19
Figure (II.14) : Paliers et roulements moteurs.....	20
Figure(III.1) : Le système FADEC.....	24
Figure(III.2) : Unité électronique du contrôle moteur(EEC).....	25
Figure(III.3) : Alimentation électrique de L'EEC.....	27
Figure(III.4) : Dessin de HMU.....	31
Figure (IV.1) : Circuit carburant.....	33
Figure (IV.2) : Circuit de graissage.....	35
Figure (IV.3) : Système de démarrage.....	36
Figure (IV.4) : Circuit d'allumage.....	37
Figure (IV.5) : Les inverseurs de poussées.....	40
Figure (IV.6) : Unité de contrôle électronique.....	41
Figure (IV.7) : Le régulateur principal carburant.....	42
Figure (IV.8) : le système d'air.....	44
Figure (IV.9) : Le contrôle de jeu turbine haute pression (HPTACC).....	45
Figure (IV.10) : Le contrôle de jeu turbine basse pression (LPTACC).....	45
Figure (IV.11) : Système VSV.....	46
Figure (IV.12) : Système VBV.....	47
Figure (IV.13) : Vérin VBV.....	48
Figure (IV.14) : Portes VBV.....	49
Figure (IV.15) : Système TBV.....	51
Figure(V.1) : Schéma de système d'huile.....	53
Figure(V.2) : Les trois circuits du système.....	54
Figure(V.3) : Circuit d'alimentation.....	55
Figure (V.4) : Circuit de récupération.....	56
Figure (V.5) : Circuit de dégazage.....	57
Figure (V.6) : Les éléments constituant le système.....	58
Figure (II.7) : Composants du circuit d'huile.....	59

LISTE DES FIGURES

Figure (V.8) : Réservoir d'huile.....	61
Figure (V.9) : Valve anti-fuite.....	63
Figure (V.10) : Unité de lubrification.....	64
Figure (V.11): Chip detector	66
Figure (V.12): Chip detector.....	66
Figure (V.13) : Filtre de récupération.....	67
Figure (V.14) : Echangeurs de chaleur d'huile/carburant.....	68
Figure (V.15) : Pratiques en matière d'entretien.....	71
Figure(V.16) : Enveloppe de réchauffeur de carburant.....	73
Figure (V.17) : Le système d'indication.....	75
Figure(V.18) : Graissage de la boîte d'accessoire d'admission (IGB).....	76
Figure(V.19) : Lubrification roulement N°1 à billes.....	77
Figure(V.20) : Lubrification de roulement N°2 à rouleaux.....	78
Figure(V.21) : Roulement N°3.....	79
Figure(V.22) : Lubrification de roulements n°4 et n°5.....	80
Figure(VI.1) : la plaque de la maquette.....	82
Figure(VI.2) : La plaque après collage de schéma	82
Figure(VI.3) : Pointage.....	83
Figure(VI.4) : Perforation.....	83
Figure(VI.5) : Montage.....	83
Figure(VI.6) : Les quatre panneaux.....	84
Figure(VI.7) : Les leds.....	85
Figure(VI.8) : Soudure des leds.....	86
Figure(VI.9) : Les interrupteurs.....	86
Figure(VI.10) : Les interrupteurs vue arrière.....	87
Figure(VI.11) : La carte électronique.....	87
Figure(VI.12) : Secteur électrique.....	88
Figure(VI.13) : Résultat final.....	88
Figure(VI.14) : Circuit d'aimantation.....	89
Figure(VI.15) : Circuit de récupération.....	89
Figure(VI.16) : Circuit de dégazage.....	90
Figure(VI.17) : Colmatage du filtre d'aimantation.....	90

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AGB	boite de commande des accessoires
BP	basse pression
CDU	boite de commande et d'afficha
CDS	système de visualisation commune
DAC	moteur à chambre de combustion double
EEC	unité électronique du contrôle moteur
EGT	température des gaz de sortie
FMV	galet doseur carburant
HDS	arbre d'entraînement horizontal
HP	haute pression
HPC	compresseur haute pression
HPT	turbine haute pression
HPTACC	contrôle actif de jeu turbine haute pression
IDG	générateur d'entraînement intégrer
IGB	aubes de pré rotation à calage variable
LPC	compresseur basse pression
LPT	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'aire totale
TBV	Vane de décharge transitoire
TGB	boîtier de renvoi d'angle
TAL	manette de commande d'angle de poussée
IGB	boîtier du dispositif d'admission
FAN	soufflante
BSV	la valve de sélection des injecteur.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

FRV	la valve de retour de carburant.
TBV	vanne de décharge et de transition
IGV	aube de pré rotation a calage variable
EHSV	valve du servo électro-hydraulique
LPTACC	control actif du jeu turbine basse pression.
LVDT	transformateur différentiel variable linéaire.
RVDT	transformateur différentiel variable radial.
C°	degré celsius.
HMU	unit2 hydromécanique.
FADEC	Système de régulation électronique numérique a pleine autorité.

CHAPITRE I

HISTORIQUE



CHAPITRE II

DESCRIPTION

DU MOTEUR

CFM56-7B




CHAPITRE III



SYSTEME

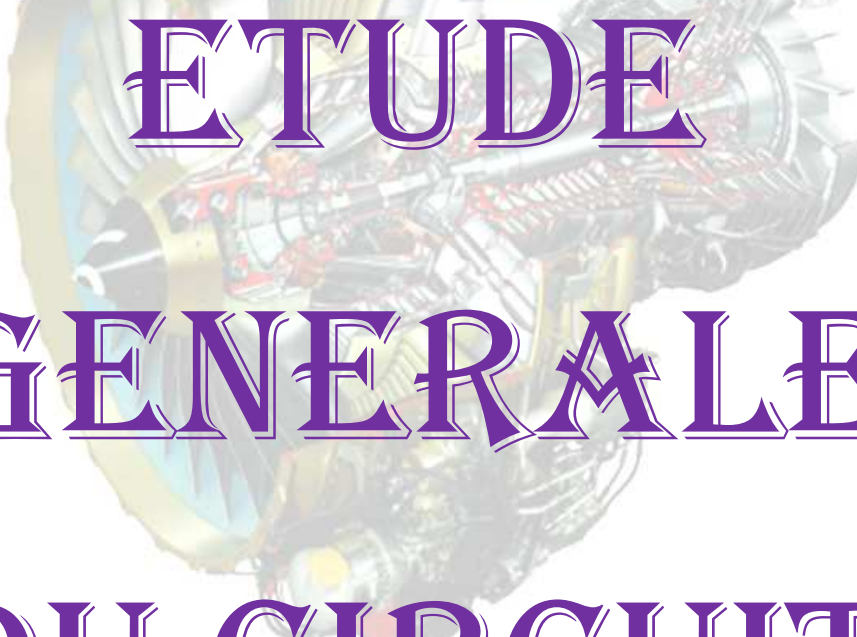
FADEC

CHAPITRE IV



LES DIFFERENTS CIRCUITS DU MOTEUR

CHAPITRE V



ETUDE GENERALE DU CIRCUIT D'HUILE

CHAPITRE VI

REALISATION



INTRODUCTION

Dans cette étude présentée dans ce mémoire, je vais décrire le moteur CFM56-7B globalement aussi que ses modules et ces différents circuits. Je passerai ensuite à la description du système d'huile, son principe de fonctionnement, ces circuits aussi que les éléments constituant ce dernier.

Je finirai par ce qui est essentiel dans ce travail, c'est bien la réalisation d'une maquette d'un système de lubrification du moteur CFM56-7B.

A cet effet, je procéderai comme suit :

Chapitre I : ce chapitre traite l'histoire du moteur CFM56-7B.

Chapitre II : celui-ci traite la description du CFM56-7B.

Chapitre III : ce chapitre traite le système de la régulation numérique (FADEC).

Chapitre IV : il traite les différents circuits du CFM56-7B.

Chapitre V : celui-ci traite une description générale d'un système d'huile de CFM56-7B.

Chapitre VI : ce chapitre traite la réalisation du système d'huile d'un CFM56-7B.

II.1.DEFINITION DU MOTEUR:

Le **CFM 56-7B** est un moteur, double Flux, double corps, et à écoulement axial, avec Un taux de dilution élevé, d'une conception Entièrement modulaire pour permettre une Facilité dans les opérations de maintenances.

Le moteur **CFM56-7B** est certifié en 1996 Sur le **Boeing 737-800 NG** il occupe près De 59% des ventes sur le marché.

L'acronyme **CFM** veut dire **compresseur fan moteur**

Son rôle est de délivrer une poussée à l'avion et d'assurer la puissance aux systèmes suivant :

- ✚ Electrique environ 90KVA
- ✚ Hydraulique.
- ✚ Pneumatique.

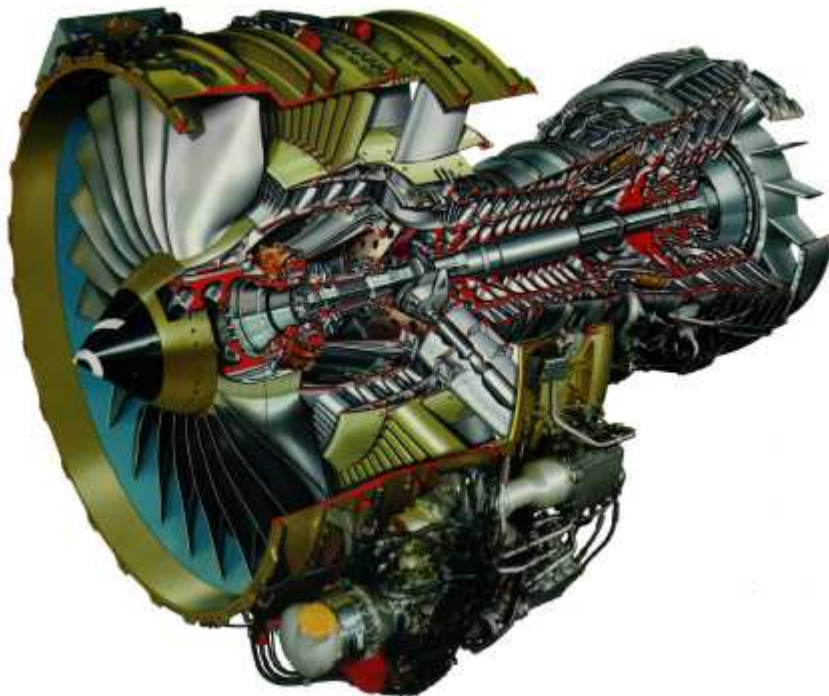


Figure (II.1) : Vue interne de cfm56-7b

II.2. CARACTERISTIQUES DU MOTEUR CFM56-7B :

Les caractéristiques principales du moteur CFM56-7B sont les suivantes :

Modèle	CFM56-7B
Poussée	19500 à 73000 pounds
Diamètre de l'entrée d'air	1,55 m
La masse du réacteur est de	2361 kg
Poids du moteur à vide	238 kg
Longueur	2 ,50 m
N1 max	104% (5380 tr/mn)
N2 max	105% (1583 tr/mn)
Taux de compression	32
Débit d'air au décollage	385 kg/s
Vitesse moyenne d'éjection du gaz (décollage)	295 m/s
Par kg de poussée par heure	0,95 k
Taux de dilution	5,6
Générateur électrique	3000 psi à 34 gallons/mn
Pneumatique limité	à 3000 psi et 390 à 440f degrés
Limite de démarrage de l'EGT	725 °C

Tableaux(II.1) : Caractéristiques du moteur cfm56-7b

II.3.LE DOMAINE D’APPLICATIONS DU MOTEUR :

La figure (II-2) suivante montre les divers modèles de moteur de l’avion Boeing B737-600/-700/-800 /-900/BBJ/COMBI/C40A

Le moteur **CFM56-7B** équipe tout la gamme Boeing s’étendant de 19500 à 27300 livres de poussée.

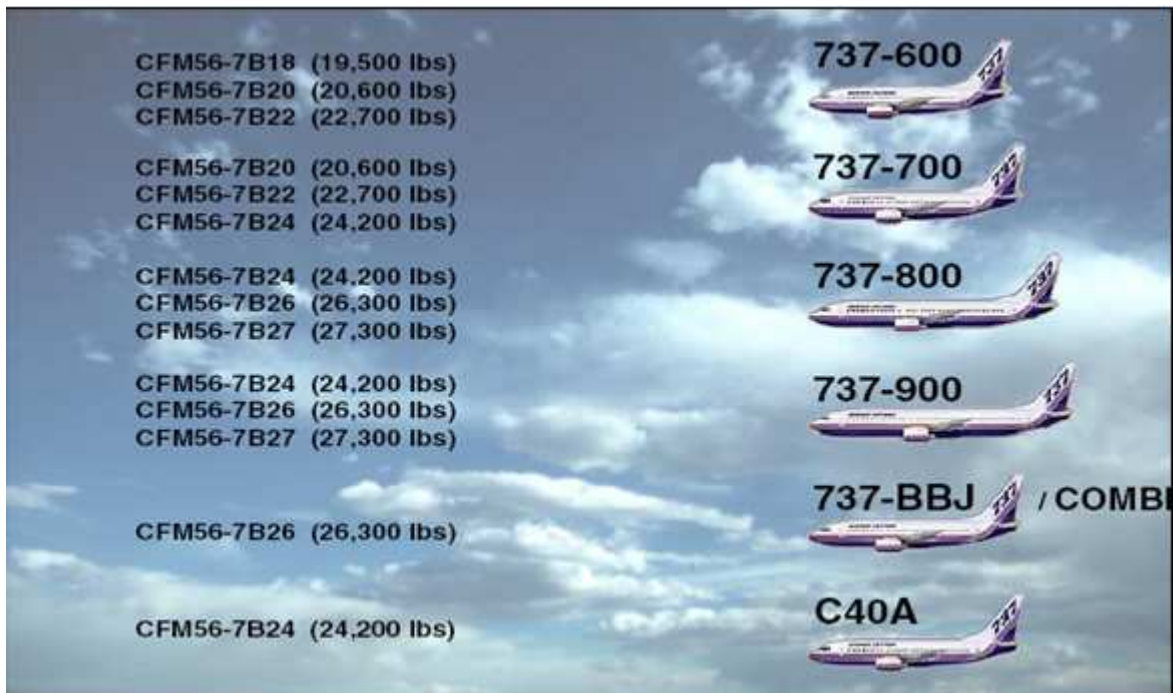


Figure (II.2) : Domaine d’application du moteur

II.4. LES DIFFERENTS MODULES DU MOTEUR :

Le **CFM56-7B** est un moteur d'une conception entièrement modulaire .Il est constitué de 17 modules qui forment trois modules principaux et d'un système d'entraînement accessoires :

- Module major Fan and Booster
- Module major Core
- Module major LPT
- Système d'entraînement D'accessoires

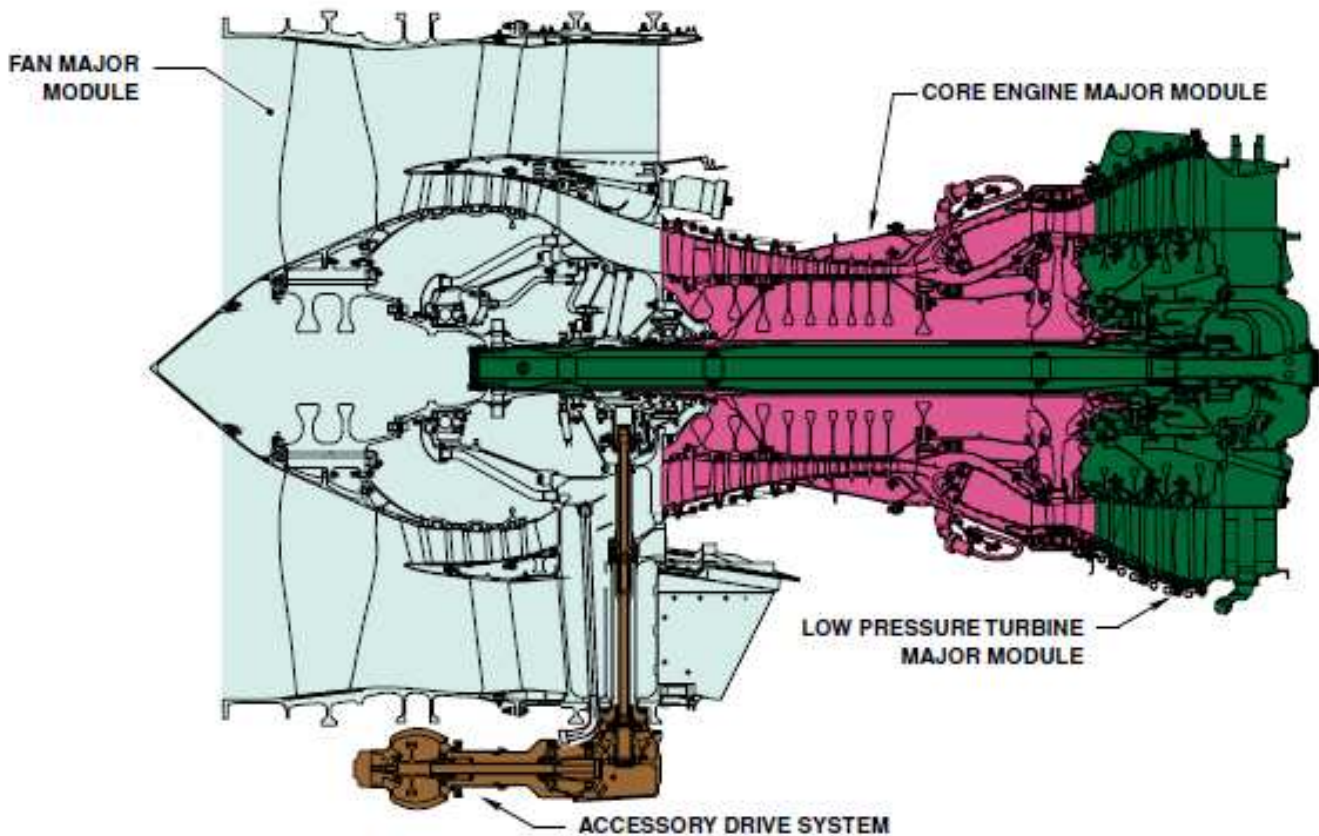


Figure (II.3) : Les modules du moteur cfm56-7b

II.4.1. Le module major fan and booster:

- ✚ **FAN** : qui est une soufflante de 24 ailettes a large corde en titane fixées sur le fan disque ou ils seront maintenue radialement par des cales.
- ✚ **BOOSTER** : qui est le compresseur de charge (Compresseurs basse pression) de 4 étages.

Le fan accélère la vitesse de l'air, un Carénage de splitter (séparateur) divise l'air en deux flux, l'air primaire et le secondaire. Le premier passe dans le CORE a travers le booster qui augmente la pression à un rapport de 1.73 et le renvoi vers le compresseur HPC Tant disque que le flux secondaire va vers le canal du FAN qui constitue 80% de la poussée.

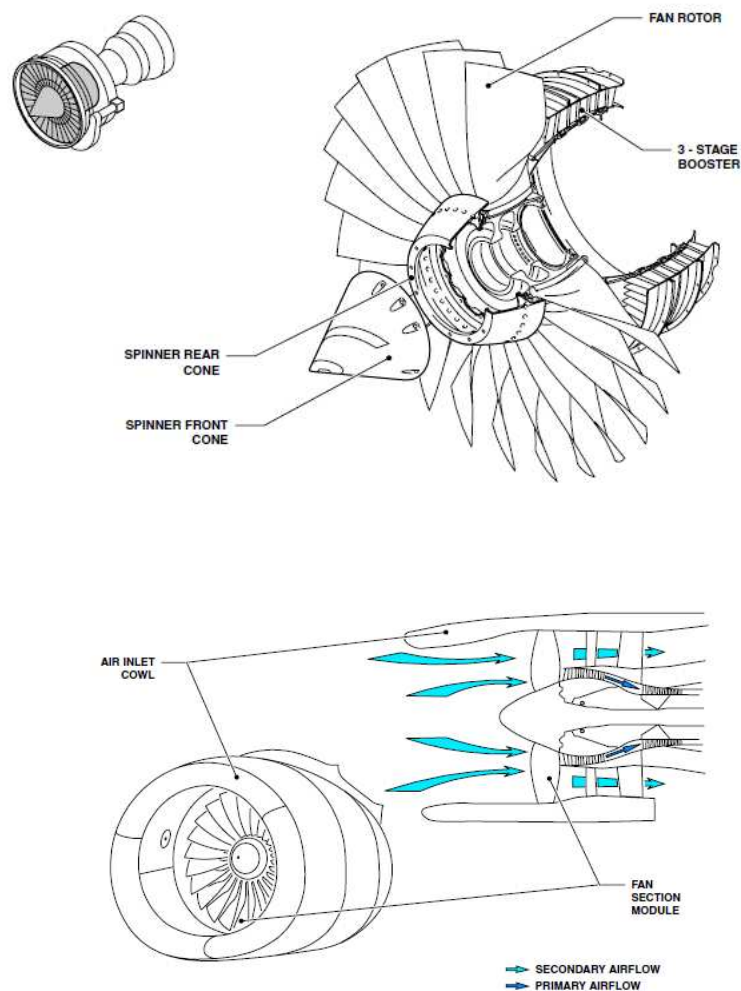


Figure (II.4): Le module major fan and booster

II.4.2. Module major core :

Le core produit une pression et une vitesse élevée, le gaz générateur produit la puissance qui entraîne le moteur.

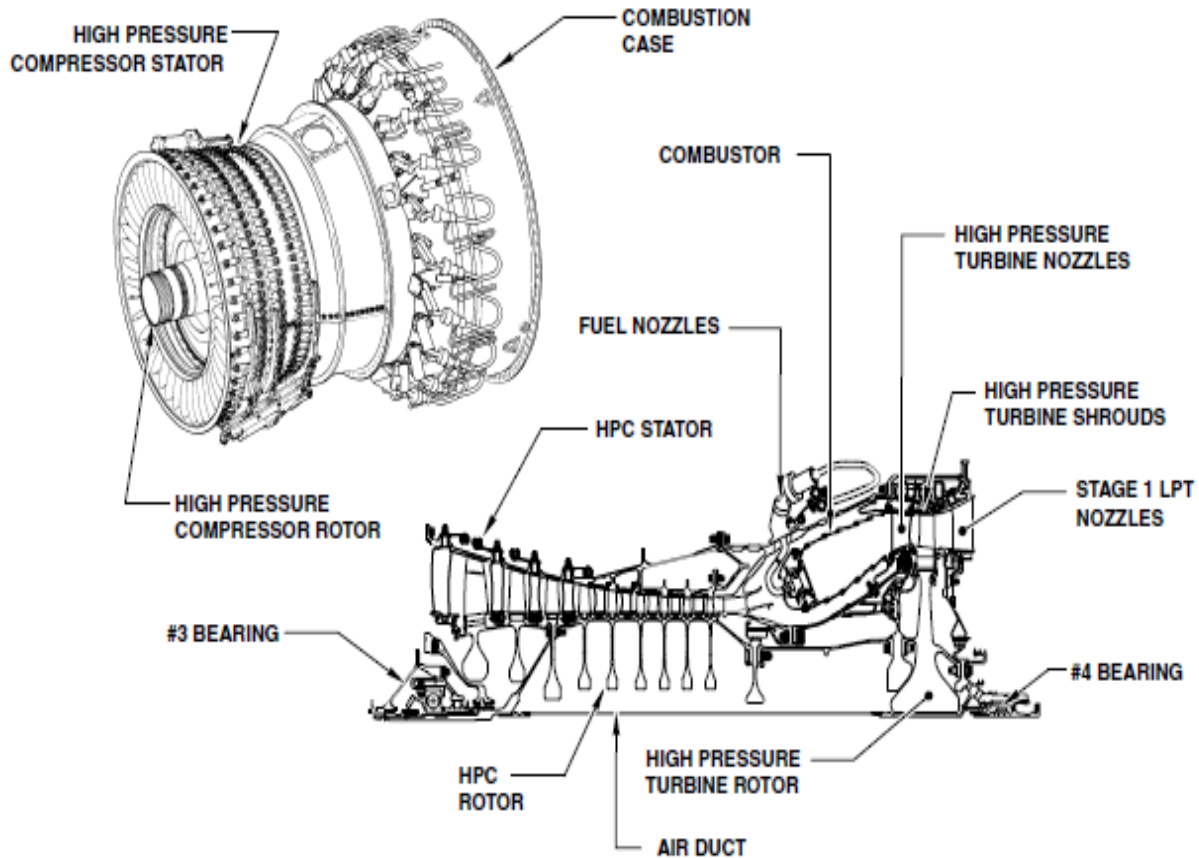


Figure (II.5): Module major core

Le module core est constitué de :

II.4.2.1. Compresseur haute pression HP :

Est composé de Neuf (09) étages il permet d'augmenter la pression venant du LPC et le renvoie vers la chambre de combustion .d'autre part le compresseur HP permet de fournir l'air pressurisé par soutirage pour le système pneumatique ainsi que le système d'air pour le contrôle du compresseur contre le pompage et le contrôle de jeu.

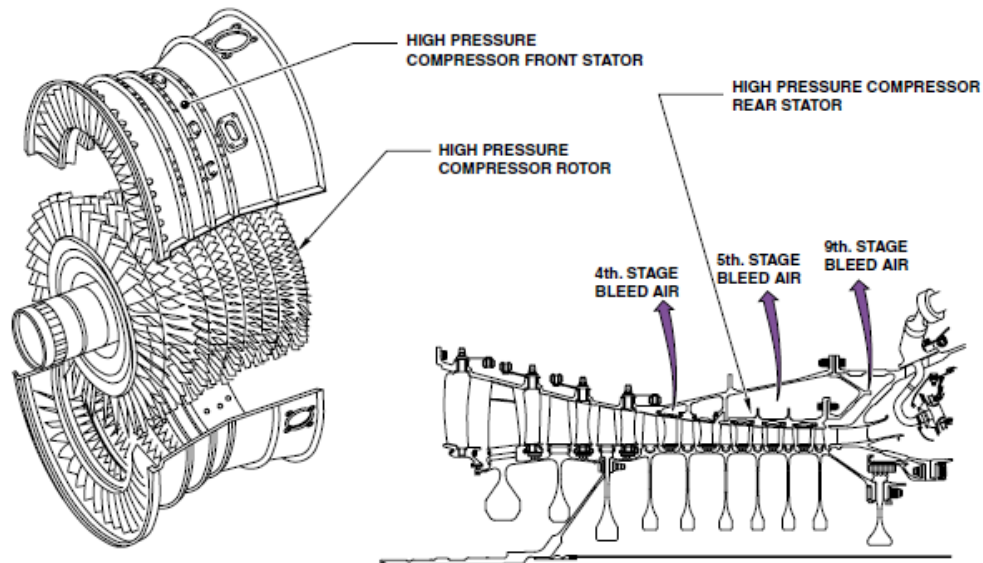


Figure (II.6): Compresseur haute pression HP

II.4.2.2. Une chambre de combustion annulaire :

Equipée de vingt (20) et deux (02) allumeurs, elle mélange l'air venant du CHP au carburant pour réaliser la combustion et produire les gaz chaud qui se dirige après vers la turbine .on distingue deux types de conception la chambre SAC ou la chambre DAC qui reçoit respectivement 20 et 40 injecteurs de carburant .le deuxième type est qualifié de chambre à faible émission de polluants NOx.

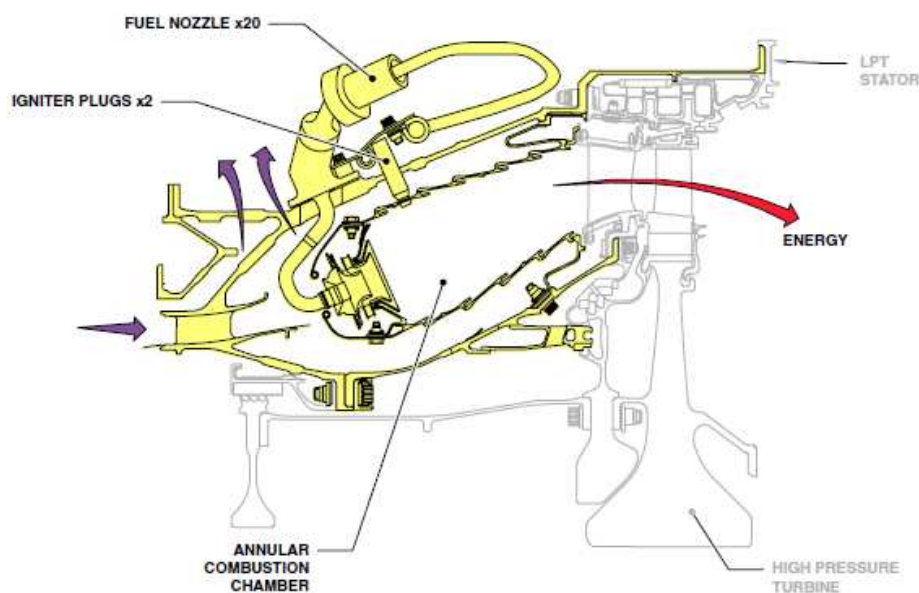


Figure (II.7): Chambre de combustion annulaire

II.2.4.3. Une turbine haute pression :

À un seul étage, elle récupère l'énergie des gaz chaud en énergie mécanique qui est utilisée pour entraîner le HPC et les accessoires

L'ensemble turbine et compresseur haute pression est appelé attelage haute pression entraîné par le shaft N2 ; il est supportés par trois roulements.

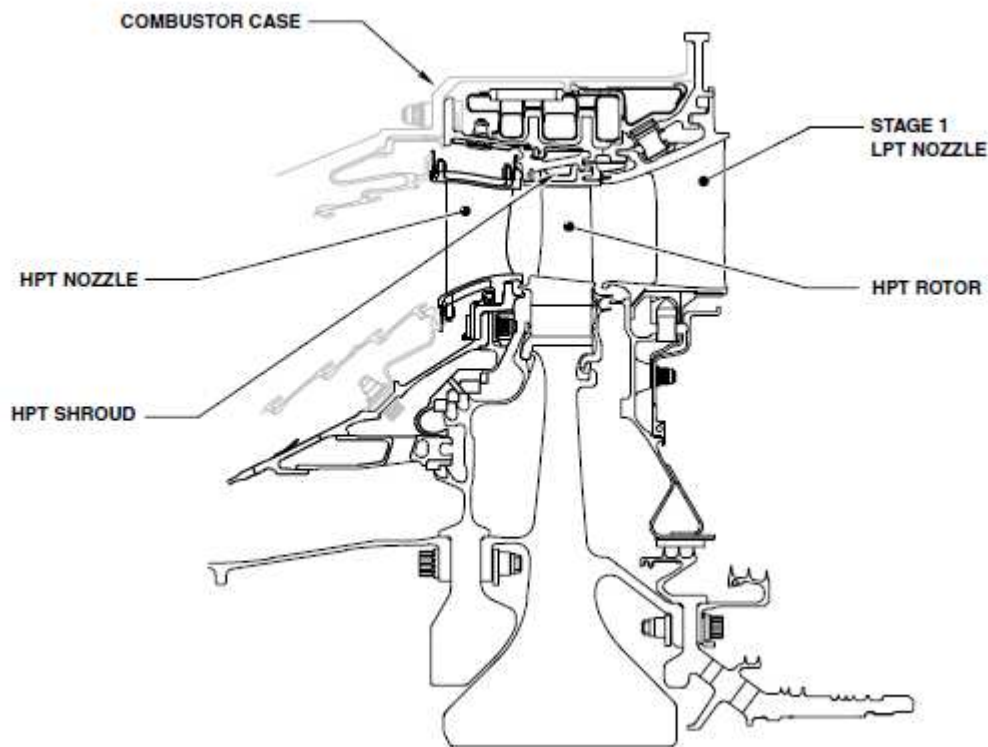


Figure (II.8): Turbine haute pression

II .4.3. Module major LPT :

Le major module LPT est situé à l'arrière du moteur, et se compose de :

- ✚ Module LPT rotor/stator
- ✚ Module arbre LPT
- ✚ Module frame arrière de LPT

Le but de LPT major module est de transformer la pression et la vitesse des gaz venant de la turbine haute pression (HPT) en énergie mécanique pour entraîner le module FAN et booster.

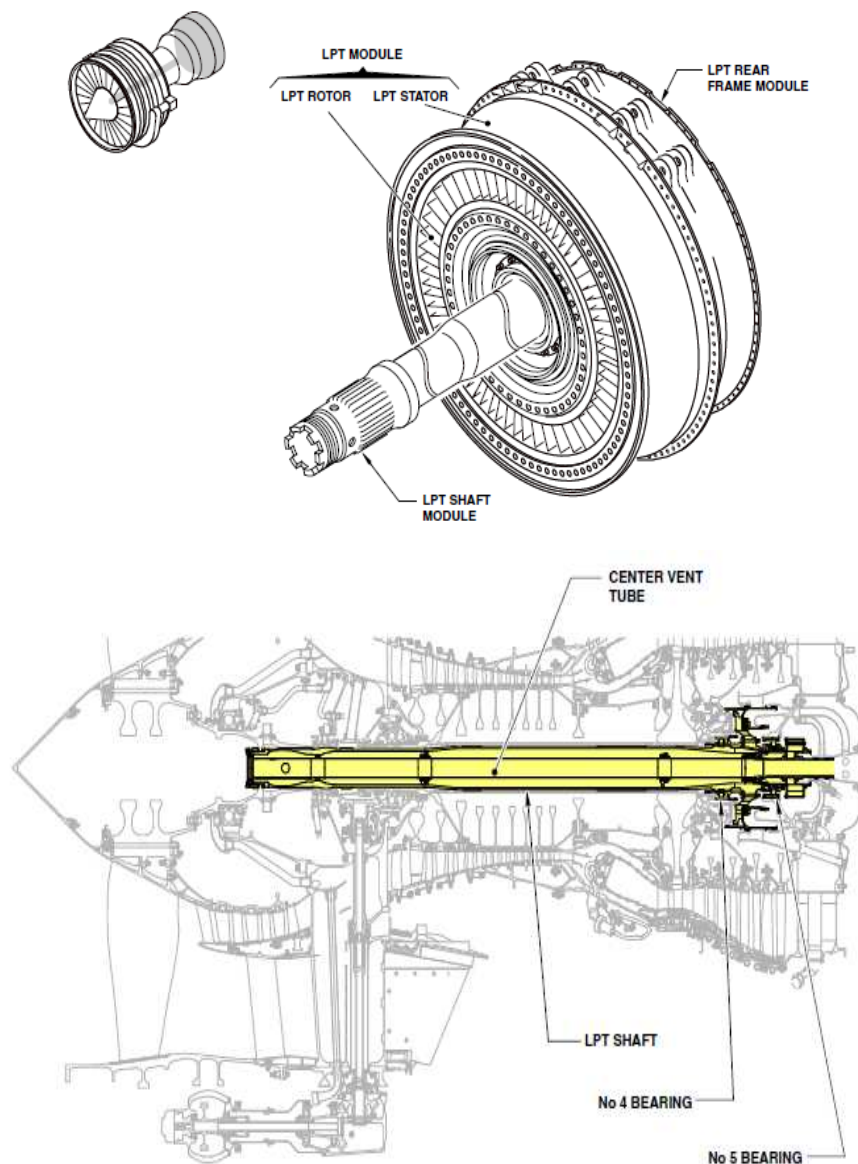


Figure (II.9): Module major LPT

II.4.4. Module d'entraînement d'accessoires:

Au démarrage du moteur, le système d'entraînements accessoires transmet la puissance du démarreur au moteur pour entrainer le core.

Quand le moteur tourne, le système d'entraînements accessoires prélève une partie de la puissance du core engin et la transmet par une série d'engrenages dans le but d'entrainer les accessoires du moteur.

Le système d'entraînements accessoires est situé à la position 9h (*ALF*) et contient les composants suivants :

- Inlet gearbox (*IGB*)
- Radial drive shaft (*RDS*)
- Transfer gearbox (*TGB*)
- Horizontal drive shaft (*HDS*)
- Accessory gearbox (*AGB*)

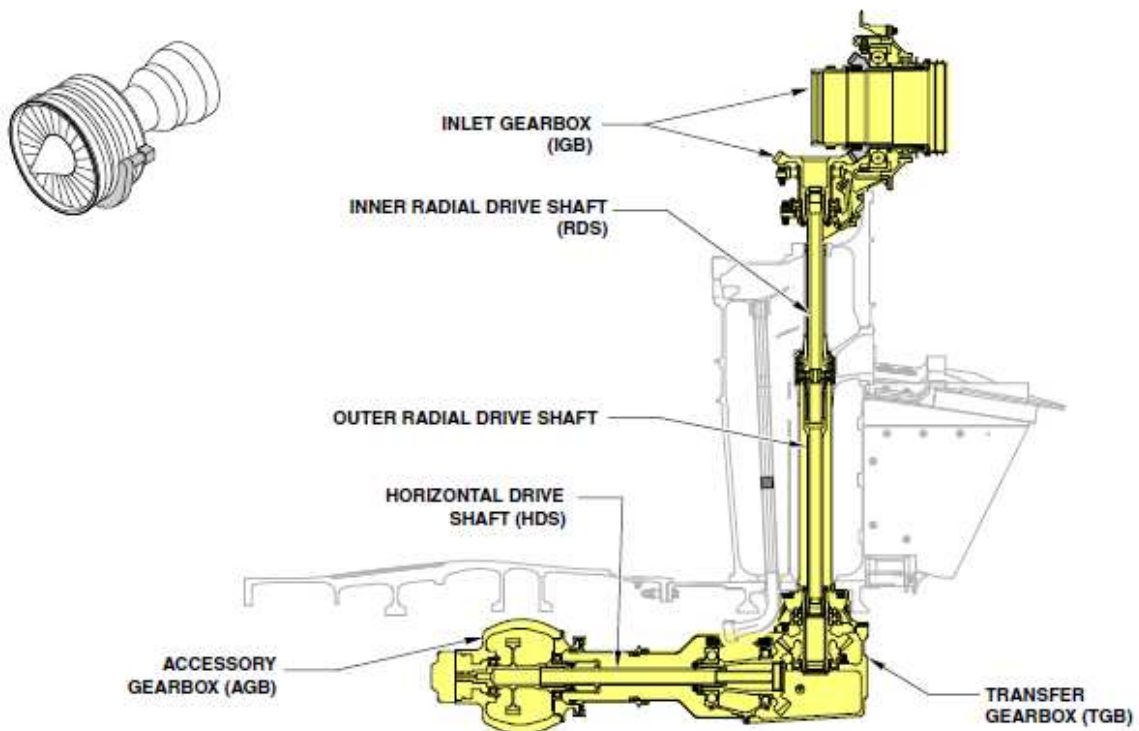


Figure (II.10): Module d'entraînement d'accessoires

L'attelage HP entraîne le boîtier d'engrenage des accessoires localisés sur la face avant, et reçoit le mouvement du démarreur par l'intermédiaire d'une prise de mouvement d'une boîte de transfert.

Les accessoires entraînés sont :

Joint magnétiques.

Joint seal.

- ✚ Alternateurs EEC.
- ✚ Démarreur pneumatique.
- ✚ Coussinets de ventilation manuelle.
- ✚ Pompe hydraulique.
- ✚ Générateur intégré d'entraînement (IDG).

Le coussinet de ventilation manuelle est utilisé pour tourner le rotor N2 lors de l'inspection boroscopique.

Les unités des lignes remplaçables et les portes de services associés au module d'AGB situés sur la face arrière de cette dernière sont :

- ✚ Joint magnétiques.
- ✚ Joint seal.
- ✚ HMU.
- ✚ Pompe carburant.
- ✚ Pompe de lubrification.
- ✚ Echangeur principal huile/carburant.
- ✚ Le servo réchauffeur carburant.

L'AGB envoie un couple du rotor N1 vers l'IGB et la t'IGB pour faire tourner les accessoires du moteur et de l'avion.

L'arbre N2 entraîne l'AGB à travers les arbres et les boîtes à engrenages suivantes :

- ✚ Boîte à engrenage d'entrée.
- ✚ Arbre d'entraînement radial.
- ✚ Boîte à engrenage de transfert.
- ✚ Arbre d'entraînement horizontal.

L'AGB fait fonctionner les accessoires avions et les accessoires moteur.

II.5. CAPOTAGES :

- ✚ L'entrée d'air
- ✚ Capot FAN.
- ✚ Capot REVERSE.

En plus de leur rôle évident de protection et de carénage extérieur des moteurs, les capots assurent les fonctions suivantes :

- ✚ ils forment le canal d'écoulement du flux secondaire et sa tuyère.
- ✚ ils comportent les dispositifs d'inversion de poussée par retournement du flux secondaire
- ✚ entre les carters du moteur et leurs parois internes, ils forment des compartiments isolés pour contenir puis évacuer des vapeurs ou des écoulements de carburant, d'huile, de fluide hydraulique que pourraient s'accumuler dans la nacelle en cas de fuite.
- ✚ ils contiennent les effets de l'explosion ou d'une fuite éventuelle importante d'une tuyauterie pneumatique.
- ✚ ils sont capables de contenir un incendie éventuel pendant 15 mn.

En plus les capots de CFM56-7B comportent de nombreuses portes de visite pour faciliter l'opération d'entretien courante.



Figure (II.11): Capotages

✚ Les attaches moteur :

Le moteur est monté sur le porteur du moteur en deux positions aft et forward respectivement sur la partie arrière du carter fan et sur le carter de la turbine BP

Les capotages sont fixés aux partie supérieur par des charnières et se raccordent en bas a l'aide des sangles de rattachement qui permettent de liées le capotage gauche et droite, pendant l'ouverture les capotages sont maintenus par un vérin de maintien qui est bloquée par une visse de blocage.

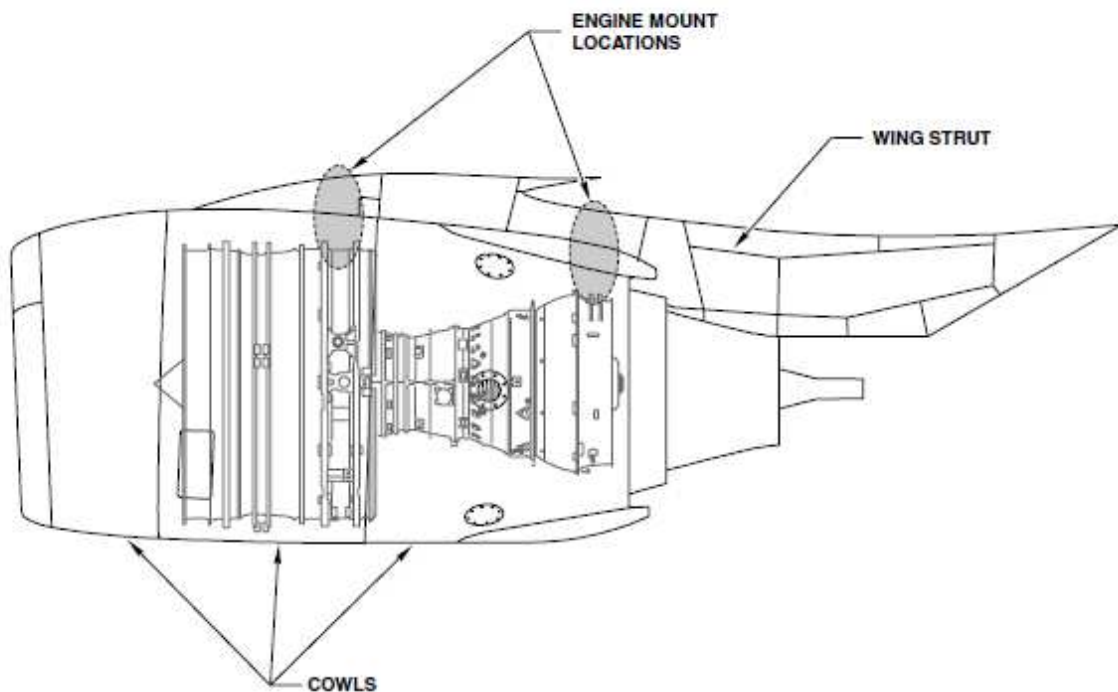


Figure (II.12): Les attaches moteurs

II.6. LES STATIONS AERODYNAMIQUES DU MOTEUR CFM56-7B :

On distingue cinq stations aérodynamiques ou des capteurs et des sondes sont placées

- ✚ **Station 0** : air ambiant ;
- ✚ **Station 12** : entrée fan ;
- ✚ **Station 25** : température d'entrée HPC ;
- ✚ **Station 30** : sortie HPC (pression sortie HPC) ;
- ✚ **Station 49,5** : deuxième étage LPT.

Si le moteur est équipé du kit de surveillance d'état de santé moteur, on a en plus des sondes aux stations aérodynamiques suivantes ;

- ✚ **Station 25** : entrée HPC ;
- ✚ **Station 50** : sortie LPT.

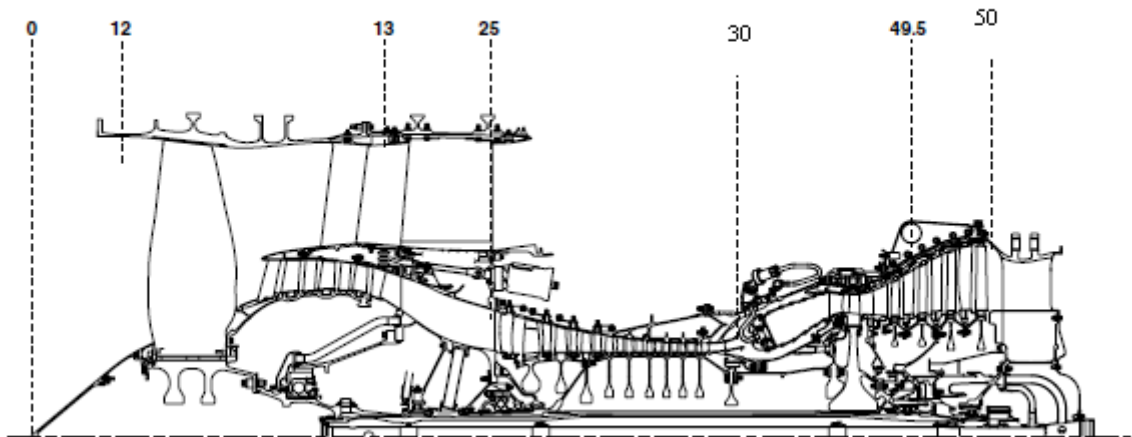


Figure (II.13) : Les stations aérodynamiques du moteur cfm56-7b

II.7. PALIERS ET ROULEMENTS MOTEURS :

Il existe deux (02) paliers pour le moteur :

✚ Palier avant.

✚ Palier arrière.

Cinq (05) roulements principaux (deux à billes et trois à galets) sont situés dans le palier avant (roulement 1B, 2R, 3B, 5R) et palier arrière (roulement 4R, 5R).

✚ Les roulements à billes absorbant les charges radiales et axiales de l'arbre.

✚ Les roulements à galets absorbent seulement les charges radiales.

✚ Roulement à bille N1 et roulement à galet N2 supportent l'arbre Fan.

✚ Roulement à bille N3 et roulement à galet N3 supportent l'arbre HPC dans l'extrémité avant localisé dans l'AGB.

✚ Roulement à galet N4 supporte l'arrière de l'arbre rotor HPT et roulement à galet N5 supporte l'arrière de l'arbre LPT.

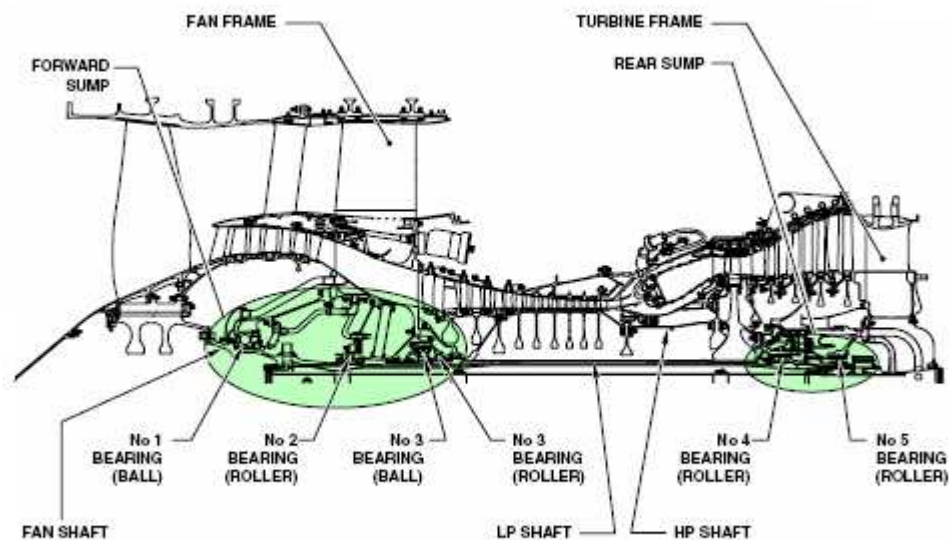


Figure (II.14) : Paliers et roulements moteurs

Les différents circuits du moteur sont les suivants :

IV.1. CIRCUIT CARBURANT :

IV.1.1. Rôle:

Le rôle du circuit carburant est d'assurer :

- ✚ L'alimentation des vingt (20) injecteurs de la chambre de combustion.
- ✚ L'alimentation de deux (02) vérins de décharge.
- ✚ L'alimentation des deux (02) vérins des stators à calages variables.
- ✚ L'alimentation de la vanne de refroidissement du carter turbine haute pression.
- ✚ L'alimentation de la vanne de refroidissement du carter turbine basse pression.
- ✚ L'alimentation de la vanne de décharge transitoire.
- ✚ Le refroidissement d'huile de graissage moteur.
- ✚ Le refroidissement d'huile de graissage de l'alternateur (IDG).

IV.1.2. Composition :

Le circuit carburant est intégré dans la nacelle du réacteur, il contient :

- ✚ Une pompe carburant à haute pression.
- ✚ Un échangeur thermique (huile/carburant) alternateur (IDG).
- ✚ Un échangeur thermique principal (huile/carburant) réacteur.
- ✚ Un filtre principal carburant.
- ✚ Un régulateur principal carburant (HMU).
- ✚ Un servo réchauffeur carburant.
- ✚ Un transmetteur de débit carburant.
- ✚ Un filtre injecteur.
- ✚ Une vanne de sélection injectrices.
- ✚ Une rampe injectrice.
- ✚ Vingt injecteurs.

IV.1.3. Contrôle:

La surveillance du circuit carburant est réalisée à partir :

- ✚ D'une indication de débit carburant situé sur l'écran inférieur des paramètres secondaires moteur.
- ✚ D'un voyant d'alarme du colmatage filtre carburant situé au panneau supérieur p5-2 au cockpit.
- ✚ D'un voyant associé au robinet carburant haute pression (HPSOV).

IV.1.4. Fonctionnement :

Le carburant arrive du réservoir de l'avion, passe par la pompe carburant première étage puis vers l'échangeur thermique (huile/carburant) de l'alternateur IDG après à travers l'échangeur thermique (huile/carburant) moteur. Le carburant passe ensuite à travers un filtre principal, du filtre vers le régulateur principal carburant. A la sortie du régulateur carburant, le carburant passe à travers le débit mètre puis vers le filtre injecteur et enfin dans les injecteurs.

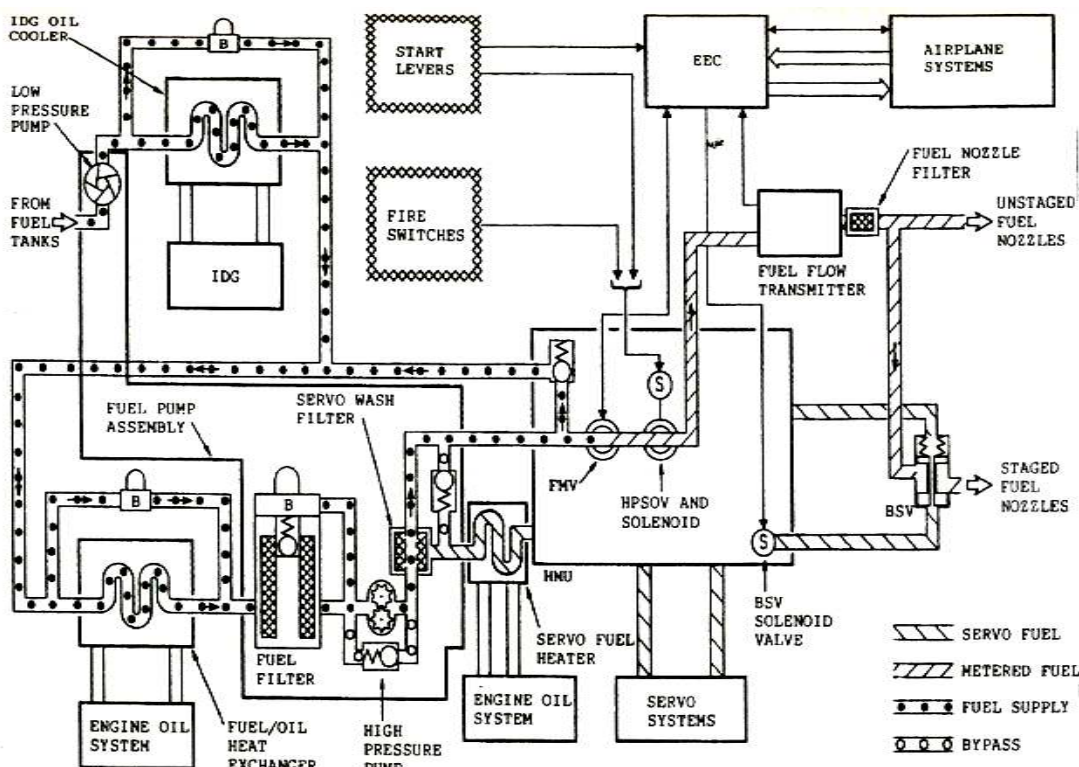


Figure (IV.1) : Circuit carburant.

IV.2.CIRCUIT DE GRAISSAGE :

IV.2.1.Rôle :

Le rôle du circuit de graissage est de :

- ✚ Lubrifier.
- ✚ Refroidir.
- ✚ Nettoyer.

Les paliers de l'enceinte avant, l'enceinte arrière la boîte de transmission et la boîte d'entraînement des accessoires.

Le circuit de graissage assure le réchauffage du carburant.

IV.2.2.Composition :

Le circuit de graissage est localisé dans la nacelle du réacteur il contient :

- ✚ Un réservoir.
- ✚ Un clapet d'isolement.
- ✚ Une pompe de pression.
- ✚ Trois pompes de récupération.
- ✚ Un filtre principal équipé d'une by passe.
- ✚ Un transmetteur de pression d'huile.
- ✚ Une sonde de température d'huile.
- ✚ Un filtre de récupération d'huile équipé mono contact détecteur de colmatage et d'une by passe.
- ✚ Un échangeur thermique principal ((huile/carburant)).
- ✚ Un servo réchauffeur carburant.

IV.2.3.Contrôle :

La surveillance du circuit de graissage est réalisée à partir

Des indications :

- Pression d'huile.
- Température d'huile.
- Quantité d'huile.

Des alarmes :

- Un voyant baisse de pression d'huile.
- Un voyant colmatage filtre de récupération d'huile.

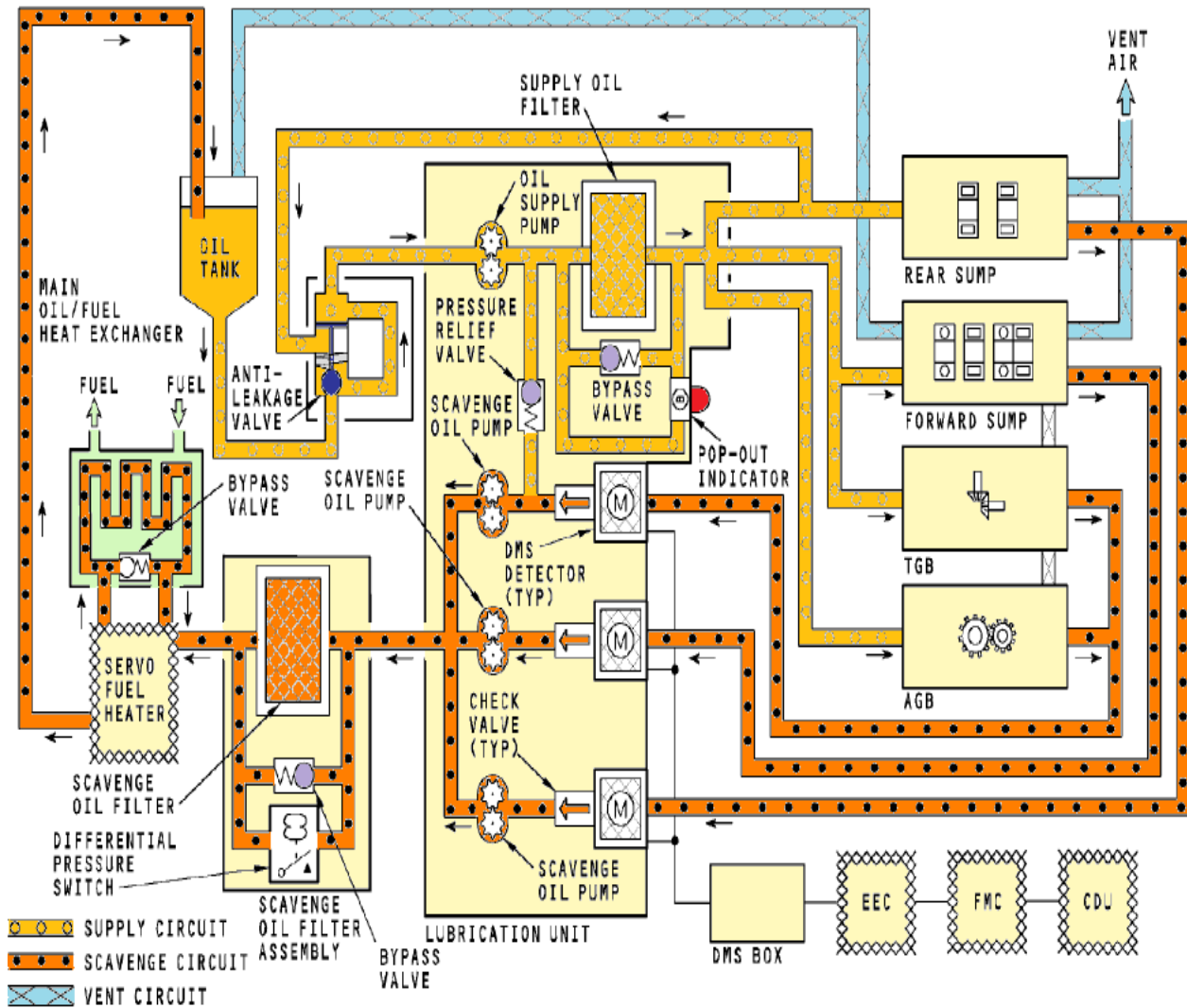


Figure (IV.2) : Circuit de graissage.

IV.3.CIRCUIT DE DEMARRAGE :

Le circuit de démarrage du réacteur utilise la pression du circuit de génération pneumatique; il peut être alimenté par :

- ✚ L'APU.
- ✚ Un des réacteurs déjà en fonctionnement.
- ✚ Un groupe de parc pneumatique .Chaque moteur est équipé de :
- ✚ Un démarreur pneumatique.
- ✚ Une vanne de démarrage.
- ✚ Deux boites d'allumage (gauche et droite).et deux bougies

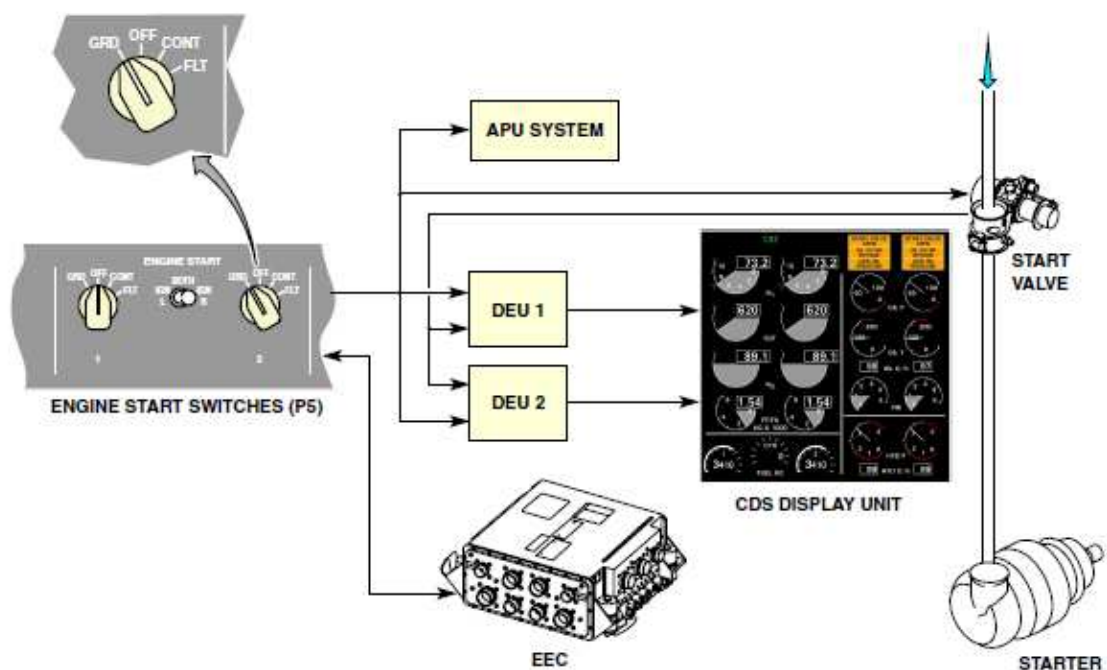


Figure (IV.3) : système de démarrage

IV.4.CIRCUIT D'ALLUMAGE :

Le dispositif d'allumage est utilisé pour provoquer l'inflammation du mélange (air/ carburant) dans la chambre de combustion et éviter l'extinction au cours du fonctionnement. L'ensemble est constitué de deux circuits identiques et indépendant gauche et droit.

Circuit gauche :

Il comprend :

- ✚ Une boîte d'allumage.
- ✚ Une bougie.

Circuit droit :

Il comprend :

- ✚ Une boîte d'allumage.
- ✚ Une bougie

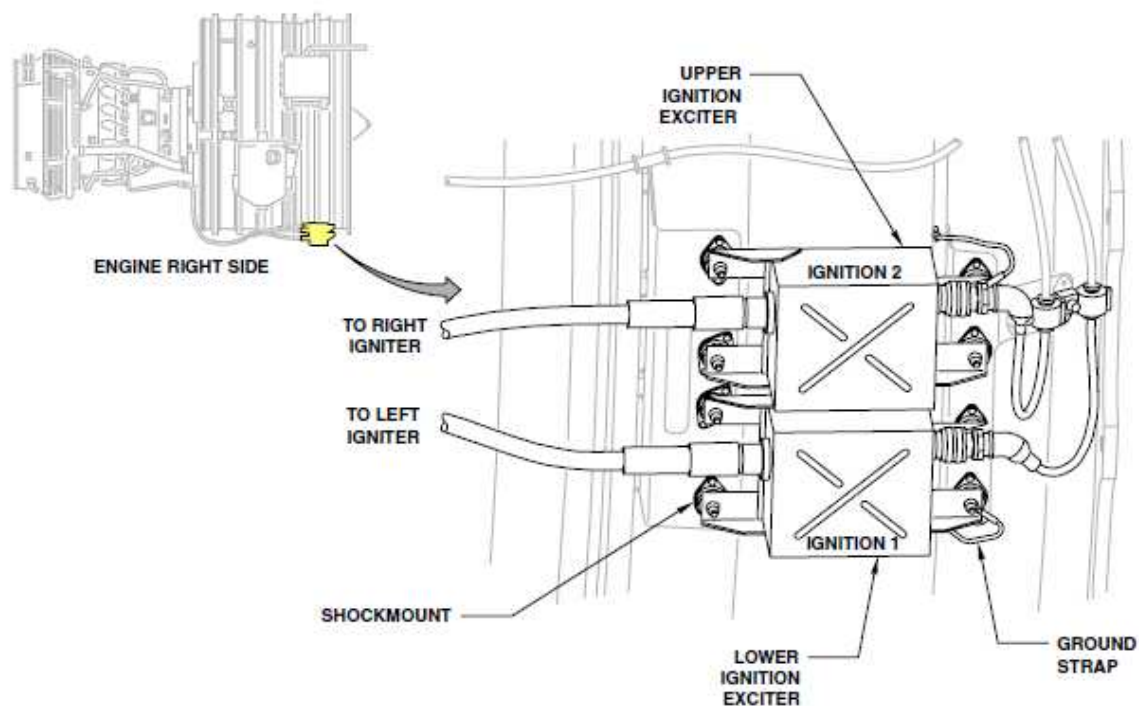




Figure (IV.4) : Circuit d'allumage

IV.5.COMMANDE ET CONTROLE :

Panneau de démarrage :

Il situé sur le panneau supérieur pilote (P5), il comprend :

-  Un sélecteur de démarrage.
-  Un sélecteur d'allumage.

A. sélecteur de démarrage :

Le sélecteur d'allumage permet la sélection du programme de fonctionnement du démarreur. Il comprend quatre positions :

- OFF (ARRET).
- GROUND (SOL).
- CONT (ALLUMAGE CONTINU).
- FLT (REALLUMAGE en VOL).

B. sélecteur d'allumage :



Le sélecteur d'allumage permet la sélection du programme de fonctionnement d'allumage. Il comprend trois positions :

- LEFT (BOITE D'ALLUMAGE GAUCHE).
- RIGHT (BOITE D'ALLUMAGE DROITE).
- BOTH (BOITE D'ALLUMAGE GAUCHE ET DROITE).

IV.6.CIRCUIT REVERSE :

IV.6.1.Dispositif d'éjection :

Il assure :

-  La détente du flux primaire.
-  La détente et l'inversion de poussé du flux secondaire.

IV.6.2.Principe :

La tuyère est à géométrie fixe au régime de décollage, le flux primaire développe 20% de la poussée totale du réacteur.

La tuyère secondaire est constituée de deux demi-couronnes. En configuration normale la détente du flux secondaire assure 80% de la poussée totale.

En inversion de poussée la partie extérieure des deux demi-couronnes mobiles d'éjection se déplacent vers l'arrière. Ce déplacement entraîne l'obstruction de la vanne secondaire et démasque des grilles d'éjection latérales. La totalité du flux secondaire est alors déviée et développe vers l'avant une poussée inverse.

IV.6.3. Inversion de poussée :

L'énergie utilisée pour déplacer les demi-couronnes mobiles de l'inverseur est fournie par le circuit hydraulique avion. Le circuit hydraulique avion alimente l'inverseur de poussée du moteur N°1 (gauche) le circuit A.

Le système d'inversion de poussée comprend :

- ✚ Un ensemble de commande, contrôle et retour d'asservissement.
- ✚ Six vérins hydrauliques.
- ✚ Deux syn lock.
- ✚ Une vanne d'isolement carburant.
- ✚ Une valve de sélection du sens de rotation.
- ✚ Deux demi-couronnes (gauche et droite).
- ✚ Dix portes.
- ✚ Douze cascades.

Le contrôle de la reverse se fait par :

- ✚ L'unité électronique de contrôle moteur qui gère le transducteur linéaire à déplacement variable.
- ✚ L'EAU qui gère les switch de proximité, les deux syn lock, la vanne d'isolement hydraulique et la vanne de sélection du sens de rotation.

IV.6.4. Signalisation :

- ✚ Un voyant REV apparaît sur l'indicateur N1 quand la reverse est sélectionnée.
- ✚ Le voyant s'allume ambre quand la reverse est en transit.
- ✚ Le voyant s'allume vert quand la reverse est sortie et verrouillée.
- ✚ « le voyant REV est géré par l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) »
- ✚ Un voyant REVERSER s'allume ambre pendant 10.5 secondes lors de la rentrée reverse.
- ✚ « Le voyant reverse est géré par l'EAU »

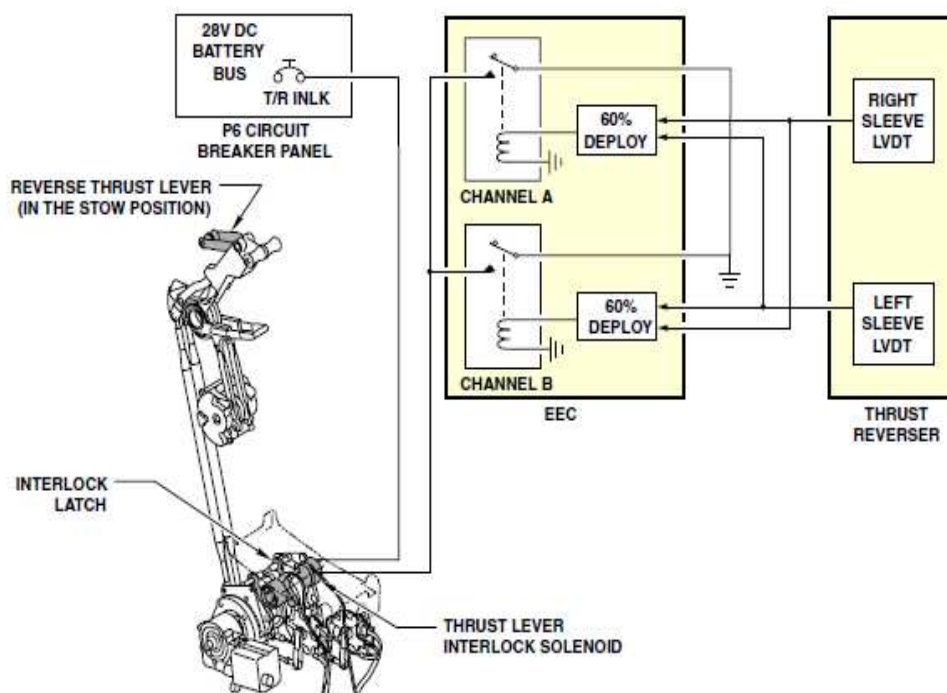


Figure (IV.5) : Les inverseurs de poussées.

IV.7. CIRCUIT DE COMMANDE :

Chaque réacteur est équipé de :

- ✚ Une manette de poussée.
- ✚ Une manette de démarrage.
- ✚ Une manette reverse.
- ✚ Une manette poignée coupe feu.
- ✚ La commande de la poussée par l'auto manette.

IV.8. UNITE ELECTRONIQUE DE CONTROLE MOTEUR (EEC) :

Unité électronique de contrôle moteur est un microprocesseur électronique digital. Il est fixé sur le carter fan.

Il comporte dix prises électriques identifiées de J1 à J10.

Il est refroidit par de l'air ambiant.

L'unité électronique de contrôle moteur assure les fonctions suivantes :

- ✚ Le contrôle de la poussée moteur.
- ✚ Gère le circuit reverse.
- ✚ Gère le circuit de démarrage et d'allumage.
- ✚ Gère le circuit d'air.
- ✚ Gère le circuit carburant.
- ✚ L'interface moteur/calculateur auto manette.
- ✚ L'interface motrice/calculateur de gestion de vol.
- ✚ La protection limite des paramètres N1, N2, et EGT.
- ✚ Mémorise les pannes des dix derniers vols.
- ✚ Affiche les pannes des dix derniers vols au niveau de l'écran d'affichage.

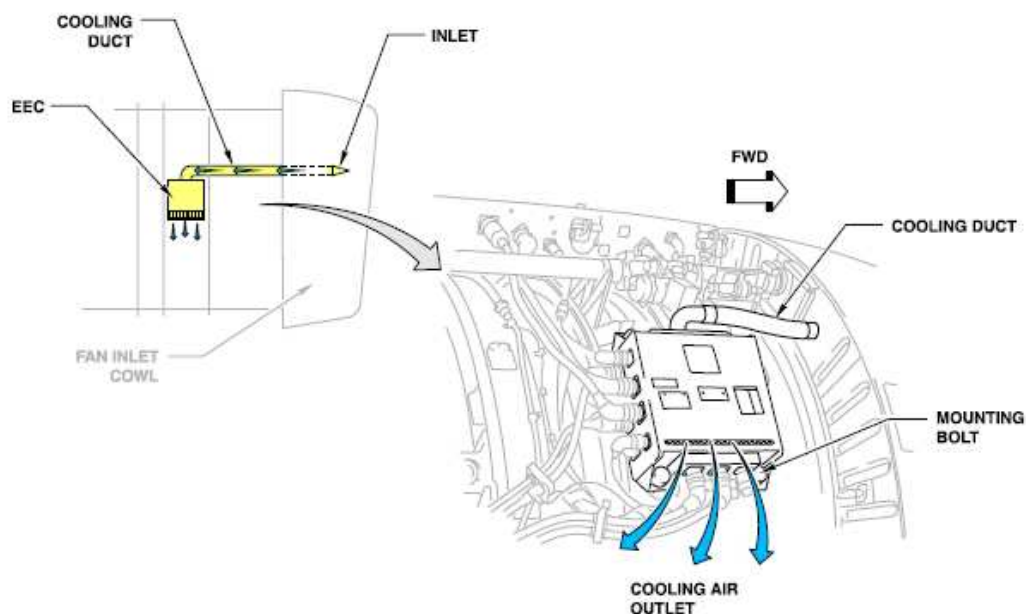


Figure (IV.6) : Unité de contrôle électronique.

IV.9.REGULATEUR PRINCIPAL CARBURANT (HMU) :

- ✚ Le régulateur principal carburant (HLU) est localisé sur le carter FAN.
- ✚ Il est entraîné par la gearbox via le N2.
- ✚ Il est fixé sur la pompe carburant HP.

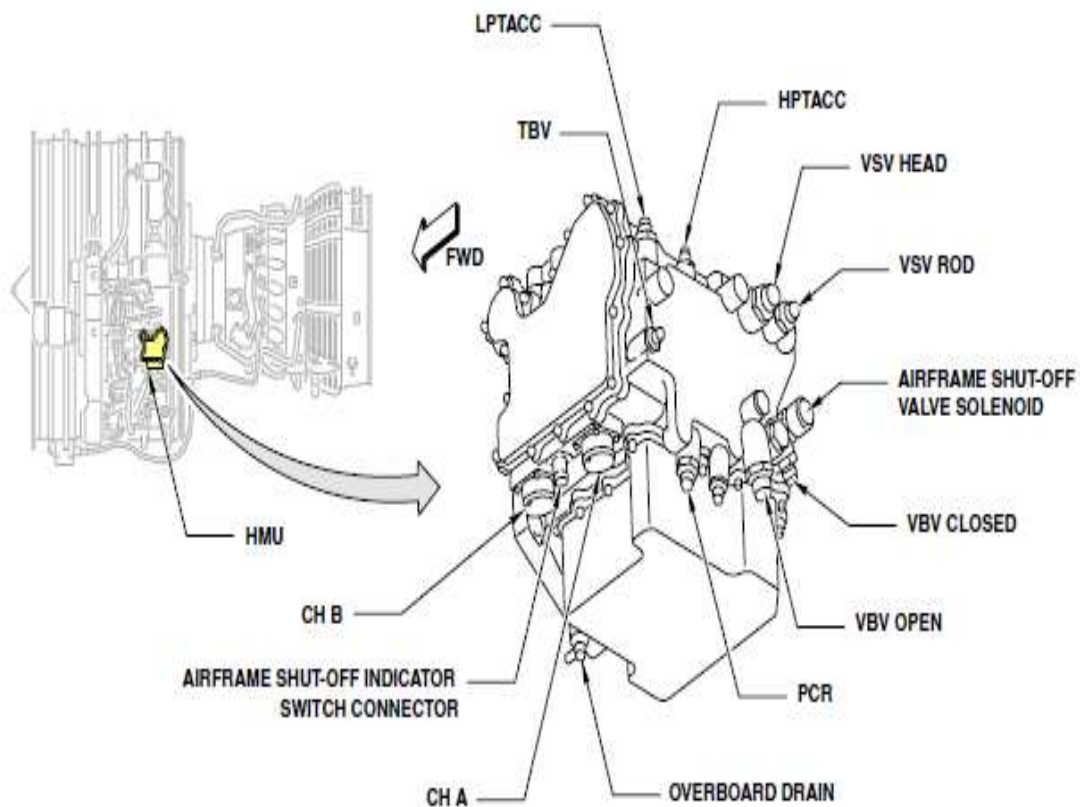


Figure (IV.7) : Le régulateur principal carburant.

IV.10.LE SYSTEME D'INDICATION :

- La surveillance du fonctionnement des réacteurs est effectuée à partir :
 - ✚ D'indicateur situé sur l'écran supérieur et inférieur au panneau P2 du cockpit.
 - ✚ N1.
 - ✚ EGT.
 - ✚ N2.
 - ✚ Mesure du débit de carburant.
 - ✚ Pression d'huile.
 - ✚ Température d'huile.
 - ✚ Quantité d'huile.
 - ✚ Vibrations.

- Sur l'écran supérieur apparaissent les paramètres primaires moteurs :
 - ✚ N1 (vitesse de rotation attelage basse pression).
 - ✚ EGT (température des gaz d'échappement).

- Sur l'écran inférieur apparaissent les paramètres secondaires moteurs :
 - ✚ N2 (vitesse de rotation de l'attelage haute pression).
 - ✚ Mesure du débit de carburant.
 - ✚ Pression d'huile.
 - ✚ Température d'huile.
 - ✚ Quantité d'huile.
 - ✚ Vibrations (N1/N2).

IV.11.SYSTEME D'AIR :

Le système d'air a pour rôle d'assurer le bon fonctionnement de moteur en contrôlant.

- ✚ Le jeu turbine : haute pression (HPTECC) et basse pression (LPTACC).
- ✚ La position des valves ; VBV, VSV, TBV pour éviter le phénomène de pompage.

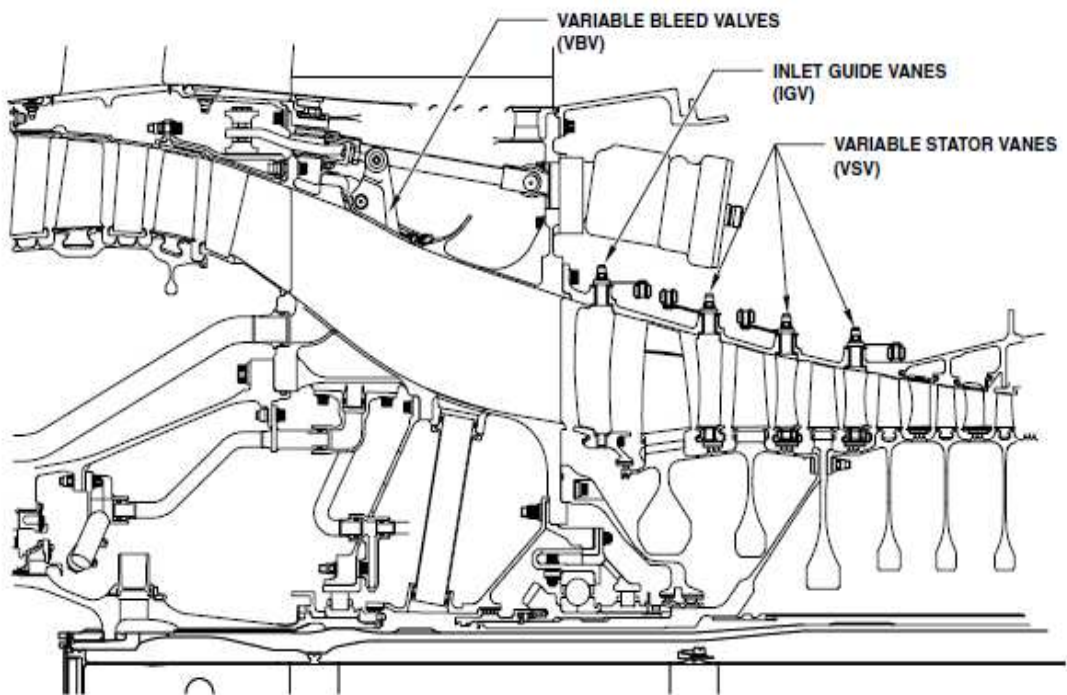


Figure (IV.8) : le système d'air

IV.11.1. Le contrôle de jeu turbine haute pression (HPTACC) :

Le contrôle de jeu turbine haute pression est assuré par la vanne de refroidissement carter turbine haute pression qui refroidit le carter de la turbine haute pression par l'air prélevé du 4^{ème} et 9^{ème} étage de compresseur haute pression.

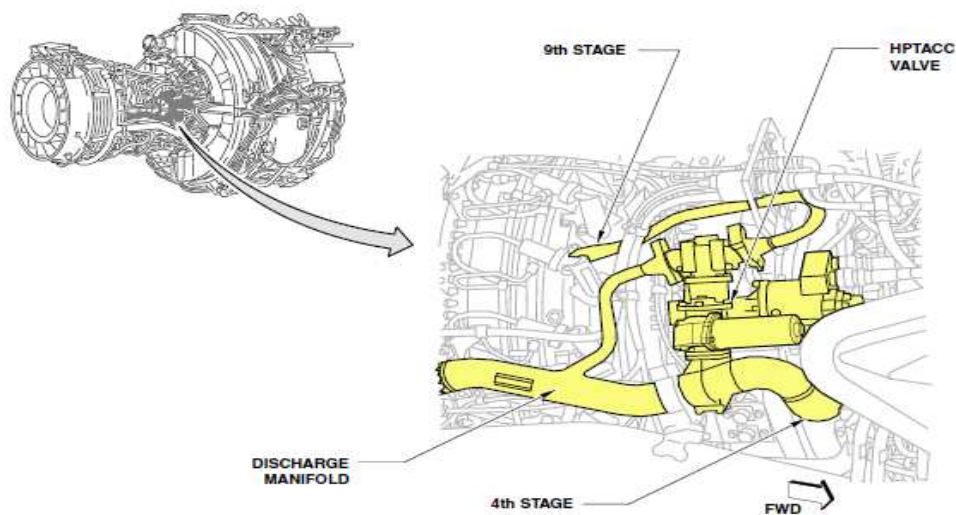


Figure (IV.9) : Le contrôle de jeu turbine haute pression (HPTACC)

IV.11.2. Le contrôle de jeu turbine basse pression (LPTACC) :

Le contrôle de jeu turbine basse pression est assuré par la vanne de refroidissement carter basse pression qui contrôle la quantité d'air provenant de flux secondaire et l'envoi pour refroidir le carter de la turbine basse pression (LPT).

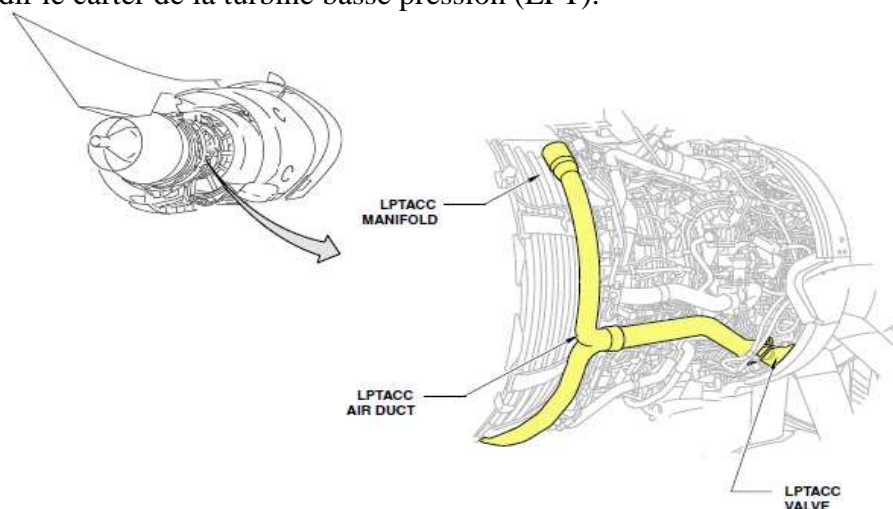


Figure (IV.10) : Le contrôle de jeu turbine basse pression (LPTACC)

IV.11.3. Système VSV :

Le système VSV est un dispositif qui permet d'effectuer le contrôle de l'écoulement de l'air à travers le compresseur HP afin d'augmenter son efficacité et éviter le pompage.

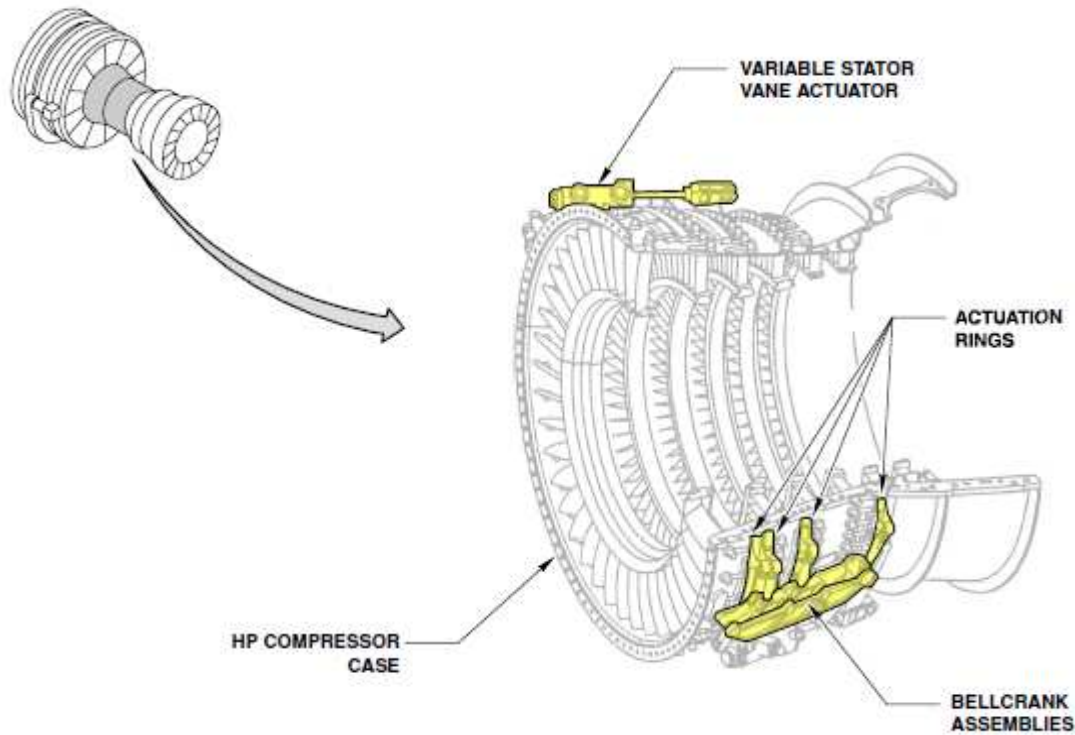


Figure (IV.11) : Système VSV

Il se compose des éléments suivants :

- ✚ Un étage IGV.
- ✚ Stator variable 1^{er} 2^e et 3^e étages.
- ✚ 4 anneaux de commande.
- ✚ Deux vérins du VSV et leurs cloches respectives gauche et droit.

L'EEC utilise les paramètres moteurs et avions pour calculer la position angulaire des stators à calages variables. Les VSV fonctionnent automatiquement via système FADEC qui récupère la TAT, PT, P0 de ADRU et les valeurs moteur N1, N2 et T25 à partir des capteurs et sondes.

Ces derniers permettent à l'EEC de calculer une position de commande et renvoi à la HMU un signal qui agit par les EHSV sur les deux vérins respectifs gauches et droit pour faire tourner les VSV d'un certain angle identique et en même temps sur les 4 anneaux de commande. Il y a 2 LVDT qui permettent de renvoyer la position différentielle linéaire des vérins un sur le canal A et l'autre sur le canal B.

Les stators sont en position **closed** au régime N2 au ralenti et se déplace vers des positions plus ouvertes quand N2 augmente. Ils sont complètement ouverts à une valeur atteinte de N2=95%.

Cependant les VSV sont commandé à une position plus étroite **closed** à des basses altitudes et TAT afin d'améliorer la stabilité du moteur en condition de givre. Ils sont aussi commandés à cette position en condition de régimes N1 et N2 dépassant la **red line** de 1%. La position des VSV en degré peut être consultée dans les pages de maintenance à la CDU.

IV.11.4.Système VBV :

Le système VBV (variables bleed valves) est une partie du compresseur BP il permet de décharger de l'air vers le flux secondaire pour protéger le compresseur BP contre le pompage en phase de décélération rapide. Toutefois en phase de régime bas et inversion de poussée les VBV sont actionnés pour protéger le compresseur HP d'un éventuel FOD.

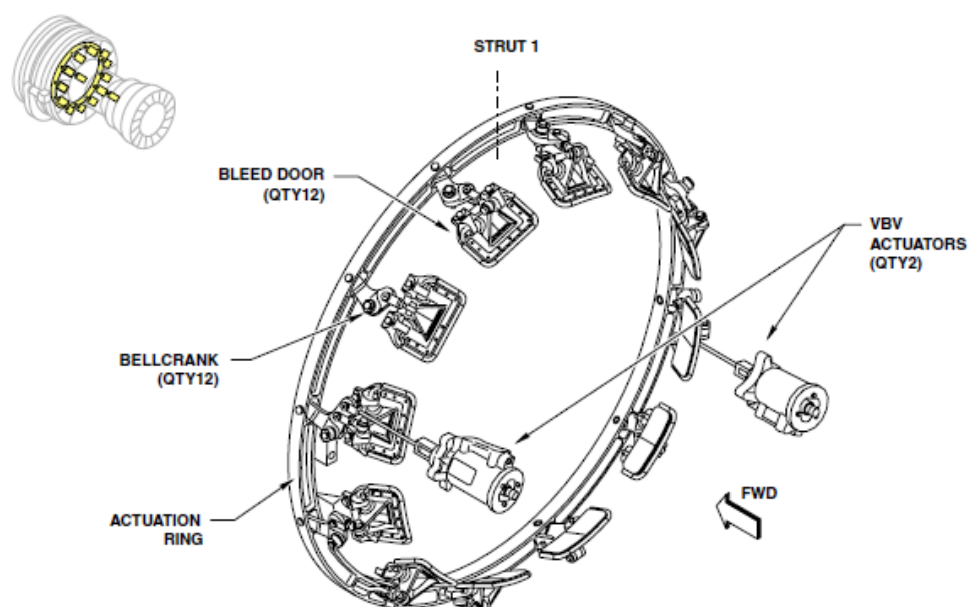


Figure (IV.12) : Système VBV

Le système comporte :

- ✚ 2 vérins VBV.
- ✚ 2 anneaux de commandes.
- ✚ 10 portières de décharge et 2 portières maitresses de décharge.

Les vérins VBV sont situés sur la partie arrière du carter FAN respectivement le droit à 4h00 et celui de gauche à 10h00. Pour accéder au système VBV les capotages FAN et riverse son sans soulevé.

Les vérins VBV sont à double effet et actionnés hydrauliquement par le *servofuel* à partir de la HMU qui leur commande une position qui a été calculé par l'EEC en se basant les valeurs des variables P0, PT, TAT, T25, VSV position N1, N2 et la TLA.

Il y a un LVDT sur chaque vérins un de gauche renvoie sur le canal B et le droit sur le canal A la position de déploiement du vérin considéré.

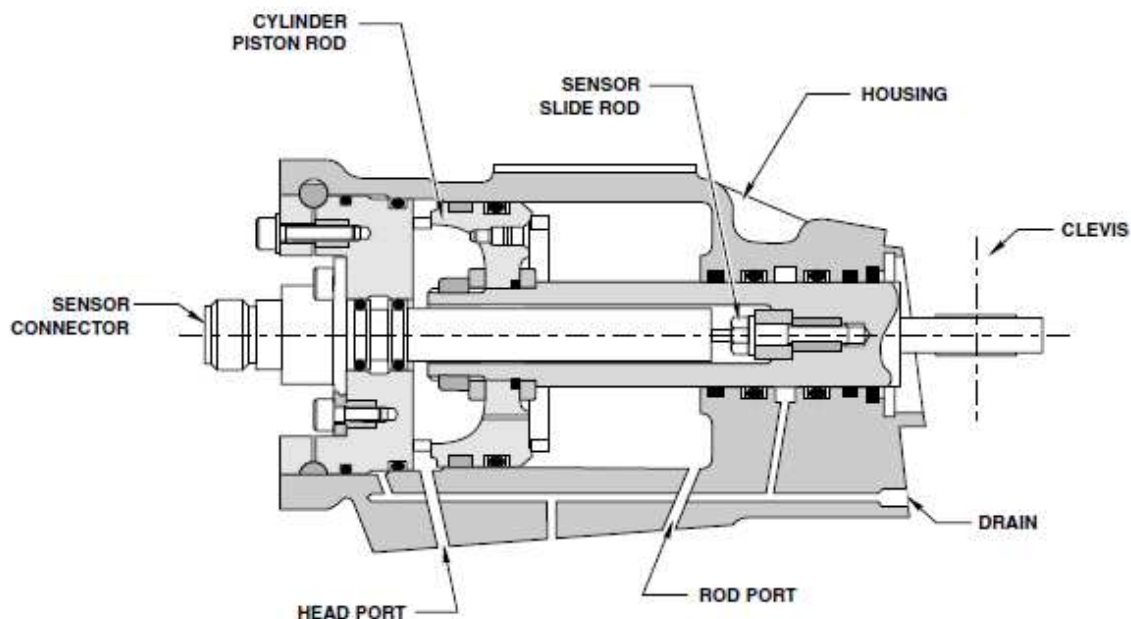


Figure (IV.13) : vérin VBV

Les portières VBV contrôlent la quantité d'air de décharge vers le flux secondaire pour protéger le compresseur BP. 12 portières sont reliées avec l'anneau de commande et la cloche dont deux d'entre eux sont appelées les portières maitresses. Les vérins sont reliés à ces derniers et quand ils se déploient il agit par le biais de la cloche sur la portière et l'anneau distribue le mouvement sur les 10 autres portières.

En général les VBV se déplacent vers une position plus fermée quand le régime N1 augmente, elles sont fermées quand $N1=80\%$. Cependant elles vont vers une position plus ouverte si on réalise une accélération rapide, inversion de poussée et givre importants. Similairement au cas des VSV l'indication d'angle d'ouverture des VBV est à consulter dans la CDU.

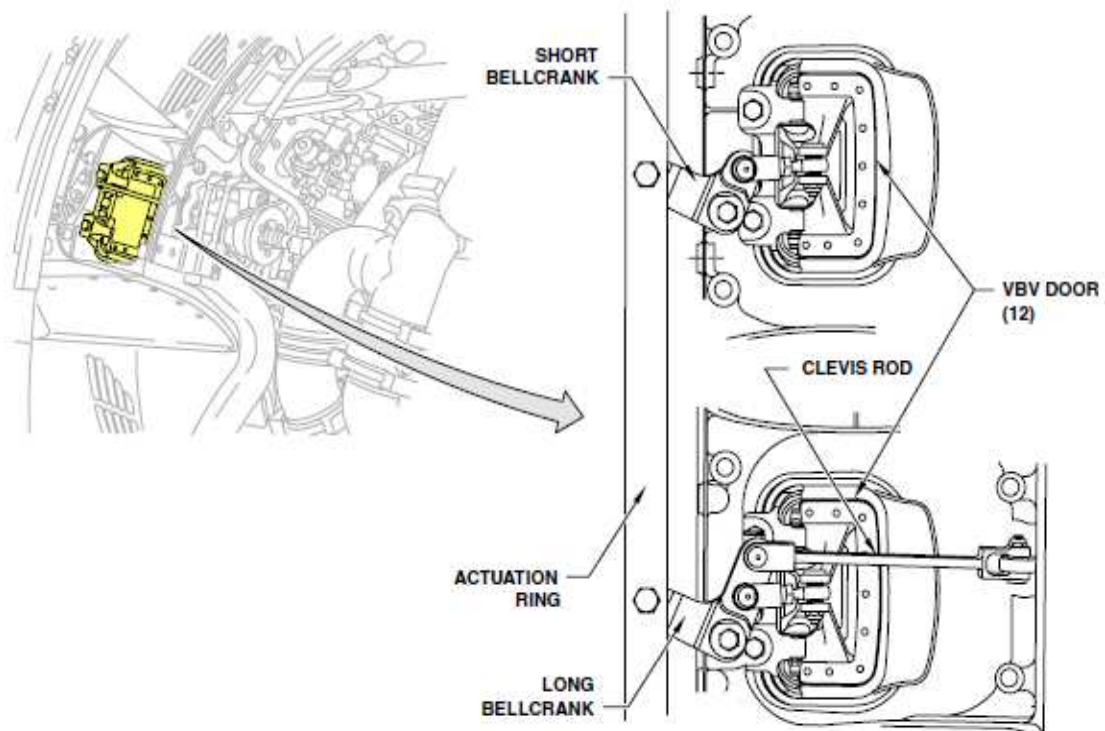


Figure (IV.14) : portes VBV

IV.11.5. TBV valve :

La TBV a pour rôle de protéger le compresseur HPC pendant le démarrage et à l'accélération contre le pompage. Elle se trouve à une position de 0 heures de la turbine HPT.

La valve sera actionnée hydrauliquement à partir d'un ordre reçu dans la HMU venant de l'EEC. En effet la EEC calcule la position du vérin correspondante à l'ouverture à imposer en connaissant la position actuelle de la valve, le régime N2 et la température T2.5.

Deux capteurs de LVDT permettant d'enregistrer la position du vérin et de renvoyer un signal électrique vers la EEC. L'air prélevé du 9^e étage est directement renvoyé dans le premier étage stator de la turbine LPT afin de permettre une facilité d'entraînement de l'attelage turbine pendant le démarrage et les phases d'accélération. Les modes.

Les modes opératoires de la valve sont résumés dans le tableau ci-dessous.

TBV MODE	OPERATION
START	OPEN
IDLE	CLOSED
ACC 76%-80%	OPEN
>80%	CLOSED

Tableaux(IV.1) : TBV mode

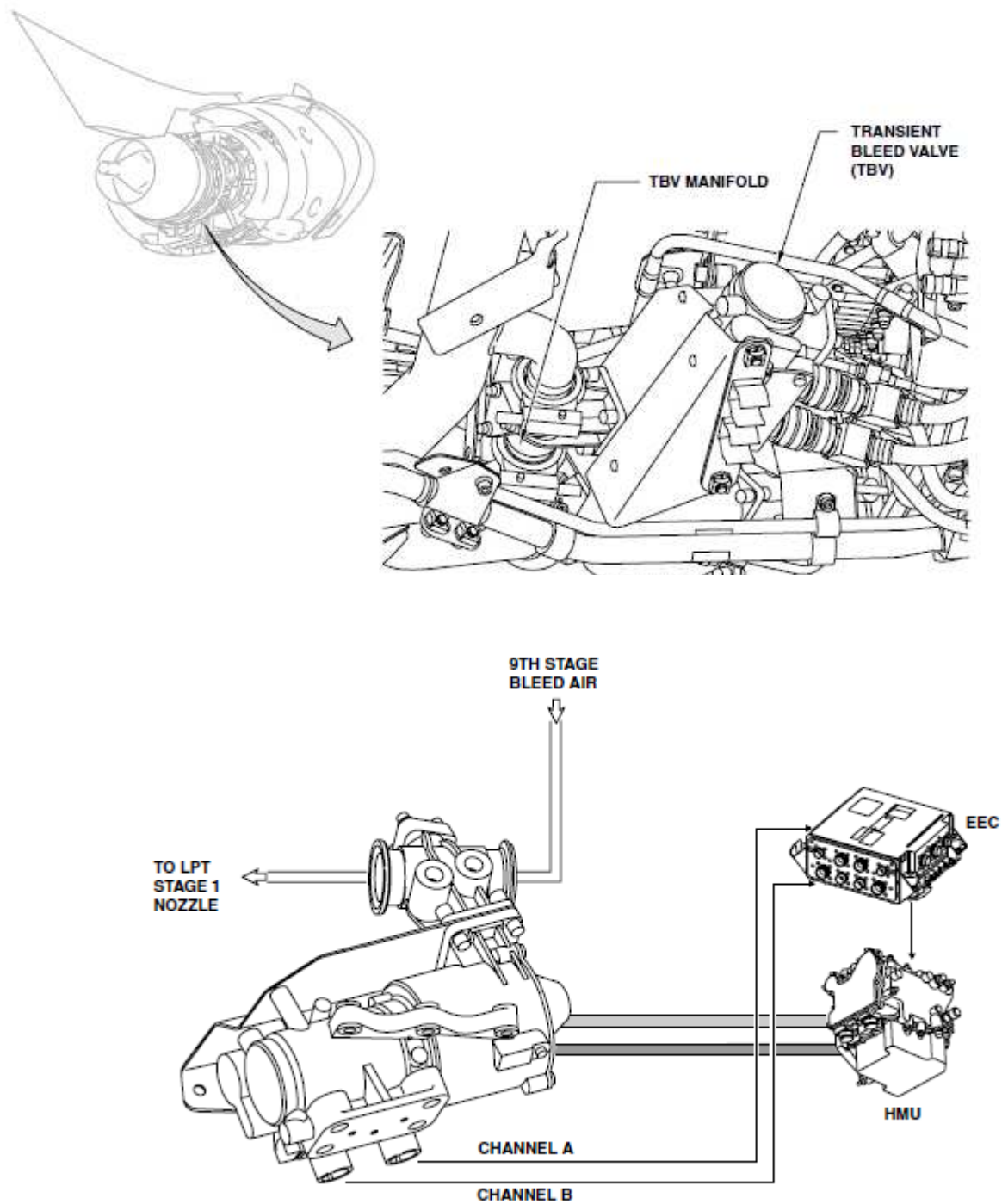


Figure (IV.15) : système TBV

I.1.HISTORIQUE ET CHRONOLOGIE DE DEVELOPPEMENT MOTEUR CFM56-7B :

Un avion équipé de **CFM56** décolle toutes les 4 secondes dans le monde. Moteur préféré des compagnies aériennes, le **CFM56** propulse plus de la moitié des avions de plus de cent places livrés depuis quinze ans. Il est commercialisé par **CFM International**, filiale 50/50 de Snecma et de General Electric.

Avec plus de 13 800 exemplaires en service, le **CFM56** est le moteur de choix pour les applications court et moyen-courrier de Boeing et Airbus. Il est le seul moteur de sa catégorie à équiper tous les avions des grandes familles monocouloir des deux avionneurs.

Le **CFM56** propulse en exclusivité toute la famille Boeing 737. Chez Airbus, il équipe non seulement la totalité de la famille A320, mais aussi le quadrimoteur long-courrier A340-200/-300.

La famille **CFM56** offre la plus large gamme de moteur de sa catégorie. Snecma service assurer entretien de la réparation de toute la gamme déclinée en 6 modèles, **CFM56-2,-3,-5a,-5b,-5c et -7**, elle couvre des puissances de 82 à 151 KN (18 500 à 34000 lb) de poussée.

Le succès commercial du **CFM56** repose sur plusieurs avantages compétitifs. Il s'agit tout d'abord d'une réussite technologique. Les premiers moteurs de la famille ont été créés dans les années 70 à partir du prototype M56 de **Snecma Moteurs** et d'une version **CF** (commercial fan) du corps haute pression militaire F101 de General Electric. Le **CFM56** fut le premier moteur double flux à fort taux de dilution destiné aux avions monocouloir. Livré à partir de 1982, il a permis de diminuer d'environ 20 % la quantité de carburant consommée par les moteurs alors en service.

Quelques années plus tard, les deux partenaires ont mis au point un nouveau système de combustion, le DAC pour (Double Annular Combustor) qui a permis de diminuer les émissions de NOx de plus de 40 % et de satisfaire aux normes environnementales les plus exigeantes.

La fiabilité du **CFM56** constitue aussi un atout majeur. Sa durée de vie sous l'aile est parmi les plus longues, avec une durée de vie moyenne sous l'aile avant la première visite de 16 000 heures, et avec de nombreux moteurs atteignant 30 000 heures sans visite. Ainsi, un **CFM56-3C**, installé sur un Boeing 737-500 exploités par la compagnie Malev a battu le record du monde de durée de fonctionnement : 40 729 heures avant première dépose pour maintenance.

Afin de préparer le futur du CFM56, Snecma Moteurs et General Electric ont lancé en 1998 un programme de recherche et technologie baptisé **TECH56**. L'objectif de ce programme est d'anticiper et d'être prêt à répondre à une demande éventuelle des clients en matière d'amélioration de performances, de coûts d'exploitation et de respect de l'environnement.

I.2. TYPE DE MOTEUR CFM56 :

I.2.1. moteur cfm56-2 :

C'est la première version du réacteur qui fut conçu pour remotoriser les McDonnell Douglas DC-8. Ce fut un succès et le **CFM56-2** fut également choisi pour remotoriser les avions de la famille Boeing C-135 (la plupart sont des ravitailleurs). Environ 1800 **CFM56-2** ont été produits, d'une puissance qui va de 98 à 108 KN.

I.2.2. moteur cfm56-3 :

Après le succès du **CFM56-2** sur le marché de la modernisation d'avions anciens, le **CFM56-3** consacrera la réussite en étant choisi par Boeing comme motorisation exclusive pour sa nouvelle gamme de Boeing 737, les Boeing 737-300, 400 et 500, également appelés *Boeing 737 Classique*.

Plus de 4500 **CFM56-3** ont été construits depuis sa certification en 1984, ce qui en fait le réacteur le plus largement produit de toute l'histoire de l'aviation dans une gamme de puissance de 82 à 105 KN.

Le Boeing 737 ayant été conçu à la base avec un réacteur de plus petit diamètre, il a fallu réduire la hauteur du réacteur pour qu'il ne frotte pas par terre. Les ingénieurs ont donc conçu une nacelle dont la base est aplatie, ce qui lui donne un aspect caractéristique. De ce fait, on surnomme parfois affectueusement le Boeing 737 «*couilles plates*».

I.2.3. moteur cfm56-5A, 5B :

Sur la lancée du modèle précédent, le **CFM-56-5A** fut conçu pour le grand rival du Boeing 737, l'Airbus A320.

Le **CFM56-5A** a été certifié en 1987, et est disponible dans des puissances de 98 à 118 KN.

C'est également le premier modèle de **CFM-56** à disposer d'un système de régulation électronique pleine autorité (FADEC).

Le **CFM56-5A** équipera également l'Airbus A319 à sa sortie en 1996.

Le **CFM56-5B** est une évolution du **CFM56-5A** qui entre en service en 1994 et équipe toute la gamme des Airbus A318, A319, A320 et A321. Il est disponible dans une gamme de puissance de 98 à 142,50 KN.

Contrairement au Boeing 737 où il est la seule motorisation possible, les **CFM56-5A** et **CFM56-5B** sont en concurrence avec l'International Aero Engines V2500 (A319, A320 et A321) ainsi qu'avec le Pratt & Whitney PW6000 (A318) et équipent environ 60% des avions de la famille A320. Plus de 2500 exemplaires ont été produits à ce jour.

I.2.4. moteur cfm56-5c :

Après le succès sur les biréacteurs court et moyen courriers des versions précédentes, le **CFM56-5C** conçu pour l'Airbus A340 marque un retour aux quadriréacteurs long courriers.

Le **CFM56-5C** équipe en exclusivité les versions A340-200 et A340-300 et dispose de puissances comprises entre 139 et 151 KN.

Pour le **CFM56-5C**, **CFM** International fournit un ensemble complet spécialement optimisé comprenant le moteur, la nacelle et la tuyère d'éjection.

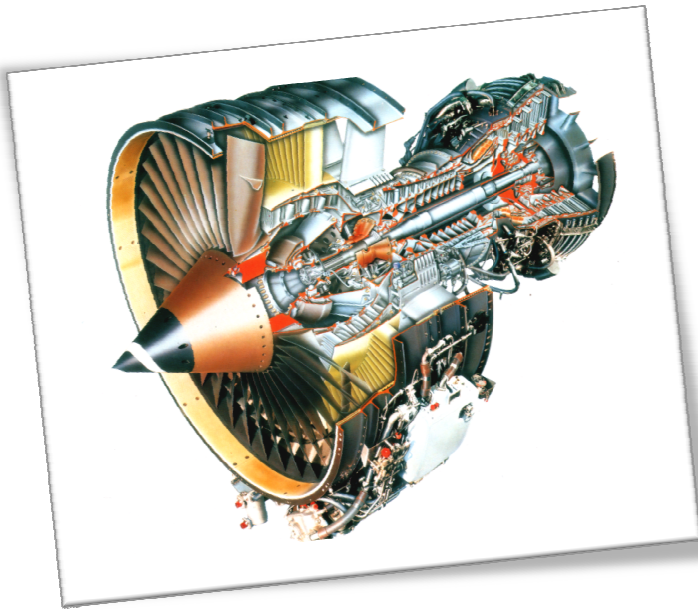
Le choix d'un si petit moteur sur un avion de la taille de l'Airbus A340 peut paraître surprenantes et certaines mauvaises langues l'appellent «*l'avion aux quatre sèche-cheveux*» et prétendent même que son taux de montée est si faible qu'il ne décolle que parce que la terre est ronde.

Pour les versions A340-500 et A340-600, le **CFM56** ne sera plus assez puissant, et Airbus aura recours à quatre Rolls-Royce Trent 500 d'une taille mieux proportionnée à l'avion.

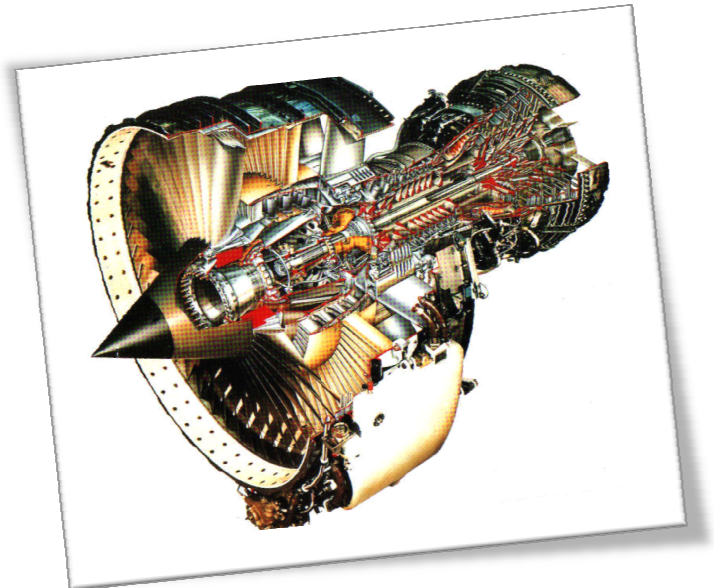
I.2.5. moteur cfm56-7b :

Le **CFM56-7B** est le réacteur qui équipe en exclusivité les dernières évolutions du Boeing 737, la version B737-600, 700, 800 et dites Boeing 737 NG pour nouvelle génération.

Il a été certifié en 1996, dispose des dernières avancées technologiques et est disponible dans des puissances de 87 à 121 KN.



Figure(I.1) : moteur CFM56-5



Figure(I.2) : moteur CFM56-2



Figure(I.3) : moteur CFM56-7B

I.2.HISTORIQUE ET CHRONOLOGIE DE DEVELOPPMENT DU MOTEUR CFM56-7B :

Lancement du programme avion	Janvier	1994
Premier essai moteur	Avril	1995
Premier vol moteur sur Boeing 737 FTB	Janvier	1996
Certification de CFM56-7B	Décembre	1996
Certification du Boeing 737-700	septembre	1997
Entrée en service sur Boeing 737-800	Avril	1997
Entrée en service sur Boeing 737-600	Août	1998
Entrée en service sur Boeing 737-900	Décembre	2000

Tableaux (I.1) : Tableaux de chronologie de développement du moteur cfm56-7b

III.1.DESCRPTION DES SYSTEMES HYDROMECHANQUES DU MOTEUR CFM56-7B :

III.1.1.Description du système FADEC :

Introduction :

Le FADEC (full authority digital engine control) est un système électronique et numérique à microprocesseur pour contrôler la gestion du turboréacteur ainsi qu'un appareil de sécurité pour prévenir des pannes sérieuses sur le moteur. Il calcule la quantité de carburant à injecter au moteur en fonction de position de la manette de gaz (TLA) et de la température des gaz d'échappement (EGT) et de la pression du compresseur.

Il est composé d'un calculateur de contrôle moteur (Electronic Control Unit-ECU ou EEC) et des périphériques : unité hydromécanique (HMU), capteurs (pressions, température, vitesse de rotation), actionneurs (moteurs, servo-valves, pompes) et système d'inversion de poussée...

Il y a un FADEC par moteur et ses éléments critiques (capteurs, unité de traitement, connecteurs et servocommandes) sont doublés. Les données destinées aux systèmes avion sont émises sur 4 voies (bus).

Chaque chaîne de commande des moteurs est indépendante des autres alors que l'interface entre le FADEC et les autres systèmes de l'avion est redondant (plusieurs voies).

Le FADEC a la capacité de vérifier la validité des données reçues de ses systèmes. Il peut fonctionner en ignorant ces données à partir de la position de la manette des gaz (mode manuel ou mode automatique).

III.1.2.Avantages de régulation numérique :

Réduction de la charge de travail de l'équipage

Le FADEC contrôle de façon automatique le fonctionnement du moteur dans toutes les phases du vol et donc décharge l'équipage de cette tâche critique et complexe. Son introduction est l'un des facteurs qui a favorisé sur certains avions. L'action du pilote se résume à afficher la poussée à l'aide de la manette des gaz ou le mode de conduite automatique des moteurs ou pilote automatique (auto manette).

Il peut gérer les procédures compliquées de démarrage, d'extinction des moteurs, d'inversion de poussée à l'atterrissage et toutes sortes de limitation au fonctionnement normale des moteurs.

Utilisation optimale du moteur

Dans toutes les phases du vol et réduction de l'usure des moteurs.

Simplification de la maintenance

Les anomalies de fonctionnement sont détectées par le FADEC et transmise au calculateur de maintenance centralisé (MCDU et CDU) qui sera interrogé lors des opérations de maintenance au sol. Ainsi il permet de prévenir l'apparition de certains pannes de la disponibilité opérationnelle des moteurs augmente.

Simplification des systèmes

Par suppression des liaisons mécaniques et d'éléments mécaniques complexes susceptibles de vieillir. Il en résulte aussi un gain de poids non négligeable.

III.1.3.Fonction du FADAC :

Réglage de la poussée en mode manuel ou automatique

Six modes « limite de poussée » (thrust ratings) peuvent être sélectionnés à la manette des gaz :

- MTO/GA : poussée maximale au décollage et remise des gaz.
- FLX-T/O : poussée réduite au décollage.
- IDLE : le FADEC détermine un débit de carburant minimal suffisant pour assurer toutes les servitudes de bord (pressurisation, antigivrage,...).
- MCT : poussée maximale en continu.
- MCL : poussée maximale en montée.
- REVERSE : gestion de la poussée au freinage au sol avec contrôle des panneaux d'inversion de poussée.

✚ Transmission des paramètres moteurs pour affichage

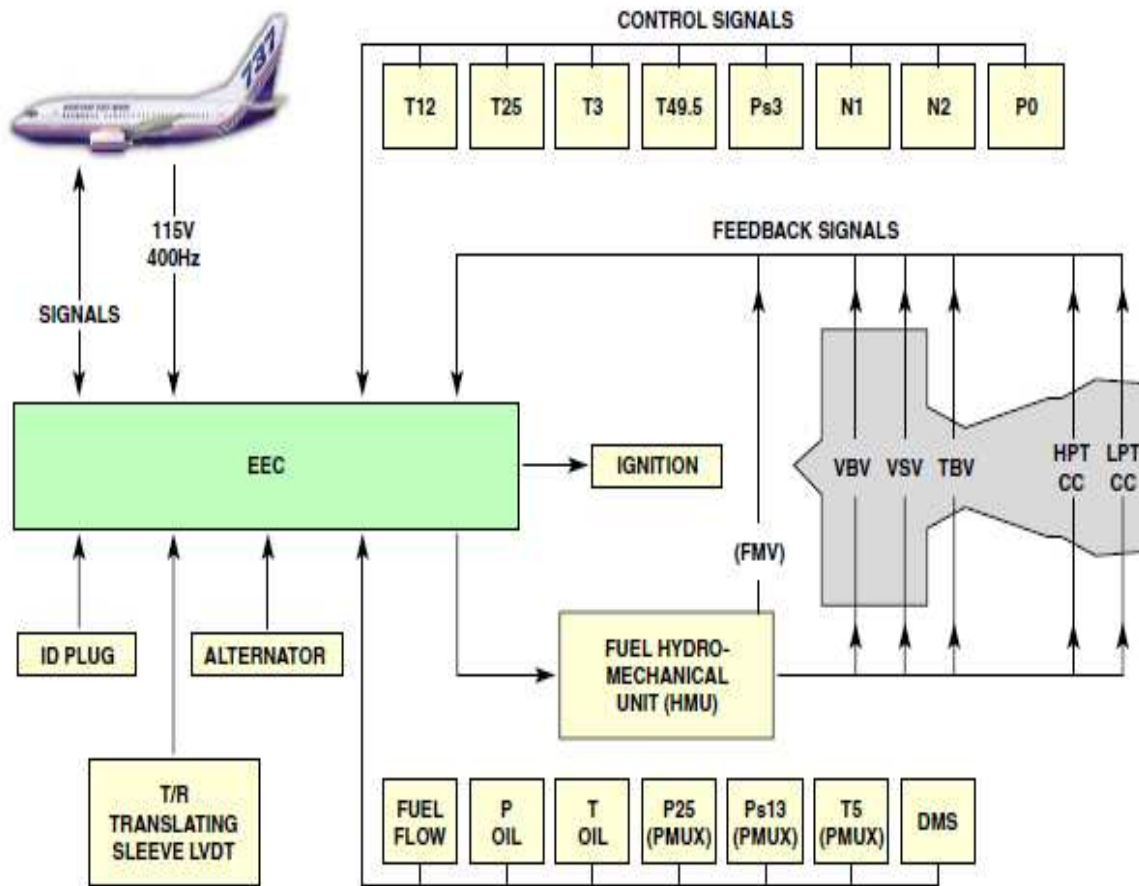
Les paramètres principaux primaires moteurs, l'état du système de démarrage, l'état du système d'inversion et du FADEC sont affichés sur l'un des écrans ECAM (Electronic Centralized Aircraft Monitoring) : le EWD (Engine Warning Display) et EICAS (Engine Indication and Crew Alerting System).

✚ Contrôle moteur

Le FADEC exécute les fonctions suivantes :

- contrôle du débit de carburant (FMV).
- Contrôle de la valve de sélections injectrices (BSV).
- Contrôle de la valve de retour carburant (FRV).
- Contrôle de la vanne de décharges (VBV).
- Contrôle des stators à calage variable (VSV).
- Contrôle de la valve de contrôle actif du jeu turbine haute pression (HPTACC).
- Contrôle de la valve de contrôle actif du jeu turbine basse pression (LPTACC).
- Contrôle de la valve de contrôle actif du jeu rotor (RACC).
- Contrôle de la valve de décharge transitoire (TBV).
- Contrôle de température.
- Contrôle de démarrage du moteur et de la détection des pannes internes.

Par sécurité, l'alimentation de chaque chaîne de calcul est assurée par un alternateur spécialisé entraîné par le moteur dès que $N2 > 15\%$ et au démarrage par le circuit d'avion.



Figure(III.1) : Le système FADEC

III.2.UNITÉ ÉLECTRONIQUE DU CONTRÔLE MOTEUR(EEC) :

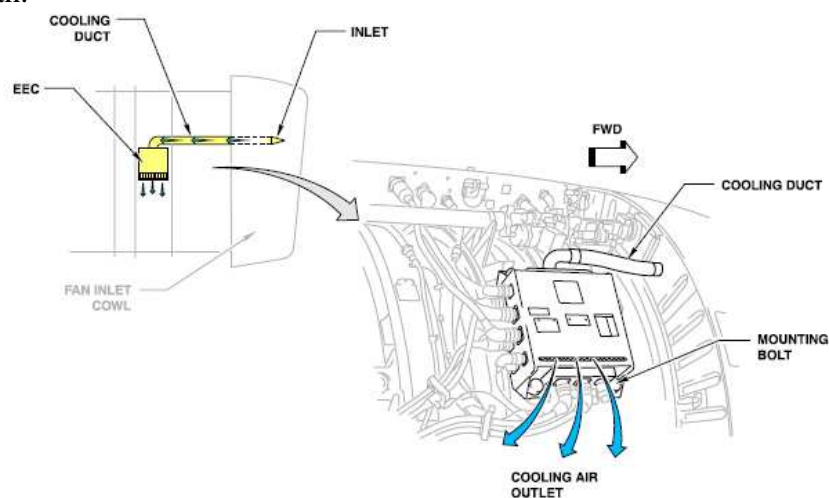
L'EEC est un calculateur numérique qui comprend deux canaux (A, B) d'acquisition et de calcul. Chaque canal A ou B peut contrôler les opérations du moteur, quand l'un est actif l'autre est en attente (stand-by). Elle comprend plusieurs connexions pneumatiques et électriques.

Pour augmenter la conception de tolérance de fautes, les paramètres sont échangés entre le contrôle deux canaux (à l'intérieur de EEC).Ce dernier communique avec les canaux A et B durant toutes les opérations du moteur.

L'EEC comprend trois microprocesseurs, un pour les fonctions principales de commande, contrôle et surveillance, un pour les fonctions d'interfaçage avec les capteurs de pression, et un pour la gestion des échanges de signaux entre l'avion et l'EEC, par signaux discrets câblés et par liaison analogique transmettant des mots série de 32 bits.

Le logiciel de l'EEC organise et distribue les tâches en temps réel. De plus, il fait la synchronisation entre les deux canaux de L'EEC et fait la sélection du canal en contrôle (actif).Le actif est changé à chaque démarrage du moteur et si le canal actif est défectueux L'EEC change le canal qui est en attente en canal actif.

L'EEC au rôle de recevoir des données pour calculer les signaux de contrôle pour opérer le moteur, il est fabriqué en aluminium localisé à 21h00 sur le carter du fan.



Figure(III.2) : Unité électronique du contrôle moteur(EEC)

III.2.1. Les connexions de L'EEC aux systèmes du moteur et d'avion :

L'EEC se relie à des systèmes et composants suivants :

- Prise d'identification.
- Unité hydromécanique (HMU).
- Système de contrôle d'air moteur.
- Capteurs du moteur.
- Commande du carburant.
- Alternateur de L'EEC.
- Circuit d'allumage.
- Système de visualisation commune.
- L'unité d'affichage électronique (DEU).
- Auto manette (A/T).
- Ordinateur de gestion de vol (FMC) et la boîte de contrôle et d'affichage (CDU).
- Indication du moteur et du carburant.
- Commande d'arrêt et levier de démarrage.
- Unité de référence à inertie de données aériennes 1 et 2 (ADIRU).
- Unité d'acquisition de données de vol (FDAU).
- Interrupteur de feu moteur.
- Séparateurs de poussée.
- Inverseurs de poussée (TRS).
- Auto bus 1 ou 2 de transfert du courant alternatif.

III.2.2. Alimentation électrique de L'EEC :

L'ECU est alimenté en 28 volts continus à partir du réseau quand le moteur ne tourne pas ou que sa vitesse est encore faible, au démarrage (N2 inférieure à 12%), et par son alternateur triphasé qui lui est propre dès que le moteur tourne à plus de 15% de N2 nominal. Au sol, 5 minutes après l'arrêt du moteur, l'alimentation avion est automatiquement coupée pour éviter des heures inutiles de fonctionnement de L'ECU. Cette dernière reçoit aussi une alimentation en 115 volts alternatifs (VAC) pour circuits d'allumage.

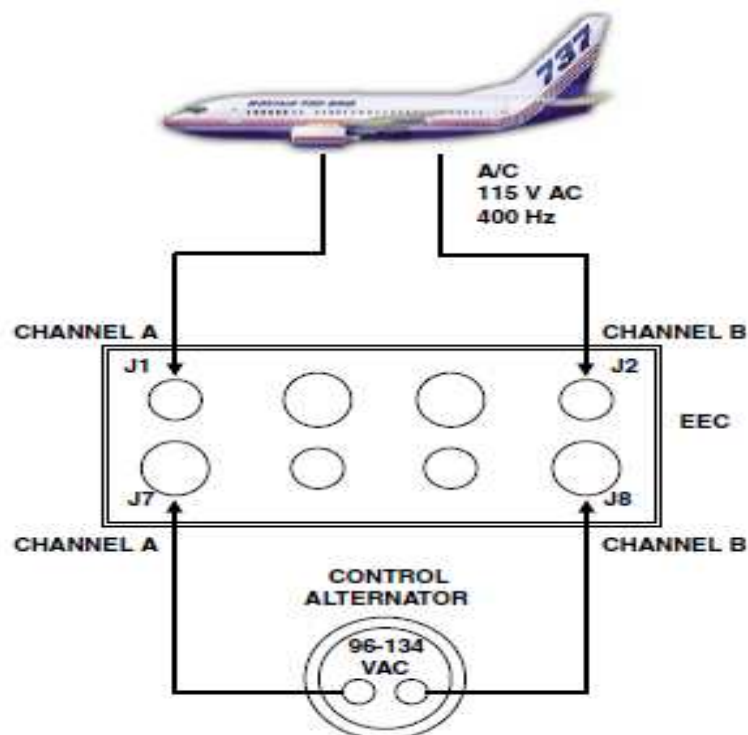
III.2.3. Dimensions et poids de L'EEC :

Langueur.....505.2 mm (19.92 inch).

Hauteur.....171.9 mm (6.94 inch).

Profondeur.....378.2 mm (14.94 inch).

Poids.....21.09 kg (46.5 lbs).



Figure(III.3) : Alimentation électrique de L'EEC

III.3. UNITE HYDROMECHANIQUE (HMU) :

Le HMU reçoit les signaux électriques de L'EEC et les convertit grâce à des moteurs couple et à des servo-vannes, en ordre hydraulique pour calculer le débit de carburant du moteur et le débit aux six électro-hydrauliques servo-vannes.

Le HMU régule les débits du carburant moteur en fonctionnement en fonction des paramètres moteur. La demande du carburant calculé par n'importe quel régime moteur est fournie par un signal électrique à l'électro-hydraulique servo-vanne du galet doseur qui se trouve dans le HMU.

La réponse de l'électro-hydraulique servo-vanne au signal de commande de L'EEC positionne le galet doseur de façon à délivrer le débit carburant calculé par L'EEC.

Les systèmes hydrauliques externes du moteur sont alimentés en carburant par une pression servo-vanne filtrée (P_{sf}), servo pression d'alimentation (P_c) et par la pression de référence régulée (P_{cr}) du HMU. Les systèmes hydrauliques du moteur commandés par le HMU comprenant :

- _ Deux vérins des stators à calage variable (VSV) alimentés en carburant par la pression P_{sf} .

- _ Deux vérins de vanne de décharge (VBV) alimentés en carburant par la pression P_{sf} .

- _ Une valve de contrôle actif du jeu turbine basse pression (LPTACC) alimentée en carburant par les pressions P_c et P_{cr} .

- _ Une valve de contrôle actif du jeu turbine haute pression (LPTACC) alimentée en carburant par les pressions P_c et P_{cr} .

- _ Une vanne de décharge transitoire (TBV) alimentée en carburant par Les pressions P_c et P_{cr} .

- _ Une vanne de sélections injectrices (BSV) alimentée en carburant par les pressions P_c et P_{cr} .

III.3.1. Electro-hydraulique servo-vanne (EHSV) :

L'unité hydromécanique (HMU) comprend six électro-hydrauliques servo-vannes positionnées sur le HMU, leurs rôles et de convertir les commandes électriques provenant de L'EEC aux signaux hydrauliques.

Les EHSV sont divisés en deux types qui sont les suivants :

- A trois voies pour les systèmes (TBV, HPTACC, LPTACC).
- A quatre voies pour les systèmes (FMV, VSV, VBV).

Chaque électro-hydraulique servo-vanne à deux étages commandés par un moteur couple.

Les deux étages de L'EHSV sont un amplificateur fluide du premier étage qui actionne le deuxième étage de la vanne terroir. L'amplification fluide positionne la vanne terroir en fonction des données moteur.

III.3.2. Alimentation du carburant au HMU :

Le carburant du moteur est envoyé directement à l'entrée principale du HMU à travers un servo réchauffeur carburant et à l'entrée du servo régulateur du HMU.

L'entrée principale du carburant est dans la face support de corps du HMU. Cette pression du carburant est désignée par P_s . L'entrée du servo réchauffeur carburant est montée sur la face du corps du HMU. A l'entrée carburant est installé un filtre de type clapet de surpression.

Le filtre passe particules plus grand que 10630 micro-inch (27 micromètre) du servo réchauffeur carburant, ce carburant d'alimentation aux systèmes d'asservissement du HMU est désigné par P_{sf} . Si un blocage de filtre par l'arrivée de contaminations. Le filtre se déplace une force contre la force du ressort, sortie de flux de carburant. Un passage de carburant à côté de filtre s'ouvre pour assurer la continuité du carburant d'alimentation aux systèmes d'asservissement du HMU quand la pression diminue à travers le dépassement du filtre à 15 Psi (103 Kpa).

Le carburant à la pression P_{sf} est distribué :

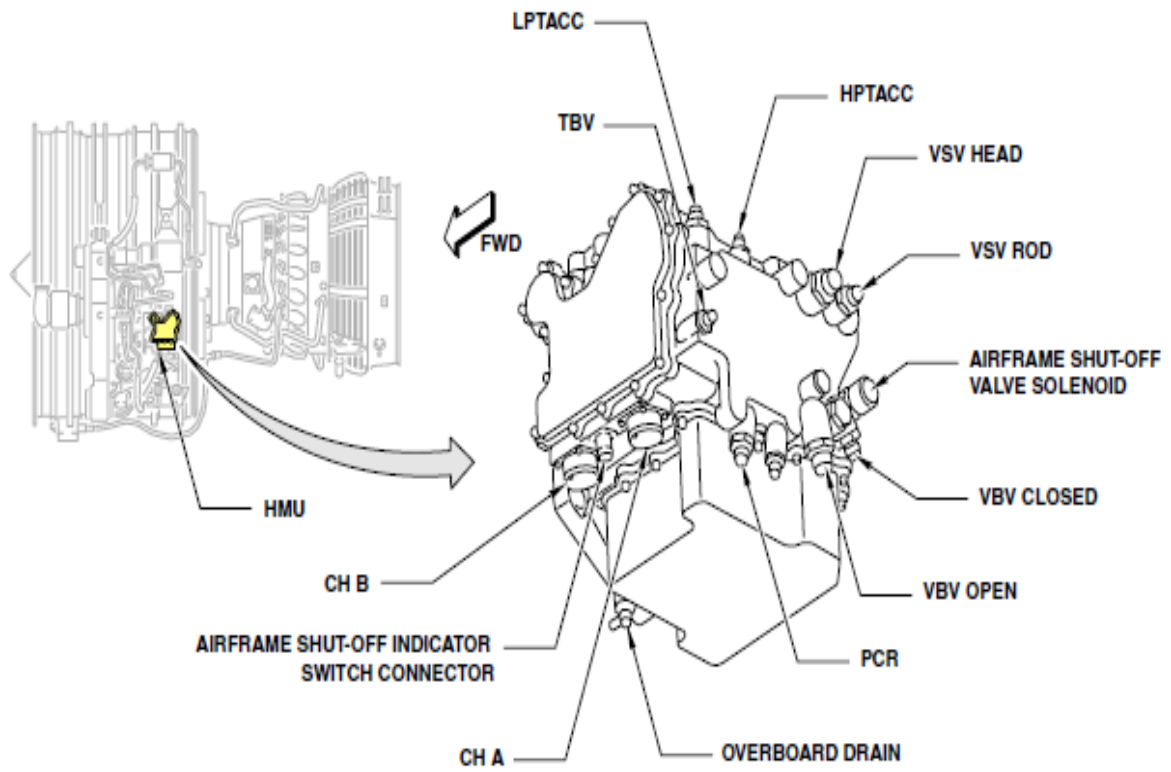
- à EHSV de VBV.
- à EHSB de VSV.
- a travers un restructure du head sensor et de clapet de décharge intégrée.
- Vers la vanne de mise en pression et d'arrêt.
- Au régulateur de servo pression (P_c).
- Vers la vanne solénoïde d'arrêt.

Le carburant à la pression P_c est distribué :

- Au régulateur servo pression P_{cr} .
- à EHSV de FMV.
- à la valve servo vitesse.
- A EHSV de HPTACC.
- Au solénoïde de la BSV.
- à EHSV de la TBV.

Le carburant à la pression P_{cr} est distribué :

- A l'extrémité de la tête du piston intégrateur.
- A l'extrémité de la tige de la vanne LPTACC.
- A l'extrémité de la tige de la vanne HPTACC.
- A l'extrémité de la tige de la vanne TBV.
- Au solénoïde de la BSV.



Figure(III.4) : Dessin de HMU

VI.1.INTRODUCTION :

D'après les études qu'on a fait, on est arrivé à conclure que le système d'huile est très important à cause de son influence directe sur le rendement moteur. A partir de la on a décidé de faire une petite réalisation qui nous permet d'être plus rapide à comprendre le principe du fonctionnement.

Cette réalisation consiste à faire une maquette explicative.

La réalisation de cette maquette a pour but de pouvoir :

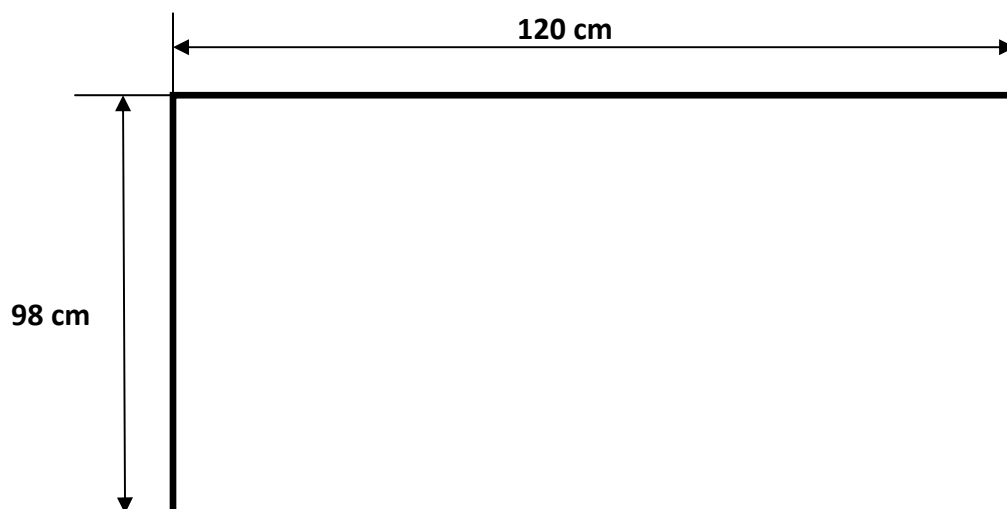
- ✚ comprendre le principe de fonctionnement de système d'huile de CFM56-7B.
- ✚ identifier rapidement les différents circuit et éléments constituant ce système.
- ✚ traiter quelque cas anormaux qui peuvent survenir pendant le fonctionnement du système.
- ✚ faciliter le mode d'explication au futur.

VI.2. REALISATION :

- **conception de la maquette :**

Pour cette étape j'ai choisi le (isorel) comme matière de la plaque puisqu'il est léger et sur lequel on peut faire des trous facilement.

- ✚ diamantions de la plaque :





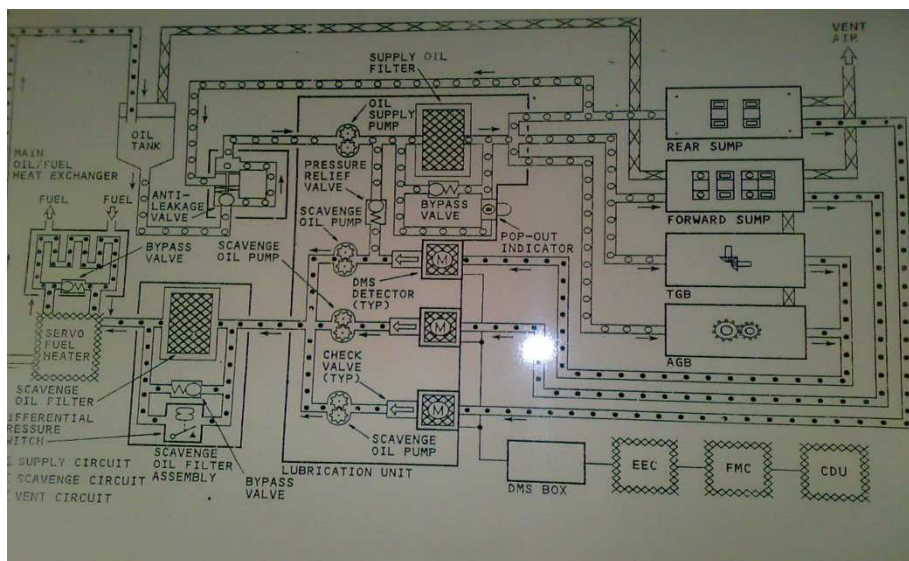
Figure(VI.1) : la plaque de la maquette

✚ agrandissements de schéma :

Pour cette étape j'ai agrandi le schéma d'un système d'huile de CFM56-7B a l'aide d'un logiciel permettant l'agrandissement sans perdre la qualité initial de l'image (schéma).

Logiciel utilisé : photo chop.

J'ai agrandi le schéma sur un papier collant que je l'ai collé sur la plaque.



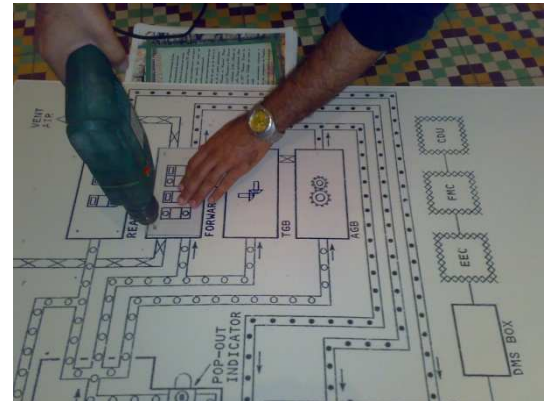
Figure(VI.2) : La plaque après collage de schéma

🔧 montage des panneaux :

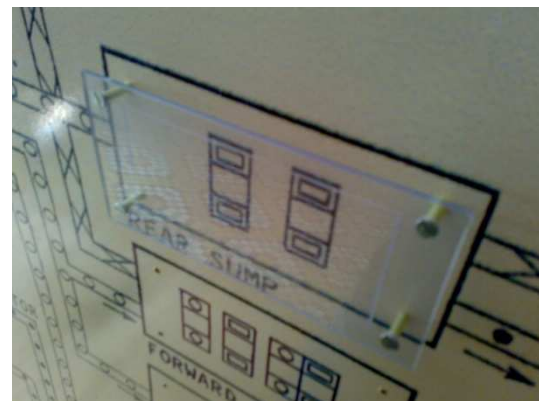
Ces panneaux a pour bute de démontrer les quatre partie à lubrifier : palier avant, palier arrière, AGB, TGB.



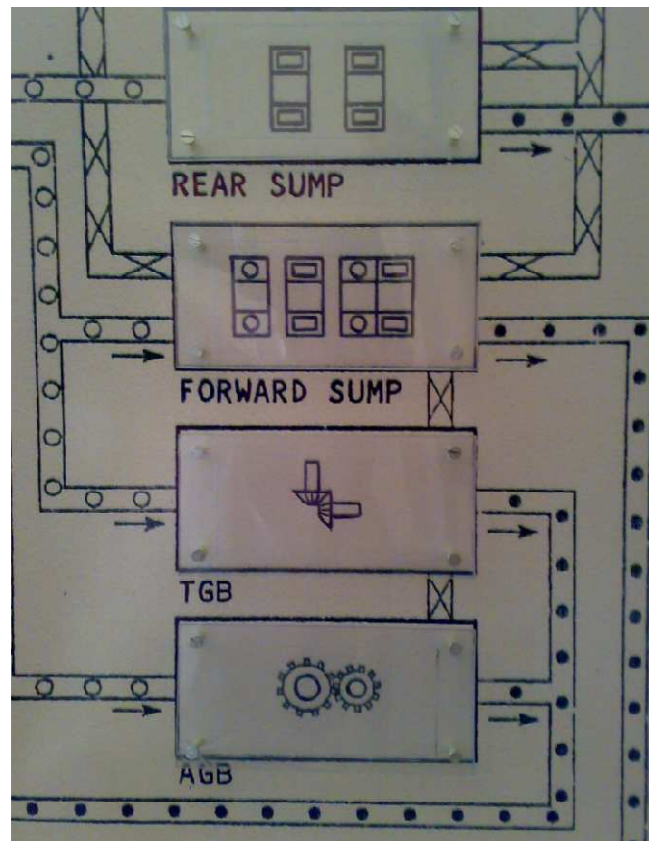
Figure(VI.3) : Pointage



Figure(VI.4) : Perforation



Figure(VI.5) : Montage



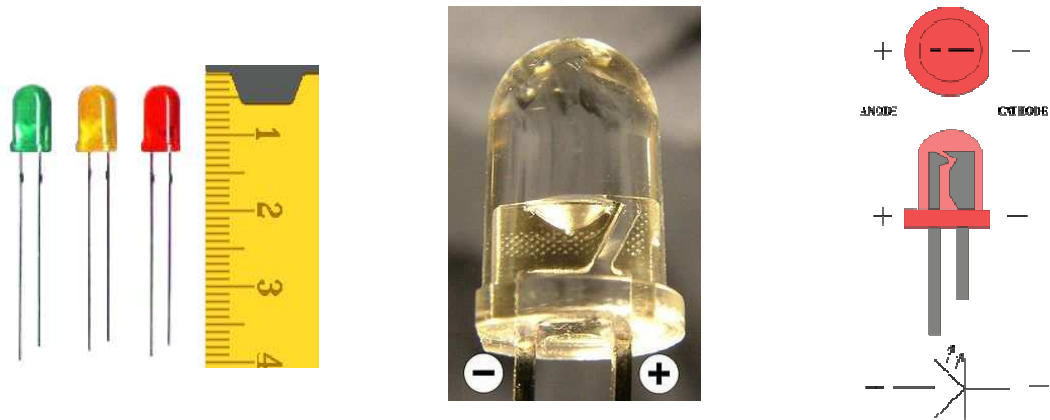
Figure(VI.6) : Les quatre panneaux

✚ Présentation des circuits :

Pour cette étape j'ai préféré de faire apparaître les trois circuits constituant le système à l'aide des LED (diode électroluminescente).

➤ **LED :**

Une diode électroluminescente, abrégée sous les sigles DEL ou, plus couramment, LED (pour light-emitting diode) est un composant électronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Une diode ne laisse passer le courant électrique que dans un seul sens.



Figure(VI.7) : Les leds

Une diode électroluminescente produit un rayonnement monochromatique incohérent à partir d'une transformation d'énergie. Elle fait partie de la famille des composants optoélectroniques, ce composant peut être encapsulé dans diverses formes destinées à canaliser le flux de lumière émis de façon précise : cylindrique à bout arrondi en 3, 5, 8 et 10 mm de diamètre, cylindrique à bout plat, rectangulaire, sur support coudé, en technologie traversant ou à monter en surface (CMS). Les LED de puissance ont, elles, des formes plus homogènes : la luxeon 1 W ci-contre est assez représentative.

L'enveloppe transparente, ou capot, est généralement en résine époxy, parfois colorée ou recouverte de colorant.

L'intensité lumineuse générale des diodes électroluminescentes est assez faible, mais suffisante pour la signalisation sur tableau, ou bien les feux de circulation (feux tricolores, passages piétons). Les bleues sont également suffisamment puissantes pour signaler les bords de route, la nuit, aux abords des villes. Le bâtiment du NASDAQ, à New York possède une façade lumineuse animée entièrement réalisée en LED (quelques dizaines de milliers).

La réalisation des circuits ma exigé de suivre les étapes suivantes :

- ✚ percé toute la partie ou je vais faire un circuit pour le présenté avec des led.
- ✚ dans chaque perçage j'ai mie une led suivant le circuit.
- ✚ après faire placer les led j'ai essaie de les soudé sur la plaque suivant le circuit sur le schéma d'une manière :



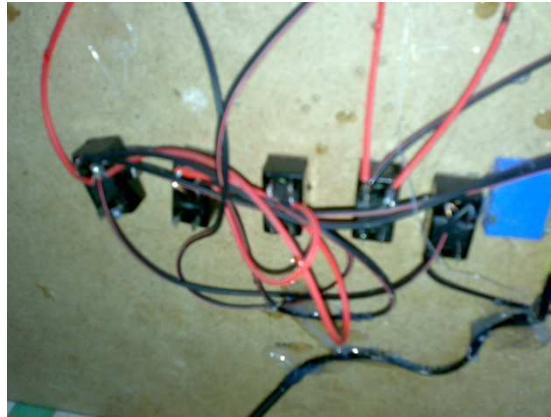
Figure(VI.8) : Soudure des leds

- ✚ j'ai placé des interrupteurs, et chacun de ces derniers correspondant a un circuit bien déterminé.



Figure(VI.9) : Les interrupteurs

✚ *j'ai relié chaque interrupteur par son circuit.

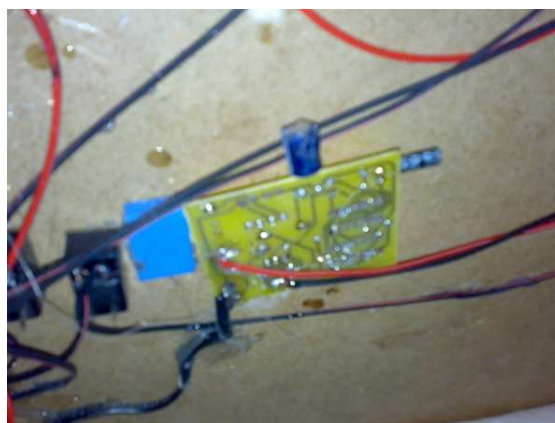


Figure(VI.10) : Les interrupteurs vue arrière

Remarque :

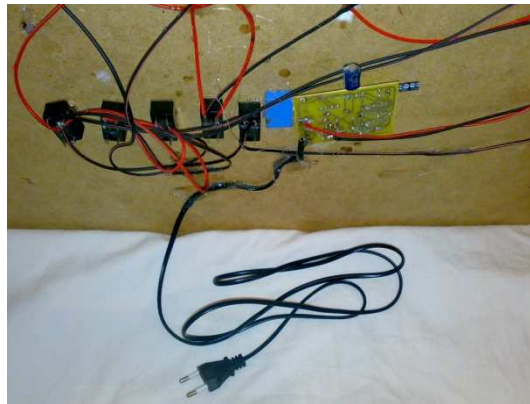
Pour le bon fonctionnement des leds il faut convertir le courant alternatif au courant continu, et pour ce la j'ai mie une plaque électronique permettant de faire la transformation, la plaque contient un condensateur et un pont de diode pour redressé le courant.

✚ soudé la plaque.



Figure(VI.11) : La carte électronique

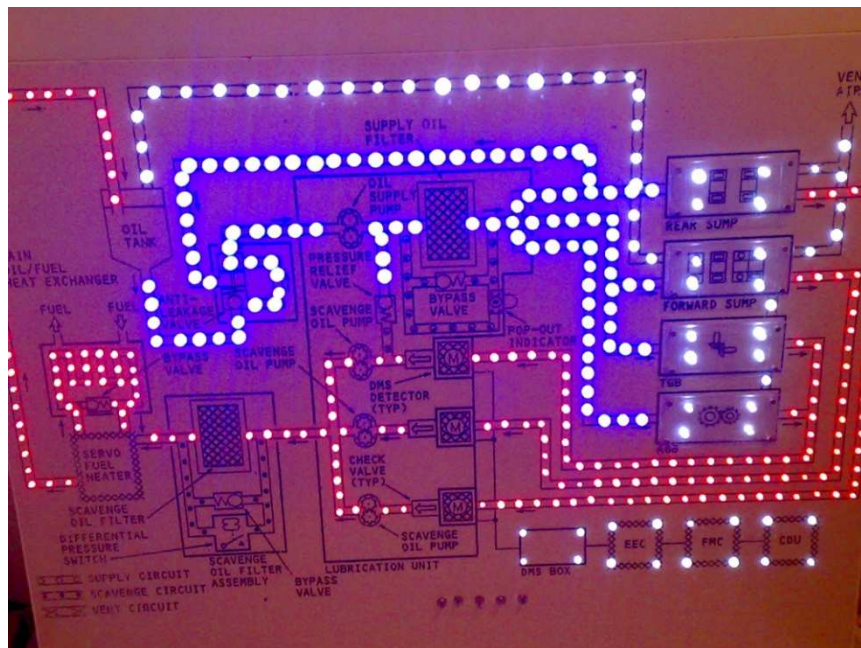
- ✚ soudé un secteur avec la plaque pour permettre la connexion au courant continue.



Figure(VI.12) : Secteur électrique

- ✚ essais de bon fonctionnement :

Après terminé le travail j'ai passé a une notre étape, ces bien faire un essai de bon fonctionnement de la maquette et j'ai obtenue le résultat suivent :

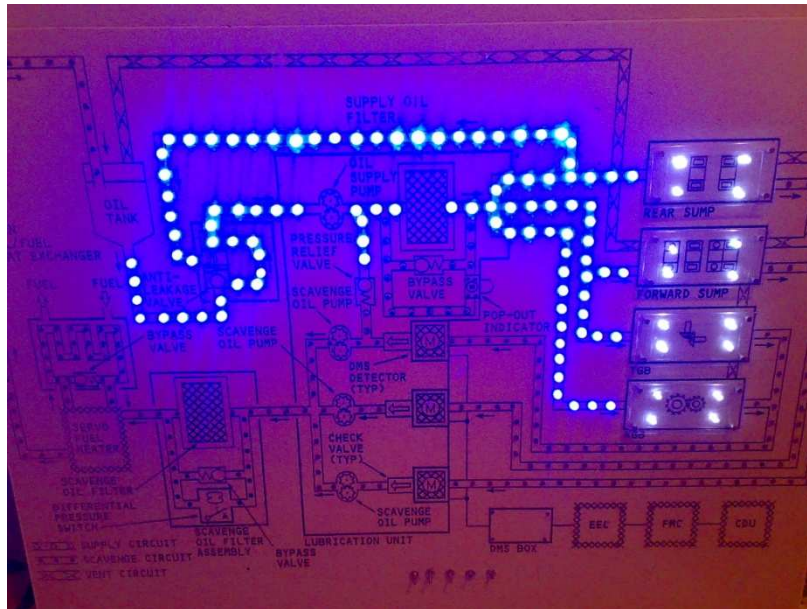


Figure(VI.13) : Résultat final

VI.3.LES CAS TRAITE :

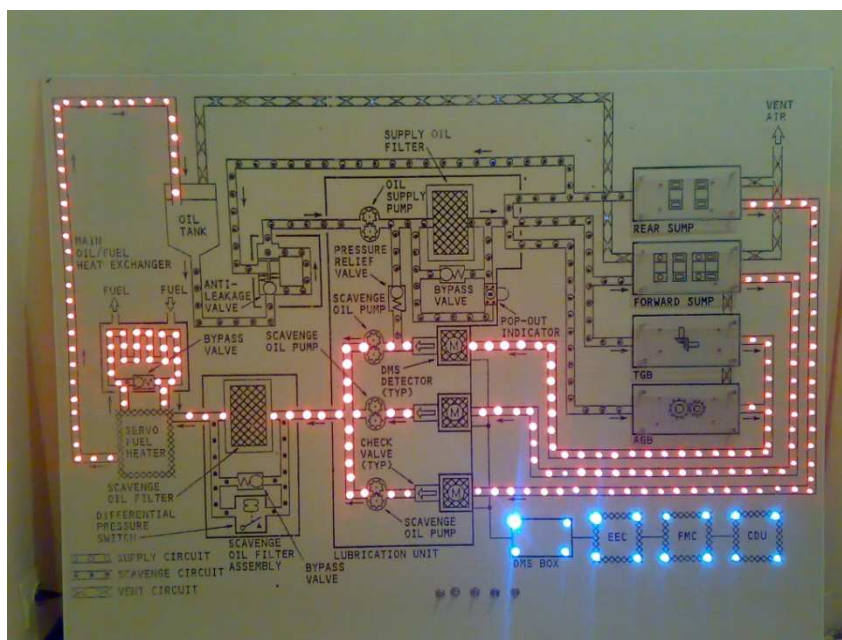
J'ai traité quatre cas :

- ✚ présentation du circuit d'aimantation.



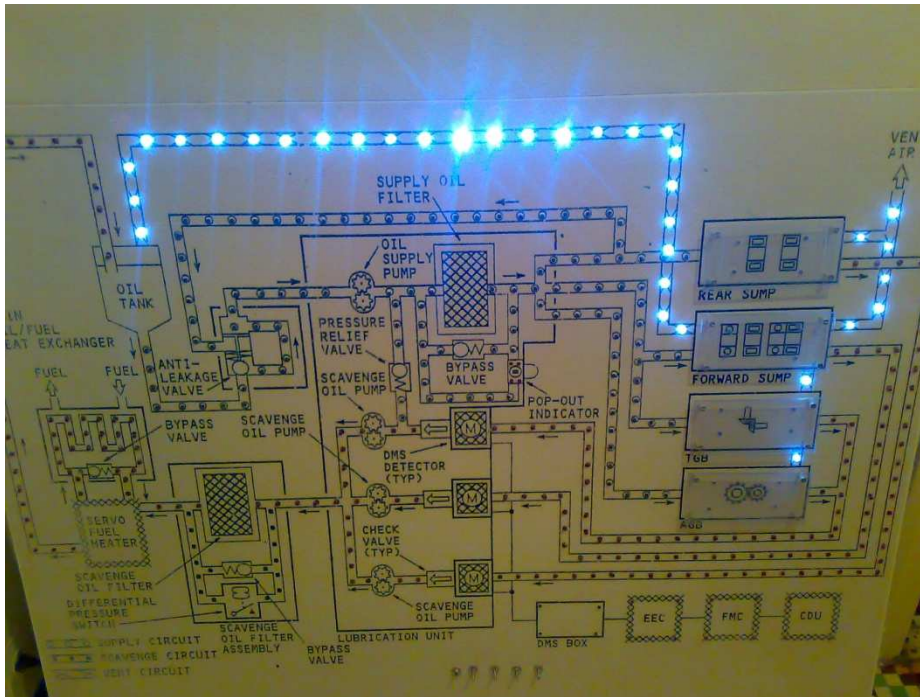
Figure(VI.14) : Circuit d'aimantation

- ✚ présentation du circuit de récupération :



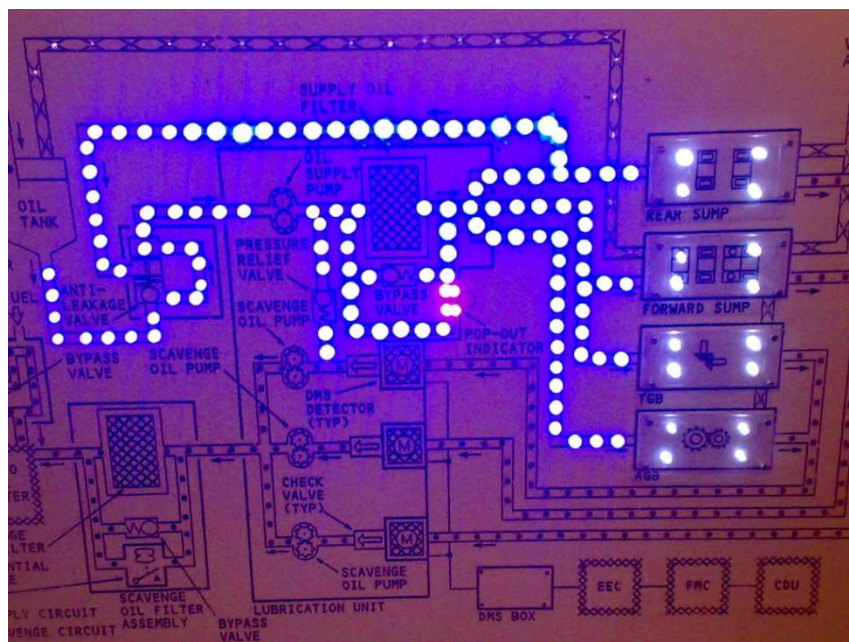
Figure(VI.15) : Circuit de récupération

🚧 présentation de circuit de dégazage :



Figure(VI.16) : Circuit de dégazage

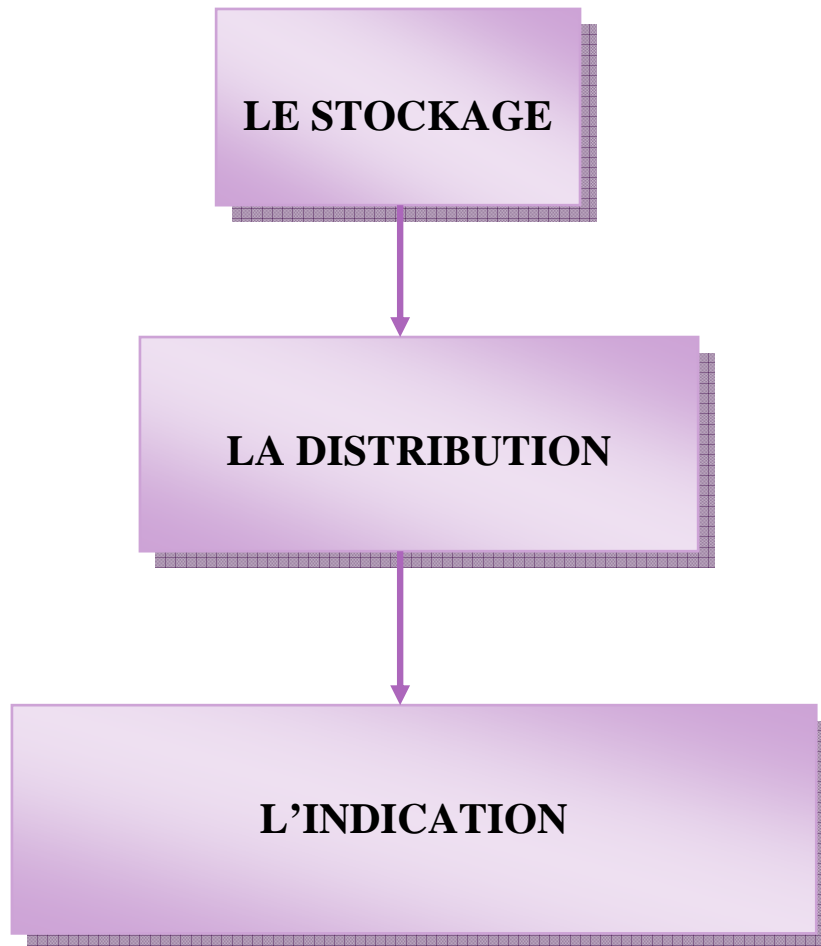
🚧 colmatage de filtre d'aimantation :



Figure(VI.17) : Colmatage du filtre d'aimantation

V.1.PRINCIPE DE SYSTEME D'HUILE :

Le système de lubrification **CFM56-7B** se constitue de trois parties essentielles :



V.2.BUT DE SYSTEME D'HUILE :

Le but du système d'huile est de fournir la lubrification et le refroidissement des roulements situés dans les paliers et le système d'entraînements accessoires.

La lubrification et le refroidissement permet de :

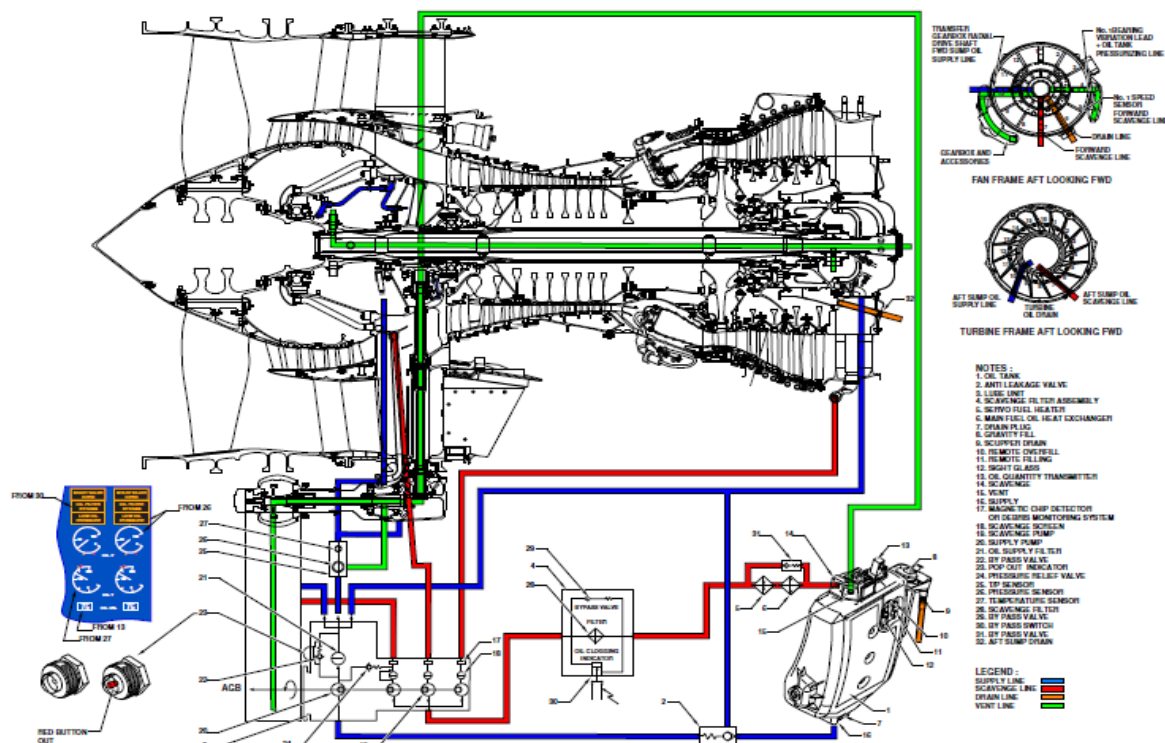
- ✚ la réduction des frottements et de l'usure
- ✚ l'évacuation des calories
- ✚ l'augmentation de la durée de vie
- ✚ la protection contre la corrosion
- ✚ la protection contre l'entrée d'impuretés

V.3.CARACTERISTIQUE PRINCIPALES DES LUBRIFIANTS :

Les lubrifiant sont d'origine synthétique et sont caractérisés principalement par leur viscosité. Pour les GTR, les motoristes utilisent un lubrifiant dont la viscosité est de 5 centistokes à 90°C, alors que pour les GTP, l'huile la plus couramment utilisée à une viscosité de 7.5 centistokes à 90°C car la charge est plus importante. Tout ces lubrifiants ont de très bonnes performances aux fortes charges et à haute température.les principales caractéristiques sont résumées dans ce tableau :

Masse volumique (à15°C)	953kg/m3
Viscosité cinématique (90°C) GTR	5 ctsk
Viscosité cinématique (90°C) GTR	7057 ctsk
Point de congélation	-60°C
Point d'auto inflammation	+235°C

Tableaux (V.1) : caractéristiques de lubrifiants

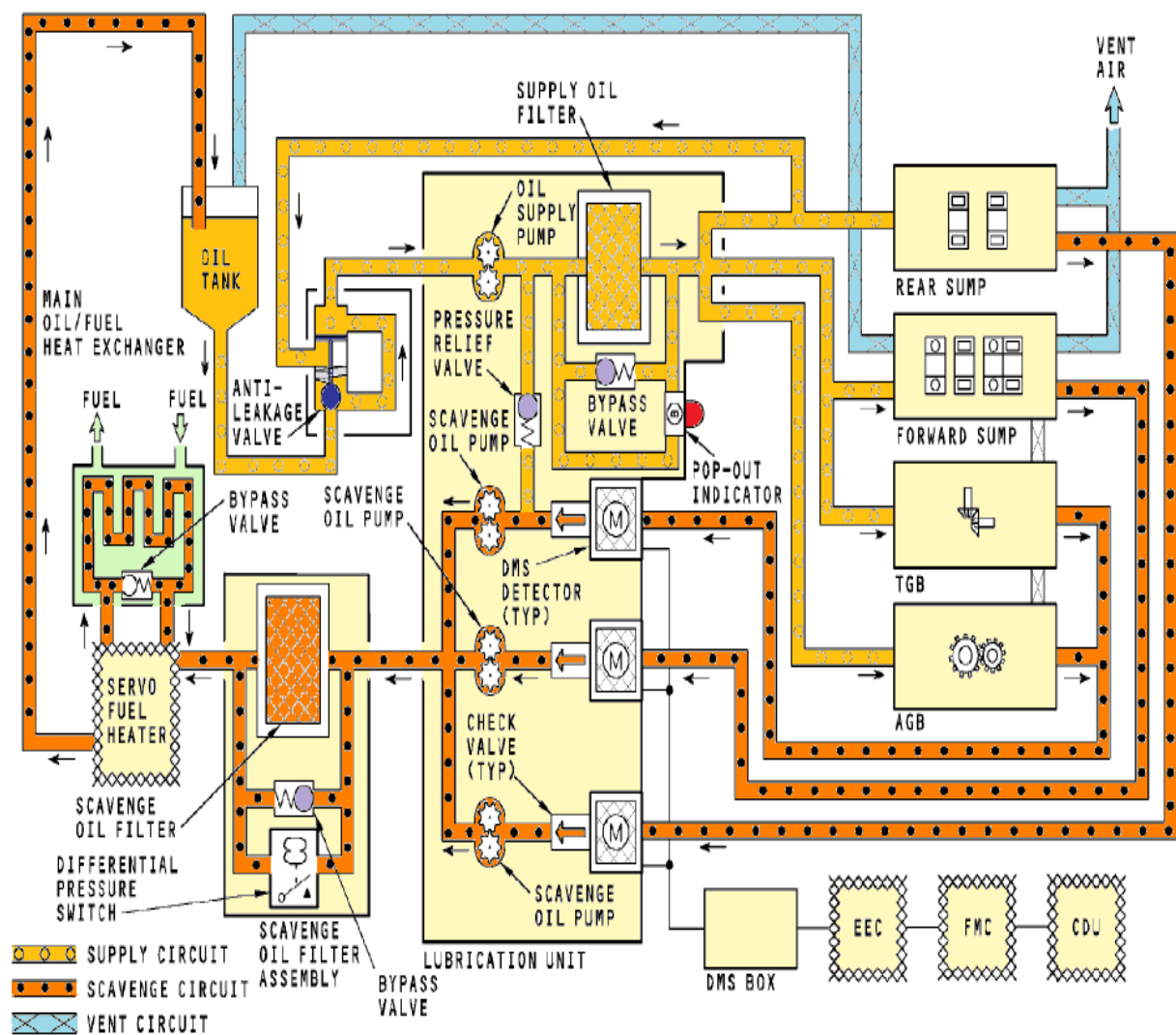


Figure(V.1) : Schéma de système d'huile

V.4.LES DIFFERENTS CIRCUITS DU SYSTEME DE GRAISSAGE :

Le system d'huile se compose de trios circuit qui sont les suivant :

- Le circuit d'alimentation.
- Le circuit de récupération.
- Le circuit de dégazage.



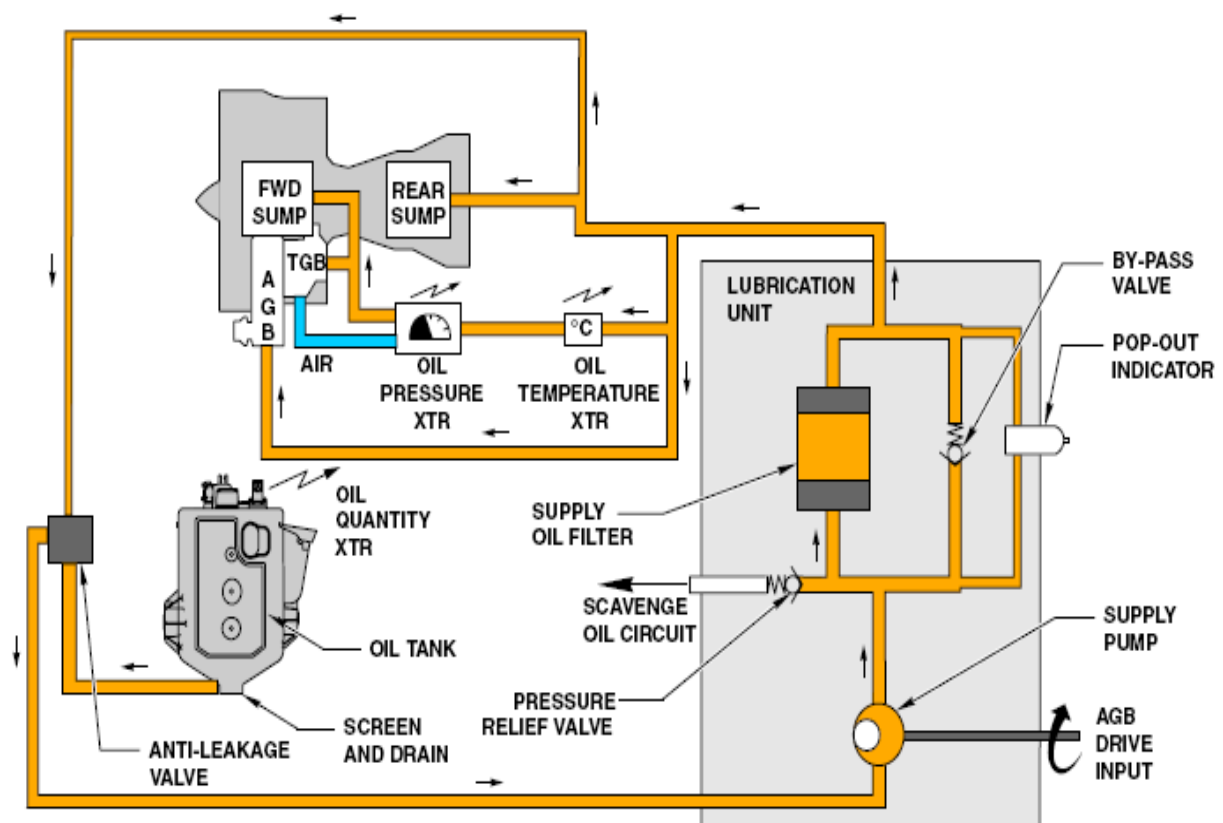
Figure(V.2) : Les trois circuits du système

V.4.1. Le circuit d'alimentation :

L'huile est pompée du réservoir d'huile, à travers la valve d'anti-fuite ***anti-leakage valve***, par une pompe de pression dans l'unité de lubrification.

L'huile traverse alors le filtre d'huile d'alimentation ***supply oil filter***, et il est distribué aux paliers et aux boîtes d'accessoires. Les paramètres suivants sont employés et indiqués à l'avion :

- ✚ quantité d'huile.
- ✚ pression d'huile (delta P entre la pression d'huile et la pression du palier).
- ✚ la température d'huile.
- ✚ l'état du filtre d'huile de récupération.



Figure(V.3) : circuit d'alimentation

V.4.2. Circuit de récupération :

L'huile est récupérée des paliers avant, du palier arrière et de l'AGB/TGB par trois pompes de récupération, installées dans l'unité de lubrification ***lubrification unit***.

L'huile traverse des cavités de récupération, qui sont filetées de l'intérieur.

Les cavités sont pour l'installation de tiges magnétiques avec ou sans l'option de DMS installé. Ces tiges magnétiques servent de détecteurs de débris métallique pendant le dépannage. Elles permettent au personnel d'entretien d'identifier en particulier le circuit qui contient des particules dans l'huile.

L'huile passe à travers un filtre de récupération ***scavenge filter*** et à travers le réchauffeur carburant ***servo fuel heater***. Et enfin elle traverse l'échangeur de chaleur principal d'huile/carburant ***main oil/ fuel heat exchanger***, avant de retourner au réservoir d'huile.

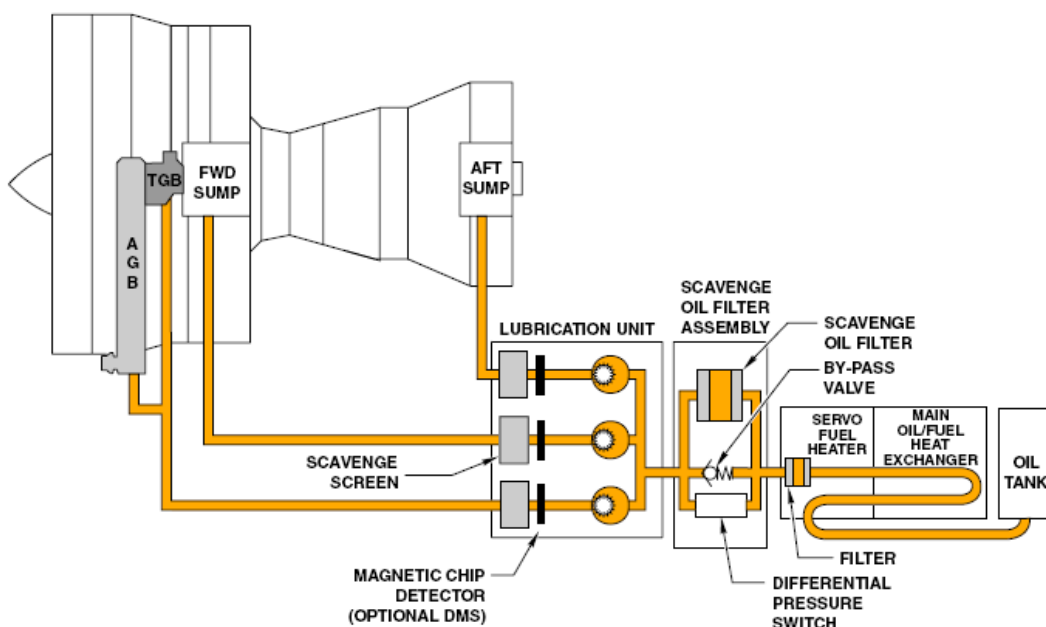


Figure (V.4) : Circuit de récupération

V.4.3.circuit de dégazage :

Un circuit de circuit de dégazage lie le réservoir d'huile, les paliers du moteur et les boîtes d'accessoires et son but est d'évacuer l'air des pompes de récupération.

Un tube central de passage 'center vent tube' relie les paliers avant et arrière pour évacuer la pression, à travers la tuyère turbine ***exhaust plug*** à l'arrière du moteur.

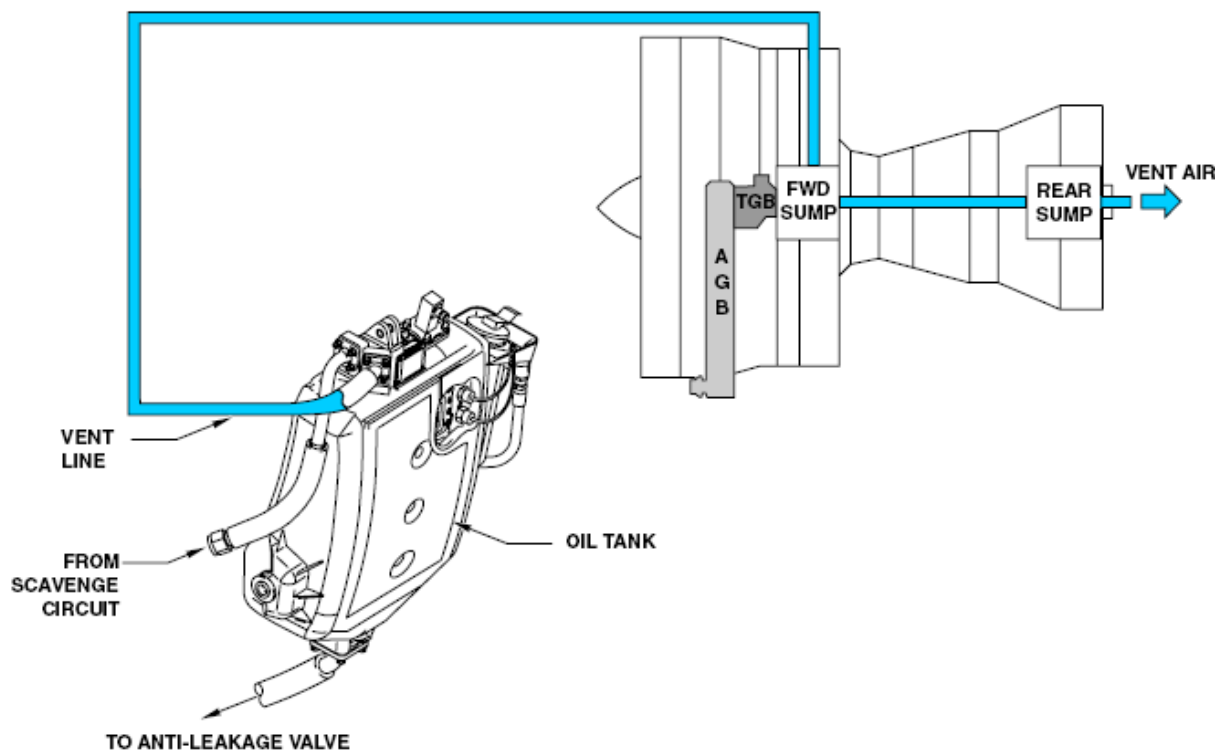


Figure (V.5) : Circuit de dégazage

V.5.LES ELEMENTS CONSTITUANT LE SYSTEME :

Il est constitué des éléments principaux suivants :

- ✚ réservoir d'huile*oil tank*.
- ✚ valve d'anti-fuite *anti-leakage valve*.
- ✚ l'unité de lubrification
- ✚ échangeur de chaleur principal d'huile/carburant *main oil/ fuel heat exchanger*.
- ✚ filtre de récupération, placé sur la face arrière de l'AGB.

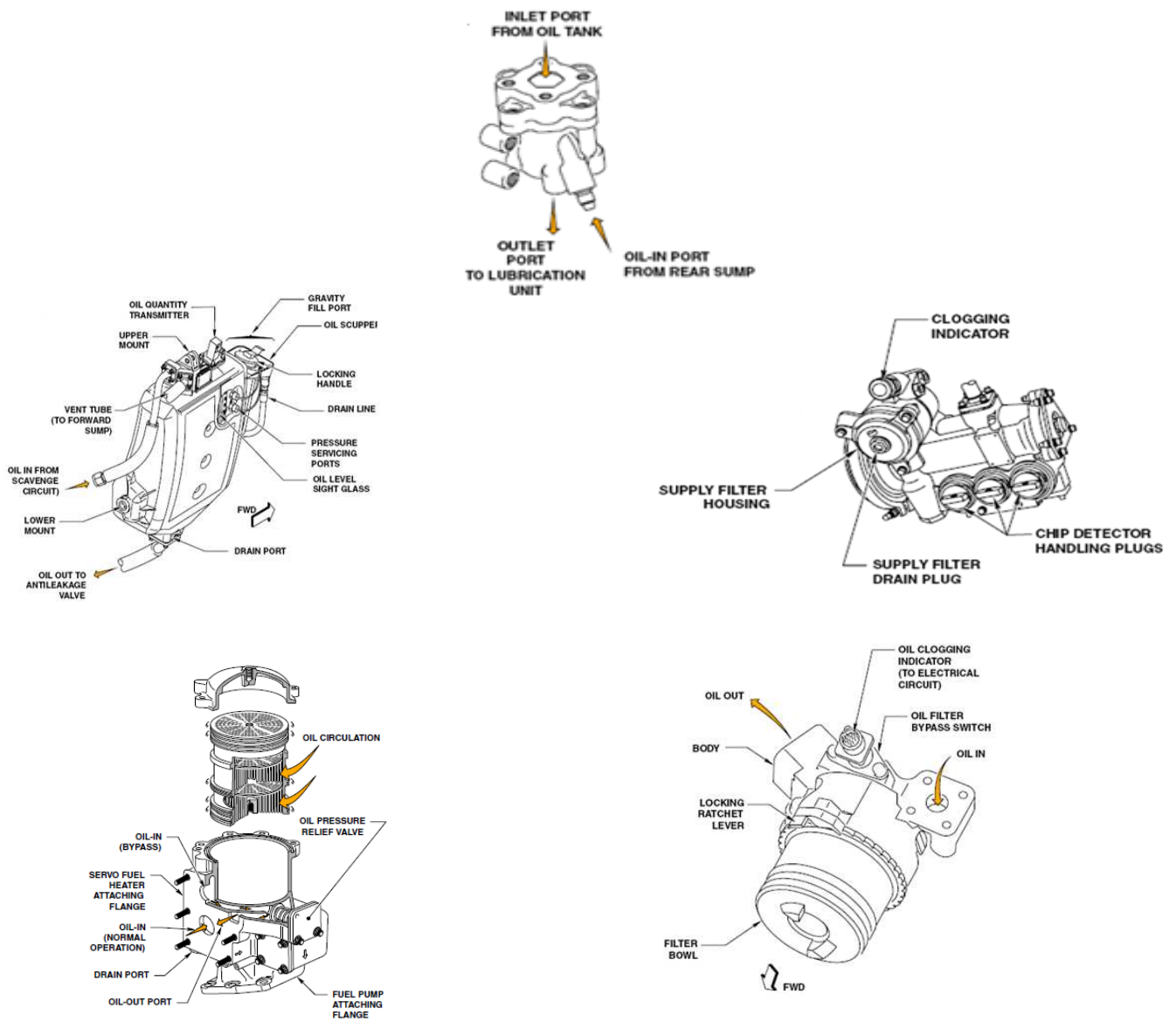


Figure (V.6) : Les éléments constituant le système

❖ localisation des éléments aux niveaux du moteur :

- ✚ un réservoir d'huile ***oil tank***, placé du côté droit (vu de l'arrière).
- ✚ une valve d'anti-fuite ***anti-leakage valve***, située en dessous.
- ✚ l'unité de lubrification, installée sur la boîte d'entraînements accessoires
- ✚ un échangeur de chaleur principal d'huile/carburant ***main oil/ fuel heat exchanger***, fixé sur la pompe d'huile de moteur.
- ✚ un filtre de récupération, placé sur la face arrière de l'AGB, position 7h.

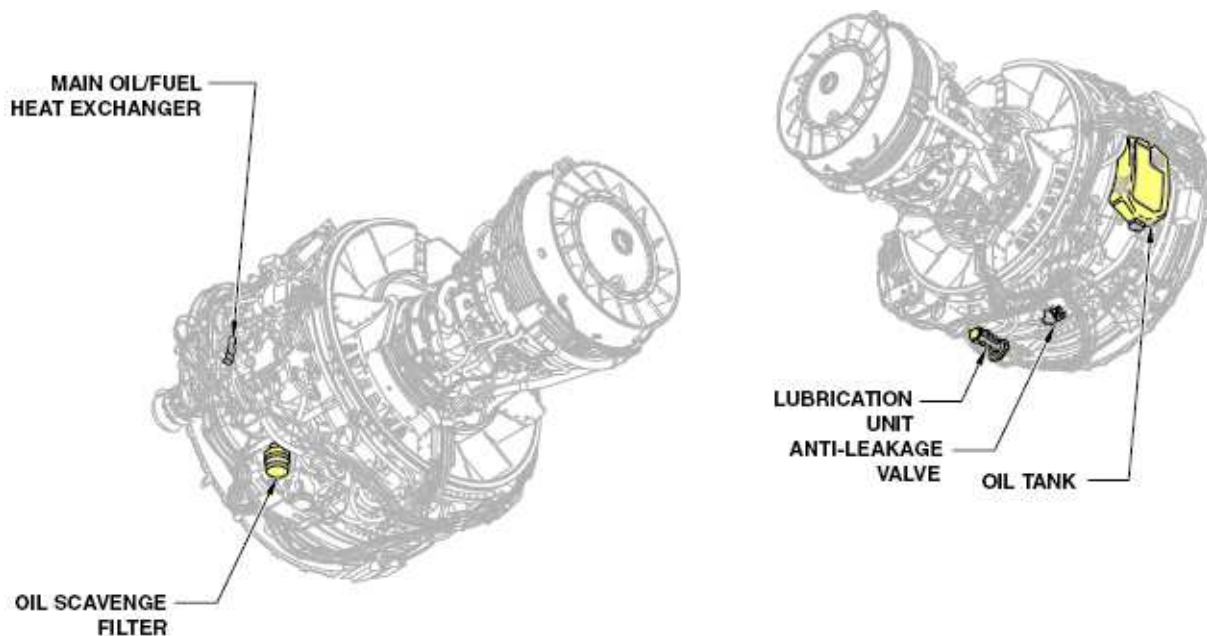


Figure (II.7) : composants du circuit d'huile

V.5.1. Le réservoir d'huile :

Le réservoir d'huile contient l'huile du moteur, il est installé sur le carter externe fan, position 3h, des amortisseurs sont fixés sur la partie supérieur et deux sur les parties inférieurs.

Le support supérieur et le support inférieur gauche sont fixés sur la bride carter fan ***fan frame shroud flanges***. La partie inférieure droite est fixée sur la bride carter ***containment case flange***.

Le réservoir est en alliage léger, usiné et soudé. Six cloisons étanches intérieures rajoutent à sa robustesse.

Le réservoir a une tuyauterie d'admission de l'huile du réchauffeur carburant ***servo fuel heater*** et de l'échangeur principal d'huile/carburant ***main oil/fuel heater exchanger***, une tuyauterie de sortie d'huile vers l'unité de lubrification et une tuyauterie de mise à l'air 'vent tube'.

Pour compléter le niveau du réservoir d'huile, il y a un port de remplissage.

Le dalot du port de remplissage ***scupper ducts*** évacue n'importe quel débordement d'huile à travers un drain, un bouchon en bas du réservoir1 permet la vidange de celui ci.

Entre la mise en route du moteur et son fonctionnement, le niveau d'huile baisse, dues sous l'effet d'engloutissement.

Au début de la mise en route du moteur le niveau d'huile peut diminuer au moins de 1 gallon (4 litres). Au décollage 'takeoff power' le niveau d'huile peut diminuer au moins de 0.5 gallon (2 litres) davantage. Cette huile est partiellement récupérée pendant la décélération du moteur et complètement récupérée (sans la consommation d'huile) à l'arrêt du moteur.

Des contrôles de niveau d'huile doivent être faits dans un délai de cinq à trente minutes, après l'arrêt moteur, dû aux changements de volume d'huile.

Pour éviter des dommages sérieux, le bouchon de remplissage d'huile ne doit pas être ouvert jusqu'à ce que 5 minutes au minimum se soit écoulées après arrêt du moteur.

- ✚ Le Volume utilisable minimum d'huile 10.89 litres
- ✚ La Capacité maximum de total d'huile 22.1 litres
- ✚ Le Volume total de réservoir 23.26 litres

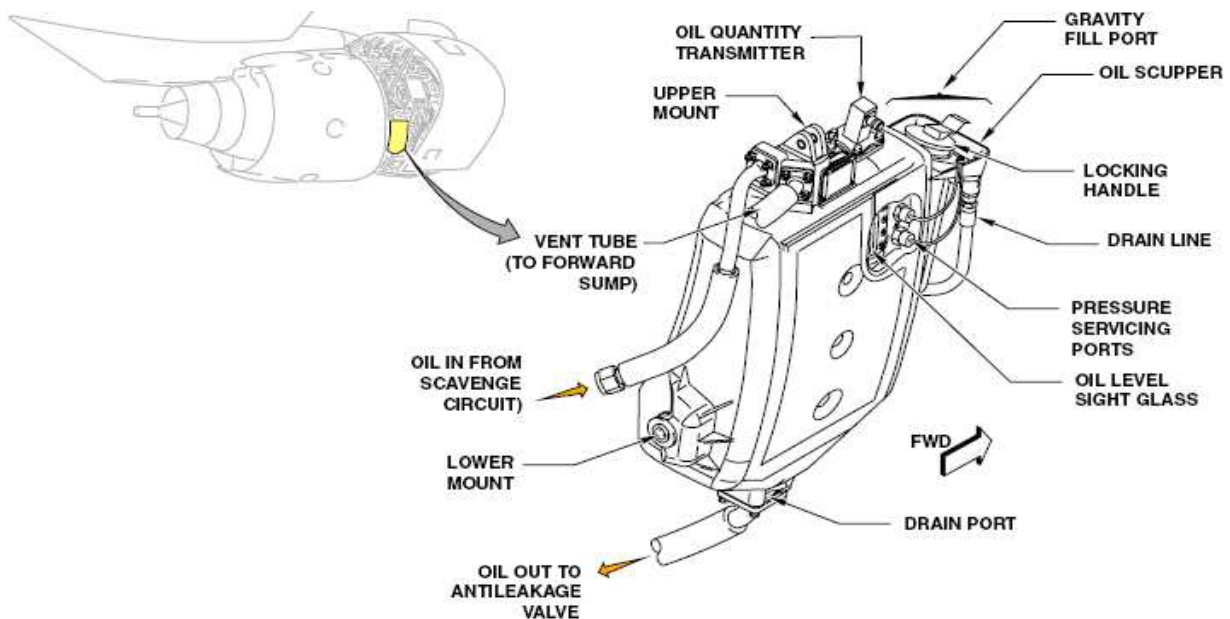


Figure (V.8) : Réservoir d'huile

Le dégazage du réservoir est évacué à travers une tuyauterie vers le palier avant, à travers le ***strut*** position 3 heures (vu de l'arrière).

Pendant le fonctionnement du moteur, l'unité de lubrification est alimentée en huile par le réservoir à travers un port situé à la section inférieure du réservoir pour assurer l'alimentation constante en huile.

La tuyauterie de récupération apporte le mélange air/huile de nouveau au réservoir à travers une cavité. Dans la cavité est installé un tube avec une vis, qui agit comme un séparateur air/huile statique.

L'autre extrémité du tube a un déflecteur pour empêcher les perturbations près du port d'aspiration. La longueur de tube et le déflecteur empêchent l'huile d'aller au port de passage, pendant des conditions de vol excessives du G négatif.

Un émetteur électrique fournit au system d'indication avion le niveau d'huile. Un niveau visible à travers une glace, installé sur le réservoir d'huile, peut être utilisé pour les contrôles de niveau d'huile visuels pendant les tâches d'entretiens au sol.

L'émetteur est une sonde électrique à résistances qui utilise un aimant flottant et des commutateurs tubulaires pour indiquer la quantité d'huile directement au cockpit.

Un signal d'excitation est reçu de l'avion et pendant que l'aimant flottant se déplace en bas ou en haut selon le niveau d'huile, des commutateurs tubulaires ouvrent ou ferment des circuits de résistance. La valeur de la résistance est proportionnelle à la quantité d'huile.

❖ **Pour le remplissage du réservoir d'huile on a deux méthodes :**

Après arrêt de moteur entre 5 à 30 minutes, le remplissage du réservoir d'huile peut être effectué avec de l'huile approuvée soit par le remplissage par pression, ou le remplissage par gravité :

- **le remplissage par pression** : est accompli au moyen d'une unité de remplissage externe d'huile. Des raccordements de pressurisation et de retour sont reliés aux ports situés sur la face avant du réservoir côté droit l'huile est pompée à partir de l'unité dans le réservoir a travers le port de remplissage à l'aide d'une pipe dans le réservoir, l'huile revient à l'unité d'entretien par le port de remplissage excessif, indiquant que le réservoir a été correctement rempli.

- **le remplissage par gravité** : est accompli manuellement, le bouchon de remplissage est ouvert et de l'huile est versée directement a l'aide d'un récipient conique dans le réservoir.

Le remplissage du réservoir est accompli quand le niveau d'huile dans le réservoir atteint le niveau de la glace de vue jusqu'au premier repère FULL

V.5.2. Valve anti-fuite :

La valve d'anti-fuite ***anti-leakage valve*** empêche l'huile de sortir quand la tuyauterie d'alimentation d'huile du réservoir est enlevée et sur arrêt moteur pour parer à n'importe quel effet de siphon du réservoir d'huile.

C'est une valve actionnée par pression, la valve est normalement fermée par un ressort. Il est monté sur le carter fan ***containment case***, position 6 heures, entre le réservoir d'huile et l'unité de lubrification.

Pendant le fonctionnement du moteur, la pression d'huile du circuit d'alimentation du palier arrière maintient la valve ouverte. Quand le moteur est à l'arrêt, la tension du ressort ferme la valve.

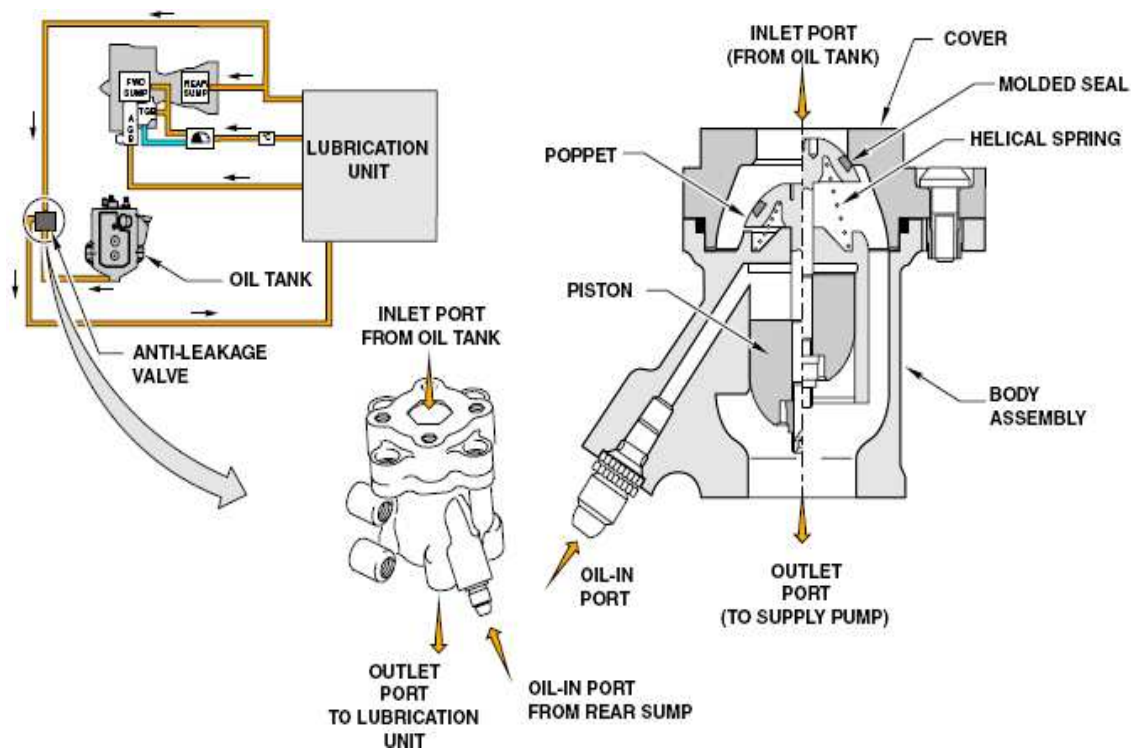


Figure (V.9) : Valve anti-fuite

V.5.3. Unité de lubrification :

L'unité de lubrification a deux buts :

- ✚ elle pressurise et filtre l'huile d'alimentation pour la lubrification des roulements du moteur et des engrenages.
- ✚ elle pompe l'huile de récupération pour le renvoyer au réservoir.

L'unité est montée à l'aide d'un collier 'V-band clamp' sur la face arrière de la boîte d'entraînements accessoires, position 6 heures.

L'unité de lubrification a :

- ✚ un port d'alimentation (du réservoir d'huile).
- ✚ trois ports de récupérations (palier arrière, carter de vidange de FWD, TGB/AGB).
- ✚ trois bouchons *scavenge screen plugs*.
- ✚ un port d'alimentation.
- ✚ un filtre d'huile d'alimentation.
- ✚ un téton indicateur du colmatage filtre.

A l'intérieur, il contient 4 pompes entraînées par l'AGB, par un axe singulier. Une pompe est consacrée au circuit d'alimentation et à trois pompes aux circuits de récupération.

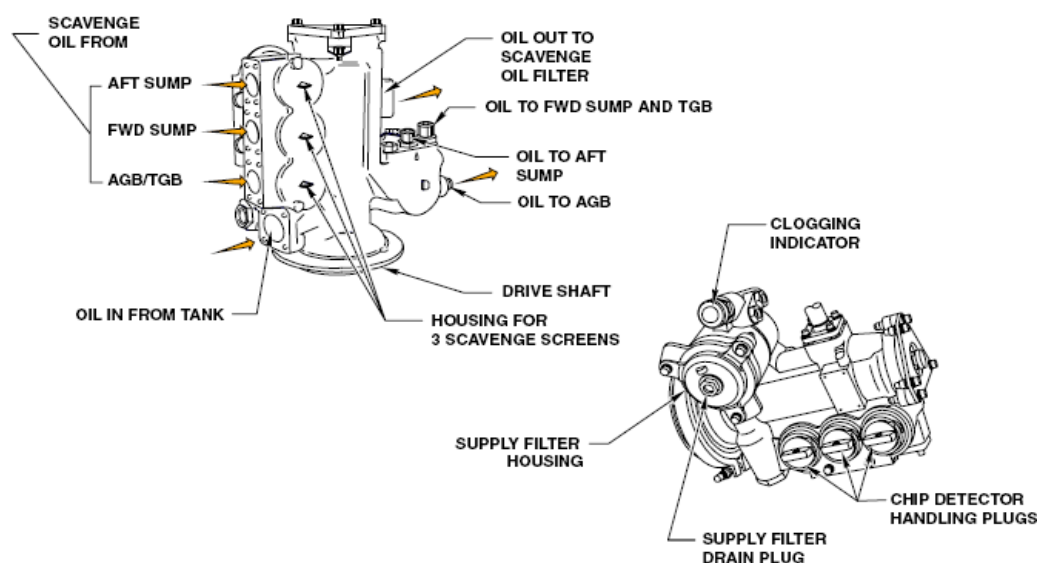


Figure (V.10) : Unité de lubrification

V.5.3.1. Alimentation :

Pendant l'alimentation, l'huile du réservoir est pressurisée par la pompe d'alimentation vers le filtre d'huile d'alimentation.

En cas de colmatage du filtre d'huile d'alimentation une indication visuelle est donnée et un clapet de dérivation ***bypass valve*** s'ouvre.

Une valve de décompression 'pressure relief valve', installée en aval de la pompe d'alimentation, décharge l'huile au circuit de récupération quand la pression d'huile atteint une valeur limite maximum.

En aval du filtre d'huile d'alimentation, l'huile passe a travers trois ports de sorties aux paliers moteur.

V.5.3.2.Filtre d'alimentation d'huile :

Le filtre d'huile d'alimentation est une cartouche en papier changeable et est situé à l'intérieur d'un logement qui fait partie de l'unité de lubrification. Un anneau maintient la cartouche filtrante dans le logement. La base du logement comporte une couverture et un bouchon de vidange.

V.5.3.3.Indicateur d'obturation :

L'indicateur de colmatage est une sonde, installée entre les pressions ascendantes et descendantes du filtre d'huile d'alimentation. Il sent n'importe quelle élévation de la différence de pression due au colmatage du filtre.

Quand le filtre est colmaté, le teuton d'indication 'pop-out' sort, l'indicateur est activé approximativement à 27psi, montrant un teuton rouge dans un verre de vue. Cette indication signale le moment de procéder à une action d'entretien de changer le filtre.

À 34psi, le clapet de dérivation ***bypass valve*** s'ouvre pour maintenir l'alimentation du moteur en huile de lubrification.

V.5.3.4. Chip detector :

Les chip detectors emprisonnent et maintiennent les particules magnétiques non désirées qui se trouvent dans l'huile de récupération. Il y a trois chip detector, un pour chaque palier:

- ✚ palier avant.
- ✚ palier arrière.
- ✚ AGB et TGB.

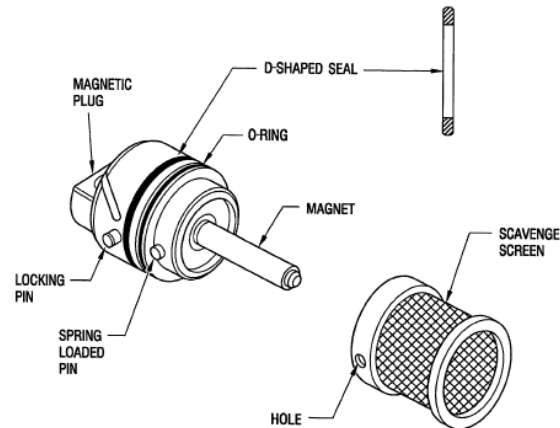


Figure (V.11): Chip detector

Chaque chip detector contient un aimant et un filtre métallique attachés à l'admission des pompes de récupération. Le chip detector a une baïonnette à ressort pour le fixer. Un clapet anti-retour dans le logement empêche l'huile de sortir quand le détecteur est enlevé.

L'huile récupérée par les pompes de récupération passée à travers des doigts magnétique (chips detector).

Les particules ferreuses sont attirées par les doigts magnétiques à travers un filtre métallique entourant l'aimant.

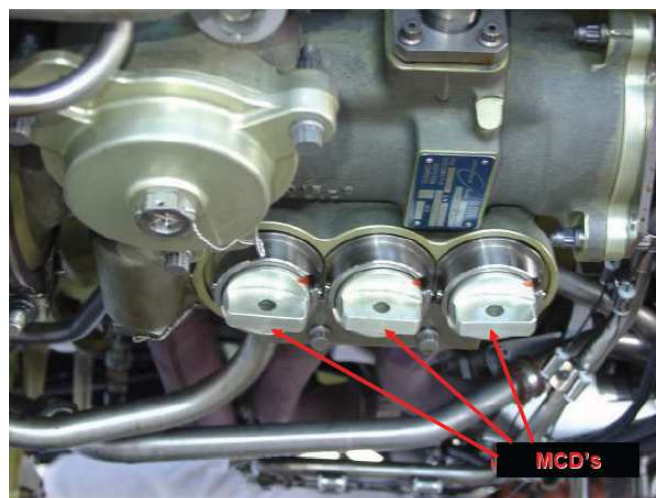


Figure (V.12): Chip detector

V.5.3.5. l'unité de lubrification interne:

L'unité de lubrification est lubrifiée à l'intérieur avec l'huile de sortie de la pompe de refoulement qui passe à travers l'arbre d'entraînement de l'unité.

Le passage d'huile lubrifie les cannelures externes de l'extrémité arrière de l'axe, par l'intermédiaire de deux becs calibrés, et circule vers l'AGB.

V.5.4. Filtre de récupération d'huile :

Le filtre de récupération d'huile est utilisé pour filtrer l'huile du moteur avant le retour au réservoir. L'ensemble se compose d'un filtre de récupération, d'un bol de filtre, et un clapet de dérivation d'huile. Le corps contient également le ***bypass Switch*** de filtre d'huile. Un levier à cliquet de fermeture empêche la rotation du bol du filtre. Le filtre d'huile de récupération est situé sur la face arrière de la boîte d'engrenages des accessoires positions 7h Si l'élément filtrant est colmaté le clapet de dérivation d'huile s'ouvrent. La différence de pression est surveillée par le *** bypass Switch***.

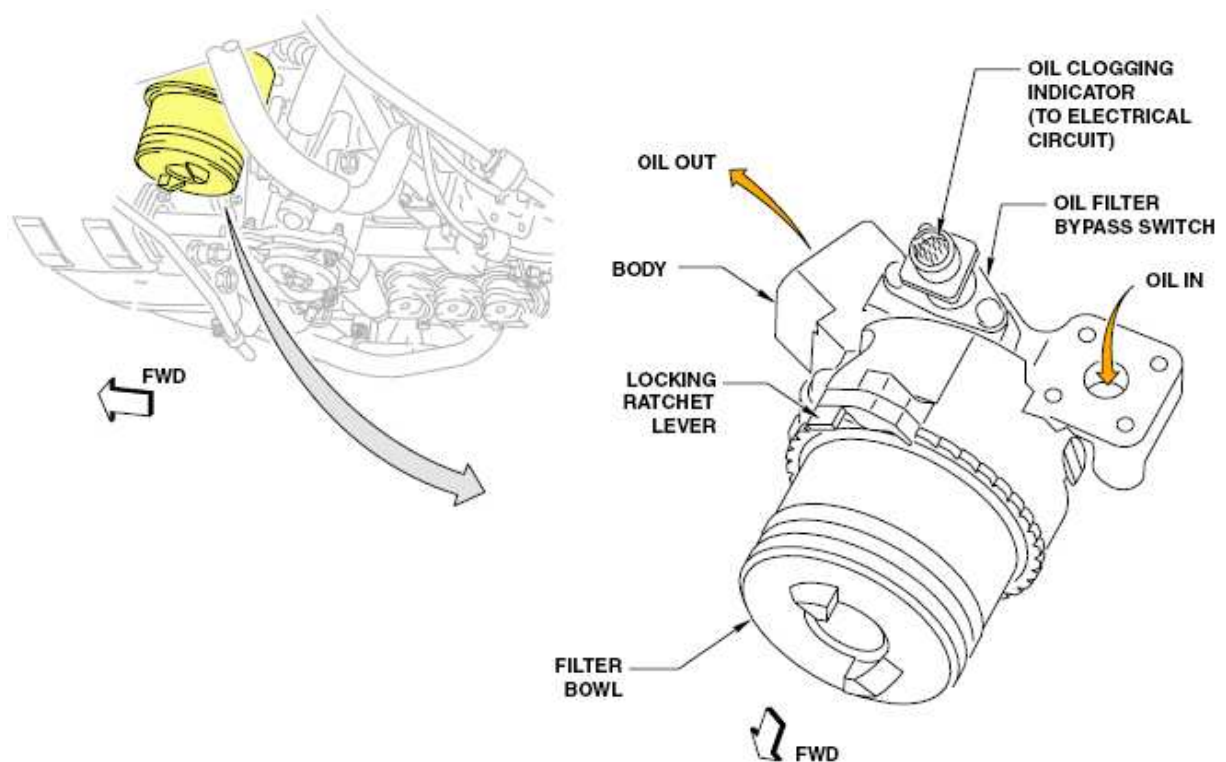


Figure (V.13) : Filtre de récupération

V.6.ECHANGEURS DE CHALEUR D'HUILE/CARBURANT :

Le but principal de l'échangeur de chaleur d'huile/carburant est de refroidir l'huile nettoyée avec du carburant froid par la conduction et la convection, à l'intérieur de l'échangeur où les deux fluides circulent.

Le réchauffeur de carburant est un autre échangeur de chaleur qui utilise le moteur de récupération l'huile comme source de chaleur pour réchauffer le carburant dans le système de contrôle du carburant. Ceci empêche des particules de glace d'entraver les mécanismes sensibles.

Les échangeurs sont installés à la position 9 (ALF), sur le logement de pompe d'essence. L'échangeur de chaleur principal d'huile/carburant est fixé au réchauffeur de carburant.

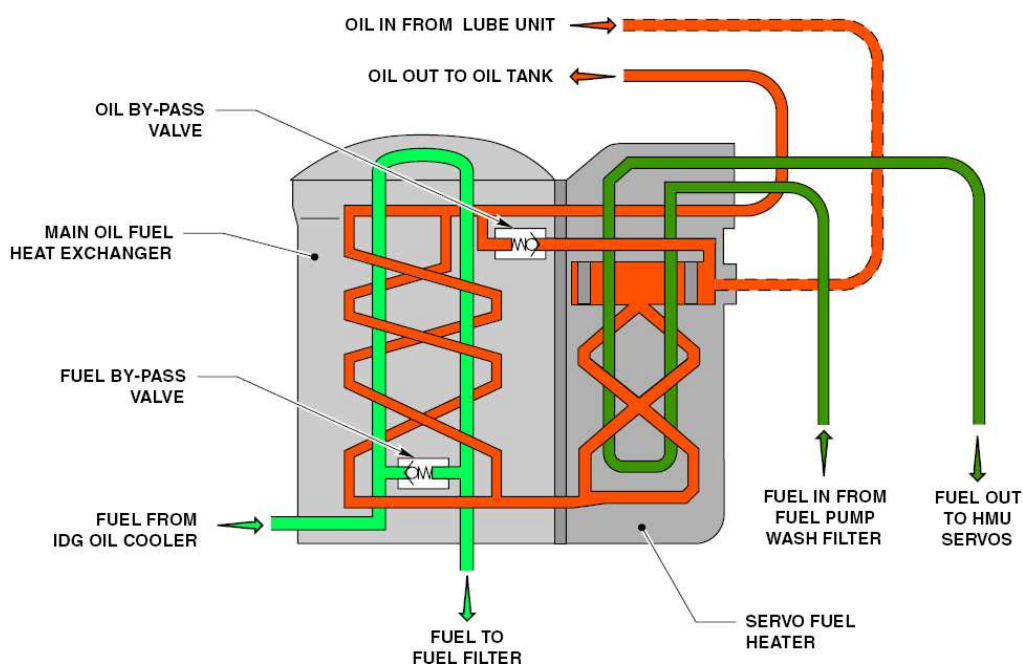


Figure (V.14) : Echangeurs de chaleur d'huile/carburant

Le carburant circule dans les tubes du noyau des deux échangeurs.

Il y a deux sources différentes de carburant :

- ✚ carburant froid de radiateur d'huile d'IDG dans l'échangeur de chaleur principal d'huile/carburant.
- ✚ carburant chaud de la décharge d'étape de HP de pompe dans le réchauffeur de carburant.

L'huile de récupération qui entre par l'orifice d'entrée du réchauffeur du carburant, est filtrée, coule le long de l'intérieur du noyau entre les tubes de refroidissement. Après avoir été guidé par 3 cloisons l'huile quitte le réchauffeur de carburant pour l'échangeur de chaleur principal de combustible. Elle coule le long des tubes de carburant du noyau, est guidée par 2 cloisons. L'huile refroidie quitte l'échangeur de chaleur principal de combustible par une pipe dans le réchauffeur de carburant avant d'aller de nouveau au réservoir d'huile.

À l'intérieur de l'échangeur de chaleur principal de combustible, il y a 2 clapets de dérivation, un dans le circuit de carburant, le second dans le système d'huile.

Quand la différence de pression de carburant entre l'admission et la sortie de l'échangeur de chaleur est élevée, le clapet de dérivation ouvre et envoie le carburant hors du noyau de l'échangeur de chaleur.

Il y a deux passages « **d'entrée d'huile** » : opération normale ou de déviation. Le passage d'opération de déviation est employé si le noyau de réchauffeur de carburant ou le noyau principal d'échangeur de chaleur d'huile/carburant sont obstrués.

Quand le différentiel de pression d'huile est élevé, le clapet de dérivation ouvre et envoie l'huile hors de l'échangeur de chaleur.

L'huile revient au réservoir d'huile et le carburant revient à la pompe d'essence.

V.6.1. Echangeur de chaleur principal d'huile/carburant :

Les raccordements avec les autres systèmes sont :

- ✚ une huile dans le port du réchauffeur de carburant.
- ✚ une huile hors de port au réservoir d'huile
- ✚ un carburant dans le tube du radiateur d'huile d'IDG.
- ✚ un carburant hors du port relié à la pompe d'essence.

Noyau d'échangeur de chaleur :

L'échangeur de chaleur est une conception tubulaire se composant d'un noyau démontable d'un logement et d'une couverture.

Le noyau a deux plaques d'extrémité, tubes de carburant et deux cloisons.

Les tubes de carburant qui sont fixés aux plaques d'extrémité et l'intérieur de cloisons rallongent le chemin de circulation d'huile autour des tubes de prise de carburant.

Les bagues d'étoupage installées sur le noyau fournissent l'isolation entre l'huile et les secteurs de carburant.

Logement d'échangeur de chaleur :

Le logement renferme le noyau, et les articles suivants sont situés sur sa partie externe :

- une valve de sécurité de pression d'huile, qui dévie l'huile quand la différence de pression à travers une partie de l'échangeur d'huile est trop élevée.

- une valve de sécurité de pression de carburant, qui dévie le carburant quand la différence de pression à travers une partie de l'échangeur carburant est trop élevée.

- un orifice de vidange, pour la collecte de fuite de carburant des cavités d'inter-joint, qui empêchent la contamination des cavités d'huile. Une prise masque l'orifice de vidange pendant l'expédition ou le stockage.

- deux brides d'attachement un avec la pompe d'essence qui fournit également le carburant hors des passages, et l'autre avec le réchauffeur de carburant lequel fournit également l'huile hors des tubes.

- un carburant dans le port pour le carburant de la pompe d'essence principale, par l'intermédiaire du radiateur d'huile d'IDG.

V.6.2.Pratiques en matière d'entretien :

S'il y a de contamination dans le carburant, le réchauffeur de carburant et l'échangeur principal d'huile/carburant doivent être remplacés.

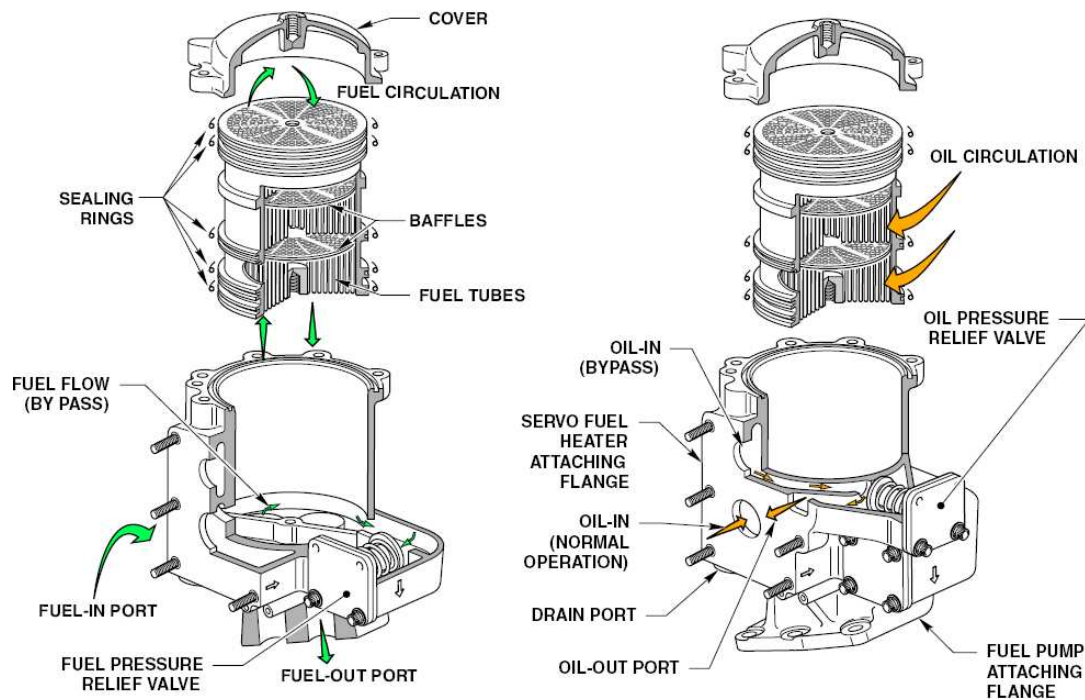


Figure (V.15) : Pratiques en matière d'entretien

V.6.3.Réchauffeur de carburant :

L'échange thermique entre l'huile et le carburant fait par la conduction et la convection à l'intérieur de l'unité, consiste à :

- ✚ un cas, renferme le noyau d'échangeur et soutenant les lignes d'unité et d'huile.
- ✚ le noyau d'échangeur, ou matrice, où la chaleur est transférée.
- ✚ la couverture, qui soutient les lignes de carburant.
- ✚ un filtre, qui attrape des particules en suspension dans le circuit d'huile.

Le carburant du filtre de lavage de pompe entre dans l'unité et traverse l'alliage d'aluminium, ("les tubes U"-formés immergés dans l'écoulement d'huile)). Les tubes sont mécaniquement collés sur un plat de tube, qui est profilé aux brides du couvercle de logement et d'embout. Le carburant alors sort de l'unité et est dirigé vers le secteur de mécanisme de HMU.

L'huile provenant de l'unité de lubrification entre dans la cas, est filtré, et puis passe dans la matrice où elle circule autour des tubes de carburant.

À la sortie de la matrice, l'huile est dirigée vers l'échangeur de chaleur principal d'huile/carburant. Si le filtre est obstrué, ou si la différence de pression à travers le filtre est trop grande, un clapet de dérivation, installé dans l'échangeur de chaleur principal d'huile/carburant, s'ouvrira.

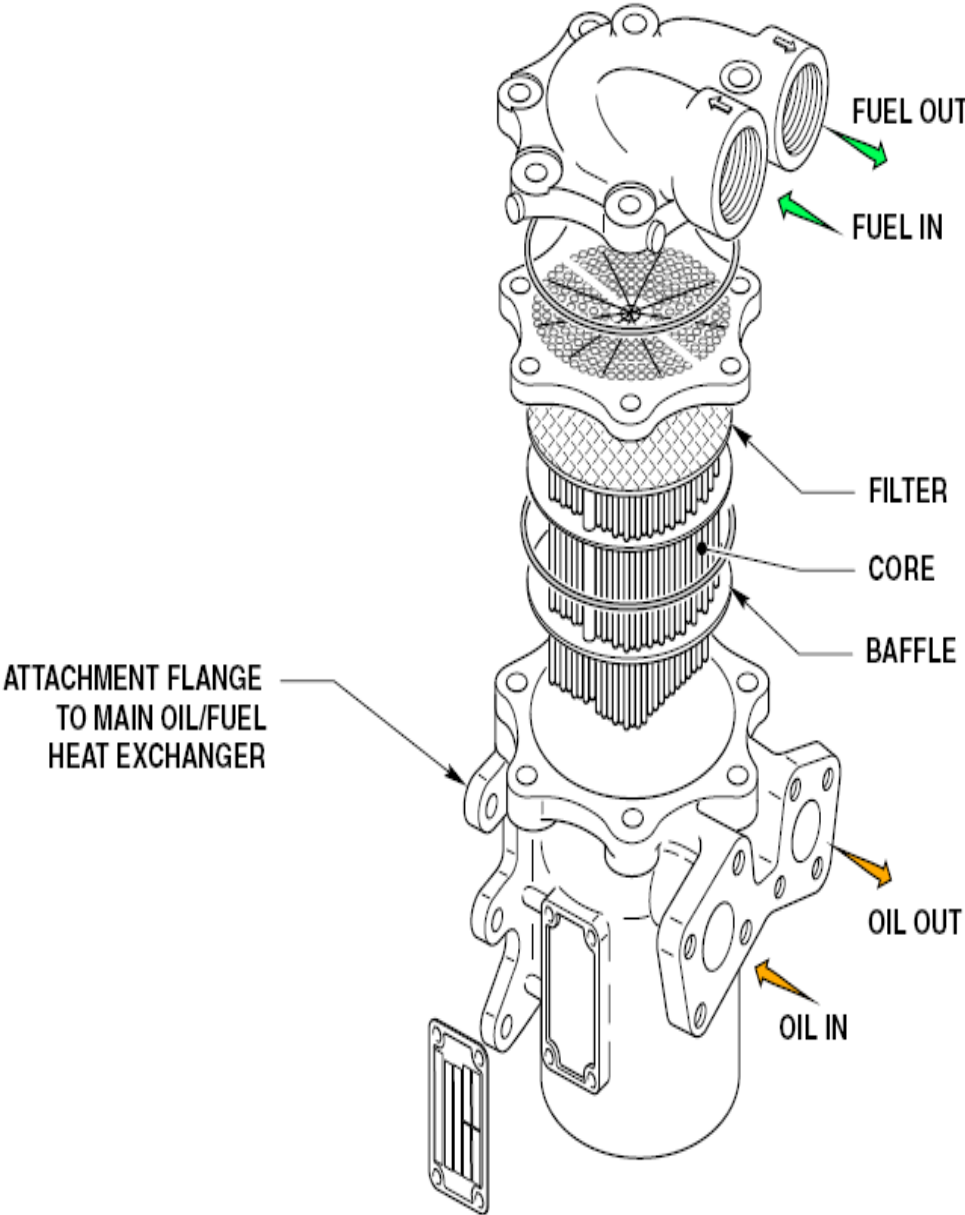
L'huile sera alors dirigée vers l'orifice de sortie principal d'huile d'échangeur de chaleur d'huile/carburant, elle passera par le réchauffeur de carburant et ira de nouveau au réservoir d'huile à moteur.

V.6.4.Enveloppe de réchauffeur de carburant :

À l'extrémité à flasque du cas, faisant face à l'extérieur, il y a deux supports de fixation carrés de l'huile.

La bride a les insertions filetées pour permettre l'installation des vis d'attachement de couverture. La bride de support fait partie du bâti de logement, et a 6 trous pour s'adapter à l'échangeur de chaleur principal d'huile/carburant fixant des goujons.

Une chambre gauche latérale est fournie pour guidée l'écoulement de déviation d'huile de l'échangeur de chaleur principal d'huile/carburant à la ligne de sortie d'huile reliée au réservoir d'huile à moteur.



Figure(V.16) : Enveloppe de réchauffeur de carburant

V.7.DYSFONCTIONNEMENT DU CIRCUIT DE LUBRIFICATION :

En cas de rupture en vol des soudures dans l'échangeur de chaleur le carburant pénètre et se mélange à l'huile qui va diminuer le pouvoir lubrifiant et évacue moins de calories. La pression demeure normale alors la température s'accroît. Si la température excède la valeur maximale, le moteur devra être stoppé.

Si la fuite est importante, le niveau du réservoir d'huile va augmenter et le surplus va être évacué par le circuit de drainage. A l'escale, les services de maintenance procèdent à l'identification du produit pour confirmer la présence du carburant (odeur, mesure point éclairé) puis appliquerons la procédure relative au changement de l'échangeur de chaleur et à la vidange du circuit de lubrifiant contaminé avec rinçage.

Une diminution de la pression d'huile et l'augmentation de la température d'huile est signe d'une avarie importante du circuit de lubrification. A cause d'une rupture éventuelle de canalisation, freinage défaillant des bouchons de vidange, pompe refoulement.....et se traduit toujours par un arrêt moteur.

La pression d'huile est vérifiée, dès la séquence de démarrage du moteur. Bien que dotée d'un clapet de surpression. Il peut arriver qu'aux faibles températures la pression soit élevée. Ce phénomène, dû à la viscosité qui augmente avec le régime et ne dure pas longtemps.

Lors du fonctionnement moteur arrêté en vol, les compresseurs fonctionnent en moulinet et tournent à faibles régimes. De ce fait, la pressurisation des paliers est faible et la consommation d'huile peut être plus élevée. Les motoristes donnent alors un temps maximal de fonctionnement en moulinet proche d'une dizaine d'heures. Et l'équipage devra signaler sur le CRM le temps de fonctionnement.

V.8. SIGNALISATION ET INDICATION :

Le circuit de signalisation d'huile fournit des données par le système de visualisation commun (CDS), pour l'affichage sur l'unité de visualisation centrale supérieure sur le panneau P2.

Le système comprend les composants suivants :

- ✚ émetteur de quantité d'huile (sur le réservoir d'huile).
- ✚ émetteur de pression d'huile (sur la sonde de T/P).
- ✚ sonde de température d'huile (sur la sonde de T/P).
- ✚ bypass Switch de filtre d'huile (de l'ensemble filtre d'huile de récupération).
- ✚ chip detector facultatif de DMS.

L'émetteur de quantité d'huile envoie des données directement aux CDS et les trois autres composants envoient des données aux CDS, par l'EEC.

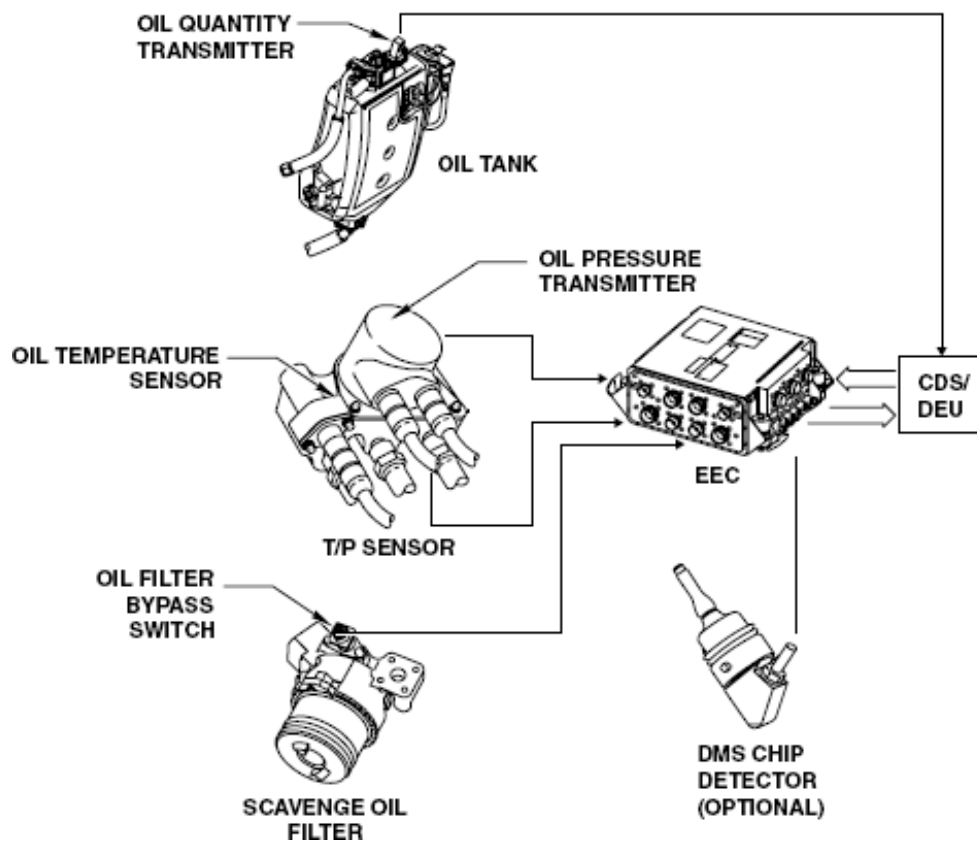


Figure (V.17) : Le système d'indication

V.9.GRAISSAGE INTERNE DU SYSTEME :

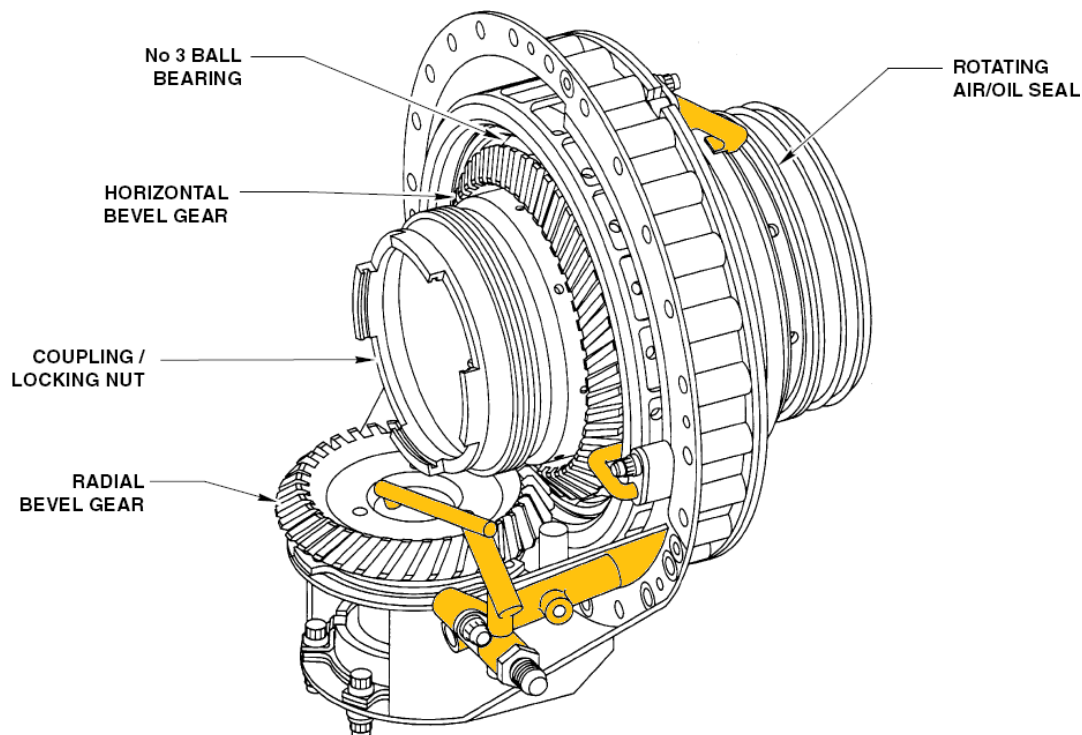
V.9.1. Graissage de la boîte d'accessoire d'admission (IGB) :

L'IGB transfère le couple entre l'arbre avant de HPC et l'arbre d'entraînement radial. Il soutient également l'embout avant du moteur du noyau.

Il est situé dans le palier d'armature du FAN et est boulonné au côté a l'avant de la bride arrière d'armature du FAN. Il est seulement accessible après différents déplacements du module du moteur.

L'IGB contient les pièces suivantes :

- ✚ pignon conique horizontal (avec l'écrou de couplage/locking).
- ✚ pignon conique radial.
- ✚ roulement N°3 (a bille et galet).
- ✚ joint air/huile tournant.

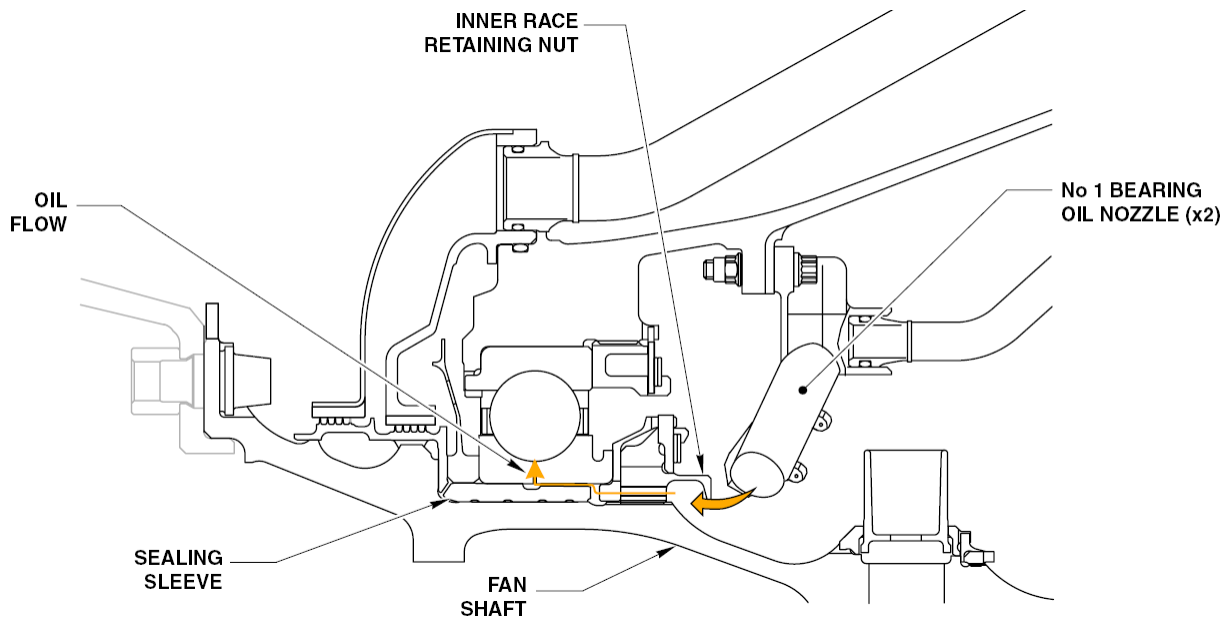


Figure(V.18) : Graissage de la boîte d'accessoire d'admission (IGB)

V.9.2. Lubrification roulement N°1 à billes :

La tubulure d'huile de roulement N°1 a deux becs. Ces becs dirigent des gicleurs d'huile dans une cavité constituée par l'arabe de FAN et l'écrou de retenue de bague intérieure de roulement N°1.

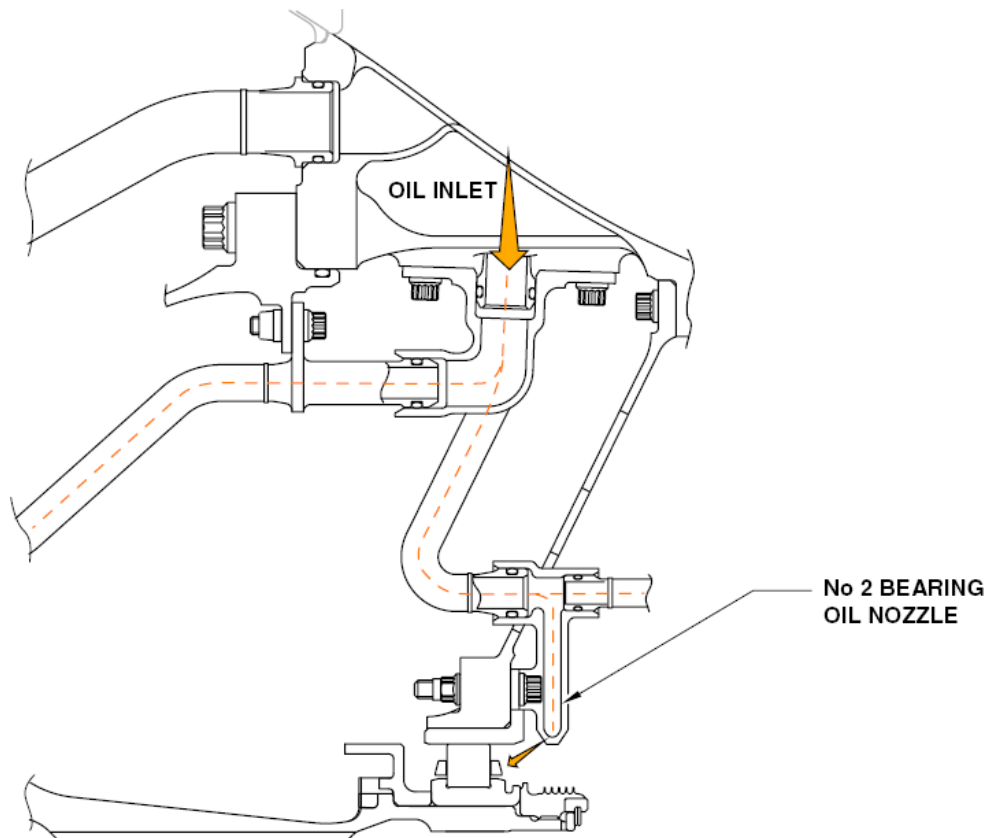
Les écoulements d'huile entre la douille de cachetage N°1 et l'arabe de FAN et par des trous dans la douille. L'huile va alors entre les deux moitiés de la partie intérieure et lubrifier le roulement.



Figure(V.19) : Lubrification roulement N°1 à billes

V.9.3. Lubrification de roulement N°2 à rouleaux :

Le tube d'huile soutenant le bec N°2 simples dirige un gicleur d'huile directement sur les rouleaux du roulement N°2.



Figure(V.20) : Lubrification de roulement N°2 à rouleaux

V.9.4. Lubrification de roulement N°3 :

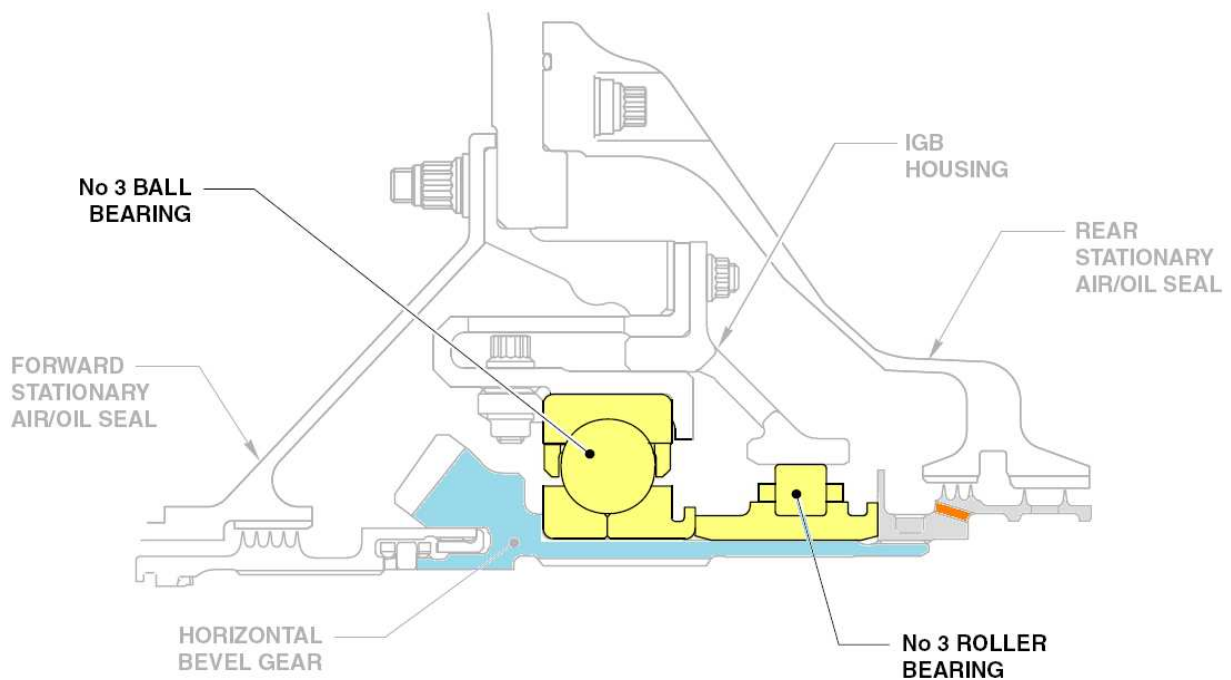
L'ensemble des roulements N°3 se compose d'un roulement à billes et d'un roulement à rouleaux.

Le montage est installé entre le logement de l'IGB et le pignon conique horizontal.

Le roulement à billes N°3 comme le palier de butée du moteur de noyau fournit le positionnement axial de l'embout avant du rotor de HPC.

Le roulement à rouleaux N°3 est placé directement après le roulement à billes et place radialement le rotor du moteur de noyau.

Les roulements et gearbox (AGB) sont lubrifiés et refroidis par l'huile, fournie par le palier avant.



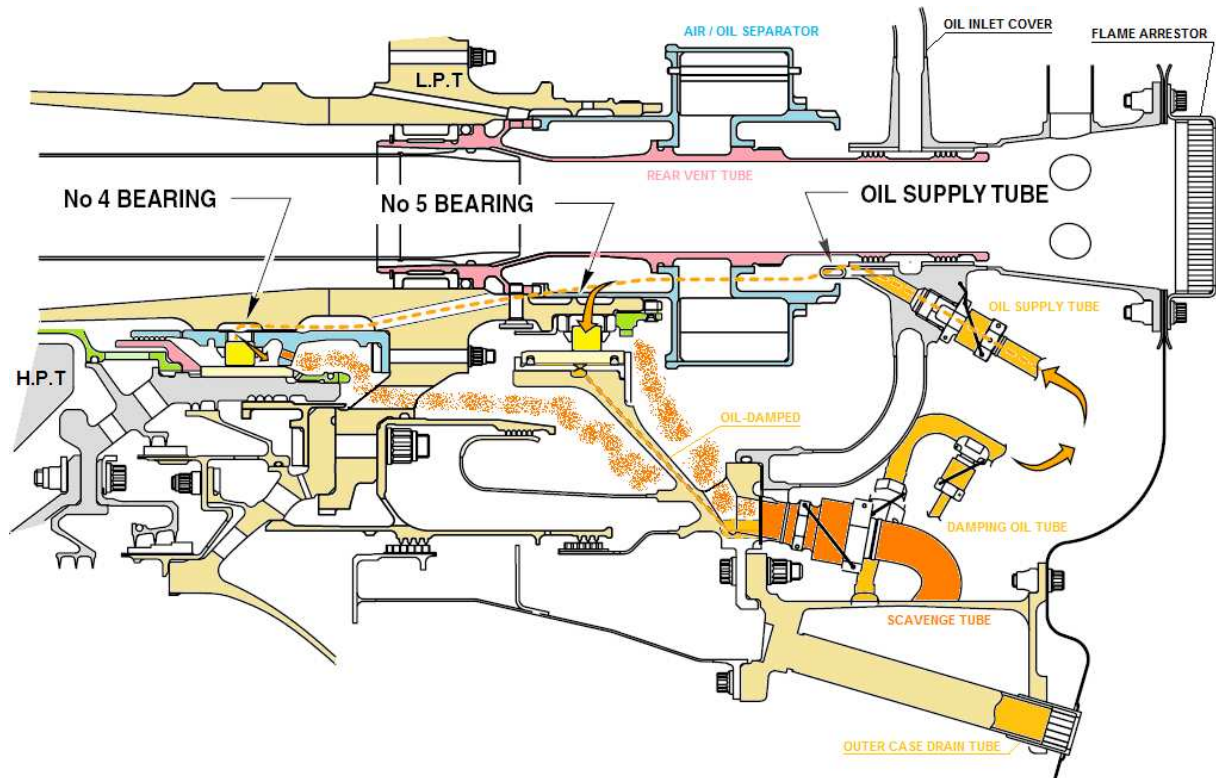
Figure(V.21) : Roulement N°3

V.9.5.Lubrification de roulements n°4 et n°5 :

Une tuyauterie d'alimentation située au niveau du carter arrière de la turbine LPT « turbine frame » alimente en huile le séparateur centrifuge air /huile, qui en rotation envoi l'huile a travers des carneaux (passage) entre le séparateur centrifuge et le arbre LPT.

L'huile passe à travers des trous au niveau de l'arbre LPT et de la cage intérieur du roulement N°5 vers les galets et la cage extérieur de roulement N°5.

Une partie de cette huile passe a raves des passages perforer au niveau du l'arbre LPT et lubrifie la partie intérieure les galets et la partie extérieure de roulement N°4.



Figure(V.22) : Lubrification de roulements n°4 et n°5

CONCLUSION

Au terme de cette étude qui m'a été soumise dans le cadre du projet de fin d'étude, j'ai concentré tous mes efforts sur la description du système d'huile de CFM56-7B avec la réalisation d'une maquette explicative.

J'ai conclu que le système d'huile est très important à cause de son influence directe sur le rendement moteur.

De ce modeste travail j'ai pris connaissance de :

- L'historique et la description du CFM56-7B.
- Les différents systèmes et circuits moteur.
- Comment pouvoir réaliser une maquette d'un système de lubrification.

J'ai également appris comment je peux être un bricoleur devant une réalisation d'une maquette d'un système à plusieurs circuits et plusieurs cas de fonctionnement ainsi que la conscience tranquille après finir une réalisation de mon propre travail, dans lequel le perfectionnement a pris par considération.

J'ai acquis une expérience qui m'a permis d'approfondir mes connaissances techniques et de me préparer à la vie professionnelle dans le domaine de l'aéronautique.

BIBLIGRAPHIE

✚ TRAINIG MANUAL CFM56-7B

Engine systems,feb 2005,level 4

✚ TRAINIG MANUAL CFM56-7B

Basic engine,sep 2003,level 4

✚ ENGINE SHOP MANUAL CFM56-7B

Rev 39,jan15,2009

✚ NON DESTRUCTIVE TEST MANUAL

Rev 37,sep30,2008

✚ AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL

AMM,ch79
