

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

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT D'AERONAUTIQUE



الخطوط الجوية الجزائرية
AIR ALGERIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'ETUDES UNIVERSITAIRES APPLIQUES EN AERONAUTIQUE

OPTION : PROPULSION

THEME :



Réalisé par :
Mr. BELARIBI Karim
Mr. BOUAB Imad



Promoteur :
Mr. BERGHEUL Said

-Promotion 2004-

Remerciement



الحمد لله الذي وفقنا لإتمام هذا العمل المتواضع

On tient à exprimer notre profonde gratitude à tous ceux qui nous ont aidé, conseillé et assisté tout au long de notre formation.

On remercie en particulier notre promoteur * M^r BERGHEUL .S * pour son aide précieuse, ainsi, que pour son suivi et sa compétence inestimable, qu'ils nous a prodigué au cour de ce projet.

On remercie également tous ceux qui nous ont assisté et encouragé durant notre cursus, en particulier à travers du quelle on a aimé l'aéronautique.

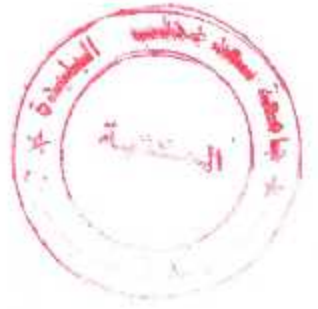
On remercie aussi tout le personnel de la compagnie aérienne Air Algérie qu'ils nous ont accueilli et aidé en vue de l'accomplissement de ce travail.

De même on remercie tous les enseignants qui ont contribués à notre formation.

En fin, on remercie le président et les membres du jury d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Imad et Karim

D é d i c a s s



Je dédie ce modeste travail en premier lieu à mes
Parents qui se sont sacrifié pour moi.

Et je tien par ces quelques mots leurs témoigner ma
Profonde reconnaissance et gratitude pour leurs
Soutien et réconfort...

Je dédie également ce travail à ma très chère
Famille :

Mes frères Mohamed ainsi que sa femme et leur adorable
Imene, Nouredine, Chawki, Fayçal et Rafik.

Mon oncle Sofiane ainsi que mes tantes

Mes cousins et cousines d'Alger et Bejaia

A tous mes amis, notamment Kamel, Rafik, Karim, Amine,
Talibou, Youcef et Sofiane, sans oublier les deux Alilou et
Adel et tous les collegues de ma promotion

A mon ami et binôme Imade et toute sa famille,

Karim BELARIBI

D é d i c a c i o n

A ma mère Hanifa et mon père Sadek

Je dédie cette thèse

A mon frère Iyes et ma sœurs notamment Said

Je dédie cette thèse

A ma grande famille de Constantine.

A mon oncle A/Hafidh, mes cousins chacun de son nom

Je dédie cette thèse

A mon ami Hatem, Soufiane, Mirou et Hâmza

A Lechleh Imad

A Walid

A Chouaibe Messelem

A Nadir Meloiahe

A mon ami et binome Karim ainsi que toute sa famille

Je dédie cette thèse

Imad



Sommaire

Introduction

Chapitre I : Description Des Réacteurs CF6-80 A3 et CFM56-7B

I- Description générale des moteurs CF6-80 A3 et CFM56-7B	1
I-1 Historique de CFM international	1
I-2 Descriptions du moteur CF6-80 A3	4
I-2-1- Introduction	4
I-2-2- Générateurs de gaz ou ensemble à haute pression	5
I-2-3- Récepteurs (ensemble à basse pression)	5
I-3- Caractéristiques principales du réacteur CF6-80 A3	5
I-4 Description générale	6
I-4-1 Ensemble basse pression	6
I-4-1-1 Compression Basse pression	6
I-4-1-1-1 Ailettes de FAN	6
I-4-1-2 Turbine basse pression	7
I-4-1-3 Vitesse de rotation de l'attelage BP	7
I-4-2 Ensemble haute pression génératrice de gaz	7
I-4-2-1 Chambre de combustion	7
I-4-2-2 Turbine à haute pression	8
I-4-2-3 Entraînement du boîtier des accessoires	9
I-4-2-4 Vitesse de rotation de l'attelage HP	10
I-4-3 Différents puissands	10
I-4-4 Repérage des différentes stations réacteurs	11
I-4-5 Contrôles de la température avant la turbine (EGT)	12
I-4-6 Paramètres principaux limitations	12
I-5 Description du moteur CFM-56 7B	12
I-6 Module du moteur	13
I-6-1 Module du FAN	14
I-6-1-1 Soufflante et compresseur BP	14
I-6-2 Module du corps	15
I-6-2-1 Compresseur haute pression	15
I-6-2-2 Chambre de combustion	15
I-6-2-3 Turbine haute pression	16
I-6-3 Modules turbine Basse Pression	16
I-6-4 Module GEAR BOX	16
I-7 Les caractéristiques principales du moteur CFM-56 7B	17
I-8 Repérage des stations aérodynamiques des réacteurs	18
I-9 Palier et roulement du moteur CFM-56 7B	19

Chapitre II : Les Différents Circuits Des Réacteurs CF6-80 A3 et CFM-56 7B

II- Les différentiels circuits des deux réacteurs	21
II-1 Le circuit de graissage	21
II-1-1 Rôle de circuit de graissage des deux réacteurs	21
II-1-2 Composition du circuit de graissage des deux réacteurs	21
II-3 Contrôle du circuit de graissage des deux réacteurs	22
II-2 Le circuit de démarrage et d'allumage	24
II-2-1 Le circuit de démarrage des deux réacteurs	24
II-2-2 Circuit d'allumage des deux réacteurs	24
II-2-3 Commandes et contrôles	24

II-3 Le circuit reverse	26
II-3-1 Principe.....	26
II-3-2 Inversion de la poussée dans les deux réacteurs.....	26
II-4 Circuit d'air.....	28
II-4-1 Rôle du circuit d'air des deux réacteurs	28
II-4-2 Dispositif antipompage.....	28
II-4-3 Dispositif actif de contrôle des jeux de turbine haute/basse pression pour le CFM-56 7B.....	29
II-5 Circuit de commande.....	29
II-6 Système de surveillance.....	29

Chapitre III : Etude Du Circuit Carburant Des Deux Réacteurs

III- Circuit Carburant.....	31
III-1 Généralités.....	31
III-1-1 Le kérosène	31
III-2 Circuit carburant avion.....	31
III-3 Description des systèmes carburant du moteur CF6-80 A3	31
III-3-1 Alimentation carburant réacteur.....	33
III-3-1-1 Fonction du circuit carburant réacteur.....	33
III-3-1-2 Composition du circuit.....	34
III-3-1-3 Description et fonctionnement des différentiels composants du circuit carburant	34
III-3-1-3-1 Pompe haute pression.....	34
III-3-1-3-2 Contrôle de la pression carburant.....	36
III-3-1-3-3 Echangeur thermique principal carburant- huile réacteur.....	36
III-3-1-3-4 Filtre principal carburant.....	36
III-3-1-3-5 Régulateur principal carburant MEC.....	37
III-3-2 Régulation de débit carburant	43
III-3-2-1 Principe.....	43
III-3-2-2 Fonction principale de MEC.....	44
III-3-2-3 Fonction auxiliaire du MEC	44
III-3-2-4 Calculateur du poussée moteur (PMC).....	44
III-3-2-4-1 Fonction Principale.....	44
III-3-2-4-2 Fonction Auxiliaire.....	44
III-3-2-5-3 Contrôleur des accélérations et décélérations.....	46
III-3-2-5-4 Calculateur de poussée Moteur (PMC)	47
III-4- Description du système carburant du Moteur CFM56-7B.....	50
III-4-1 Description du système FADEC	50
III-4-1-1 Introduction.....	50
III-4-1-2 Avantages de Régulation Numérique	51
III-4-1-3 Fonction du FADEC	51
III-4-2 Unités électronique de contrôle Moteur (EEC).....	52
III-4-2-1 Alimentation électrique du EEC.....	53
III-4-3 Unités hydromécanique (HMU).....	53
III-4-4 Description du système carburant	55
III-4-4-1 Rôle du circuit carburant.....	56
III-4-5 Composition du circuit.....	56
III-4-5-1 La pompe carburant	58
III-4-5-2 L'échangeur Thermique Huile/carburant moteur	58
III-4-5-3 Filtre principale carburant.....	59

III-4-5-4 Le servo réchauffeur carburant	59
III-4-5-5 L'échangeur d'huile/carburant de l'alternateur (IDG).....	59
III-4-5-6 Le galet doseur (FMV)	60
III-4-5-7 Le robinet carburant haute pression (HPSOV).....	60
III-4-5-8 BY-BASS.....	60
III-4-5-9 Régulateur de différence de pression.....	60
III-4-5-10 Vanne de sélection d'injecteur (BSV).....	61
III-4-5-11 Débitmètre	61
III-4-5-12 Filtre injecteur de carburant.....	62
III-4-5-13 La rampe carburant.....	62
III-4-5-14 Les injecteurs	63
III-4-6 Indication circuit carburant	64

Chapitre IV : Maintenance De Deux Réacteurs

IV Maintenance de circuits carburant des deux réacteurs	65
IV-1 Politique de maintenance	65
IV-1-1 Maintenance préventive.....	65
IV-1-2 Maintenance systématique.....	65
IV-1-3 Maintenance conditionnelle.....	65
IV-1-4 Maintenance corrective.....	65
IV-2 Généralités sur la maintenance aéronautique	65
IV-3 Evolution de la politique de maintenance	65
IV-4 Influence de la fiabilité.....	66
IV-5 Les modes d'entretien	66
IV-5-1 Entretien avec temps limite.....	66
IV-5-2 Entretien avec surveillance du comportement en service.....	66
IV-5-3 Entretien selon vérification de l'état.....	66
IV-6 Stratégie de la maintenance des deux réacteurs	66
IV-6-1 Entretien en ligne	67
IV-6-2 Entretien en atelier.....	68
IV-7 Recherche de panne du moteur CF6 80-A3	71
IV-8 Recherche de panne du moteur CFM56-7B	72
IV-8-1 La boîte de commande et d'affichage (CDU).....	72
IV-8-2 L'écran du menu de maintenance	73
IV-8-3 L'écran de la sélection du moteur.....	73
IV-8-4 L'écran de la menue principale.....	73
IV-8-5 Les écrans des récents pannes.....	74
IV-8-6 Les écrans des anciennes pannes	75
IV-8-7 Les écrans de configuration et d'identification.....	76
IV-8-8 L'écran de menu des testes au sol.....	77
IV-8-9 Les écrans 1 et 2 d'introduction des données de surveillance.....	78
IV-9 Les différents manières de recherche de panne.....	78
IV-9-1 Le manuel de recherche de panne (FIM)	78
IV-9-2 Le manuel d'équipements d'essai incorpore (BITF).....	78
IV-9-3 Exemple de recherche de panne.....	79

Chapitre V : Comparaison.....	86
-------------------------------	----

Conclusion

Liste des Abréviations

ADIRU	Centrale de référence inertielle de données aérienne
ADC	Air data computer
AGB	Boite de commande des accessoires
APU	Unité de puissance auxiliaire
A/C	Aircraft
A/T	Auto manette
BITE	Equipement de contrôle intégré
BSV	Vanne de sélection injecteurs
BP	Basse pression
C°	Degré celsius
CDU	Boite de commande et d'affichage
CDS	Système de visualisation commune
CFDS	Système de centralisation des pannes
CFDIU	L'unité d'interface de centralisation des pannes
CFMI	CFM international
CDP	Compresseur discharge pressure
CTT	Compresseur inlet température
CL	Climb
CR	Cruise
DAC	Moteur à chambre de combustion double
DUE	Unité d'affichage électronique
DOD	Dégât causé par un objet à l'intérieur de l'avion
ECU/EEC	Unité électronique du contrôle moteur
EGT	Température de sortie d'échappement
ECAM/EICAS	Ecran cathodique d'affichage des paramètres avion
EIU	Unité d'interface moteur
FADEC	Système de régulation électronique numérique à pleine autorité
FIM	Manuel de recherche de pannes
FMC	Ordinateur de gestion de vol
FOD	Dégât causé par des corps étrangers
FDAU	Boîtier de détection des données de vol
FRV	Vanne de retour carburant
FMV	Galet doseur carburant
FMS	Système de gestion de vol
FF	Fuel flow
FELX-TO	Flexible take off
FU	Fuel used
HDS	Arbre d'entraînement horizontal
HMU	Unité hydromécanique
HP	Haute pression
HPC	Compresseur haute pression
HPT	Turbine haute pression

HPTACC	Contrôle actif du jeu turbine haute pression
IDG	Générateur d'entraînement intègre
IGV	Aubes de pré rotation à calage variable
LPC	Compresseur basse pression
LPT	Turbine basse pression
LPTACC	Contrôle actif du jeu turbine basse pression
LVDT	Transformateur différentiel variable linéaire
LH	Left
M	Mach
MCT	Maxi continuous
MEC	Main engine control
N1	Vitesse de rotation de l'attelage basse pression
N2	Vitesse de rotation de l'attelage haute pression
PC	Contrôle pressure
PCR	Regulated control pressure
PF	Filtred pressure
PLA	Power lever angle
PMC	Power management control
PO	Pression ambiante (station0)
POC	Fan compartment pressure
PS	Pression statique
PT	Pression totale
Q	Pression dynamique
RH	Right
RDS	Arbre d'entraînement radial
RACC	Contrôle actif du jeu rotor
AT	Température de l'air total
TBV	Vanne de décharge transitoire
TGB	Boîtier de renvoi d'angle
TLA	Manette de commande de l'angle de poussé
TRA	La résolution d'angle de poussée
TCC	Thrust control computer
THR limit	Thrust limit
TRP	Thrust rating panel
VBV	Vanne de décharge
VSV	Stator à calage variable
Z	Altitude

Introduction

Introduction

En général, l'adoption d'un type de propulseur pour un constructeur afin d'équiper l'un de ces appareils n'est pas une chose facile, c'est souvent un choix bien réfléchi et qui vient sanctionner des études menées sur tous les plans.

En effet, un propulseur est étudié et conçu pour répondre à des besoins opérationnels bien précis, tout en étant efficace, économique et surtout facile à l'utilisation et la maintenance ; et bien souvent il est le fruit de compromis entre ces différents aspects.

Un moteur d'avion doit satisfaire à un certain nombre d'exigences : une grande fiabilité, une longue durée de vie, un faible poids, une faible consommation, et une faible surface frontale.

Le facteur le plus important est la fiabilité. La durée de vie est un paramètre d'ordre économique particulièrement important en aviation commerciale. Quant aux trois autres critères, ils dépendent du type d'avion pour lequel le moteur est prévu.

L'objectif de notre travail est d'élaborer une étude comparative entre les circuits carburants des réacteurs CF6 80-A3 et CFM56-7B

Notre travail comporte cinq (05) chapitres :

Chapitre I : Description générale des réacteurs CF6 80-A3 et CFM56-7B.

Chapitre II : les Différents circuits des deux réacteurs.

Chapitre III : Etude des circuits carburants des deux réacteurs.

Chapitre IV : Maintenance et recherche de panne des deux réacteurs.

Chapitre V : Comparaison
et en fin une conclusion est tirée

I. DESCRIPTION GENERALE DES MOTEURS CF6-80 A3 ET CFM56-7B



I-1 HISTORIQUE DU CFM INTERNATIONAL

Le marché des moteurs d'avion, tout comme celui de la construction aéronautique est fortement oligopolistique. Seuls quelque groupe de taille mondiale occupe ce marché qui nécessite des investissements importants. La structure du marché explique donc logiquement l'accord qui lie la société SNECMA à la firme américaine GENERAL ELECTRIC leur filiale commune, CFM international, occupe, Depuis 1974 une place prépondérante dans la fourniture de moteurs civils. Le modèle baptisé CFM56 équipe ainsi les Boeing, notamment la gamme des 737, ainsi que la famille des Airbus sur les A319-320-321.

((CFM)) n'est pas un acronyme de mots technique. La société CFM international est sa gamme de produits CFM56, ont obtenu leurs noms par une combinaison des deux désignations commerciales de moteur des deux sociétés parentales ; CF (*Compressor-Fan*) de GE (*General Electric*) et M56 (*M-Motor*) de SNECMA (Société Nationale d'Etude et de Construction de Moteur d'Avion).

Un avion équipé de CFM56 décolle toutes les 4 secondes dans le monde. Moteur préféré des compagnies aériennes, Le CFM56 propulse près de la moitié des avions de plus de cent places livrés depuis quinze ans, et confirme en 1999 sa place N1.

Vendu à près de 15 000 exemplaires, le CFM56 est le moteur de choix pour les applications court et moyen-courriers de Boeing et Airbus. Il est le seul moteur de sa catégorie à équiper tous les avions de la grande famille A320, mais aussi le quadrimoteur long-courrier A340.

Avec 50% de la part de marché cumulée les cinq (05) dernière années, La famille CFM56 confirme en 1999 sa place N°01 mondialement pour les avions plus de 100 places.

De nouvelles applications pour les moteurs CFM ont vu le jour. Par sa commande de 15 avions (et 10 options) Air France est devenu client de lancement de l'Airbus A318 équipé de moteur CFM56-5B. Ce moteur est le seul à propulser l'ensemble de sa famille A320. Le CFM56-7B à trouver une nouvelle application sur le Boeing B737 Wedge tail, avion de surveillance électronique commandé par l'armée de l'air australienne.

Dans le domaine de l'environnement, La nouvelle technologie de chambre de combustion à double tête DAC (DUEL ANNULAR COMBUSTOR); Qui permet une réduction importante des émissions polluantes d'oxyde d'azote; a été adopté par lauda Air pour ses 737 NG. Elle est proposée en optant sur les CFM56-5B et 7B est équipée déjà entre autre des avions de Swissair, Austrian Airlines et SAS

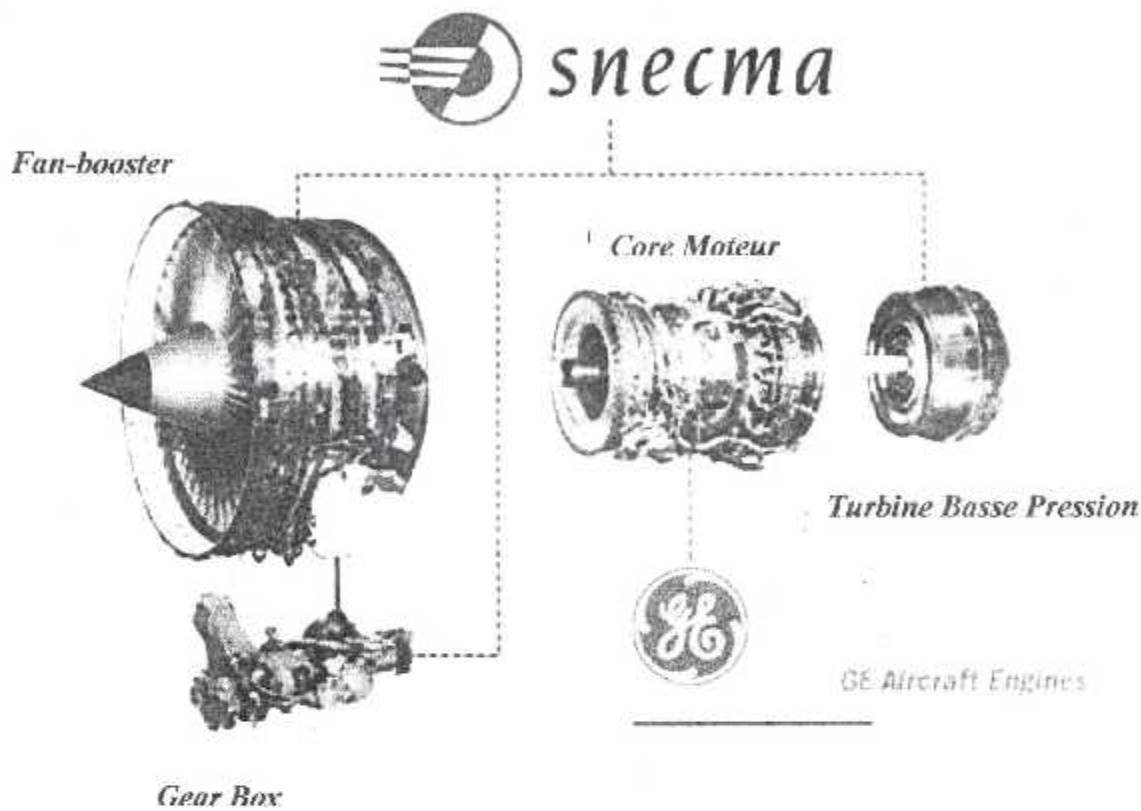
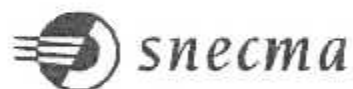


Figure (I-01) : LES DEFERENTS ELEMENTS DU MOTEUR CFM56-5B



L'industrie aéronautique d'aujourd'hui puise ses racines en France, où la société des moteurs de Gnome a été fondée par les frères SEGUIN en 1895 pendant la première guerre mondiale. La France était le fabricant principal de moteurs d'avion.

Entre les deux guerres mondiales, les sociétés françaises des moteurs du Gnome et Rhône ont fusionnés avec d'autres fabricants de moteurs d'avion français, y compris Renault qui a donné naissance à une société publique : Société Nationale d'Etude et de Construction de Moteurs d'Avion (SNECMA).

Le général de Gaulle a signé le projet de loi créant la SNECMA le 29 mai 1945, l'organisme de la SNECMA remonte à l'après guerre. Un décret regroupé les entreprises de motorisation aéronautique et les placées sous le contrôle de l'état, Ce groupement a été conçu à l'origine, pour être un seul marché militaire. La production de l'aviation civile ne se développe qu'au début des années soixante dix avec la mise en point du moteur olympus qui équipe les premières concordes.

Le groupe produit outre ses activités liées à la propulsion aéronautique et spatiale, des matériels d'équipements (train d'atterrissage, système de freinage, équipement électronique).



GE Aircraft Engines

En 1878, THOMAS EDISON fonde la Edison Electric Light, dans le but d'exploiter le brevet d'invention de la première lampe à incandescence. Moins de dix ans plus tard, La société prend le contrôle de l'Edison Electric Railway and Motor Company pour devenir la Edison General Electric. Le nouvel ensemble, à la suite de sa fusion avec la société Thomas-Houston en 1892, donne naissance à la firme Général Electric.

Au début des années 1900, Général Electric est spécialisé dans les turbines à gaz. En ce temps dans la première guerre mondiale, GE fabrique des compresseurs en série sous l'observation des services des armées d'air alliées. Plus tarde, dans les années 1930, L'anglais Frank Whittle a conçu une turbine à gaz pour propulsion d'avion. Un moteur à réaction, cependant, le temps de guerre conditionne l'Angleterre l'incite à s'immerger vers les Etats- Unis par sa nouvelle économie.

Grâce à ses turbocompresseurs de suralimentation et les travaux de développement des turbines, le gouvernement a attribué à GE, en octobre 1941, un contrat pour produire le premier moteur à réaction de l'Amérique.

Une année plus tard, deux moteurs GE (I-A) propulsaient le premier avion à réaction américain, le Bell XP-59A.

Au court de la décennie suivante, GE a développé des moteurs à réaction pour des avions de chasse et des bombardiers. Durant les années 60, vu les avancées technologiques, GE se consacre dans le développement des moteurs d'avions commerciaux en pressant l'importance des vols commerciaux intercontinentaux au futur.

Aujourd'hui GE aircraft engines est un fabricant principal à réaction militaire et commerciale, avec des générateurs de gaz pour l'utilisation maritime et industrielle.

Chapitre I

Description des réacteurs

CF6-80 A3

et CFM56-7B

L2- DESCRIPTION DU MOTEUR CF6-80A3

I.2.1- INTRODUCTION

Le groupe turboréacteur « *General Electric* » CF6-80-A3 équipe l'avion « *Airbus* » A310.

Le CF6-80A3 est un turboréacteur à double flux et double corps a un taux de dilution élevé et une vitesse d'éjection relativement faible lui confèrent un bon rendement de propulsion.

Il se compose de sept (07) modules principaux :

- Module rotor fan
- Module stator fan
- Module core haute pression
- Module carter arrière compresseur
- Module turbine haute pression
- Module turbine basse pression
- Module gear box

Ce turboréacteur comporte 2 ensembles principaux.

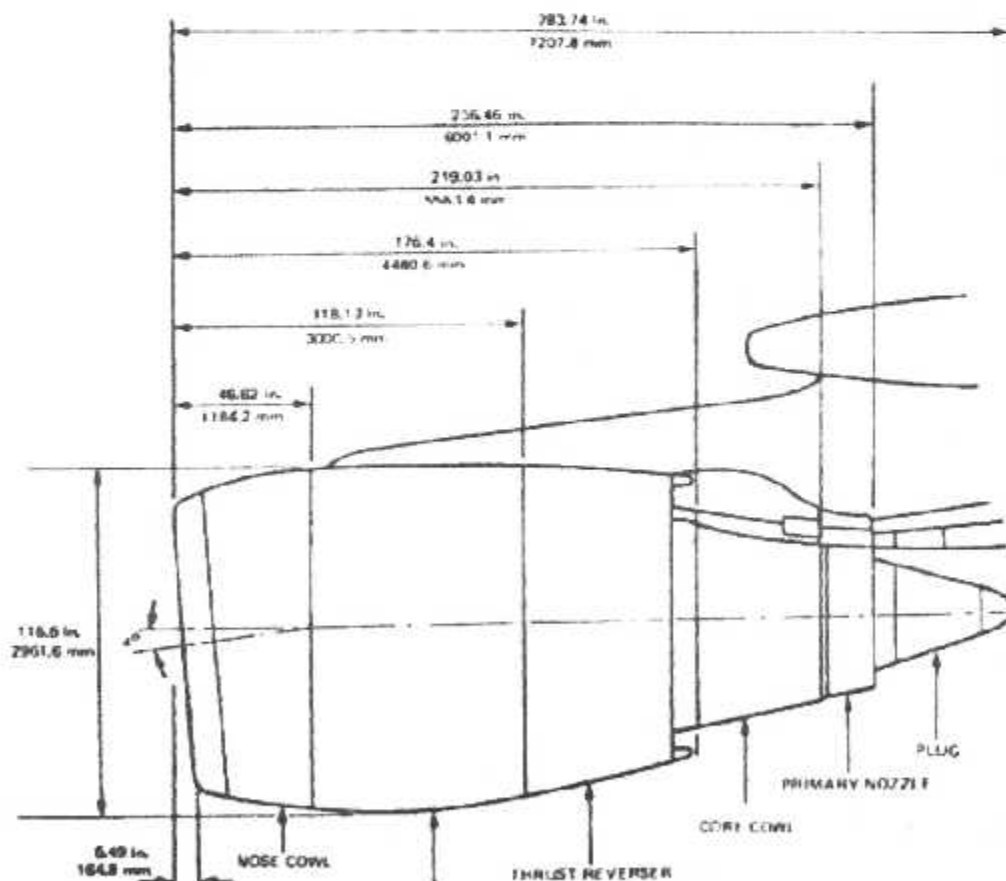


Figure (I-02) : CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES DE LA NACELLE

I.2.2- GENERATEUR DE GAZ OU ENSEMBLE A HAUTE PRESSION (CORE ENGINE)

Il comprend une chambre de combustion annulaire et une turbine HP qui entraîne un compresseur HP et un boîtier d'accessoires.

I.2.3- RECEPTEUR (ENSEMBLE BASSE PRESSION)

Il comporte une turbine BP qui entraîne le fan et un compresseur BP.

Les attelages HP et BP sont concentriques et mécaniquement indépendants. Cette disposition réduit les difficultés d'adaptation turbine compresseur et contribue à éviter les problèmes de pompage.

Des vannes de décharge sur le compresseur BP et des stators à calage variable sur le compresseur HP améliore encore ses caractéristiques.

Les turbines et compresseurs des 2 attelages sont de type axial. Un haut rapport manométrique de compression, pour l'ensemble GTR, procure un rendement thermique élevé.

Deux dispositifs de contrôle des jeux diminuent les pertes marginales entre rotor et stator ; ils amènent une diminution sensible de la consommation spécifique, notamment en croisière et augmentent la longévité du réacteur.

Ce réacteur est équipé d'un régulateur carburant hydromécanique (MEC) à commande classique, assisté par un calculateur électronique de poussée moteur (PMC).

Le boîtier d'accessoires du CF6-80-A3 est installé à la partie inférieure de la nacelle. Cette disposition améliore l'accessibilité aux différents équipements du GTR.

I.3- CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU REACTEUR CF6-80-A3

- Poussés statique : (F)
 - $z=0$ -température ambiante $<33^{\circ}\text{C}$
- Poussés assurée par le flux primaire ; 23 % de la poussée totale.
- Poussés assurée par le flux secondaire ; 77 % de la poussée totale.
- Consommation spécifique en conditions statiques : 0,368 Kg/H/daN.
- Poussées en croisière $z=350$ $M=4800$ daN.
- Consommation spécifique en croisière : 0,632 Kg/H/daN.
- Poussée inverse : 40% de la poussée directe du fan.
- Masse du réacteur nu : 3 770Kg.
- Masse de réacteur équipé : 5 900Kg.
- Longueur totale de la nacelle ; 7,20 m.
- Hauteur totale de nacelle : 2,96 m.
- Début d'air total 679/280 Kg/s.
- Début d'air primaire 120/55 Kg/s.
- Début d'air secondaire 559/225 Kg/s.
- Taux de dilution 4,66.
- Rapport manométrique de compression 29/1.

I.4- DESCRIPTION GENERALE

I.4.1- ENSEMBLE BASSE PRESSION

Une turbine BP à 4 étages entraîne un compresseur BP à 4 étages.

L'attelage BP tourne dans le sens horaire. Il est supporté par les 3 roulements suivants :

- ❖ Le roulement de butée N° 1- à billes.
- ❖ Le roulement N° 2 à rouleaux.
- ❖ Le roulement N° 6 à rouleaux.

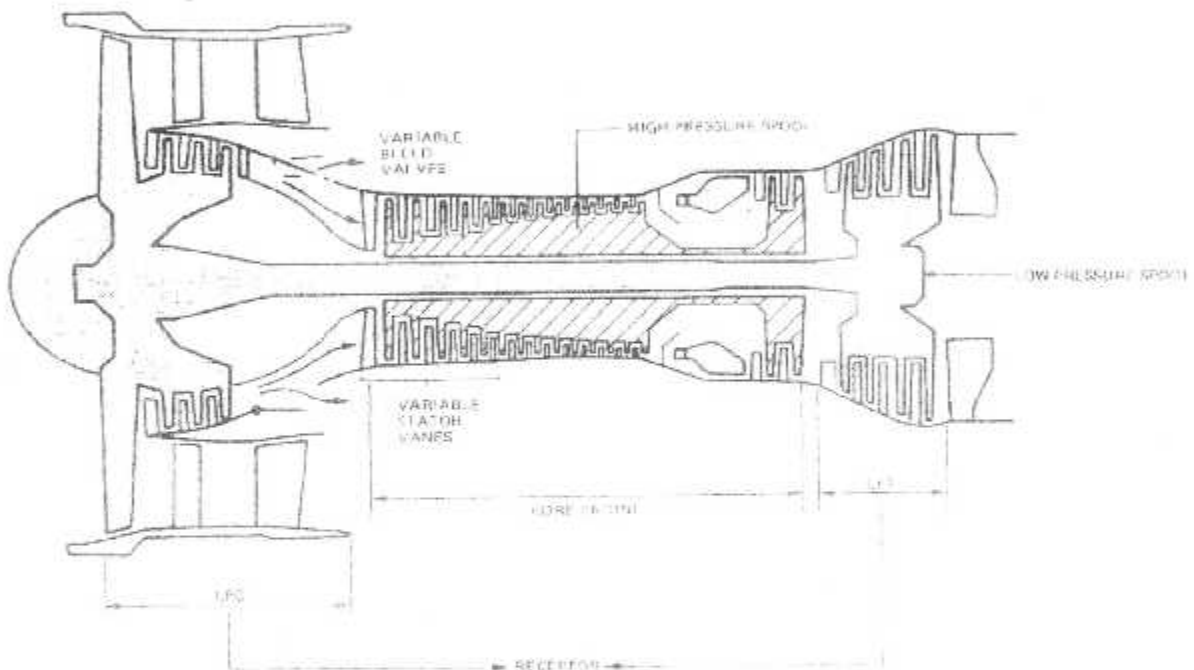


Figure (II-03) : PRESENTATION DU MOTEUR CF6-80 A3

I.4.1.1- COMPRESSEUR BP

Le premier étage du compresseur BP constitue le fan. Il engendre à lui seul le flux secondaire.

I.4.1.1.1- AILETTES DE FAN

38 ailettes sont montées à la périphérie du disque de fan dans des alvéoles en forme de queues d'aronde.

Chaque ailette comporte des plate-formes intermédiaires (*mid span*) destinées à réduire les contraintes mécaniques dues aux charges élevées du fan.

La position des ailettes N° 1 et N° 5 est repérée sur la face avant du disque de fan.

Le compresseur BP alimente le compresseur HP.

1.4.1.2- LA TURBINE BP

Elle est constituée de 4 étages dont les ailettes possèdent toutes une plate-forme d'extrémité.

Ces plates-formes lorsqu'elles sont en contact les unes avec les autres, diminuent les constituants joint d'air entre le rotor et le stator.

1.4.1.3- VITESSE DE ROTATION DE L'ATTELAGE BP

La vitesse de rotation de l'attelage BP est appelée régime N1 :

- ❖ Le régime N1 est indiqué en pourcentage.
- ❖ 100% de régime sont équivalents à 3 432,5 tr/min
- ❖ Le régime N1 maximum est de 117%.

1.4.2- ENSEMBLE A HAUTE PRESSION GENERATEUR DE GAZ

Son compresseur à haute pression comprend 14 étages. Il est entraîné par une turbine HP à 2 étages. L'attelage HP tourne dans le sens horaire.

Il est supporté par 4 roulements. Le roulement N°3 est à rouleaux, le N° 4B à billes, les N°4R et 5 à rouleaux.

Les ailettes du premier étage du compresseur HP comportent, comme le fan, des plates formes intermédiaires.

1.4.2.1- CHAMBRE DE COMBUSTION

Elle se trouve à l'intérieur du carter diffuseur appelé aussi « carter arrière compresseur »

De type annulaire, elle comporte des logements équipés de diffuseurs destinés à recevoir 30 injecteurs de carburant.

Deux orifices, en position 3 et 4 heures, permettent le montage de 2 allumeurs à haute énergie.

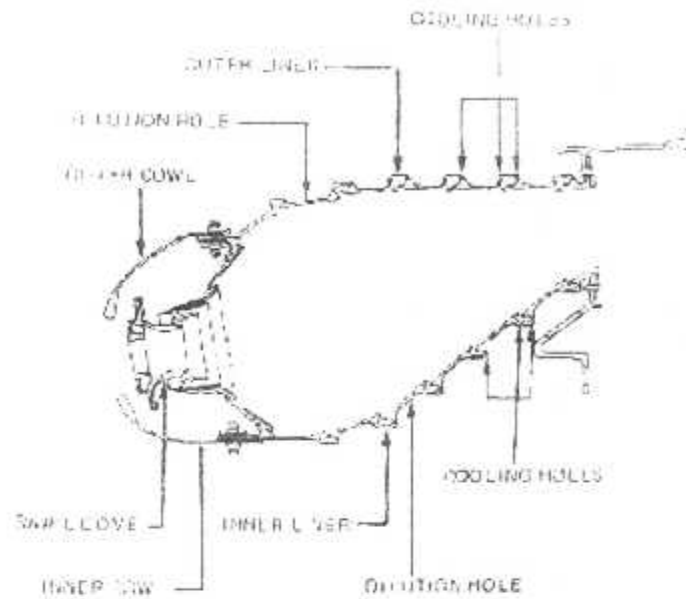


Figure (II-04) : CHAMBRE DE COMBUSTION

1.4.2.2- TURBINE A HAUTE PRESSION

L'ensemble des rotor et stators des 2 étages de turbines HP est refroidi par circulation d'air. Le distributeur de turbine 1^{er} étage (NGV nozzle guide Vanes) est refroidi par de l'air 14^e étage (CDP compresseur discharge pressure) le distributeur de turbine 2^{ème} étage (NGV 2) est refroidi par de l'air prélevé au 10^{ème} étage du compresseur HP.

Les ailettes des 1^{er} et 2^{ème} étage sont refroidies par une circulation d'air forcée en provenance du 14^e étage (CDP).

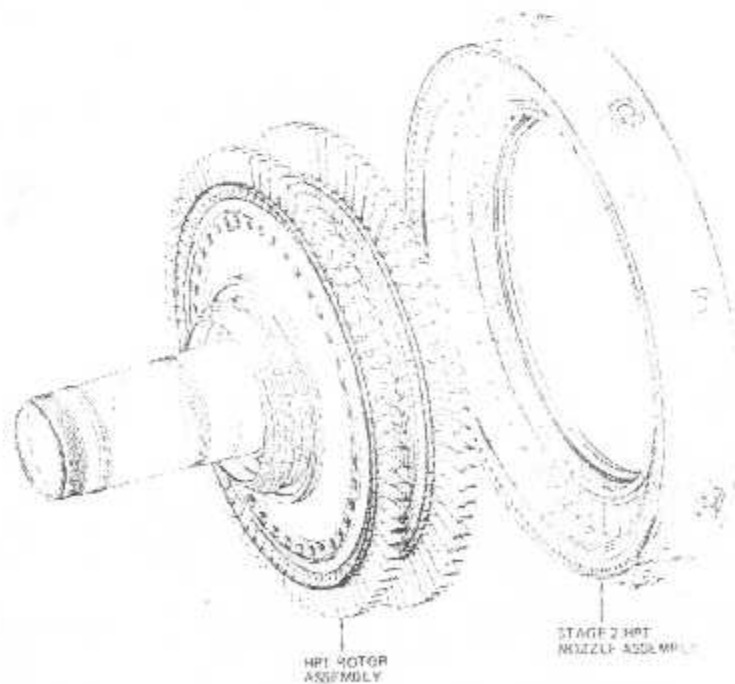


Figure (II-05) : TURBINE HAUTE PRESSION

1.4.2.3- ENTRAINEMENT DU BOITIER DES ACCESSOIRES

L'attelage HP entraîne le boîtier des accessoires et reçoit le mouvement du démarreur par l'intermédiaire d'une prise de mouvement (IGB inlet gearbox) et d'une boîte de transfert (TGB transfert gearbox).

La prise de mouvement est reliée par cannelures au moyeu avant du compresseur HP. Un arbre vertical relie la prise de mouvement à la boîte de transfert.

Un arbre horizontal relie la boîte de transfert au boîtier des accessoires. Le rapport de réduction des vitesses ; arbre horizontal/attelage HP, est de 0,956/1.

Le boîtier des accessoires est fixé à la partie inférieure du carter de fan.

Les différents accessoires qui équipent le boîtier sont :

- **SUR LA FACE AVANT**

- 2 pompes hydrauliques.
- 1 groupe de pompes à huile de lubrification et récupération.
- Le démarreur monté dans l'axe de l'arbre horizontal.
- L'alternateur (IDG integrated drive generator).

- **SUR LA FACE ARRIERE**

- La pompe HP carburant.
- Le régulateur carburant (MEC).

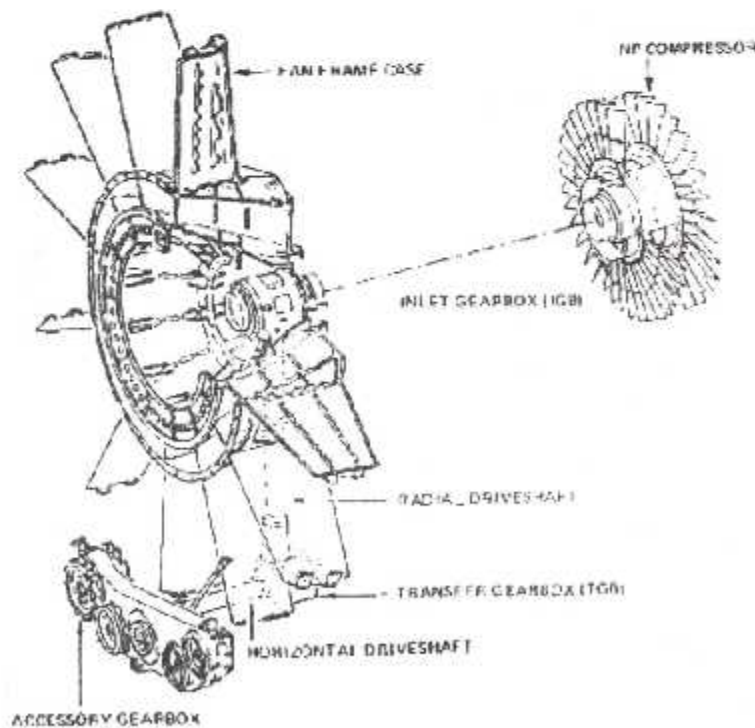


Figure (I-06) : BOITE DE COMMANDE DES ACCESSOIRES (AGB)

I.4.2.4- VITESSE DE ROTATION DE L'ATTELAGE HP

- ❖ La vitesse de rotation de l'attelage HP est appelée régime N2.
- ❖ Le régime N2 est indiqué en pourcentage.
- ❖ 100% de régime N2 sont équivalents à 9827 tr/mn.
- ❖ Le régime N2 maximum est de 110,5%.

I.4.3- DIFFERENTS PUISARDS

LE PUISARD A COMPREND

- La zone des roulements N° 1 , 2 , 3 et la prise de mouvement.
- La boîte de transfert (TGB).
- Le boîtier des accessoires (AGB).

LE PUISARD B COMPREND LA ZONE DES ROULEMENTS N° 4B, 4R ET 5

Le puisard C comprend la zone du roulement 6

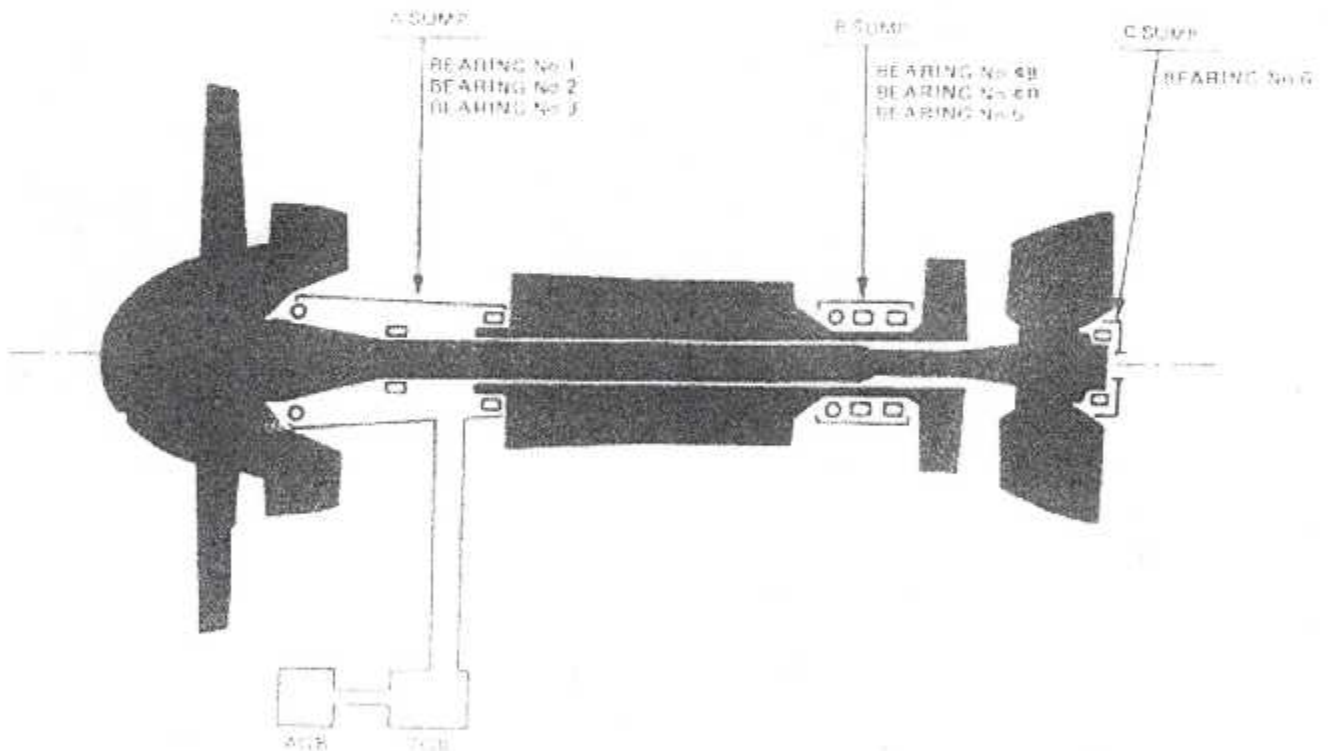


Figure (II-07) : DIFFERENTS PUISARDS

I.4.4- REPERAGE DES DIFFERENTES STATIONS REACTEUR

- Station 0 : Conditions ambiantes
- Station 1 : Entrée d'air

FLUX PRIMAIRE

- Station 2 : Entrée du compresseur BP
- Station 2,5 : Entrée du compresseur HP
- Station 3 : Sortie compresseur HP (compresseur dis charge pressure CDP)
- Station 4 : Devant turbine HP
- Station 4,9 : Devant turbine BP (sortie ensemble HP)
- Station 5 : Sortie ensemble BP
- Station 9 : Ejection flux secondaire.

FLUX SECONDAIRE

- Station 1,2 : Entrée fan
- Station 1,3 : Sortie stator de fan
- Station 1,8 : Ejection flux secondaire

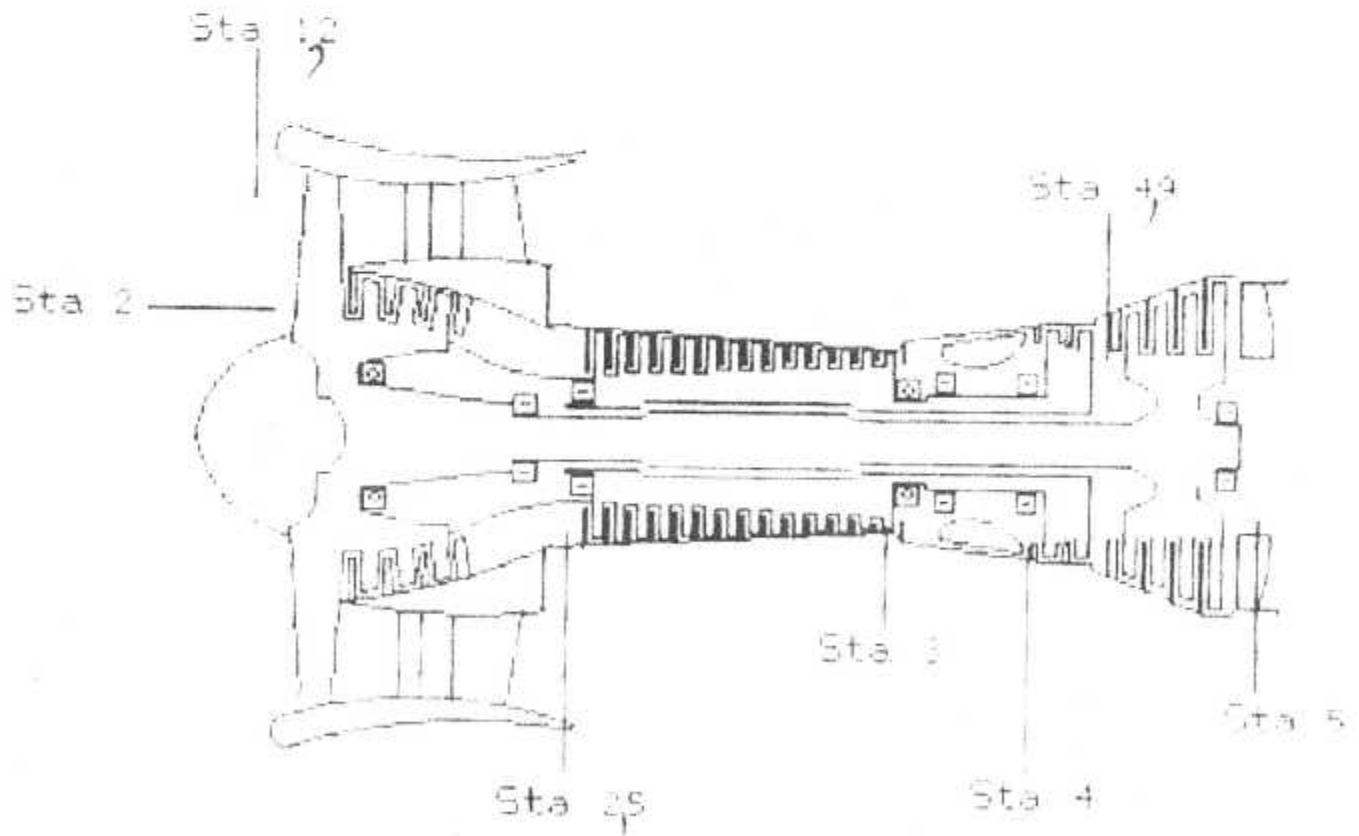


Figure (II-08) : STATIONS AERODYNAMIQUES DU MOTEUR CF6-80 A3

I.4.5- CONTROLE DE LA TEMPERATURE DEVANT TURBINE

❖ (EGT)

C'est la température du flux primaire en station 4,9 qui est relevée. Il s'agit en fait de la température des gaz après leur sortie de l'ensemble HP. La mesure de cette température est réalisée par huit sondes thermocouples.

Les huit sondes sont montée en parallèle à la périphérie du carter avant, de turbine BP.

Le signal de température EGT est transmis par l'intermédiaire de canalisations rigides et boîtes de jonction, vers l'indicateur EGT au poste de pilotage.

I.4.6- PARAMETRES PRINCIPAUX LIMITATIONS

Les indicateurs N1, EGT et N2 sont situés sur la planche centrale pilotes. Lorsque les signaux des températures EGT, régimes N1 et N2, dépassent les limites définies pour la phase de fonctionnement en cours, une alarme est déclenchée par l'intermédiaire du système ECAM.

Les valeurs maxima sont pour :

- L'EGT 940° celsius.
- Le régime N1 117 %.
- Le régime N2 110,5 %.

I.5- DESCRIPTION DU MOTEUR CFM56-7B

Le **CFM56-7B** est un moteur double corps double flux, turbo fan à écoulement axial avec un taux de dilution élevé. Il est court donc léger, et se compose relativement de peu de pièces (40% de moins que les moteurs **CF6-50** et **CF6-80**). De plus, il est d'une conception entièrement modulaire pour faciliter sa maintenance, développé à partir d'un programme qui date de 1974 issue d'une fusion de deux sociétés internationales occupants des places importantes à l'échelle mondiale à savoir **SNECMA** (Société Nationale Française d'Etude et de Construction de Moteur Aéronautique) et **GE** (Général Electric).

Ce moteur occupe une position commerciale importante dans le marché aéronautique. Il a été choisi par *Boeing* comme source unique pour motoriser ses *Boeing737* séries 600,700,800,900, *COMBI-BBJ* (Boeing business jet), *C40A* (version militaire). Son rôle est de fournir la poussée à l'avion et la puissance au système avion suivant :

- ❖ Electrique
- ❖ Hydraulique
- ❖ Pneumatique

Ce moteur a bénéficié d'une démarche de conception intégrée, associant les aspects techniques et les besoins du client. Le couple CFMI / Boeing a notamment solidité les compagnies clientes très en amont dans le processus de conception afin de pouvoir leur donner satisfaction sur un maximum de points. Le moteur issu de cette coopération présente les caractéristiques suivantes : robustesse

accrue, aubes soufflante large corde, conception aère 3D, core haute pression et turbine basse pression dérivés du CFM56-5B, le CFM -7B avec l'apport de matériaux nouveaux, d'une régulation numérique pleine autorité redondante (FADEC) et en option des chambres de combustion à double tête (DAC) permettant de marcher dans sa catégorie, sa turbine haute pression dotée d'aubes mono cristallines en alliage N5 permet au CFM56-7B des avancées notables sur le CFM56-3 :

Une température de fonctionnement plus basse avec des marches EGT (température de sortie des gaz) plus élevée pour une meilleure longévité du moteur sous l'aile

Une consommation spécifique de carburant réduite de plus de 8%.

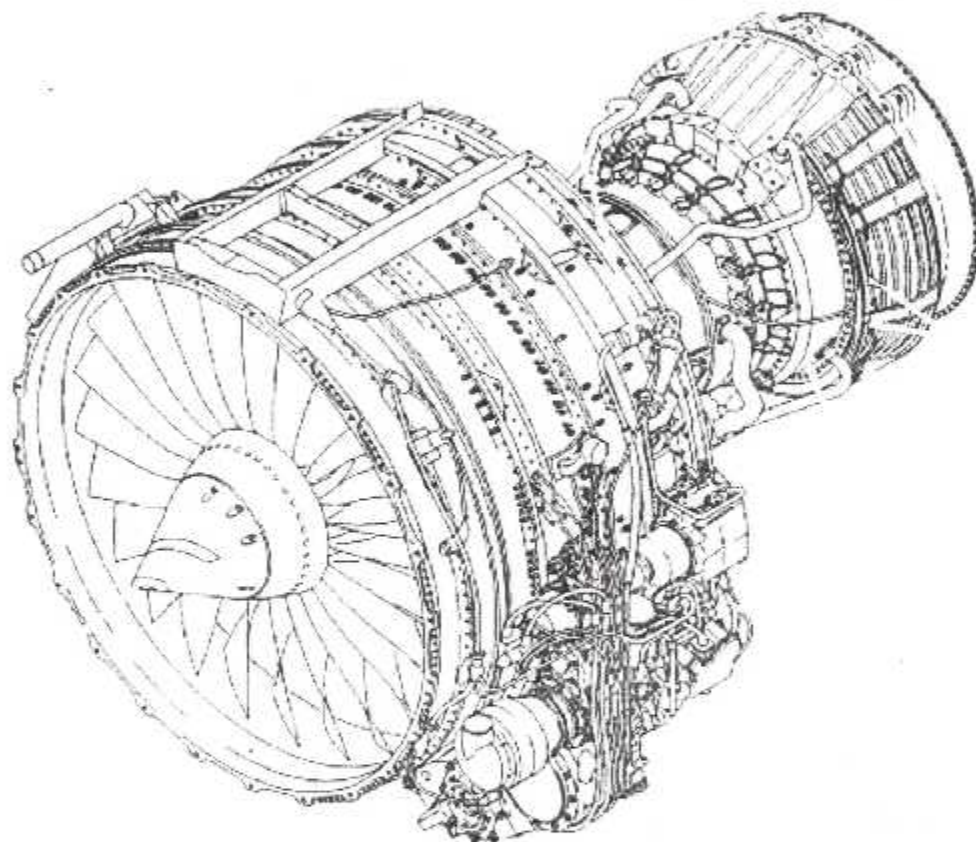


Figure (I-09) : VUE GENERALE DU MOTEUR CFM56-7B

I.6- MODULES DU MOTEUR

Le moteur CFM56-7B est un moteur de conception modulaire. Il se compose de quatre (04) modules principaux, chaque module peut être démonté seul, ce qui facilite la maintenance du moteur et de minimiser le coût d'entretien, les modules du CFM56-5B sont les suivants :

- ❖ Module fan - La soufflante
- Compresseur BP (LPC)
- ❖ Module core - Compresseur HP (HPC)
- Chambre de combustion
- ❖ Module LPT - Turbine basse pression.
- ❖ Commandes des accessoires

La soufflante, le compresseur basse pression et la turbine basse pression sont montés sur l'arbre N1. Le compresseur haute pression et la turbine haute pression sont montés sur l'arbre N2.

I.6.1- MODULE FAN

I.6.1.1- SOUFFLANTE ET COMPRESSEUR BASSE PRESSION

La soufflante du moteur CFM56-5B est composée de 36 ailettes. Elle possède un (01) seul étage, elle augmente la vitesse de l'air.

Le Fan à lui seul engendre le flux secondaire. Ce dernier génère approximativement 80% de poussée durant le décollage.

Le compresseur BP a trois étages, il est entraîné également par la turbine BP. La soufflante et le compresseur BP sont des ensembles entraînés par la turbine basse pression. La soufflante accélère la vitesse de l'air, un carénage de splitter divise l'air en deux parties :

- L'air primaire.
- L'air secondaire

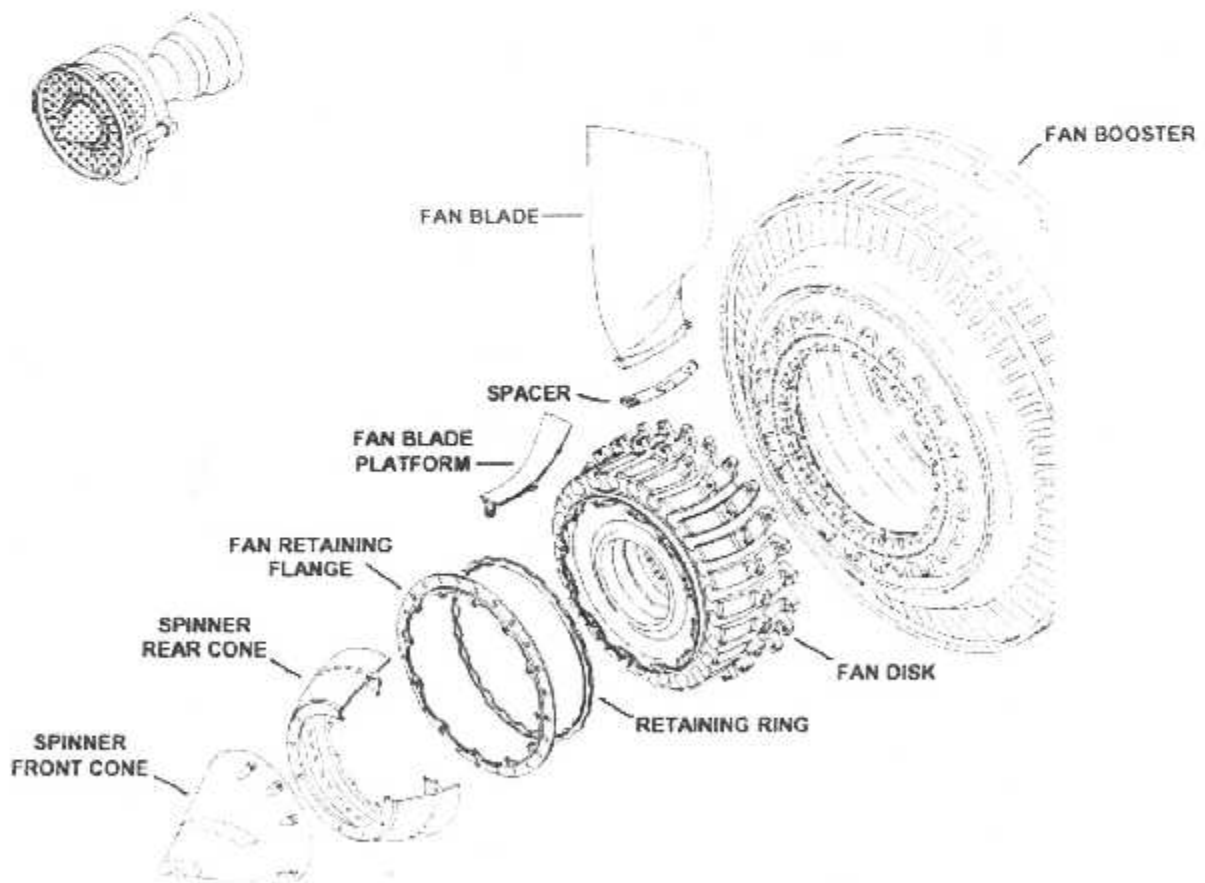


Figure (I-10) : L'ENSEMBLE AILETTES FAN ET CONE

1.6.2- Module core

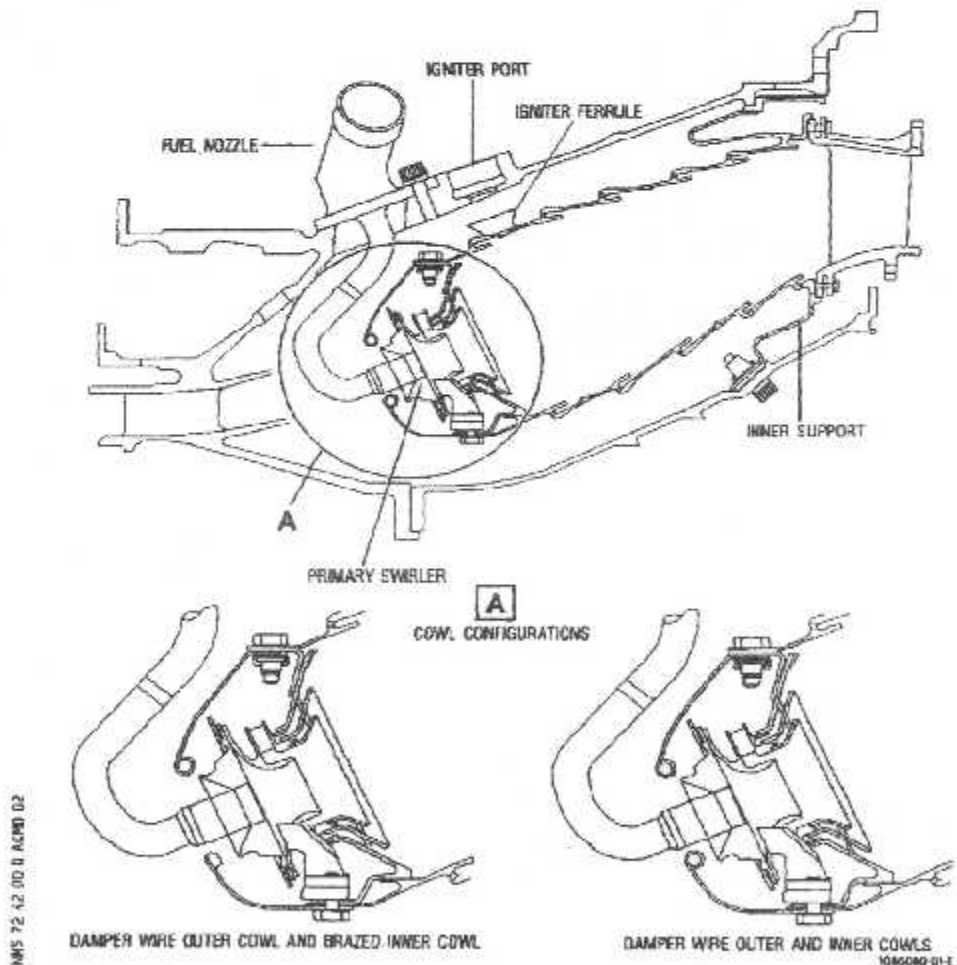
Le module core est constitué de :

1.6.2.1- COMPRESSEUR HAUTE PRESSION (HPC)

C'est un compresseur haute pression axial de neuf (09) étages, il est entraîné par l'étage de la turbine haute pression. Il augmente la pression de l'air provenant du compresseur BP et l'envoi vers la chambre de combustion

1.6.2.2- CHAMBRE DE COMBUSTION

La chambre de combustion est de type annulaire comporte vingt (20) injecteurs et de deux (02) allumeurs. A ce niveau l'air provenant du compresseur HP est admis avec du carburant pulvérisé des injecteurs. Ce mélange fut brûler et génère des gaz chauds qui se dirige vers la turbine HP.

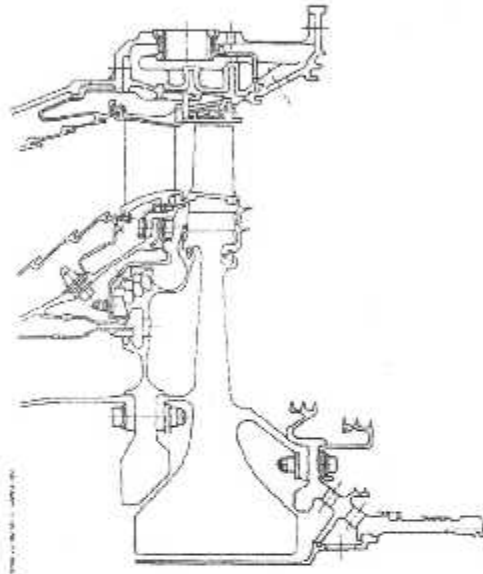


Figure(II-11) : SECTION DE LA CHAMBRE DE COMBUSTION

I.6.2.3- TURBINE HAUTE PRESSION

C'est un module a un (01) seul étage, elle effectue la transformation de l'énergie des gaz chauds à l'énergie mécanique pour entraîner le compresseur haute pression et la boîte d'entraînement des accessoires.

L'ensemble turbine haute pression et compresseur haute pression est appelé attelage haute pression ou N2. cet attelage tourne dans le sens horaire. Il es supporté par trois (03) roulements.



Figure(II-12) : SECTION DE LA TURBINE HAUTE PRESSION

I.6.3- MODULE TURBINE BASSE PRESSION

Ce module est constitué de quatre (04) étages. Elle transforme l'énergie des gaz chauds en énergie mécanique qui sert pour entraîner la soufflante et le compresseur BP.

L'ensemble turbine basse pression, Fan et le compresseur basse pression est appelé attelage basse pression ou N1. cet attelage tourne dans le sens horaire, Il est supporté par trois (03) roulements.

I.6.4- MODULE GEARBOX

L'attelage haute pression entraine la boîte d'entraînement des accessoires, elle reçoit le mouvement par l'intermédiaire d'une boîte de transfert. La boîte d'entraînement des accessoires est fixée sur le coté du carter FAN. Les différents accessoires qui équipent la boîte sont :

◆ SUR LA FACE AVANT :

- Pompe carburant.
- Pompe d'huile.

◆ SUR LA FACE ARRIERE

- Pompe hydraulique.
- L'alternateur (IDG).
- Le démarreur.

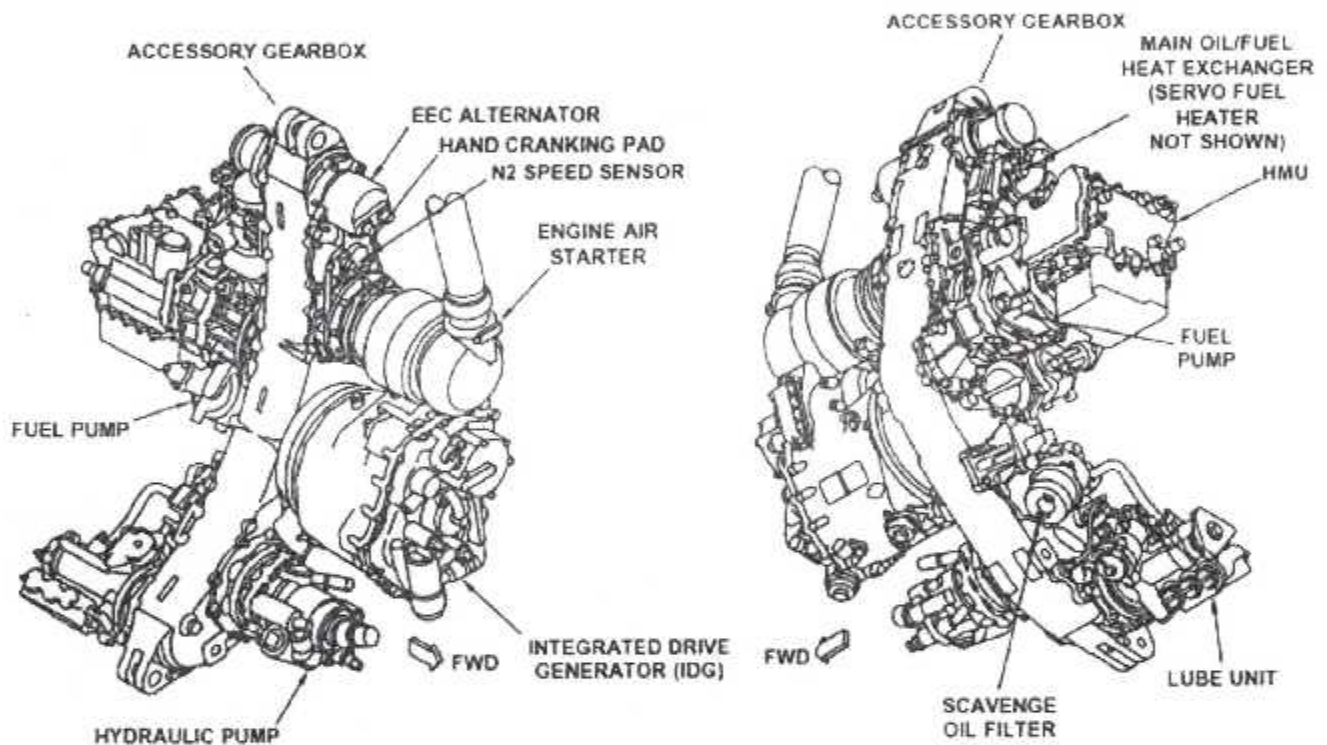


FIGURE (I-13) : BOITE DE COMMANDE DES ACCESSOIRES (AGB)

I.7- LES CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE MOTEUR CFM56-5B

- Poussée statique maximale (F) :

CFM 56-7B 27	27300 lbs
CFM 56-7B 26	26300 lbs
CFM 56-7B 24	24200 lbs
CFM 56-7B 22	22700 lbs
CFM 56-7B 20	20600 lbs
CFM 56-7B 18	19500 lbs

- La poussée assurée par le flux primaire est de 20 % de la poussée totale.

- La poussée assurée par le flux secondaire est de 80 % de la poussée totale.
- La consommation spécifique au ralenti pour tous les CFM 56-7B est de 0.752 lb/h/lb (kg/h/kN).
- La consommation spécifique en croisière :
CFM 56-7B 27, 7B 26, 7B 24 est de 0.344 lb/h/lb.
CFM 56-7B 22, 7B 20, 7B 18 est de 0.343 lb/h/lb.
- La masse du réacteur est de 2361 kg.
- Le diamètre de l'entrée d'air est de 1.55 m.
- Taux de dilution est de 5.6/1.

❖ VITESSE DE ROTATION DE L'ATTELAGE HP ET BP

Régime N1

100 % = 5173 tr/min.
104 % = 5380 tr/min. (Maximum)

Régime N2

100 % = 14 460 tr/min.
105 % = 15 183 tr/min. (Maximum)

EGT

950°C Maximum.
725°C Maximum au démarrage.

L8- REPERAGE DES STATIONS AERODYNAMIQUES DU REACTEUR

Station 0 : Air ambiant
Station 12 : Entrée d'air
Station 25 : Température d'entrée compresseur HP
Station 30 : Décharge HPC (pression sortie HPC)
Station 49.5 : Sortie 2^{ème} étage turbine basse pression

Si le moteur équipé du Kit surveillance d'état optionnel, plus de sonde sont à ces stations

Station 13 : Décharge Fan
Station 25 : Entrée HPC
Station 50 : Décharge LPT

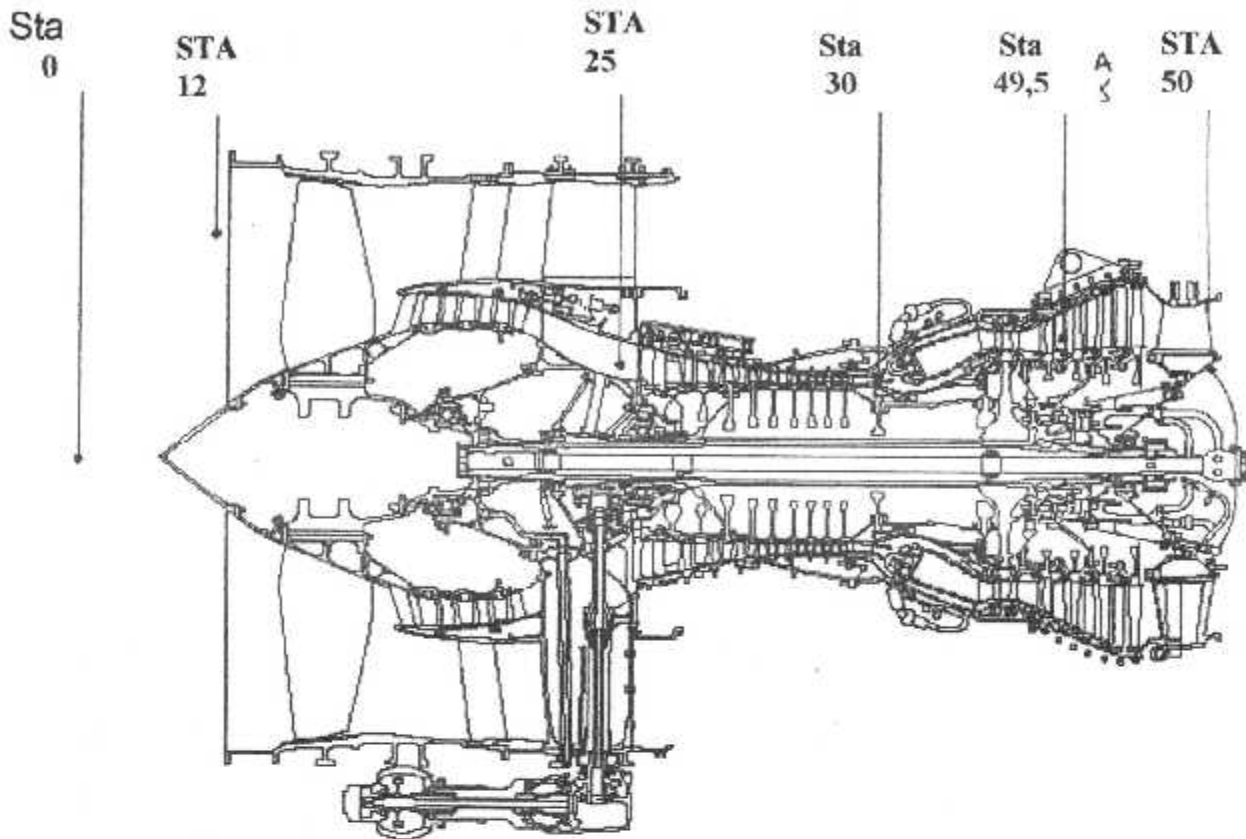


Figure (II-14) : STATIONS AERODYNAMIQUES DU MOTEUR CFM56-7B

L9- PALIER ET ROULEMENTS DU MOTEUR CFM56-5B

Il y a deux paliers pour le moteur :

- ❖ palier avant
- ❖ palier arrière

Cinq (05) roulements principaux (2 a billes et 3 a galets) sont contenus dans le palier avant (roulement 4R et 5R) cinq roulements moteur principaux supportent les arbres N1 et N2.

Les roulements a galets absorbent seulement les charges radiales.

- Roulement à billes N°1 et roulement à galets N°2 supportent l'arbre fan.
- Roulement à billes N°3 et roulement à galet N°3 supportent l'arbre HPC dans l'extrémité avant et localiser dans l'AGB
- Roulement à galet N°4 supporte l'arrière de l'arbre rotor HPT et roulement à galet N°5 supporte l'arrière de l'arbre LPT

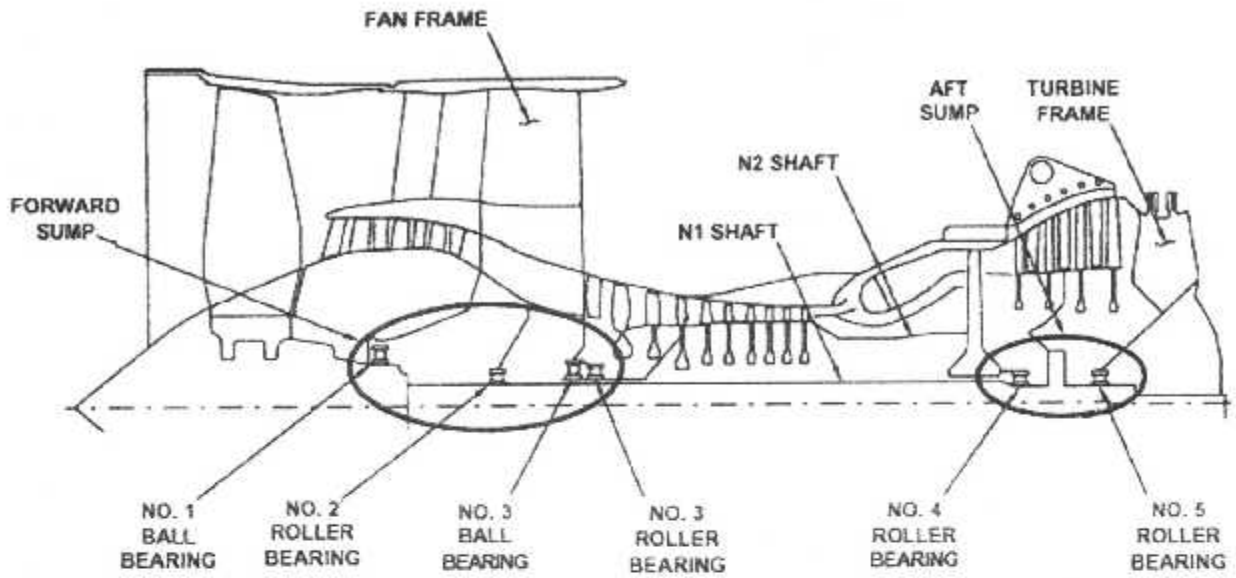


Figure (II- 15) : ROUEMENTS ET PALIERS DU MOTEUR CFM56-7B

Chapitre II

Les Différents circuits des réacteurs

CF6-80 A3

et CFM56-7B

II- LES DIFFERENTS CIRCUITS DES DEUX REACTEURS

II.1- LE CIRCUIT DE GRAISSAGE

II.1.1- ROLE DU CIRCUIT DE GRAISSAGE DES DEUX REACTEURS

Le rôle du circuit de graissage des deux réacteurs est :

- ❖ La lubrification
- ❖ Le refroidissement
- ❖ Le nettoyage

Ce circuit assure

- ❖ La lubrification par gicleur de tous les roulements, pignons, cannelures du réacteur et des boîtiers de transmission.
- ❖ Le refroidissement des puisards et des boîtiers de transmission.
- ❖ Le drainage des impuretés vers les filtres.
- ❖ Le réchauffage du carburant.

L'huile de lubrification utilisée pour les deux réacteurs est **MOBIL JET OIL**.

Cette huile doit répondre aux exigences suivantes :

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

II.1.2-COMPOSITION DU CIRCUIT DE GRAISSAGE DES DEUX REACTEURS

♦ pour le CF6 80 A3

Le circuit de graissage est entièrement intégré dans la nacelle réacteur il comprend :

- ❖ Un (01) réservoir.
- ❖ Une (01) pompe de pression.
- ❖ Cinq (05) pompes de récupération.
- ❖ Un (01) filtre principal équipé d'une by-pass.
- ❖ Un (01) transmetteur de pression d'huile.
- ❖ Un (01) manocontact de baisse de pression d'huile.
- ❖ Un (01) détecteur magnétique principale de limaille.
- ❖ Une (01) sonde de température d'huile de récupération.
- ❖ Un (01) manocontact détecteur de colmatage.
- ❖ Un (01) échangeur principal huile / carburant de récupération équipé de by-pass

♦ Pour le CFM56-7B

Le circuit de graissage est entièrement intégré dans la nacelle du réacteur il comprend :

- Un (01) réservoir.
- Un (01) clapet d'isolement.
- Une (01) pompe de pression.
- Trois (03) pompes de récupérations.
- Un (01) filtre principal équipé d'une by-pass et d'un indicateur de colmatage.
- Un (01) transmetteur de pression d'huile.
- Une (01) sonde de température d'huile.
- Un (01) filtre de récupération d'huile équipée d'un mono-contact détecteur de colmatage et d'une by-pass.
- Un (01) échangeur thermique principal (huile / carburant).
- Un servo réchauffeur carburant.

II.3- CONTROLE DU CIRCUIT DE GRAISSAGE DES DEUX REACTEURS

♦ Pour le CF6 80-A3

♦ Des indicateurs

- Pression d'huile
- Quantité d'huile

♦ Des alarmes sonores et visuelles

- Baisse de pression d'huile
- Colmatage filtre

♦ De l'ECAM

La page moteur peut -être visualisé au système ECAM elle comporte entre autre :

- La quantité d'huile
- La température d'huile
- La pression d'huile

♦ Pour le CFM56-7B

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.

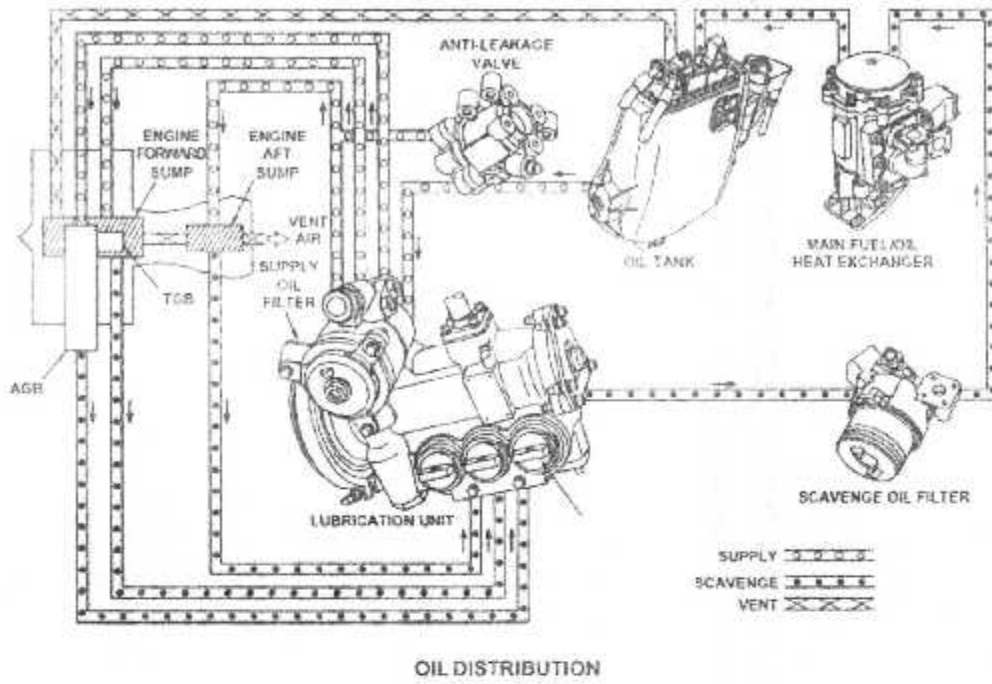


Figure (II-01) : CIRCUIT DE GRAISSAGE DU MOTEUR CFM56-7B

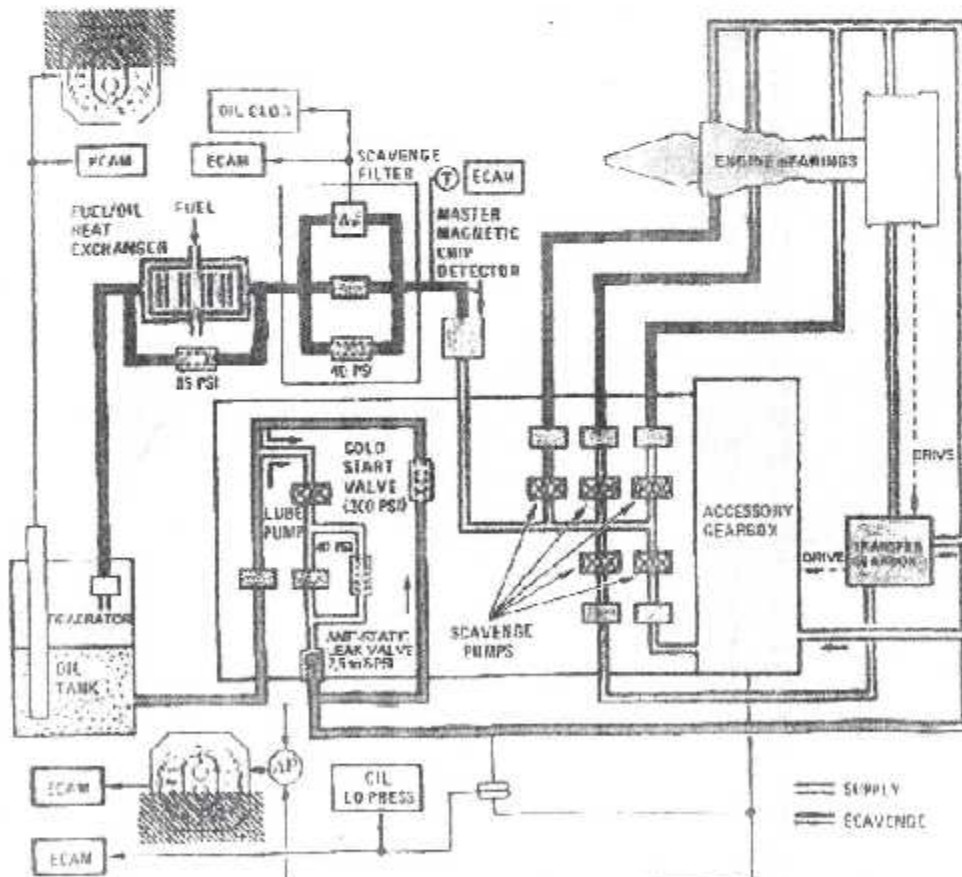


Figure (II-02) : CIRCUIT DE GRAISSAGE DU MOTEUR CF6 80-A3

II.2- LE CIRCUIT DE DEMARRAGE ET D'ALLUMAGE

II.2.1- LE CIRCUIT DE DEMARRAGE DES DEUX REACTEURS

Le circuit de démarrage de nos réacteurs utilise la pression du circuit de génération pneumatique de bord. Il peut être alimenté par :

- L'APU (Auxiliary Power Unit).
- Un des réacteurs déjà en fonctionnement.
- Un ou deux groupes de parc pneumatique(pression comprise entre 25 et 55 PSI

Chaque moteur est équipé de :

- Un (01) démarreur pneumatique à turbine qui entraîne l'attelage haute pression
- Une (01) vanne de démarrage.
- Deux (02) boîte d'allumage (gauche et droite).
- Deux (02) bougies.

L'alimentation du démarreur est commandée par une vanne electropneumatique.

II.2.2-CIRCUIT D'ALLUMAGE DES DEUX REACTEURS

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 qui comprennent :

- ❖ Une (01) boîte d'allumage.
- ❖ Une (01) bougie.

II.2.3 - COMMANDE ET CONTROLE

Panneau de démarrage

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

- ❖ Un (01) sélecteur de démarrage.
- ❖ Un (01) sélecteur d'allumage.
- ❖ **Sélecteur de démarrage**
- ◆ **Pour le CF6 80-A3** Un sélecteur de démarrage **ENG START** permet la sélection du programme de fonctionnement du démarreur et des circuits d'allumage. il comprend cinq (05) positions :
 - ❖ ARRET
 - ❖ VENTILATION
 - ❖ DEMARRAGE A
 - ❖ DEMARRAGE B
 - ❖ ALLUMAGE CONTINU
 - ❖ DEU BOUTONS POUSSOIRS DE DEMARRAGE (START)

◆ Pour le CFM56-7B

Il comprend quatre (04) positions

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

➤ Sélecteur d'allumage

◆ Pour le CF6 80-A3

Le sélecteur d'allumage permet la sélection du programme de fonctionnement des circuits d'allumages. Il comprend deux (02) positions :

- BOTH (Deux boîtes d'allumage)
- SINGLE (Une seule boîte d'allumage)

◆ Pour le CFM56-7B

Il comprend trois (03) positions :

- LEFT (Boîte d'allumage gauche).
- RIGHT (Boîte d'allumage droite).
- BOTH (Boîte d'allumage gauche et droite).

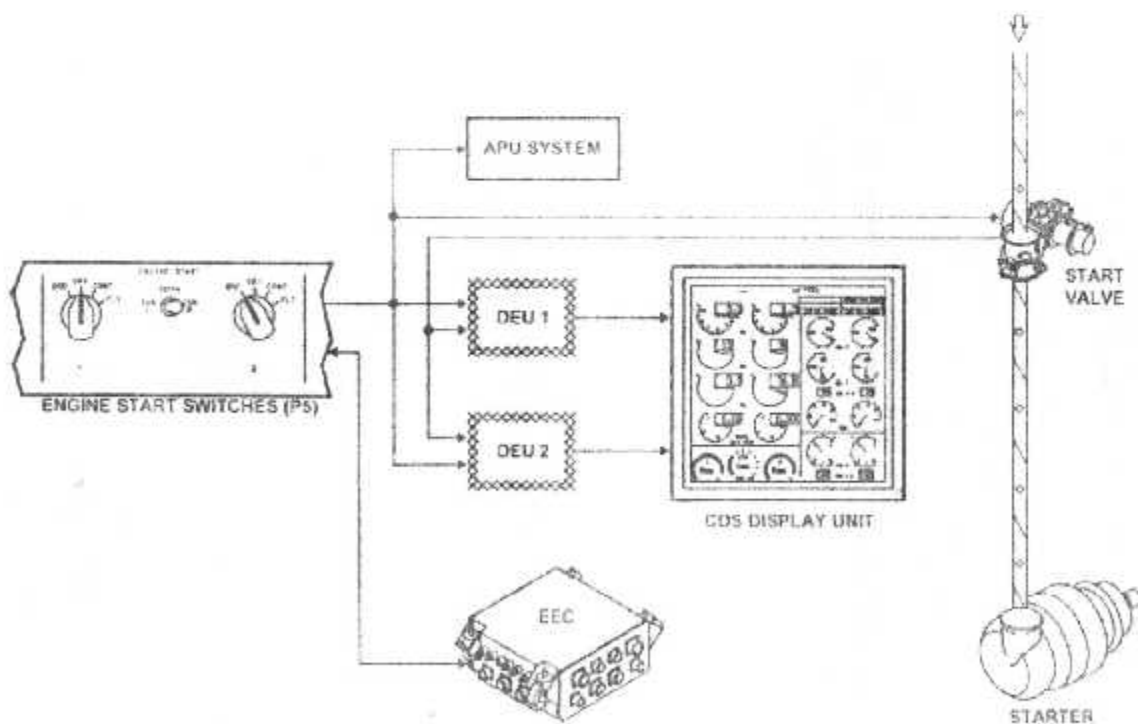


FIGURE (II-03) : CIRCUIT DE DEMARRAGE DU MOTEUR CFM56-7B

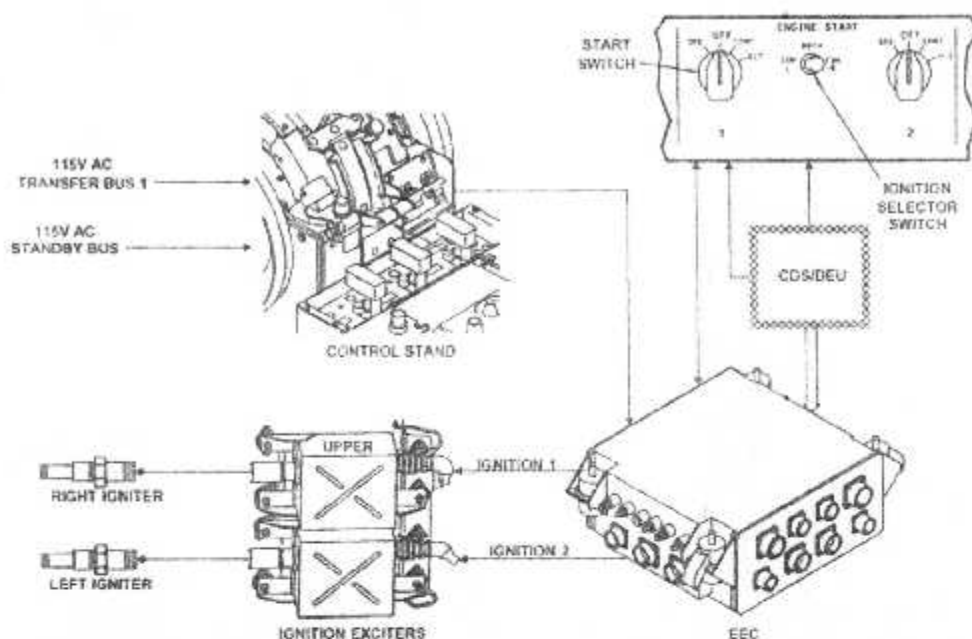


Figure (II-04) : CIRCUIT DE D'ALLUMAGE DU MOTEUR CFM56-7B

II.3-LE CIRCUIT REVERSE

Dispositif d'éjection

Il assure :

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

II.3.1- 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 (02) 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'éjections latérales. La totalité du flux secondaire est alors déviée et développe vers l'avant une poussée inverse égale à 40% de la poussée de décollage.

II.3.2- INVERSION DE POUSSEE DANS LES DEUX REACTEURS

♦ Dans le CF6 80-A3

L'énergie utilisée pour déplacer les demi-couronnes mobiles de l'inverseur de poussée est fournie par le circuit pneumatique avion. Suivant le régime c'est le 14^{ème} étage du compresseur haute pression (au travers de la vanne haute pression) ou le 8^{ème} étage (au travers de son clapet anti-retour) qui alimente le dispositif pneumatique d'inversion

Le circuit pneumatique d'inversion ne peut pas être activé que lorsque l'avion est au sol. En aucun cas ce circuit ne peut être alimenté par l'APU.

Le système d'inversion de poussée du CF6 80-A3 comprend :

- Un ensemble de commandes, contrôle et retour d'asservissement.
- Un (01) régulateur de pression et d'arrêt.
- Deux (02) moteurs pneumatiques munis chacun d'une vanne de sélection du sens de rotation.
- Une (01) vanne électropneumatique de commande du sens de rotation.
- Six (06) vérins à vis repartis de la façon suivante :
 - ❖ Un (01) vérin à vis (l'un en position centrale est entraîné directement par le moteur pneumatique)
 - ❖ Deux (02) vérins à vis (l'un en position haute, l'autre en position basse) sont entraînés par le moteur pneumatique au moyen d'arbre flexible.

♦ Dans le CFM56-7B

Contrairement au CF6 80-A3, 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 circuit Hydraulique B alimente l'inverseur de pousser du moteur n°2 (droite). Néanmoins un circuit hydraulique secours peut alimenter l'inverseur de poussée de n'importe quel moteur en cas de panne hydraulique des circuits A ou B.

Le système d'inversion de poussée du CFM56-7B comprend :

- ❖ Un (01) ensemble de commandes, contrôles et retour d'asservissement.
- ❖ Six (06) vérins hydrauliques.
- ❖ Deux (02) syn lock.
- ❖ Une (01) vanne d'isolement carburant.
- ❖ Une (01) valve de sélection du sens de rotation.
- ❖ Deux (02) demi couronnes (gauche et droite).
- ❖ Dix (10) portes.
- ❖ Douze (12) cascades.

Le contrôle de la reverse se fait par :

- ❖ L'unité électronique de contrôle moteur qui gère les transducteurs Linéaires à déplacement variable (LVDT).
- ❖ 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.

SIGNALISATION

• Dans le CF6-80-A3

Deux voyants sont disposés au-dessus des instruments réacteurs :

- Un voyant ambre repéré **REV-UNLK** reverse déverrouillée (en transit)
- Un voyant vert repéré **REV** reverse sortie et verrouillée

- Dans le CFM56-7B

- ❖ 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 REVERSE s'allume ambre pendant 10.5 secondes lors de la rentrée reverse.
- ❖ Il s'allume ambre et reste allumer quand il y a une panne reverse.
- ❖ « le voyant reverse est géré par l'EAU »

II.4- CIRCUIT D'AIR

II.4.1-ROLE DU CIRCUIT D'AIR DES DEUX REACTEURS

Le rôle du circuit d'air pour les deux réacteurs est :

- Contrôle du débit d'air à travers le compresseur.
- Régulation du débit d'air de refroidissement moteur.
- Le refroidissement du réacteur et des accessoires.
- Refroidissement des ailettes turbine haute / basse pression.
- Refroidissement des chambres de combustion.
- Dispositif de contrôle des jeux de turbine haute / basse pression.
- Refroidissement des bougies.
- Refroidissement de l'huile de l'alternateur (IDG).
- Ventilation de la EEC.
- Ventilation nacelle.
- Refroidissement et pressurisation des puisards.

II.4.2- DISPOSITIF ANTIPOMPAGE

- Les aubes stator à calage variable (VSV)

Le système stator à calage variable est un dispositif qui contrôle l'écoulement d'air du compresseur haute pression. On trouve ces stators (VSV) dans les (05) premiers étages du compresseur haute pression pour le CF6 80-A3 et dans les quatre (04) premiers étages pour le CF56-7B.

Le 1^{er} stator du compresseur haute pression est appelé aube de prerotation (IGV), son rôle est de donner l'angle d'incidence à l'air pour éviter le pompage.

- Les VSV ont deux positions

Position fermée : à bas régime.

Position ouverte : à haut régime.

- Les vannes de décharge (VBV)

Ce mécanisme est disposé en arrière du compresseur basse pression il est composé d'une série de douze (12) vannes, il permet d'effectuer une décharge d'air du compresseur basse pression vers l'écoulement de l'air secondaire, ceci afin d'éviter le décrochage de l'écoulement dans les aubes du compartiment basse pression.

- Les VBV ont deux positions

Position fermée : à haut régime.

Position ouverte : à bas régime.

- La vanne de décharge transitoire (TBV)

C'est un dispositif qu'on trouve seulement au niveau du CFM56-7B, il a pour rôle de contrôler la quantité d'air qui sera soutirée du 9^{ème} étage compresseur haute pression pour être renvoyé au distributeur (aube stator) du 1^{er} étage turbine basse pression lors du démarrage et de l'accélération moteur afin d'éviter le pompage.

II-4.3-DISPOSITIF ACTIF DE CONTROLE DES JEUX DE TURBINE HAUTE PRESSION /BASSE PRESSION POUR LE CFM56-7B

- Contrôle jeu turbine haute pression (HPTACC)

Le système de contrôle du jeu turbine haute pression contrôle la quantité d'air prélevée du 9^{ème} et 4^{ème} étage du compresseur haute pression et renvoyé ce flux vers le carter de la turbine haute pression pour contrôler le jeu. Tout ça est dans le but de réduire la consommation spécifique du carburant et d'améliorer le rendement moteur.

- Contrôle jeu turbine basse pression (LPTACC)

Le système de contrôle du jeu de turbine basse pression contrôle la quantité d'air prélevé du flux secondaire du Fan qui est dirigé vers le carter de la turbine basse pression pour contrôler le jeu, ceci a travers la vanne de contrôle du jeu carter turbine basse pression (LPTACC) afin de réduire la consommation carburant et d'améliorer le rendement moteur.

II-5-Circuit de commande

Chaque réacteur est équipé de :

- Une (01) manette de poussée.
- Une (01) manette de démarrage.
- Une (01) manette reverse.
- Une (01) manette poignée coupe feu.
- La commande de la poussée par l'auto manette.

II.6- SYSTEME DE SURVEILLANCE

- ◆ Pour le CF6 80-A3

La surveillance du fonctionnement du réacteur est effectuée a partir d'un système électronique sophistiqué appelé EICAS (**engine indicating and crew alerting system**). Ce système facilite la tâche au pilote et aux personnel de la maintenance. Cette assistance opérationnelle est apportée par des messages et des données visualisées sur deux tubes cathodiques. Le traitement des données est entièrement automatique et en tant que tel ne demande aucune action ou sélection particulière de la part de l'équipage.

Composition du système EICAS

Le système EICAS comprend :

- Deux (02) calculateurs (calculateur gauche et calculateur droit)

- Deux (02) tubes cathodiques multicolores
- Deux (02) panneaux de commande.
- Un (01) panneau de maintenance.
- Deux (02) modules de permutation.

Le calculateur EICAS affiche tout le paramètre moteur ainsi que toutes les données nécessaires pour l'équipage.

- ❖ Les paramètres primaires N1, EGT et les messages d'alarmes sont affichés sur l'écran EICAS supérieur.
- ❖ Les paramètres secondaires N2, mesure du débit carburant, les messages STATUS et les messages de maintenance sont affichés sur l'écran EICAS inférieur.

♦ Pour le CFM56-7B

La surveillance du fonctionnement des réacteurs est effectuée à partir :

- D'indicateurs situés 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 moteur :
 - N1 (vitesse de rotation attelage basse pression).
 - EGT (température des gaz d'échappement).
- ❖ Sur l'écran inférieur apparaissent les paramètres secondaires moteur :
 - N2 (vitesse de rotation de l'attelage haute pression).
 - Mesure du débit carburant.
 - Pression d'huile.
 - Température d'huile.
 - Quantité d'huile.
 - Vibration (N1 / N2).

Chapitre III

Etude du circuit carburant des deux réacteurs

III- CIRCUIT CARBURANT

III-1 GENERALITES

Il existe plusieurs types de carburants destinés spécifiquement aux moteurs à réaction, il faut signaler que la plupart de ces moteurs peuvent fonctionner presque indifféremment avec n'importe quel type de carburant et même en prenant certaines précautions avec de l'essence d'aviation. Deux types de carburant ont été développés. Pour fixer son choix sur l'un ou l'autre type, un exploitant se base sur des critères distincts tel que la sécurité en cas d'incendie, les conditions climatiques qui s'imposent et qui influent sur les carburants, tous deux sont des mélanges d'hydrocarbures, contenant légèrement plus de soufre et de carbone que d'essence.

III-1.1- LE KÉROSÈNE

Il présente l'avantage que son point éclair est assez élevé (+38 °C) qui est en effet un produit ne dégageant pas de vapeurs dangereuses.

Dans les conditions habituelles de températures il peut être donc utilisé sans précautions particulières, et il provoque un danger moindre en cas d'incident au sol que le carburant coupé d'essence, son point de congélation est plus bas

(-40 °C). Sa densité est plus grande que celle du carburant à coupe large.

Sa volatilité est si faible qu'il n'y a que très peu de pertes par évaporation.

Son appellation officielle est JET A, on rencontre aussi le :

- ❖ JET au plus bas point de congélation est de -50 ° C.
- ❖ JP8 le plus bas point de congélation est de -50 ° C.
- ❖ JP-5 le plus bas point de congélation est de -50 ° C.
- ❖ JP-5 kérosène de coupe étroite a haut point éclair (+60).

• Carburant à coupe large

C'est un mélange de kérosène et d'essence il est très inflammable, il doit être utilisé soigneusement, il n'offre pas donc les mêmes qualités de sécurité du kérosène. Son grand avantage est son point de congélation extrêmement bas (inférieur à - 60°C). Sa grande volatilité facilite le démarrage en temps froid, et le redémarrage en vol à haute altitude. Ce type de carburant porte le nom de J et B.

Avec certains additifs, le JET B peut être rendu conforme aux qualités du JP4 utilisé couramment par l'aviation militaire

• Les additifs :

- **Antioxydant** : améliore la stabilité et empêche la formation de gommages.
- **Inhibiteur de corrosion** : empêche et diminue la formation de rouille dans les réseaux de distribution.
- **Anti-glace** : décroît le point de congélation de l'eau non dissoute. Empêche la formation de glace durant le vol.
- **Dissipateur d'électricité statique** : accroît la conductivité du carburant et empêche l'accumulation de charges d'électricité statique.

- **Agent lubrifiant :** améliore le pouvoir lubrifiant, réduit l'usure des pompes et régulateurs.
- **Fongicide :** tue aux limites la prolifération du micro organisme qui vivent et se reproduisent sur les parois des réservoirs et dans le plan (zone d'intercommunication entre l'eau et le carburant).

- **Les qualités de carburant :**

La norme française AIR 3405 exige les conditions de qualité suivante :

- **Densité :** non limité, elle est généralement de 0.8 et varie avec les conditions atmosphériques.
- **Point éclair :** 38 °C.
- **viscosité :** centistokes a -18 ° C
- **Point de congélation :** - 40 ° C

Le kérosène est constitué par des mélanges d'hydrocarbures aromatiques, son pourcentage dépend de l'origine du pétrole brut à partir du quel il a été fabriqué.

Le kérosène a été fabriqué par certification du pétrole brut puis raffiné par un traitement chimique à l'acide sulfurique.

- **Propriétés physiques et chimiques des carburants**

Afin de diminuer sa teneur en soufre, le choix des carburants utilisés dépend de leurs propriétés physiques et chimiques, ses propriétés principales sont :

- **La stabilité**

Le manque de la stabilité donne naissance pendant le stockage à des produits lourds qu'on appelle les gommes et qui sont nuisibles à la pulvérisation et au fonctionnement des organes du circuit de carburant.

- **Point éclair**

La diminution du point éclair augmente les risques d'incendie.

- **Qualité de lubrification**

Suffisante pour assurer le bon fonctionnement des organes de régulation de débit.

- **Viscosité**

Doit être limitée pour éviter les pertes et avoir un carburant qui se coule facilement.

- **Point de congélation**

(-40°C) en volant à une haute altitude. Notre système utilise le carburant JET A-1, JET B.

Le choix d'utilisation de ces types de carburant est pour avoir le maximum des performances des moteurs et de l'avion.

L'utilisation d'un carburant non spécifié réduit les performances aussi bien des moteurs que de l'avion, avec une maintenance très coûteuse.

En conclusion les essences utilisées dans l'aviation doivent répondre à des normes et à des exigences spécifiques :

- Pouvoir calorifique élevé.
- Point de congélation bas.
- Peu volatile.
- Contenance de l'ordre de 0.03% en soufre.

III-2- CIRCUIT CARBURANT AVION

• Réservoir et Pompes

On a trois réservoirs, deux sont disposés sur les ailes (réservoir principal), et un autre (réservoir central) sur le fuselage

○ Pour le BOEING 737- 800

- Réservoir principal 1 : 3867 kg (3,867 tonnes)
- Réservoir principal 2 : 3867 kg (3,867 tonnes)
- Réservoir central : 12802 kg (12,802 tonnes)
- Total : 20000 kg (20 tonnes).**

○ Pour le AIR BUS A 310

- 2 Réservoirs internes : 11.150 Kg
- 2 Réservoirs externes : 3.000 Kg
- Réservoir central : 15.700 kg
- Total : 44.000 Kg**

III.3- DESCRIPTION DU SYSTEME CARBURANT DU MOTEUR CF6-80A3

III.3.1- ALIMENTATION CARBURANT REACTEUR

III.3.1.1- FONCTIONS DU CIRCUIT CARBURANT REACTEUR

Ce circuit assure :

- ❖ Le refroidissement de l'huile réacteur
- ❖ L'alimentation des circuits hydrauliques d'asservissement et de contrôle du régulateur principal carburant.
- ❖ L'alimentation des circuits hydrauliques des commandes des dispositifs anti-pompage VSV et VBV.
- ❖ Le refroidissement de l'huile de l'IDG
- ❖ L'alimentation des 30 injecteurs carburant de la chambre de combustion



III.3.1.2- COMPOSITION DU CIRCUIT

Ce circuit est entièrement intégré dans la nacelle réacteur. Il comprend :

- ❖ Une pompe carburant à haute pression
- ❖ Un échangeur thermique principal carburant/huile réacteur
- ❖ Un filtre principal
- ❖ Un régulateur principal carburant (MEC)
- ❖ Un transmetteur de débit carburant
- ❖ Une rampe d'injection carburant et 30 injecteurs.

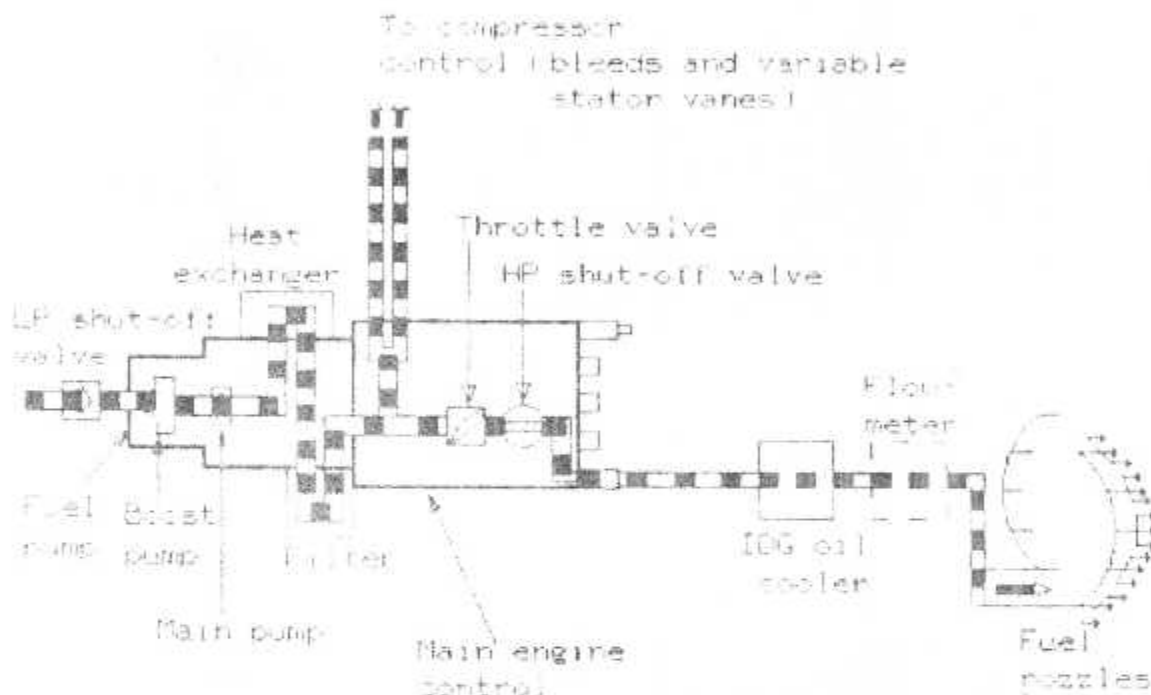


Figure (III-01) : SCHEMA DE SYSTEME CARBURANT DU MOTEUR CF6-80A3

III.3.1.3- DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DES DIFFERENTS COMPOSANTS DU CIRCUIT CARBURANT

III.3.1.3.1- POMPE HAUTE PRESSION

La pompe HP est entraînée par le boîtier des accessoires. Elle se compose de deux étages :

Le premier étage constitué par un rouet centrifuge assure le gavage du deuxième étage afin d'atténuer les phénomènes de cavitation.

Un filtre inter étage protège le second étage. Il est accessible à la partie inférieure de la pompe. En cas de colmatage, un clapet by pass incorpore court-circuite ce filtre, si la perte de charge atteint 4 PSI.

Le second étage de la pompe est de type « à engrenage », à son régime maximum, le débit de la pompe HP est d'environ 73 gallons US au maximum.

Un clapet de surpression s'ouvre vers le circuit inter étages lorsque la pression dépasse 1350 PSI.

Dans tous les cas de fonctionnement le débit de la pompe est supérieur aux besoins du réacteur. L'excédant de carburant est renvoyé par le régulateur carburant (MEC), dans le circuit inter-étage, en amont du filtre.

Sur le carter de la pompe HP sont fixés les trois équipements suivants :

- L'échangeur thermique principal carburant/huile réacteur
- Le filtre principal
- Le régulateur carburant (MEC)

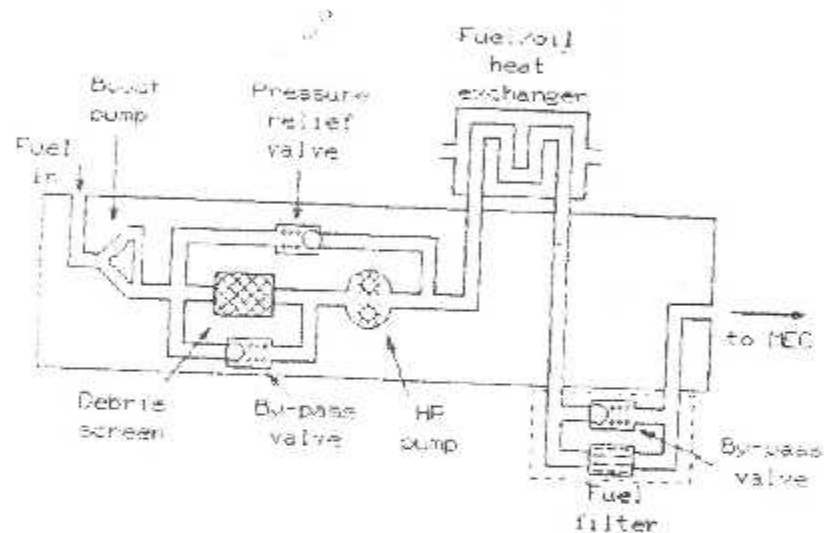


Figure (III-02) : POMPE CARBURANT

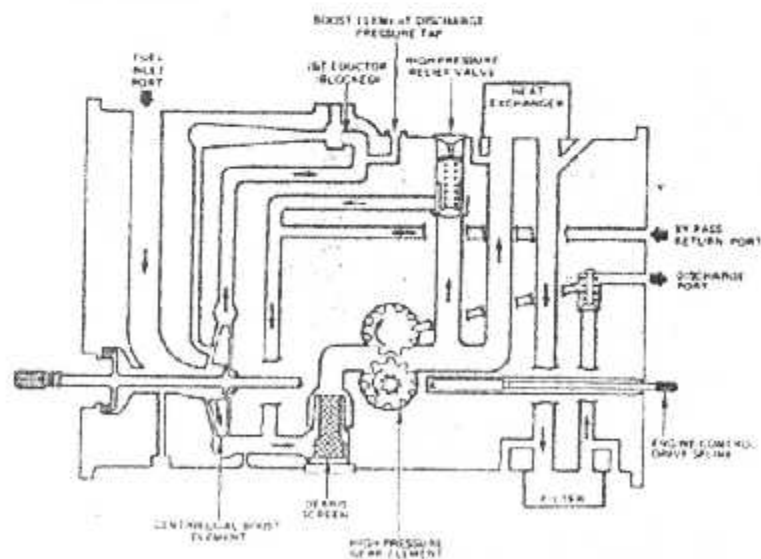


Figure (III-03) : POMPE CARBURANT HAUTE PRESSION

III.3.1.3.2- CONTROLE DE LA PRESSION CARBURANT

Un transmetteur de pression carburant enregistre la pression inter-étage. Cette pression est indiquée par le système ECAM en bas à droite de l'« engine page ». Cette pression varie en fonction de la pression des pompes BP des réservoirs, de l'état de premier étage de la pompe HP et du régime réacteur.

III.3.1.3.3- ÉCHANGEUR THERMIQUE PRINCIPAL CARBURANT/HUILE REACTEUR

L'échangeur thermique principal assure seul, en permanence, la protection anti-givrage du carburant. L'apport de calories est réalisé par le circuit de lubrification réacteur. Il n'existe aucun clapet by-pass sur le circuit carburant de l'échangeur.

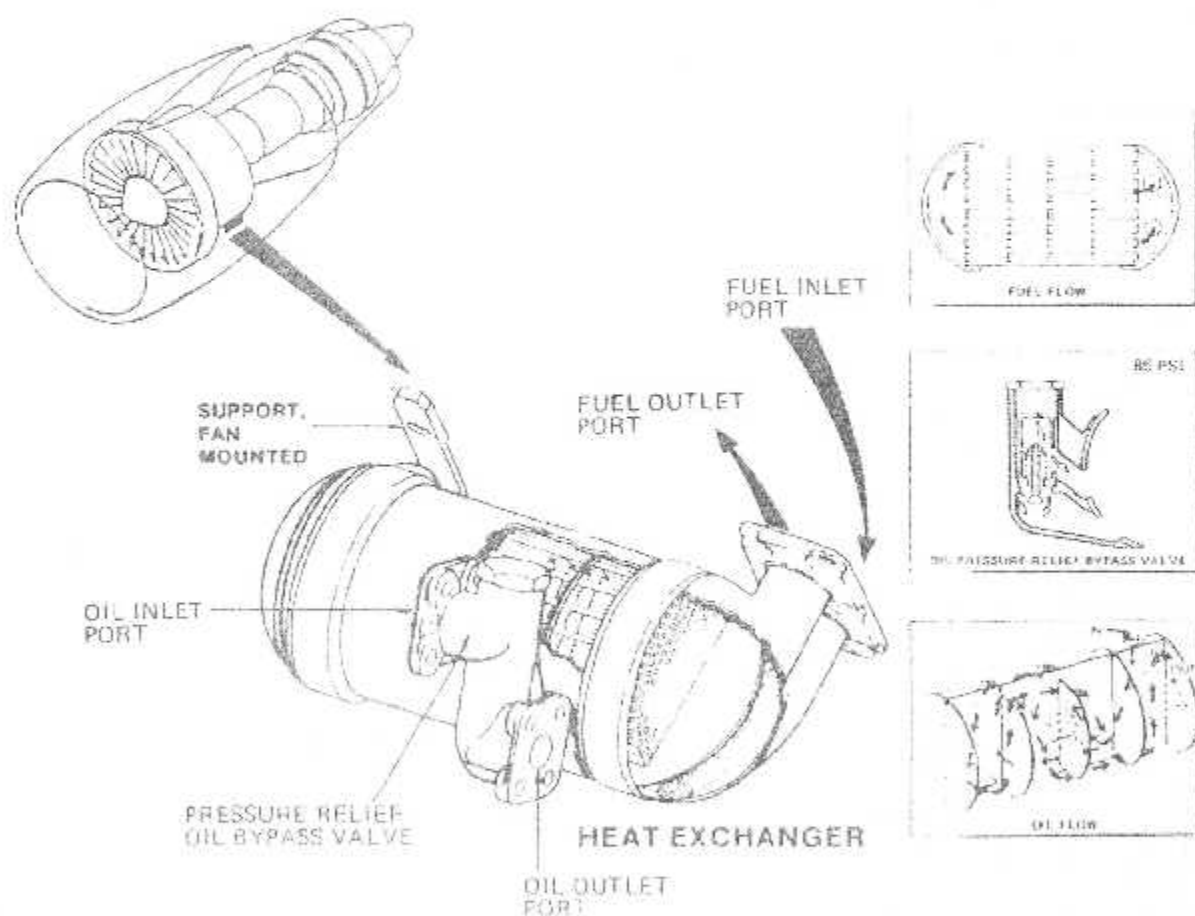


Figure (III-04) : ECHANGEUR THERMIQUE PRINCIPAL CARBURANT/HUILE REACTEUR

III.3.1.3.4 - FILTRE PRINCIPAL CARBURANT

La cartouche filtrante assure l'arrêt de toutes impuretés supérieures à 10 microns. Il est facilement accessible à la partie inférieure du réacteur.
Un bouchon permet la vidange du filtre avant démontage.

A- DETECTION COLMATAGE

Un mano contact à pression différentielle est monté sur le côté gauche du carter de fan. En cas de colmatage, lorsque la perte de charge au travers du filtre atteint 23 PSI, le mano contact transmet un signal vers le système ECAM. Il entraîne :

- ❖ Le retentissement d'un gong monocoup
- ❖ L'allumage du voyant « *ENG* » au panneau central pilotes.
- ❖ L'allumage du voyant ambre « *FUEL CLOG* »

B-CIRCUIT BY-PASS DU FILTRE

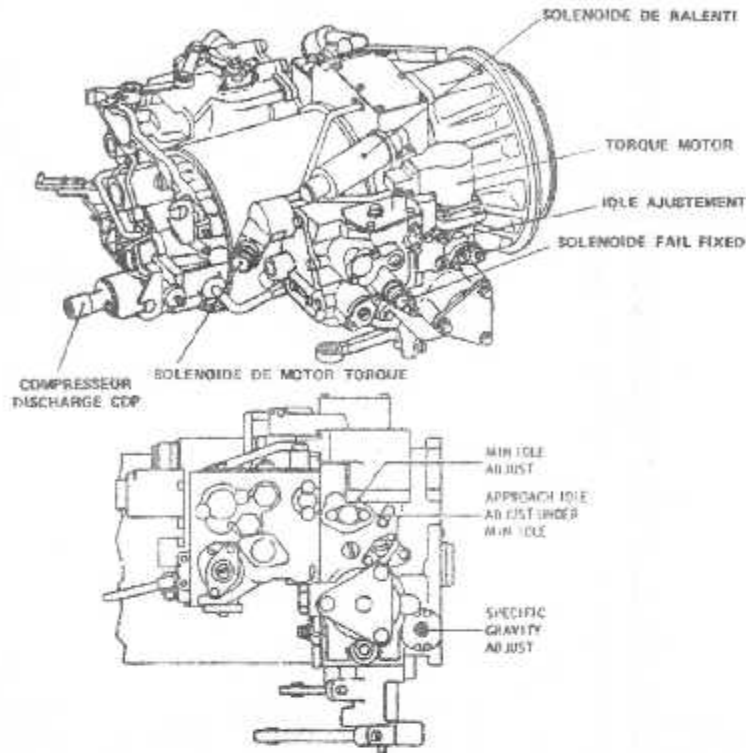
Si la perte de charge dépasse 35 ± 5 PSI un clapet by-pass s'ouvre et permet la libre circulation du carburant vers le MEC, sans filtrage.

Le clapet by-pass est constitué par une rondelle conique en acier. Après disparition de l'anomalie ($\Delta P < 35$ PSI), elle reprend sa position initiale.

III.3.1.3.5- REGULATEUR PRINCIPAL CARBURANT MEC

Le circuit d'alimentation du MEC comprend :

- ❖ Un Ensemble de régulation des servo-pressions
- ❖ Un Doseur
- ❖ Un Régulateur de ΔP
- ❖ Une Vanne haute pression carburant
- ❖ Une Vanne de mise en pression et drainage



Figure(III-05) : REGULATEUR PRINCIPAL CARBURA

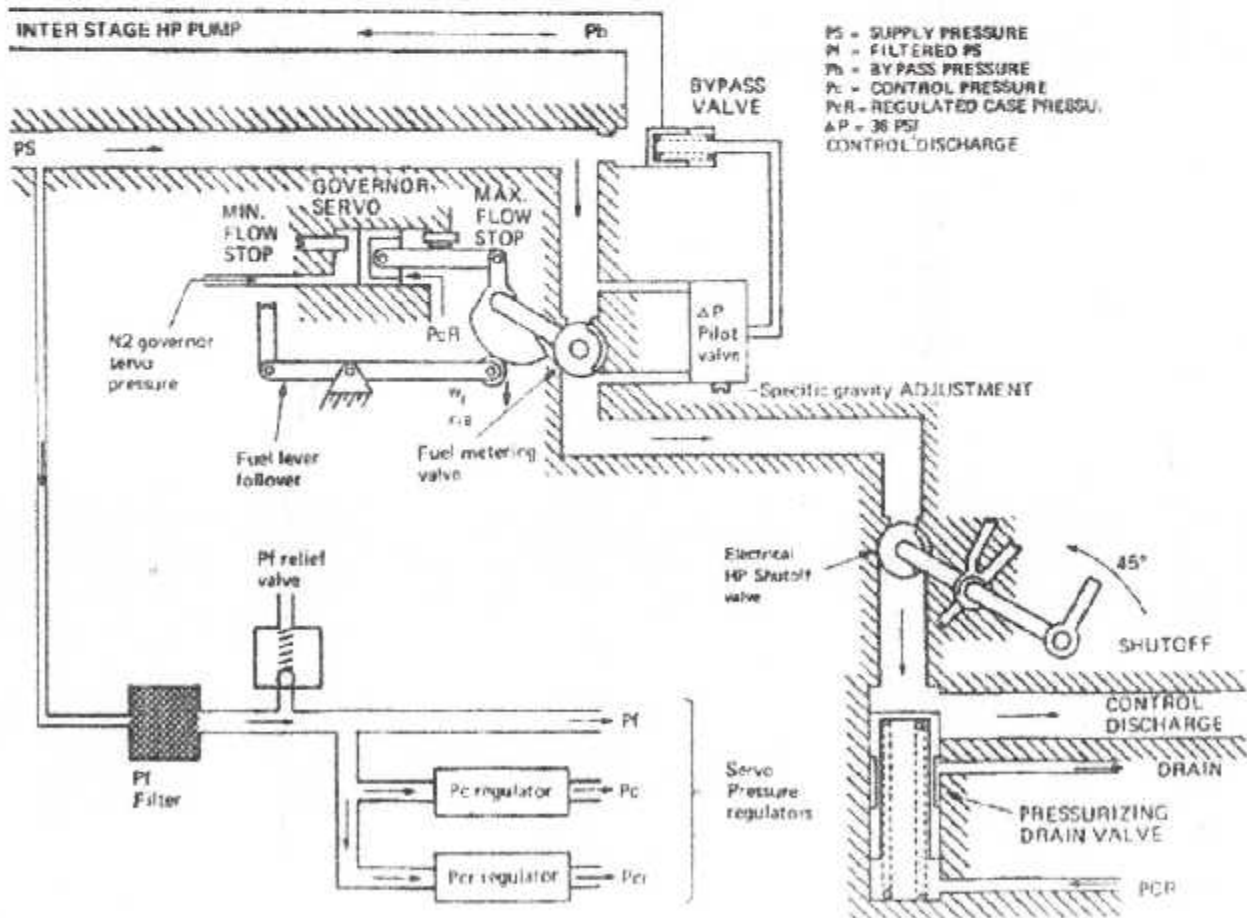


Figure (III-06) : ALIMENTATION CARBURANT REGULATEUR PRINCIPAL (MEC)

A- ENSEMBLE DE REGULATION DES SERVO - PRESSIONS

Le régulateur principal carburant est de type « hydromécanique ». Le fluide utilisé pour assurer le fonctionnement du MEC et de ses équipements de contrôle et régulation, est le carburant.

Diverses servo-pression carburant régulées sont nécessaires pour le fonctionnement des servo mécanismes.

SERVO-PRESSIONS

Un piquage de carburant est effectuée sur la canalisation du MEC (PS supply) pour alimenter les différents régulateurs de servo pressions PF, PC et PCR.

❖ PRESSION PF

Son circuit comporte un filtre très fin et un clapet de surpression qui protège les servo mécanismes. La pression est égale à la pression d'alimentation PS (de 200 à 1200 PSI). Ce circuit alimente les deux autres régulateurs de servo-pressions et le régulateur des dispositifs anti-pompage.

❖ PRESSION PC

Cette pression est réglée e à un niveau égal à la pression inter étage $P_b + 220$ PSI- ce circuit constitue la source d'énergie hydraulique utilisée pour faire fonctionner les servo mécanismes du MEC

❖ PRESSION PCR

Cette pression est réglée à un niveau égal à la pression inter étage $P_b + 115$ PSI- ce circuit constitue une pression relative d'équilibrage à l'intérieur du carter du MEC pour les différents servo mécanismes. Il assure aussi la lubrification et l'étanchéité de l'ensemble.

B- LE DOSEUR

Le doseur est une vanne à commande hydraulique. Elle assure le calibrage du débit carburant vers les injecteurs. En faisant varier le dosage ai /carburant, cette vanne permet la sélection et la régulation du régime N2 de l'ensemble générateur de gaz est de 249 kg/H et son débit maximum est de 9525 kg/g

❖ COMMANDE DU DEBIT CARBURANT

Un régulateur centrifuge N2 commande le doseur par l'intermédiaire d'une servo pression (N2 governor servo pressure). La position du vérin du doseur est déterminée par l'équilibre entre cette servo pression et la PCR. En absence de pression, aucun ressort ne positionne le doseur.

C- REGULATEUR DE ΔP

Son but est d'obtenir un débit de carburant proportionnel à la section de passage du doseur. Pour cela, il règle à une à une valeur constante, quel que soit le régime, la différence entre la pression amont et la pression aval du doseur. La ΔP est d'environ 36 PSI.

Comme le débit de la pompe HP est toujours plus élevé que les besoins du réacteur, lorsque que la ΔP atteint sa valeur maxi, le régulateur de ΔP commande l'ouverture de la by valve, qui renvoi l'excédent de pétrole dans le circuit inter étage (Pb=By-pass pressure).

Un dispositif de réglage (correcteur de densité) permet d'adapter la valeur de la ΔP en fonction de la nature du carburant utilisé et de sa masse volumique (*specific gravity adjustment*).

D- VANNE HB CARBURANT

La vanne HB carburant est incorporée au MEC et possède 2 positions :

- ❖ pleine ouverture
- ❖ fermeture complète

Elle est utilisée pour la mise en route et l'arrêt du réacteur

La vanne HP est manœuvré par un vérin électrique monté sur le coté gauche de fan. Sa commande se trouve en arrière des manettes de poussée réacteur. Un voyant rouge ENG 1 ou 2 est intégré à la commande HP.

Lorsque la commande est sur « ON », la vanne HP carburant est ouverte, le circuit d'allumage peut être activé et, en cas de détection feu réacteur, le voyant rouge ENG 1/ ou 2, s'allume.

Lorsque la commande est sur « off », la vanne carburant est fermée, le circuit d'allumage et le voyant feu sont désactivés

E- VANNE DE MISE EN PRESSION ET DRAINAGE

Cette vanne est placée entre le MEC et les injecteurs de carburant.

- Lors de la mise en route du réacteur elle n'autorise le passage du carburant vers les injecteurs que lorsque valeur normale. Pour cela, un ressort associé à l'action de la PCR, maintient la vanne fermée tant que la pression délivrée par la pompe HP n'atteint pas 240 à 300 PSI. Ce délai permet un fonctionnement optimum la régulation dès le début de l'injection carburant.
- Lors de l'arrêt du réacteur, la fermeture de la vanne HP carburant entraîne, d'une part, la chute de la pression d'injection, (control dis charge), d'autre part, l'ouverture de la by-pass valve du régulateur de ΔP doseur. Le ressort de la vanne de mise en pression repousse alors le tiroir, et permet le drainage de la rampe d'injection carburant vers le circuit extérieur d'évacuation (mat de drainage nacelle GTR).

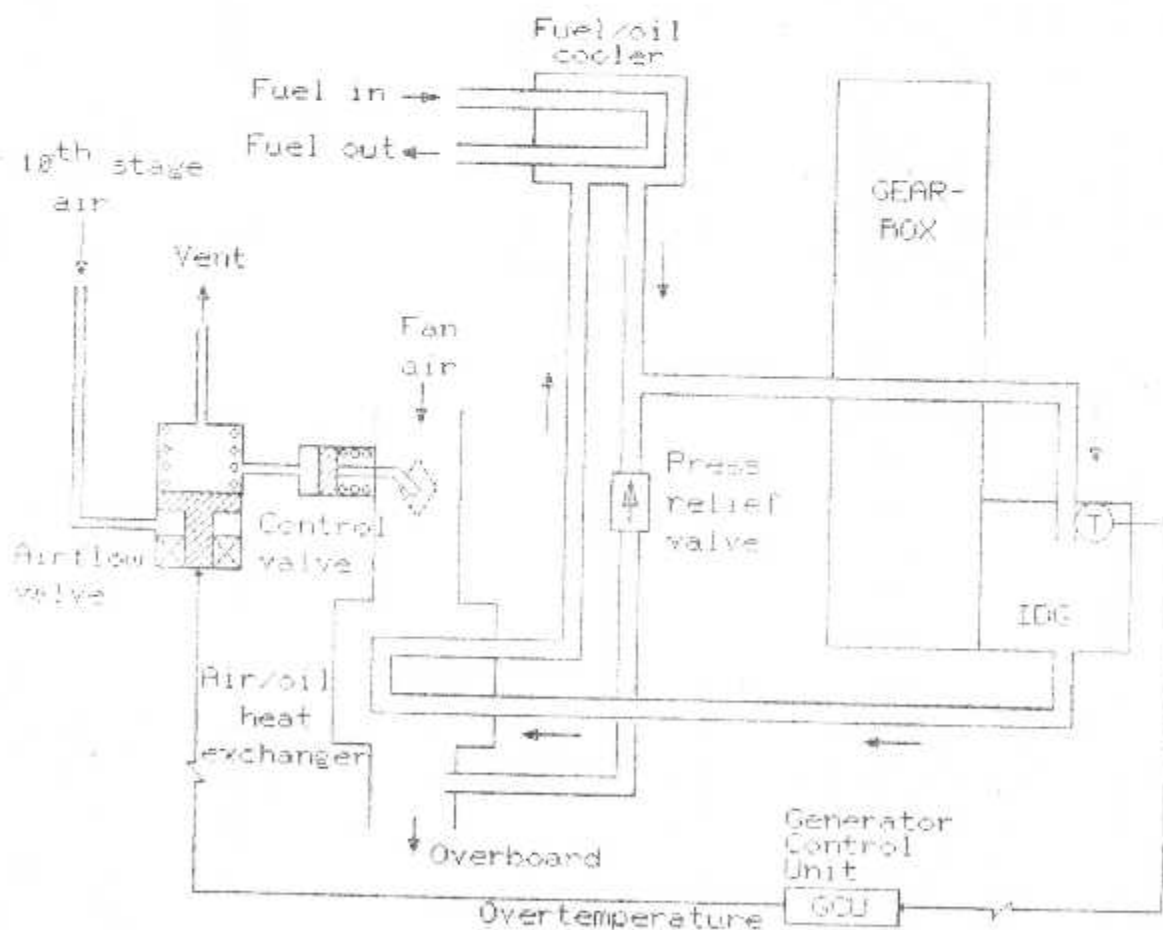
La quantité de carburant drainée est relativement faible compte tenu de la présence de clapets de contrôle sur les injecteurs à double débit.

F- ECHANGEUR THERMIQUE SECONDAIRE CARBURANT/HUILE IDG

Cet échangeur thermique a pour but de refroidir en permanence l'huile du circuit de lubrification de l'IDG.

Il est monté en arrière gauche, du boîtier des accessoires. C'est donc le carburant dosé qui apporte un abaissement de température à l'huile de l'IDG.

Un second échangeur thermique secondaire huile IDG/air, à fonctionnement intermittent, contribue également au refroidissement de l'huile de l'IDG.



Figure(III-07) :ECHANGEUR THERMIQUE CARBURANT /HUILE IDG

G- CONTROLE DU DEBIT CARBURANT

Le transmetteur enregistre le débit massique du carburant dosé lors de son transit vers la rampe d'injection. Ce transmetteur est monté en arrière de la boîte d'accessoire en position 7h et envoie un signal analogique à un indicateur double au panneau central pilotes. Cet instrument comporte :

- a) A sa partie supérieure, un indicateur de débit instantané repéré « FF » (*Fuel flow*). Il est gradué en Kg X 1000.
- b) A sa partie inférieure un compteur digital qui constitue le totalisateur de consommation, repéré « FU » (*Fuel used*). Il utilise les mêmes unités que l'indicateur de débit instantané.

Les indications du totalisateur de consommation sont automatiquement remises à 0 lorsque au sol, on enfonce le bouton poussoir de démarrage réacteur.

Le débit maximum de carburant admissible est de 12 475 Kg/heure.

H- RAMPE D'INJECTION CARBURANT ET INJECTEURS

➤ RAMPE D'INJECTION

Le carburant est acheminé vers les injecteurs par une seule rampe, constituée de deux demi-anneaux.

Ils sont fixés à la périphérie du carter diffuseur réacteur. La rampe alimente les 30 injecteurs par l'intermédiaire de 10 collecteurs triples (tribune).

La rame d'injection, les collecteurs triples, ainsi que toutes les tuyauteries carburant qui cheminent autour du générateur de gaz, sont munis d'une gaine métallique d'étanchéité.

L'espace compris entre la canalisation carburant et la gaine d'étanchéité est en communication avec le mat de drainage extérieur.

Cette disposition évite tous risques d'incendie, en cas de fuite carburant, au voisinage du générateur de gaz.

➤ INJECTEURS CARBURANT

Chaque injecteur peut assurer un débit maximum de 326 Kg/heure. Afin d'éviter tous problèmes d'étanchéité, les parties principales du corps de l'injecteur sont soudées. Une protection thermique isole le tuer sont soudées.

Une protection thermique isole le corps de l'injecteurs à tous les régimes, notamment à faible débit, et de 9 injecteurs à simple débit. Leur répartition est représentée en page 115.

➤ INJECTEURS A DOUBLE DEBIT

Ce type d'injecteur est muni d'un clapet de control qui se ferme lorsque la pression carburant est inférieure à 10 PSI. Le rôle de ce clapet est de diminuer la quantité de pétrole drainé lors de l'arrêt du réacteur.

Lors du démarrage réacteur, le carburant traverse le clapet de contrôle des son ouverture et circuit librement par le circuit primaire vers le petit orifice central de l'injecteur.

Lorsque le débit carburant augmente et atteint 34 Kg/H, la pression dépasse alors sensiblement 190 PSI, le clapet sélecteur (flow divider valve) s'ouvre et autorise le passage du carburant vers le circuit secondaire , puis l'orifice circulaire de l'injecter.

Ce débit correspond approximativement à la valeur supérieure de débit, les 2 circuits débitent simultanément.

➤ INJECTEUR A SIMPLE DEBIT

Ces injecteurs ne comportent pas de clapet de contrôle ni de circuit primaire. Ils sont repérés par une bague anodisée de couleur verte.

Ces injecteurs ne fonctionnent pas à faible débit. Le clapet sélecteur (FLOW DIVIDER VALVE) ne s'ouvre que lorsque la pression d'injection carburant atteint 190 PSI, c'est à dire pour égal ou supérieur au ralenti minimum.

L'embout d'injection des deux types d'injecteurs comporte une bague d'extrémité (*air shroud*) qui crée une circulation d'air autour du cône de pulvérisation afin de favoriser la vaporisation afin de favoriser la vaporisation du carburant.

III.3.2- REGULATION DE DEBIT CARBURANT

III.3.2.1- PRINCIPE

Le vérin du doseur carburant (governor servo) est commandé hydraulique ment par un régulateur centrifuge.

Ce régulateur est entraîné l'attelage HP, il est donc asservi au régime N2.

En régime stabilisé, si aucun changement n'intervient sur le tarage du régulateur centrifuge, le régime N2 reste constant.

Le débit carburant calibré par le doseur détermine le niveau d'énergie développé par le générateur de gaz. Cette énergie est utilisée assurer :

- ❖ L'entraînement des compresseurs et des accessoires.
- ❖ La génération du flux primaire (23% de la poussée totale réacteur).
- ❖ L'entraînement du fan et la génération du flux secondaire (77% de la poussée totale).

Il suffit donc de modifier le tarage du régulateur centrifuge pour faire varier le niveau d'énergie développée par le générateur de gaz et, ainsi, sélectionner le NI correspondant à la poussée nécessaire calculée.

Le tarage de ce ressort est assuré mécaniquement par la manette de poussée.

Par ailleurs, l'évolution du niveau de poussée est soumise à certaines limitations, et les impératifs de gestion du vol nécessitent l'utilisation de programmes complexes pour conduire le réacteur aux régimes optime.

Pour tenir compte de ces conditions, le PMC et certains équipements du MEC, ont la possibilité de modifier le tarage du ressort du régulateur N2, donc le régime N2 ; sa déplacer la manette de poussée.

III.3.2.2- FONCTIONS PRINCIPALES DU MEC

- ❖ Sélection de la poussée en fonction :
 - De la position manette
 - Du signal PMC de limitation
- ❖ Régulation du régime N
- ❖ Contrôle des accélérations et décélération.

III.3.2.3- FONCTIONS AUXILIAIRES DU MEC

- limitation de la pression inter-reacteur
- limitation de la vitesse de rotation N2 maxi
- sélection de régime N2 de ralenti minimum
- Correction de régime N2 de ralenti d'approche en fonction de la température T2 et de l'altitude.
- En cas de panne du PMC
 - blocage du signal PMC de limitation N2 en attente d'une sélection manuelle de la poussée
 - correction des régimes N2 à poussée normale d'utilisation en fonction de T2 et altitude
- Transmission de la position doseur vers le PMC. (*Metering valve position transducer*)

III.3.2.4 - CALCULATEUR DE POUSSEE MOTEUR (PMC)

III.3.2.4.1- FONCTION PRINCIPALE

Le PMC est un calculateur digital électronique qui permet d'ajuster finement le débit carburant, par action d'un moteur couple sur le robinet doseur en lime tant le régime N2, afin d'obtenir le niveau de poussée optimum en fonction :

- ❖ De la phase de vol programmée (*TTC Thrust Control Computer*)
- ❖ Des conditions du vol. (*ADC air data computer*)
- ❖ De la position manette
- ❖ Des limitations réacteur

III.3.2.4.2- FONCTION AUXILIAIRE

- ❖ Emission d'un signal « FAIL. FIXED », afin d'amener ou de maintenir suivant le cas, la limitation du régime N2 à sa valeur la plus basse, quelle que soit la position de la manette.

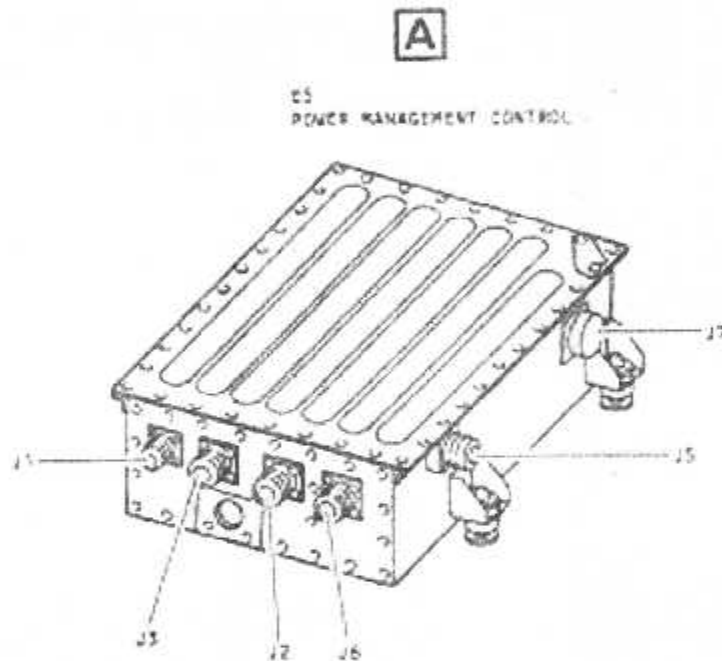
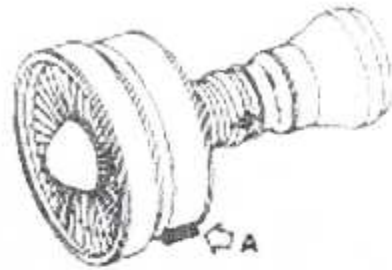


Figure (III-08) : CALCULATEUR DE POUSSEE MOTEUR (PMC)

A- REGULATION DU REGIME N2

Lorsque aucune action extérieure n'entraîne de variation du tarage du régulateur centrifuge le régime N2 reste constant.

B- LIMITATION DE LA POUSSEE

En fonctionnement normal, le PMC est activé lorsque le contacteur « ENG TRIM » n'est pas renforcée que les voyants « FAULT3 » et « OFF » sont éteints.

Le signal électrique émis par le PMC a pour but de limiter la poussée, donc le régime N1, à sa valeur optimum. Ce signal commande le moteur couple du MEC auquel est asservi un vérin hydraulique. Ce vérin limite le tarage du régulateur N2. le niveau d'énergie développé par

l'ensemble HP diminue et interdit tout dépassement du régime N1 optimum (N1 commandé). Cette limitation (TRIM) peut atteindre au maximum 5% du régime N1 de décollage.

III.3.2.5.3- CONTROLEUR DES ACCELERATIONS ET DECELERATIONS

L'ensemble du dispositif a pour but :

- Le contrôle du dosage carburant/air durant les régimes transitoires.
- La limitation de la pression interne P3 (*CDP compressor discharge pressure*).
- Une protection en cas de survitesse N2 importante.

Le programme de fonctionnement du contrôleur est défini en fonction de 4 paramètres principaux :

A- DEBIT CARBURANT

Matérialisé par came et un levier suiveur de position doseur. (Fuel lever follower).

B- P3 OU CDP

Un transmetteur hydromécanique positionne une came qui représente le signal de pression interne réacteur.

C- TEMPERATURE D'ENTREE D'AIR DU COMPRESSEUR HAUTE PRESSION

(T2,5 ou CIT). La sonde hydraulique déplace axialement une came à 3 dimensions (3D) en fonction de l'évolution de température d'entrée.

D-REGIME N2

Un régulateur centrifuge déplace angulairement la came 3D au fur et à mesure de l'évolution du N2.

➤ Fonctionnement

Les différents composants du contrôleur d'accélération commandent un tiroir limiteur. (LIMIT PILOT VALVE). Les déplacements axiaux limiteurs ci entraînent des variations de débit des circuits PC et Pb du régulateur N2. Ces variations de débit ont pour conséquence une influence sur la vitesse de déplacement doseur, donc sur les temps d'accélération et décélération du réacteur.

A-DEBUT D'ACCELERATION

Le régulateur N2 commande une ouverture du doseur. La P3 est faible. La pilote valve du contrôleur limite la servo-pression de commande du doseur afin d'éviter l'augmentation rapide du débit d'air compresseur n'est pas suffisant.

B- AUGMENTATION DE PRESSION P3

La pression P3 augmente. La came CDP entraîne une augmentation de la servo-pression doseur. Le débit carburant augmente progressivement sans entraîner de surchauffe.

D- AUGMENTATION DU REGIME N2

Le régulateur centrifuge entraîne en rotation de la came 3D dont le défilement du profil entraîne une réduction de la servo-pression doseur et, en conséquence, une augmentation du temps d'accélération ainsi qu'une limitation de température devant turbine en régime transitoire.

E- AUGMENTATION DE TEMPERATURE T2,5

La came 3D se déplace axialement vers la gauche. De par sa conicité, elle entraîne une réduction de la servo-pression doseur et, en conséquence, une augmentation du temps d'accélération ainsi qu'une limitation de température devant turbine en régime transitoire.

F- LIMITATION PRESSION INTERNE

Le profil de la came CDP entraîne une réduction du débit carburant lorsque la P3 atteint 445 PSI.

G- PROTECTION EN CAS DE SURVITESSE IMPORTANTE

En cas de dépassement important ($N2 > 112,2\%$), le régulateur centrifuge du contrôleur d'accélération commande une augmentation de la section de passage de by-pass valve. La ΔP doseur diminue et le débit carburant chute.

H- FONCTIONNEMENT EN DECELERATION

Le contrôleur règle le dosage carburant/air de façon à éviter tous risques d'extinction consécutive à un dosage pauvre. Les éléments de régulation sont identiques à ceux de la phase accélération.

III.3.2.5.4 - CALCULATEUR DE POUSSEE MOTEUR (PMC)

Le boîtier du PMC est installé sur le carter de sortie du fan en position 2h. Il est supporté par des amortisseurs de vibrations. Il est alimenté électriquement par l'alternateur de contrôle N2. Il comporte un circuit de ventilation.

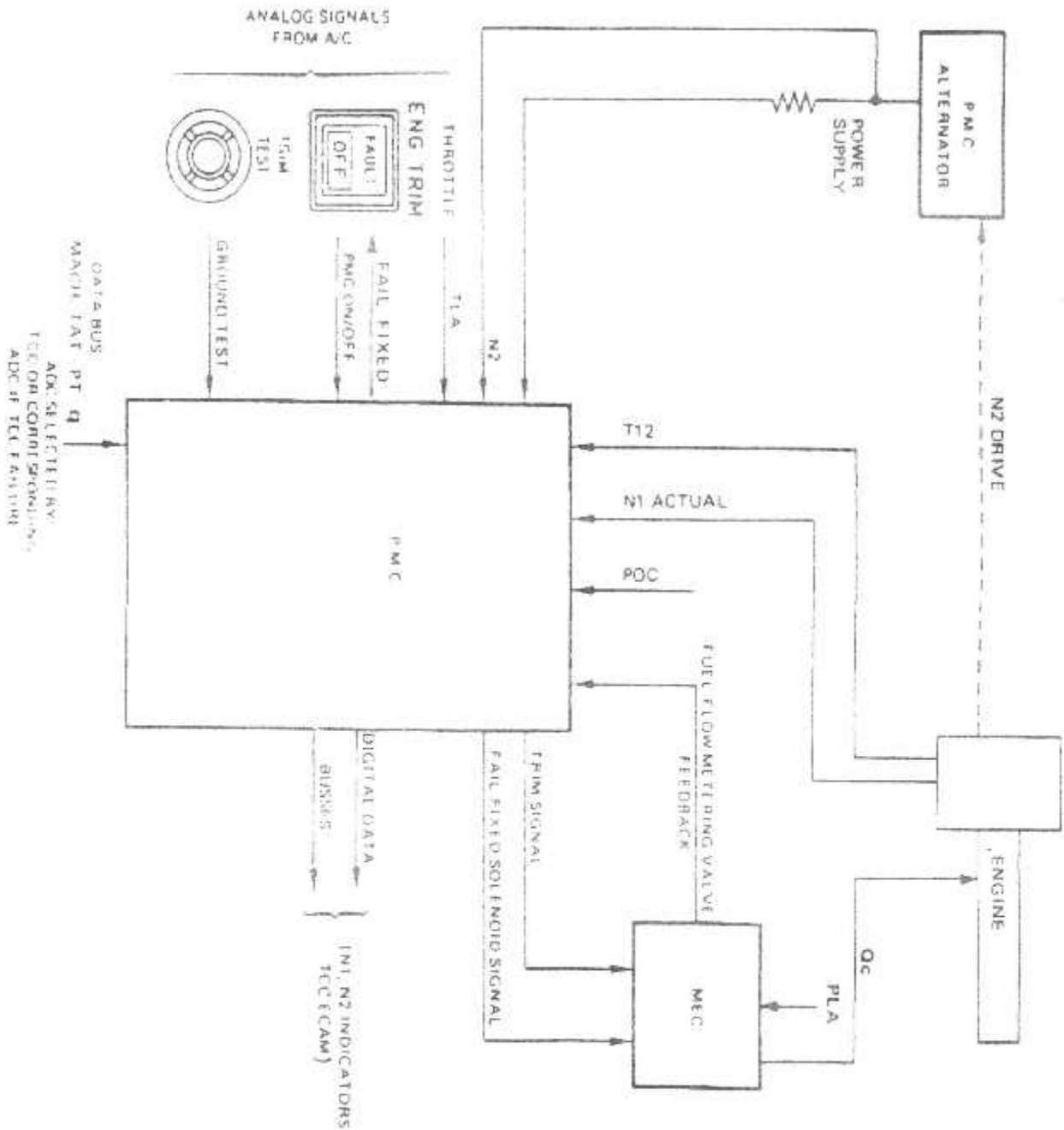


Figure (III-09) : SCHEMA DE CALCULATEUR DE POUSSEE MOTEUR (PMC)

A- FONCTIONNEMENT NORMAL DU PMC

Un écran TRP (thrust rating panel) au panneau central pilotes, permet la sélection du mode de fonctionnement réacteur correspondant à la phase de vol programmé.

- GA-TO.....Décollage ou remise de poussée
- MCT.....Régime maxi continu
- CL.....Régime de montée
- CR.....Régime de croisière.
- FLEX TO.....Décollage à poussée réduite

Le signal de sélection de mode est transmis au calculateur de commande de la poussée (TTC thrust control computer). Ce calculateur de commande fait partie des systèmes automatiques de vol. Le TTC comporte entre autres deux calculateurs :

- a) Le calculateur de « N1 limit » qui tient compte aussi de la position des vannes de prélèvement d'air.
- b) Le calculateur auto manette qui détermine la position de la manette de poussée.

C'est le TTC qui transmet la valeur du régime « N1 limit », d'une part, à l'écran « THR LIMIT » du TRP pour affichage, d'autre part, à l'indicateur N1, pour positionnement de l'index triangulaire de N1 limit.

Pour élaborer le régime N1 optimum (N1 commandé), le PMC utilise les informations suivantes :

- Position manette (TLA)
- Mach PO et TAT
- Données mémorisées concernant le programme de fonctionnement réacteur afin de faciliter l'affichage de la poussée, réduire le régime N1 ? CONSERVER LES MARGES DE S2CURIT2 EGT et éviter les surchauffes.

Le signal « N1 commandé » est transmis :

- A l'indicateur de N1 pour positionnement de l'aiguille de N1 commandé.
- Au calculateur auto manette du TCC, à titre de retour d'asservissement (position manette).
- Au calculateur de limitation de poussée.

B- MODE D'ACTION DU PMC

Le calculateur de limitation de poussée (ou de régime N1), compare le N1 commandé avec le signal N1 réel et élabore le signal de limitation. Il transmet ce dernier signal au moteur couple du MEC qui limite le régime N2 pour obtenir un N1 réel égal au N1 commande.

Durant les phases de transition, les aiguille « N1 commandé » et N1 réel sont décalées sur l'indicateur N1.

Lorsque le régime N1 réel aura atteint le N1 commandé, les 2 aiguilles seront superposées.

Le PMC ne tient pas compte des prélèvements air dans son calcul de N1 commandé.

C- ANOMALIES DE FONCTIONNEMENT DU PMC

Le PMC peut détecter 80% des pannes de fonctionnement du système de limitation de poussée réacteur

Dans ce cas, il émet un signal de blocage du signal de limitation « FAIL FIXED » qui entraîne :

- ❖ L'alimentation du solénoïde de blocage du signal de limitation sur le MEC.
- ❖ L'activation des alarmes.
 - « eng trim fault » et « engine » allumé
 - Gong moco coup

À l'issue de la manœuvre du contacteur « ENG TRIM FAULT » l'alimentation électrique du moteur couple et du solénoïde de blocage est coupée. Le PMC est désactivé. Le voyant blanc « ENG TRIM OFF » est allumé.

D- TEST DU PMC

Le PMC peut être testé au sol, réacteur à l'arrêt. Lors du test, le PMC est alimenté en 115 V, 400Hz par l'intermédiaire du bouton poussoir TRIM TEST situé au panneau de maintenance. Il génère son propre signal NI fonction du déplacement des manettes de poussée.

Le test devra être effectué TCC et ADC sur « ON ». Dans le cas contraire, le PMC recevra l'information TAT de la sonde T12. Cette information peut être faussée par une exposition au un GTR encore chaude.

III.4 DESCRIPTION DU SYSTEME CARBURANT DU MOTEUR CFM56-7B

III.4.1- DESCRIPTION DU SYSTEME FADEC

III.4.1.1- INTRODUCTION

Le **FADEC** (*Full Authority Digital Electronic 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 des 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 de ses 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.4.1.2- AVANTAGE DE REGULATION NUMERIQUE

❖ 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 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 transmises 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 certaines pannes, et 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.

Figure (IV-01) : PRESENTATION DU SYSTEME FADEC

III.4.1.3- FONCTION DU FADEC

❖ 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.
- **FLXT/O** → poussée réduite au décollage.
- **IDLE** → le FADEC détermine un débit de carburant minimal suffisant pour assurer toutes les servitudes de bord (pressurisation, anti-givrage, ...)
- **MCT** → poussée maximale en continu.
- **MCL** → poussée maximale en montée.
- **REVERSE** → gestion de la poussée 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 du moteur, 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 (*Engin Warning Display*) et EICAS (*Engin Indication and Crew Alerting System*).

❖ **Contrôle moteur**

Le FADEC exécute les fonctions suivantes :

- Contrôle du débit de carburant (FMV).
- Contrôle de la valve de sélection injecteurs (BSV).
- Contrôle de la valve de retour carburant (FRV).
- Contrôle de la vanne de décharges (VBV).
- Contrôle des stators a 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 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 $N_2 > 15\%$ et au démarrage par le circuit d'avion.

III.4.2- UNITE ELECTRONIQUE DE CONTROLE MOTEUR (EEC)

L'unité électronique du contrôle moteur (EEC) est un calculateur numérique qui est fixé sur le carter de la soufflante position 4h00, il est comprend deux canaux A et B d'acquisition et de calcul, chaque canal peut contrôler les opérations du moteur, quand l'un est actif l'autre est en attente (mode de surveillance), ce canal exécute les même fonctions que celle du canal actif, il comprend plusieurs connexions pneumatiques et électriques.

Quinze (15) connecteurs électriques câblés sont localisés sur le panneau bas de L'ECU. Chaque connecteur à un modèle à clé unique qui n'accepte que le câble correspondant.

Le FEC comporte 15 prises électriques de j1 à j15 distinguées par leurs couleurs facilitant leur localisation dans le moteur. Il comporte aussi un orifice d'entrée et un orifice sortie relié par des collecteurs au revêtement extérieur du capot de l'entrée d'air, pour permettre à l'air externe de refroidir la partie interne de Le EEC

Le EEC assure les fonctions suivantes:

- Le contrôle de la poussée de moteur
- Le contrôle du débit à travers le compresseur
- Le refroidissement des carters turbine haute pression et basse pression.
- Assure l'interface moteur avion (ECAM,...).
- Détection des pannes.
- Le contrôle du circuit reverse.
- Le contrôle du circuit démarrage.

- Indication l'état du moteur.

III.4.2.1- ALIMENTATION ELECTRIQUE DU EEC

Le EEC est alimenté en 28 volts continue à partir du réseau quand le moteur ne tourne pas ou que sa vitesse est encore faible, au démarrage (N2 inférieur à 12%), et par son alternateur triphasé qui lui est propres dès que le moteur tourne à plus de 15% de N2 nominal. Au sol, 5 minute 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 les circuits d'allumage.

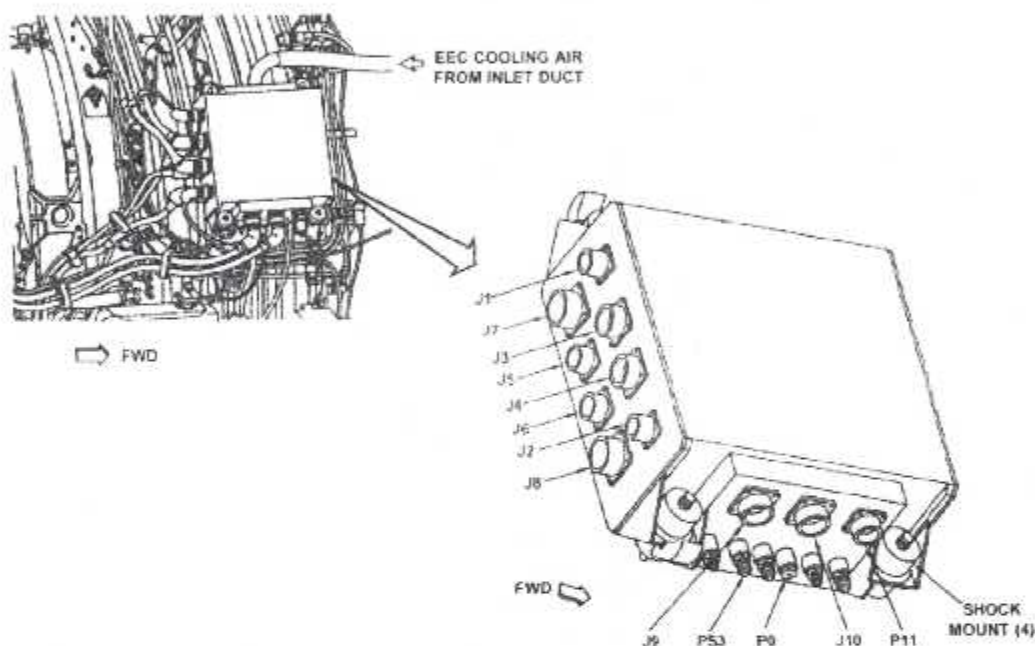


Figure (III-10) : UNITE ELECTRONIQUE DE CONTROLE MOTEUR (EEC)

III.4.3- UNITE HYDRAMECANIQUE (HMU)

Le moteur CFM56-7B est contrôlé par un système de régulation électronique numérique à pleine autorité (FADEC). Ce système est composé de ces deux parties principales :

- Une (01) prise électrique pour chaque canal (A et B) du EEC.
- Un (01) solénoïde du robinet carburant haute pression (HPSOV).
- Un (01) indicateur du robinet carburant haute pression (HPSOV).
- Un (01) drain.
- Un (01) bouchon de pression (PCR).
- Un (01) galet doseur (FMV).
- Un (01) robinet carburant haute pression (HPSOV)
- Une (01) by-pass commandée par une différence de pression
- Un gouverneur de survitesse mécanique (OSG).
- Six (06) électrohydrauliques servovannes (EHSV).
- Un (01) servo régulateur de pression.
- Un (01) solénoïde de la vanne de sélection d'injecteurs (BSV).
- Une (01) tuyauterie carburant.

- Le rôle du régulateur principal (HMU) carburant est :
- D'assurer le dosage du carburant a tous les régimes moteur.
- Convertir les signaux électriques en provenance de l'unité électronique de contrôle moteur (FEC) en agissant sur les electrohydrauliques servovannes (EHSV) afin de commander les servocommandes des :
- ❖ Galet doseur (FMV).
- ❖ Vannes de décharge (VBV).
- ❖ Stators a calage variable (VSV).
- ❖ Vanne de refroidissement carter turbine haute pression (HPTACC).
- ❖ Vanne de refroidissement carter turbine basse pression (LPTACC).
- ❖ Vanne de décharge transitoire (TBV).

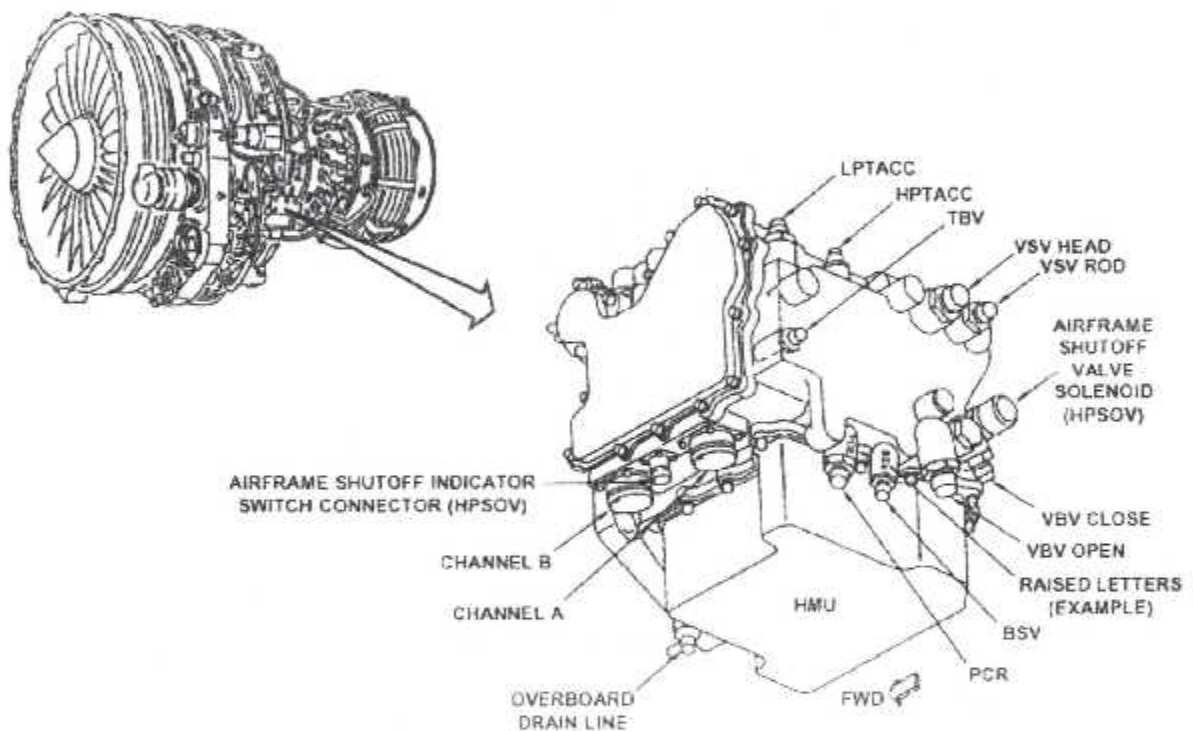


Figure (III-11) : UNITE HYDROMECHANIQUE

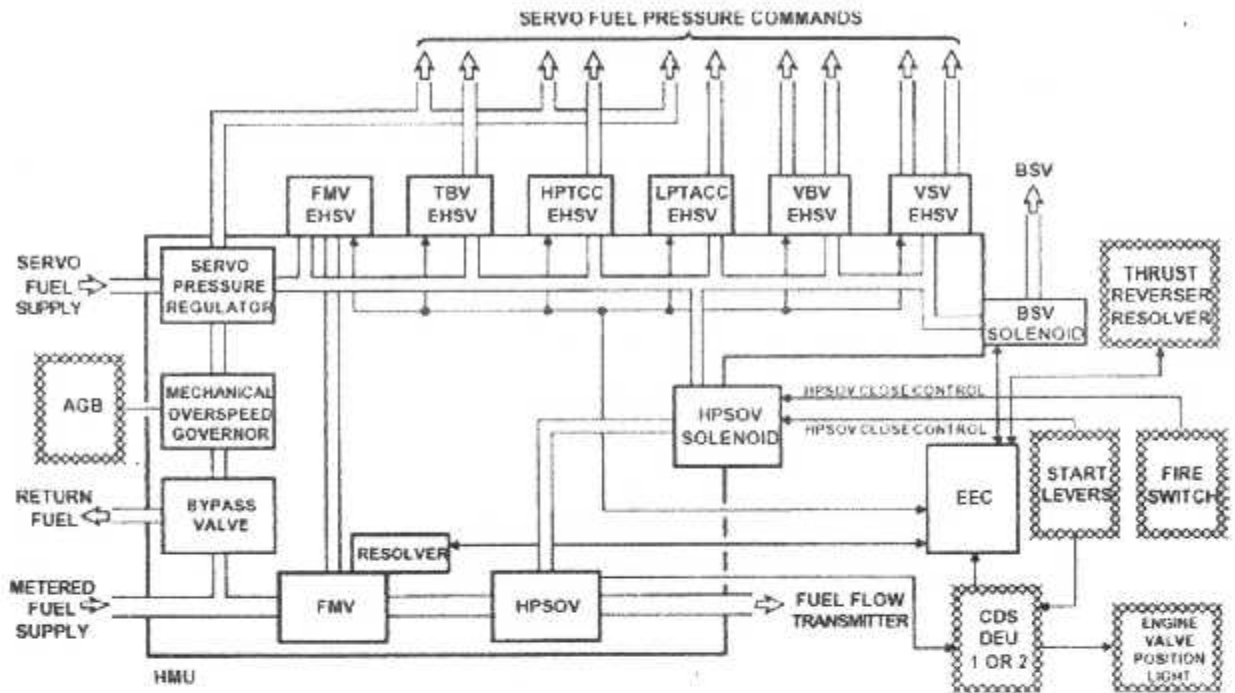


Figure (III-12) : ALIMENTATION DU CARBURANT AU HMU

III.4- DESCRIPTION DU SYSTEME CARBURANT

Le système de carburant permet de délivrer le débit de carburant correspondant au régime demandé et compatible avec les limites du moteur :

Le système du carburant comprend :

- Une pompe carburant à deux (02) étages avec les éléments basse pression et haute pression.
- Une unité hydromécanique (HMU).
- Un échangeur de chaleur huile/carburant.
- Un réchauffeur carburant pour les asservissements.
- Refroidisseur d'huile IDG.
- Un filtre de carburant.
- Une valve de retour carburant.
- Un transmetteur de débit carburant.
- 20 injecteurs du carburant à double cône.
- Une vanne de sélection injecteur BSV.

Le carburant fourni à partir des réservoirs de voilure passe par une pompe centrifuge (partie BP de la pompe), puis à travers l'échangeur de chaleur huile/carburant et une pompe de carburant volumétrique (partie HP de la pompe) et des filtres. Le carburant est délivré au HMU dans deux débits :

- ❖ Un débit principal est directement fourni à la section HMU, passe à travers le galet doseur (FMV) puis va au débitmètre et enfin aux injecteurs.

- ❖ L'autre part de débit de carburant passe à partir de réchauffeur carburant des asservissements puis il s'écoule au HMU pour élaborer les pressions d'asservissement nécessaires à tous les vérins de contrôle de jeu actif (RACC, HPTACC, LPTACC) et le contrôle de compresseur (VSV, VBV).

Le carburant qui n'a pas été envoyé aux injecteurs et celui qui revient des asservissements va au refroidisseur d'huile IDG. L'IDG est l'alternateur à vitesse constante qui fournit la puissance électrique au réseau avion. Puis ce carburant revient à la pompe BP ou vers le réservoir, si la vanne de retour carburant FRV est ouverte. En effet, l'ECU commande l'ouverture de cette vanne si la température de l'huile est élevée, dans ce cas on demandera à la pompe carburant un débit supérieur, et on renverra vers les réservoirs voilures par une conduite séparée, le carburant en excès servi à refroidir l'IDG et les asservissements.

III.4.4.1- RÔLE DU CIRCUITE CARBURANT

Le rôle de circuit carburant est d'assurer :

- L'alimentation des vingt (20) injecteurs de la chambre de combustion.
- L'alimentation de deux (02) vérins des stators à calage variable.
- L'alimentation de la vanne de refroidissement de carter turbine haute pression.
- L'alimentation de la vanne de refroidissement de carter turbine basse pression.
- L'alimentation de la vanne de décharge de transitoire.
- Refroidissement de l'huile de graissage du moteur.
- Refroidissement de l'huile de graissage de l'alternateur.

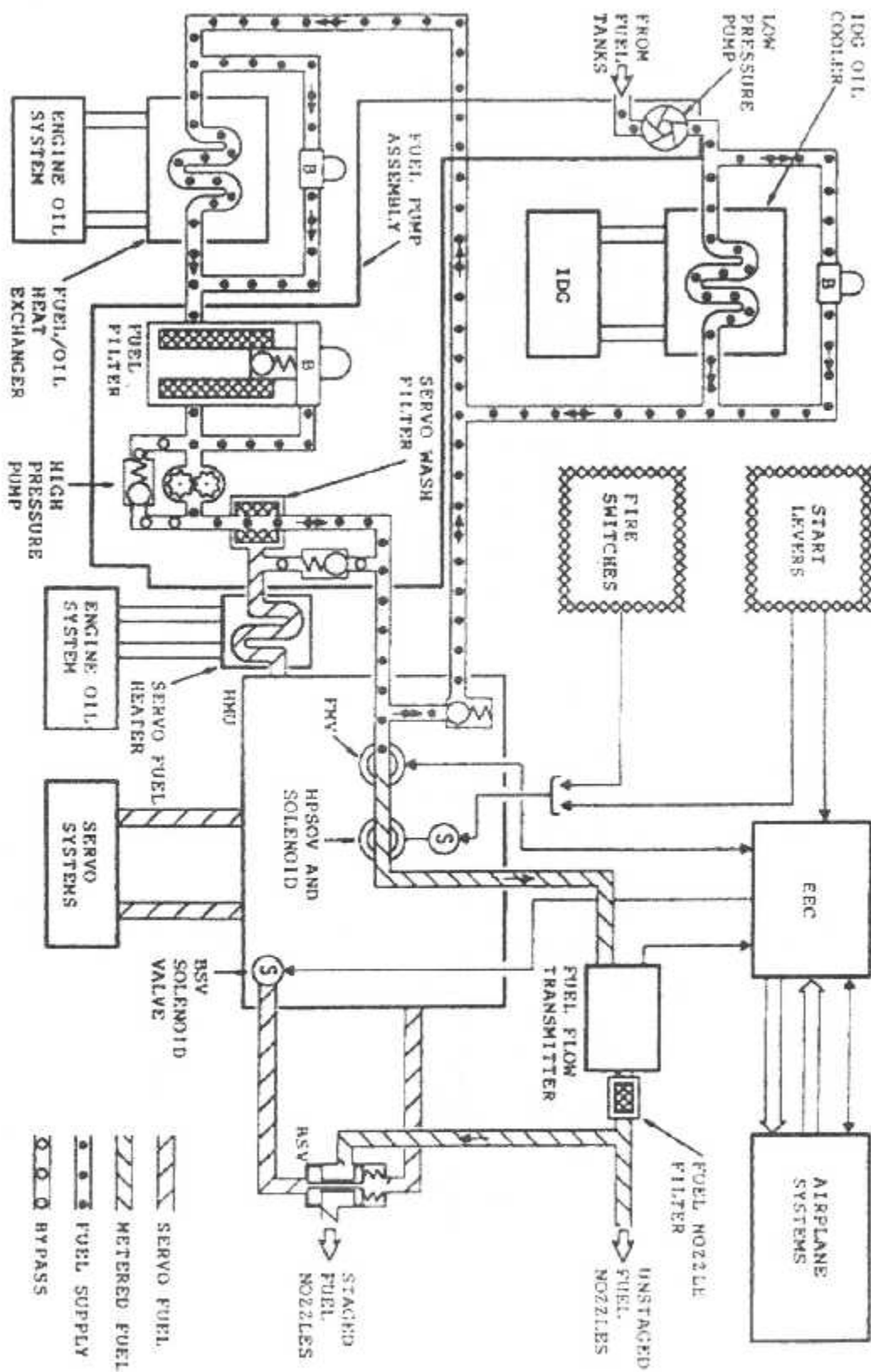


Figure (III-13) : DESCRIPTION DU CIRCUIT CARBURANT DU MOTEUR CFM56-7B

III.4.5- COMPOSITION DU CIRCUIT

III.4.5.1- LA POMPE CARBURANT

A- DESCRIPTION DE LA POMPE

La pompe carburant se compose de deux étages le 1^{er} étage pompe (centrifuge) est une pompe de gavage permettant l'alimentation du 2^{ème} étage pompe (à engrenages) afin d'éviter le phénomène de cavitation.

elle se compose aussi d'un filtre interétage équipé d'une by-pass tarée 4 PSI et d'un clapet de surpression qui a pour rôle d'éviter la détérioration de tout les composants en cas de surpression

B-LES CARACTÉRISTIQUES DE LA POMPE CARBURANT

- Elle est attachée avec une bride de fixation a la face arrière de la gear -box au coté gauche du châssis Fan avec un couple d'attache /détache rapide.
- Le poids : 22 kg
- Le débit Max : 257 L / min
- La pression Max de la pompe centrifuge : 125 PSI
- La pression Max de la pompe a engrenages : 1145 PSI

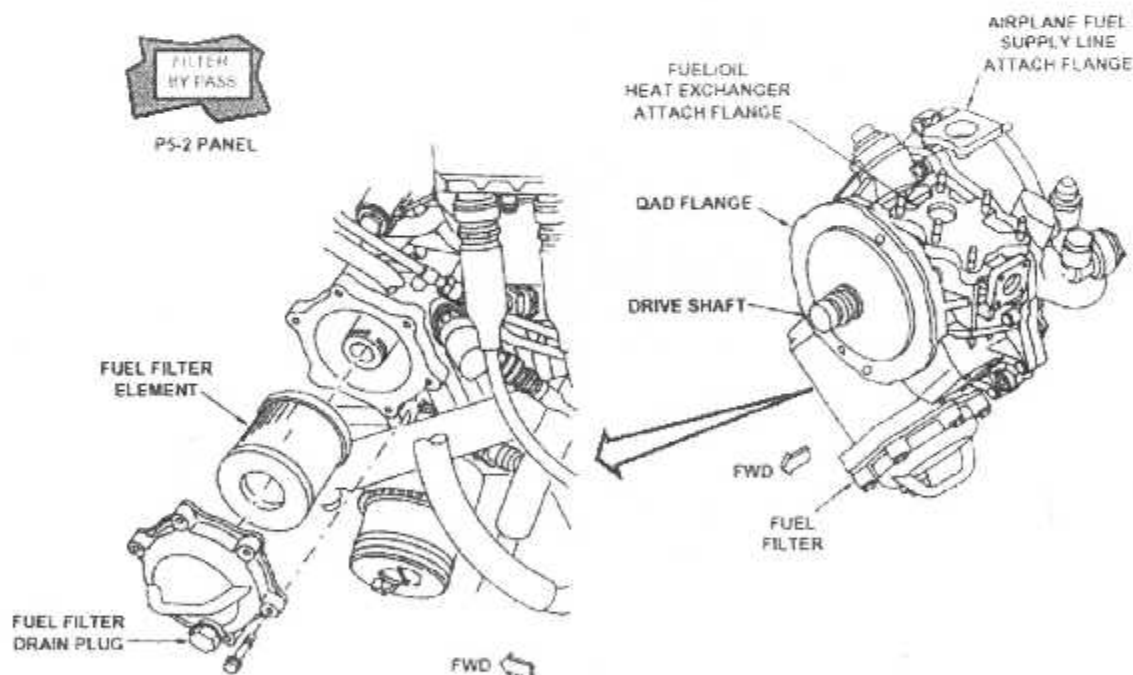


Figure (III-14) : ENSEMBLE POMPE CARBURANT- FUEL DISTRIBUTION

III.4.5.2- L'ECHANGEUR THERMIQUE HUILE / CARBURANT MOTEUR

L'échangeur thermique est un compartiment à double fonction, il utilise l'huile de récupération pour réchauffer le carburant afin de lui fournir des conditions optimales à la combustion, et éviter toute formation de givre.

La seconde fonction est de refroidir l'huile de récupération pour une conservation des qualités frottantes afin d'obtenir une lubrification meilleure et efficace. Le carburant circule sans interruption dans les tubes du noyau, il entre un orifice d'admission et coule le long du noyau, lors du contact avec ce dernier, l'huile est refroidie (convection forcée). Ensuite, après avoir été guidé par des chicanes, l'huile sort par l'orifice de sortie.

Il est équipé d'un clapet de surpression permettant à l'huile de récupération de bypasser l'échangeur en cas de colmatage par des résidus ou une huile visqueuse en temps froid. Cette by-pass est tarée entre 123.4 et 137.9 PSI pour le CFM56-7B. Il est à noter que sur le CFM56-7B on trouve aussi une deuxième valve de by-pass qui permet le passage du carburant traversant le noyau quand ce dernier est obstrué par givrage, cette by-pass est tarée entre 26.12 et 29.02 PSI.

Il est à noter aussi que l'échangeur huile /carburant est localisé après la pompe 1^{er} étage carburant du CFM56-7B on remarque aussi que l'huile du CFM56-7B est refroidie par le carburant basse pression.

III.4.5.3- FILTRE PRINCIPAL CARBURANT

C'est un filtre jetable, il est de 15 microns pour le CFM56-7B. Ce filtre est équipé d'un by-pass taré à 11.5 PSI pour le CFM56-7B.

III.4.5.4- LE SERVO RECHAUFFEUR CARBURANT

Ce réchauffeur a pour rôle de réchauffer le carburant d'asservissement avant d'entrer dans le régulateur principal carburant (HMU) du CFM56-7B et éviter toute formation de givre pouvant entraîner un dysfonctionnement des servocommandes.

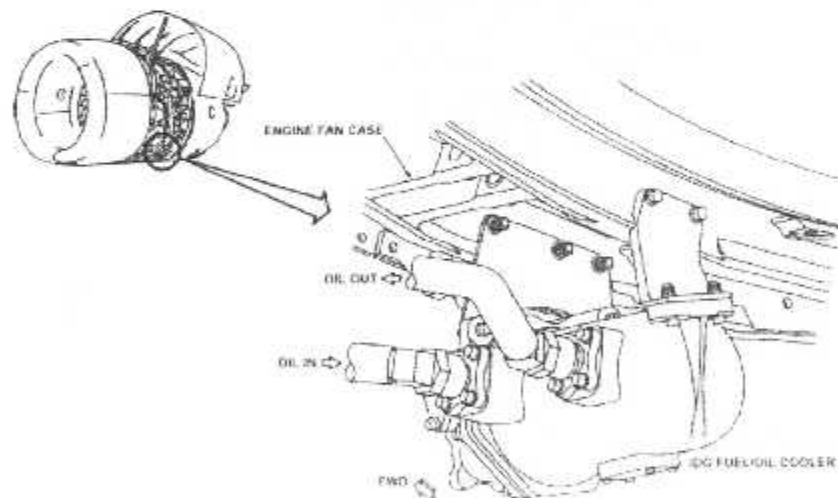


Figure (III-15) : SERVO RECHAUFFEUR CARBURANT

III.4.5.5- L'ECHANGEUR D'HUILE / CARBURANT DE L'ALTERNATEUR (IDG)

Il est monté juste après la pompe 1^{er} étage carburant pour le CFM56-7B. Il a pour rôle de refroidir l'huile de l'alternateur car le carburant passe dans les tubes de l'échangeur et l'huile passe à travers les tubes de la matrice noyau remplis de carburant. L'échangeur carburant refroidit en permanence l'huile de l'alternateur par échange thermique.

Pour le CFM56-7B l'échangeur air /huile est localisé à la sortie du FAN position 6h30, l'huile est refroidie en permanence grâce au flux secondaire.

III.4.5.6- LE GALET DOSEUR (FMV)

La vanne de dosage carburant (FMV) est commandée par un moteur-couple qui pilote un petit vérin. Le moteur-couple à deux bobines indépendantes, isolées électriquement, chacune recevant ses ordres d'un canal du EEC. Le débit carburant varie proportionnellement à la position de la vanne de dosage. Un dispositif compare les pressions à l'amont et à l'aval de la vanne et maintient leurs différences constantes en régulant la quantité de carburant envoyée vers la pompe BP et à la FRV. Des capteurs (resolver) mesurent la position de la vanne FMV et transmettent ce "retour d'ordre" du EEC pour boucler l'asservissement.

III.4.5.7- LE ROBINET CARBURANT HAUTE PRESSION (HPSOV)

Le robinet carburant haute pression a deux positions (ouvert, fermé), il est commandé par la manette de démarrage.

- Manette de démarrage sur position IDFL, le robinet carburant ouvert
- Manette de démarrage sur position CUT OFF (ARRET) le robinet carburant fermé.

Il est à noter aussi que le robinet carburant se ferme par la poignée coupe feu.

III.4.5.8- BY-PASS

La vanne de by-pass est une vanne dont le rôle principal est de dériver l'excédent carburant du régulateur vers la pompe carburant 2^{ème} étage. La by-pass est tarée à une pression différentielle de 50 PsiΔ.

III.4.5.9- REGULATEUR DE DIFFERENCE DE PRESSION

Le clapet de pression différentielle est taré à 50 PsiΔ lorsque cette différence est atteinte la by-pass s'ouvre.

• Un gouverneur de survitesse (OSG)

Le HMU comprend un régulateur mécanique à masselottes qui limite le débit carburant de façon à éviter que N2 ne dépasse 107,2% pour le CFM56-7B. Pour cela, le régulateur agit sur le dispositif à ΔP constante qui maintient constante la différence de pression entre l'amont et l'aval de la FMV et dérive le carburant en excès vers le circuit BP de la pompe. Ce régulateur fournit donc une protection qui est indépendante du EEC.

• ELECTRO-HYDRAULIQUE SERVONANNE (EHSV):

Le régulateur principal carburant (HMU) comprend six (06) electro-hydrauliques servovannes. Leur rôle est de convertir les commandes électriques provenant du EEC en signaux hydrauliques. Elles sont destinées pour les fonctions suivantes :

- Galet doseur (FMV).
- Vérins des vannes de décharge (VBV).
- Vérins des stators à calage variable (VSV).
- Vanne de refroidissement du carter turbine haute pression (HPTACC).
- Vanne de refroidissement du carter turbine basse pression (LPTACC).
- Vanne de décharge transitoire (TBV)

- Les tuyauteries sont identifiées par des lettres facilitant ainsi aux personnels de la maintenance de ne pas se tromper lors du montage.
- On trouve une vanne de décharge transitoire (TBV) sur le CFM56-7B donc le contrôle du débit d'air à travers le compresseur haute pression est amélioré ce qui signifie que les risques de pompage sont amoindris.

III.4.5.10- VANNE DE SELECTION D'INJECTEURS (BSV)

Elle est attachée au-dessous du moteur à la position 6h00. la BSV est conçue afin de réduire le débit carburant vers les vingt (20) injecteurs.

Elle est munie de deux positions :

- Ouverte : lors du démarrage (25% à 55% N2) et au-delà de 80%N2
Dans ce cas le carburant passe par les 20 injecteurs.
- Fermée : lors du ralenti (56% à 76% N2) et lors des trois ralentis moteur qui sont :

- Ralenti sol N2 = 66%
- Ralenti vol N2 = 72%
- Ralenti approche N2 = 72% - 79%

Dans ce cas le carburant passe par dix injecteurs seulement.

• Avantage de la BSV

- ❖ Diminuer les contraintes thermiques.
- ❖ Diminuer le coût.
- ❖ Diminuer la consommation.
- ❖ Augmenter la durée de vie de la chambre de combustion et de la turbine

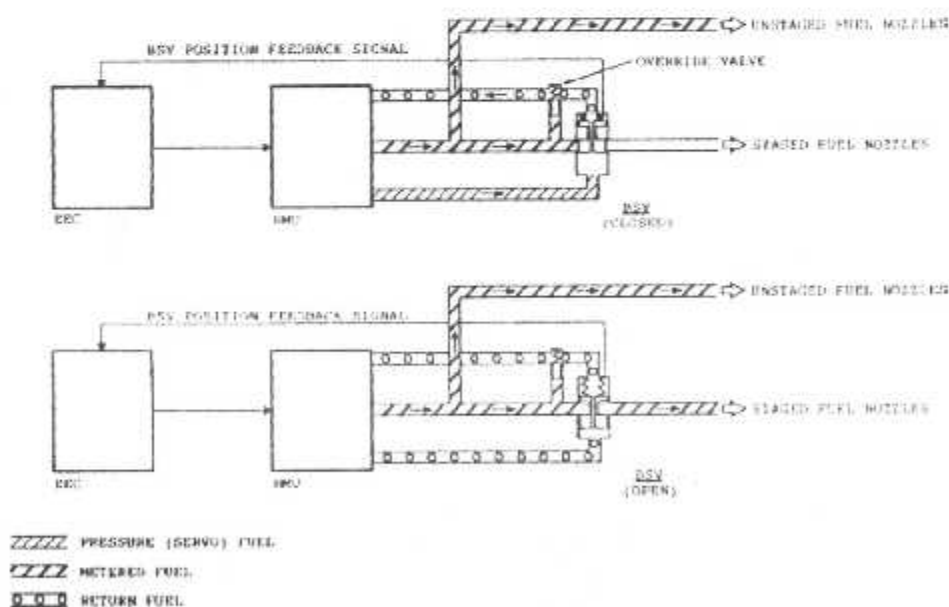


Figure (III-16) : DISTRIBUTION DU CARBURANT A LA BSV

III.4.5.11- DEBITMETRE

Le rôle du débitmètre est de mesurer la quantité de carburant qui va vers les injecteurs.

Il est localisé sur le Fan à la position 10h00.

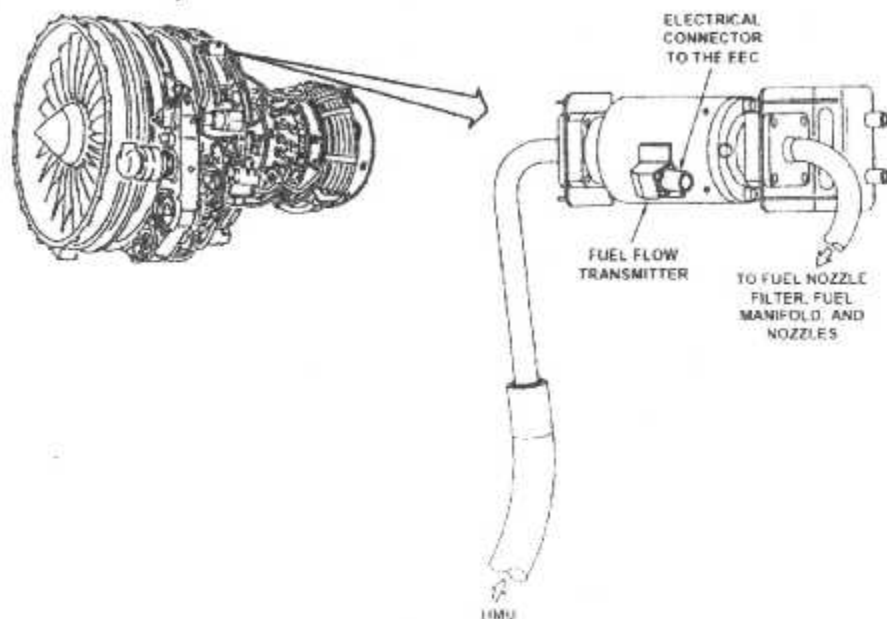


Figure (III-17) : TRANSMETTEUR DE DEBIT DE CARBURANT

III.4.5.12- FILTRE INJECTEUR DE CARBURANT

Le filtre injecteur carburant est localisé en position 11h00 sur le carter FAN avant l'entrée des injecteurs. Il est utilisé pour filtrer les particules restantes avant de distribuer le carburant aux injecteurs. L'équipement est muni d'une by-pass pour le débit de carburant non filtré quand l'élément filtrant est colmaté.

Le colmatage de l'élément filtrant induit une augmentation de pression différentielle à 87 PSIA , ce qui correspond à un seuil de by-pass.

Cette pression différentielle active l'ouverture de la valve et le carburant by passe l'élément filtrant.

- **Les composants du filtre injecteur :**

Le filtre injecteur est composé de :

- Une cuvette.
- Un élément filtrant avec la maille métallique scellée avec la résine époxyde.
- Une valve de by-pass.
- Une connexion d'admission.

- **Avantage du filtre injecteur :**

- Evite toutes impuretés vers les injecteurs.
- Il est accessible et nettoyable.

III.4.5.13- LA RAMPE CARBURANT :

La tuyauterie carburant fournit le carburant aux vingt (20) injecteurs du CFM56-7B. Pour ce dernier nous remarquons qu'elle se compose de deux parties :

- Une partie alimente les dix (10) injecteurs staged (munis d'une BSV).
- Une partie alimente les dix (10) injecteurs unstaged.

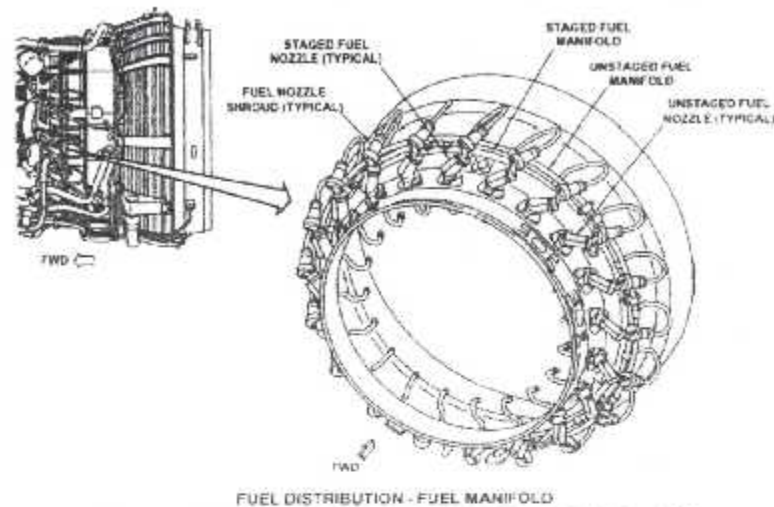


Figure (III-18) : LA RAMPE CARBURANT

III.4.5.14- LES INJECTEURS

Les injecteurs de carburant sont des assemblages soudés. Ils délivrent soigneusement un jet de carburant calibré pour la combustion dans les turboréacteurs.

Dans le circuit carburant du CFM56-7B les injecteurs sont de type duplex, ils comportent le flux primaire et le flux secondaire.

- Nombre d'injecteurs : vingt (20) duplex
- Le flux primaire est taré à 15 Psi
- Le flux secondaire est taré à 125 Psi
- Poids : 1.28 livres (0.58 kg)
- Il y a seize (16) injecteurs standard repérés par une bande bleue.
- Quatre (04) injecteurs à débit élevé repérés par une bande en aluminium. Placés d'une manière adjacente aux allumeurs.

Les injecteurs à haut débit ont été conçu pour éviter une éventuelle extinction de la flamme lors d'une décélération et de faciliter le démarrage moteur.

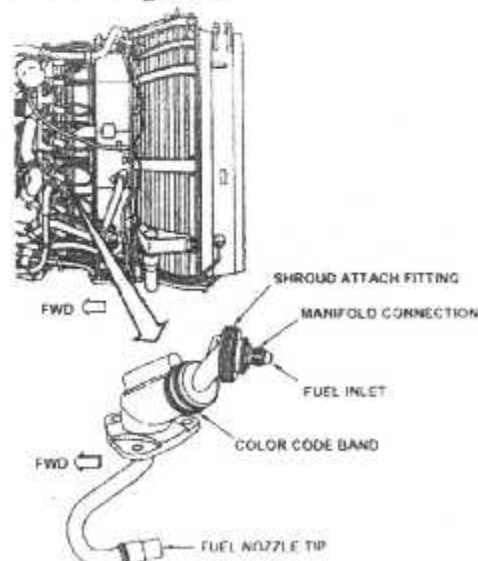


Figure (III-19) : INJECTEUR CARBU

RANT

X III.4.6- INDICATION CIRCUIT CARBURANT

Le circuit de carburant est surveillé par :

-La consommation carburant est affichée sur l'écran inférieur paramètres moteur sous forme digitale dans une fenêtre, l'indication est en fonction du sélecteur a trois positions :

- RATE
- USED
- RESEI

Sur la position RATE la consommation est affichée.

Sur la position USED le totaliseur est affiché.

Sur la position RESEI la remise a zéro est affichée.

- Colmatage filtre carburant : si la pression différentielle du filtre carburant atteint 11.5 Psi
 - Le voyant FILTRE BY PASS s'allume sur le panneau P5.
 - Un voyant ENG VALVE CLOSED
 - Un voyant SPAR VALVE.

Chapitre IV

Maintenance des deux réacteurs

IV- MAINTENANCE DU CIRCUIT CARBURANT DES DEUX REACTEURS

IV.1- POLITIQUE DE MAINTENANCE

La maintenance est définie comme l'ensemble des actions permettant de maintenir ou d'établir un bien dans un état spécifique en mesure d'assurer un service déterminé.

Il y a plusieurs types de maintenance :

- Maintenance préventive.
- Maintenance systématique.
- Maintenance conditionnelle.
- Maintenance corrective.

IV.1-1 MAINTENANCE PREVENTIVE

C'est la maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou dégradation d'un service rendu. C'est une intervention de maintenance prévue, préparée à programmer avant la date d'apparition d'une défaillance.

IV.1-2- MAINTENANCE SYSTEMATIQUE

C'est une maintenance préventive selon un échéancier suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage.

IV.1-3-MAINTENANCE CONDITIONNELLE

C'est la maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé.

IV.1.4-MAINTENANCE CORRECTIVE

C'est l'opération de maintenance effectuée en défaillance.

IV.2- GENERALITE SUR LA MAINTENANCE AERONAUTIQUE

Ces notions fondamentales ont influé sur la conception des moteurs avion par l'adaptation de ceux-ci au niveau des moyens et méthodes de détection (maintenance préventive) et la recherche des solutions économiques pour réaliser la maintenance corrective.

Pour les besoins de la maintenance la F.F.A a créé des règlements, une grande partie font référence à la révision moteur programmée. Les utilisateurs sont soumis à déposer, démonter, reconditionner, remonter et mettre en place chaque matériel de façon systématique et périodique.

La compagnie nationale AIR- ALGERIE procède à une maintenance qui consiste à :

- Entretien en ligne.
- Entretien en atelier.

IV.3- EVOLUTION DE LA POLITIQUE DE MAINTENANCE :

Dans la politique de maintenance, on distingue plusieurs phases :

- Avant 1960 la maintenance consistait à effectuer des révisions générales à potentiel fixe.
- Avant 1966 on pratiquait des révisions générales spécifiques des parties froides et chaudes du moteur en introduisant la visite intermédiaire.

- En 1966 l'introduction des programmes de fiabilité.
- En 1969 l'introduction de la maintenance modulaire.
- En 1972 la maintenance selon l'état.

IV.4 INFLUENCE DE LA FIABILITE

La tâche la plus économique, la plus rentable est de remplacer ou de réparer un élément avant qu'il ne tombe en panne, et si possible juste avant. Dans les travaux de fiabilités et de statisticiens afin de déterminer le moment exact pour effectuer la maintenance programmée, ils sont finalement arrivés à une conclusion, c'est que souvent le moment exact n'existe pas; Donc tout système, module, sous module, ou moteur se trouve affaiblit d'un taux de panne en général quasiment aléatoire.

Les utilisateurs ont bien remarqué que les taux de défaillance sont les mêmes et parfois il sont plus importants dans les 50 heures qui suivent une Révision Générale, que dans les 50 heures précédentes, c'est de là qu'est née l'idée de ne pas démonter inutilement.

Donc la recherche nous a permis d'éliminer les interventions inutiles en assurant bien sûr la sécurité des vols.

IV.5- LES MODES D'ENTRETIEN

IV.5-1- ENTRETIEN AVEC TEMPS LIMITE

Dire qu'un élément fait objet d'un entretien avec temps limité, signifie que cet élément devra être déposé avant d'atteindre son potentiel (heure de vol, fonctionnement, nombre de cycles).

- Soit pour subir certains travaux qui permettent de le libérer pour une nouvelle période (potentiel de révision générale ou partielle).
- Soit pour être retiré de service (vie limitée).

IV.5-2- ENTRETIEN AVEC SURVEILLANCE DU COMPORTEMENT EN SERVICE

Dire qu'un élément fait objet d'un entretien avec surveillance du comportement en service, signifie que l'on interviendra sur cet élément qu'après indication de défaillance.

Ce mode d'entretien n'est applicable qu'aux éléments dont la défection ne va pas se répercuter sur l'état de navigabilité. Cet entretien nécessite la mise en œuvre des moyens appropriés de suivi pour sélectionner les éléments dont le niveau de fonctionnement n'est pas satisfaisant (fiabilité, statistique, consommation).

La maintenance avec surveillance du comportement est en partie basée sur la connaissance statistique des comportements de l'élément dont on surveille la vie.

IV.5-3- ENTRETIEN SELON VERIFICATION DE L'ETAT

Signifie que cet élément subit des interventions périodiques ou éventuellement soumis à des observations continues pour déterminer son état. Les critères pour déterminer ces éléments qui peuvent être entretenus selon vérification de l'état sont les suivant :

- Possibilité d'évaluer la dégradation de l'état, généralement sans dépose, par inspection visuelle, mesures des paramètres significatifs, essais etc....
- Définition dans un document d'entretien de la valeur limite des paramètres significatifs, ces derniers ont des tolérances sur la qualité, les performances, l'usure ou la diminution de la résistance ou défaillance, nécessite des travaux ultérieurs sur les éléments.

Cette politique nécessite la mise en œuvre des méthodes de détection et de diagnostics des pannes éventuellement ainsi que les moyens d'intervention pour mener les actions collectives.

IV.6- STRATEGIE DE LA MAINTENANCE DES DEUX REACTEUR

Les deux réacteurs nécessitent une maintenance préventive et curative pour augmenter sa durabilité ou diminuer les pannes en cours d'utilisation.

Cette maintenance consiste en deux méthodes utilisées régulièrement :

- Entretien en ligne.
- Entretien en atelier.

IV-6-1-ENTRETIEN EN LIGNE

L'inspection en ligne est une inspection suivant des protocoles et des fiches de travaux établis par le département **EGINEERING D'AIR ALGERIE** suivant le manuel de maintenance établie par le constructeur **GE** pour le CF6 80-A3 et par la fusion des deux constructeurs **GE** et **SNECMA** pour le CFM56-7B.

Cette inspection consiste à faire des vérifications avant et après chaque vole, suivant un compte rendu matériel établi par l'équipage navigant.

On vérifie le circuit carburant visuellement (vérification de l'état de tous les composants) :

- Filtre carburant.
- Pompe carburant.
- Régulateur carburant.
- Echangeur huile carburant.
- Fuite carburant.
- Bonne fixation des composants et des raccords.
- Absence de corrosion.
- Absence de criques.
- Absence de déformations.

En cas d'anomalies, on intervient suivant les fiches de travaux.

La maintenance à l'entretien en ligne engendre plusieurs inspections :

- Inspection de routine.
- Vérification de fonctionnement.
- Inspection en état.
- PV2.

➤ Inspection boroscopique.

- **Inspection de routine**

C'est une inspection qui se fait après chaque vol et qui vérifie d'une manière visuelle les constituants extérieurs du moteur.

L'inspection obéit à des normes établies par le constructeur **BOEING**. Cette inspection est prescrite en :

- Inspection journalière.
- Inspection hebdomadaire.

- **Vérification de fonctionnement**

Cette inspection concerne la vérification du moteur au sol en inspectant les indicateurs au poste de pilotage.

- **Inspection en état**

Cette inspection concerne la structure métallique extérieure du moteur en contrôlant les fissures et les fuites.

- **PV2**

Cette inspection est réalisée toutes les 200 heures de fonctionnement du moteur elle concerne toutes les opérations d'inspections, de dépannage, de réglage et de remplacement d'éléments du moteur. Elle est comprise dans le programme 'inspection en ligne

- **Inspection boroscopique**

C'est une inspection qui nécessite un appareillage (le boroscope) et un éclairage qui varie entre 150 et 300 Watt.

Le but de cette inspection est de voir l'état interne du moteur :

Les ailettes du compresseur.

La chambre de combustion.

Les ailettes de la turbine.

Cette inspection est réalisée chaque 400 cycles.

IV.6-2- ENTRETIEN EN ATELIER

Pour le CF6 80-A3

L'inspection du moteur en atelier est régie par des protocoles d'inspection, nous citerons les protocoles suivants :

Protocole inspection complète moteur assemblé.

Protocole inspection complète modulaire.

PV2.

L'inspection en atelier est aussi une inspection protocolaire suivant des fiches de travaux établies par le département **ENGINEERING** les travaux en atelier sont beaucoup plus approfondis qu'en ligne .

Les inspections sont les suivantes :

Inspection visuelle.

Absence de déformation.

Absence de crique et de corrosion.

L'inspection du circuit de carburant consiste a inspecter :

La pompe carburant.

Le filtre carburant.

Le régulateur principal carburant (MEC).

Les tuyauteries.

Les échangeurs thermiques.

En ce qui concerne le régulateur principal carburant (MEC) son inspection consiste à la vérification, réglage et ajustement si nécessaire.

Les injecteurs carburant sont lavés et nettoyés s'ils sont déposés.

L'inspection du dispositif anti-pompage consiste à inspecter :

Les deux vérins des vannes de décharge.

Les deux vérins des stators a calage variable.

Les fuites.

En cas de remplacement d'une ou de plusieurs équipements, les remplacements s'effectuent suivant des fiches de travaux.

Pour le CFM56-7B

Avant la réception du moteur déposé, il doit impérativement passer par le département de planification et contrôle produit (PPC), ce dernier prépare les documents ou protocoles servants a faciliter la maintenance en atelier ; ces protocoles sont :

Log book (pièce d'identité de l'appareil)

Standard SB

La charte MCC (modification control chart)

Rapport de dépose

Rapport d'exploitation des trois (03) dernier mois

Situation PV (vie limite des pièces)

Historique moteur

La constitution (liste des accessoires équipant le moteur à la dépose)

Une fois le moteur arrivé en atelier on lui fait subir une inspection préliminaire suivant le protocole d'inspection préliminaire.

- _ Etablir le compte rendu de réception
- _ Etablir la situation des accessoires (intérieur et extérieur du moteur)
- _ Inspection des bouchons magnétiques (chip detector) du circuit d'huile
- _ Contrôle des joints carbone (carbone seals) en effectuant l'essai de fuites (leak test)
 - Inspection du filtre d'huile. (Voire colmatage)
 - effectuer une boroscopie générale du moteur
 - effectuer une boroscopie des capots
 - Application du protocole d'inspection complète des attaches avant et arrière (after and forward engine mount assembly)
 - Effectuer la mesure de E12 et E13 moteur.

avant d'entamer chacune des opérations on doit:

Réunir tous les ingrédients, outillages et matériels nécessaires
 Bien comprendre la procédure.

L'inspection préliminaire détermine le niveau de maintenance, il existe trois (03) trois niveaux :

Niveau 1 (PV2) c'est la maintenance du réacteur assemblé (contrôler tous les systèmes en suite remettre en exploitation).

Circuit carburant

Inspection de la tuyauterie d'alimentation carburant.
 Inspection de la pompe carburant.
 Inspection du filtre principal carburant.
 Inspection du régulateur principal carburant (HMU) :
 Prises électriques.
 Tuyauteries.
 Inspection de l'échangeur principal huile/carburant moteur.
 Inspection du servo réchauffeur carburant.
 Inspection de l'échangeur huile/carburant alternateur.
 Inspection des rampes injecteurs.
 Inspection des drains.

Note : pour toute dépose du HMU, tenir compte des précautions :

Inspection des zones accessibles de la pompe carburant.
 Inspection du filtre carburant.

Circuit d'air

Calibration du VSV Position Transducer en cas de remplacement.
 Calibration du VBV Position Transducer en cas de remplacement.
 Inspection des vérins VSV.
 Inspection des vérins VBV.
 Inspection de la vanne de refroidissement carter turbine haute pression.

Inspection de la vanne de refroidissement carter turbine basse pression.

Inspection de la vanne de décharge transitoire

Niveau 2

Sous-traitance de tout le moteur assemblé (complet Engine control) ,le protocole nécessaire est le shop indication report.

Niveau 3

La dépose modulaire

C'est une inspection de l'un des modules, tous les modules, ou bien des sous modules spécifiquement.

X IV-7- RECHERCHE DE PANNES DU MOTEUR CF6-80-A3

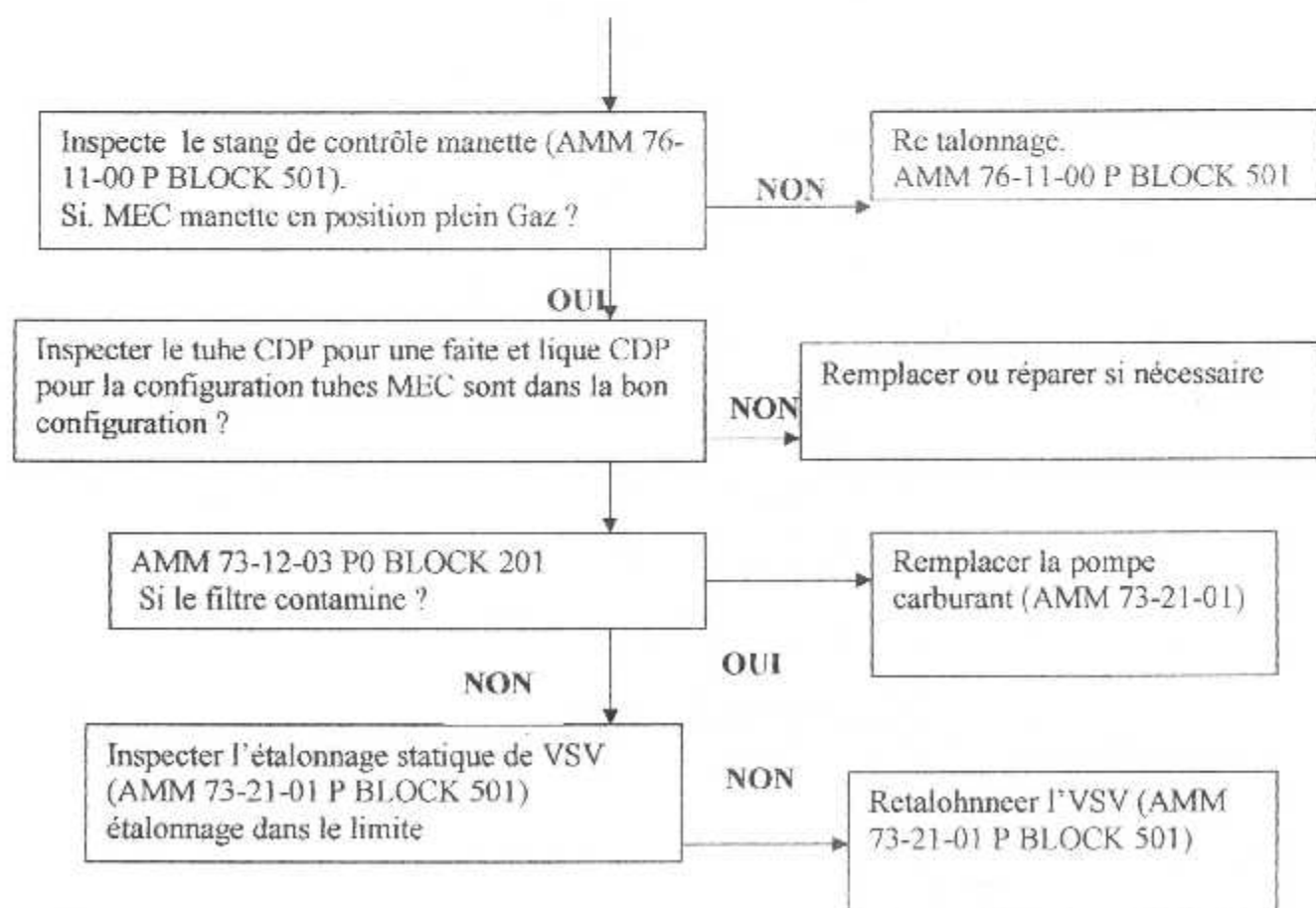
Le suivi de circuit carburant se fait à partir du :

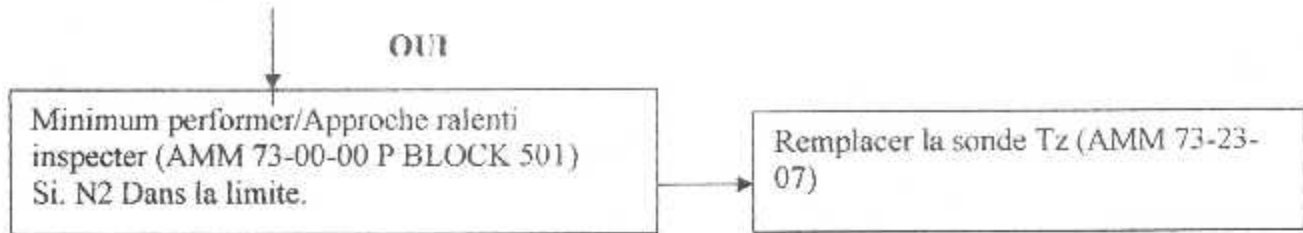
- 1- la quantité carburant
- 2- le colmatage carburant

La maintenance reste classique c'est à dire qu'il fait appel aux connaissances de personnels de la maintenance

EXEMPLE

Moteur ne peut pas atteindre N1 avec PMC engagé, N2 et EGT normal





✕ IV-8- RECHERCHE DE PANNES DU MOTEUR CFM56-7B

IV-8-1- LA BOITE DE COMMANDE ET D’AFFICHAGE (CDU)

Le CDU de l’ordinateur de gestion de vol (FMC) est utiliser pour performer et faciliter la recherche de panne en affichant sur son écran des messages de pannes, se forme d’un code constitué de (07) chiffres.Pour effectuer les opérations nécessaires, le technicien de maintenance doit chercher le même code qui est affiche sur le CDU dans le manuel de recherche de panne du constructeur (FIM) et suivre la procédure décrite.

Il y a deux (02) CDU qui sont localisés au centre de la console de compartiment de vol. Chaque CDU comporte douzè (12) boutons de sélection, six à droite et six à gauche pour la sélection des menus d’affichage qui dépasse par fois une page,les touches NEXT PAGE et PREV PAGE servent à défiler les pages en arrière ou en avant.

Pour activer l’accès au système de la maintenance on sélectionne la touche qui se situe à coté de l’indication MAINTE, ensuite l’écran d’affichage de l’écran de menu de maintenance apparaîtra (MAINT BITE INDEX SCREEN)



Figure (IV-01) : BOITE DE COMMANDE ET D’AFFICHAGE (CDU)

IV-8-2 L'ECRAN DU MENU DE MAINTENANCE

L'écran du menu de maintenance affiche le menu qui permet l'accès à la fonction de maintenance de l'avion et du moteur, et pour avoir accès aux fonctions de la maintenance du moteur on sélectionne la touche à côté de l'indication ENGIN.

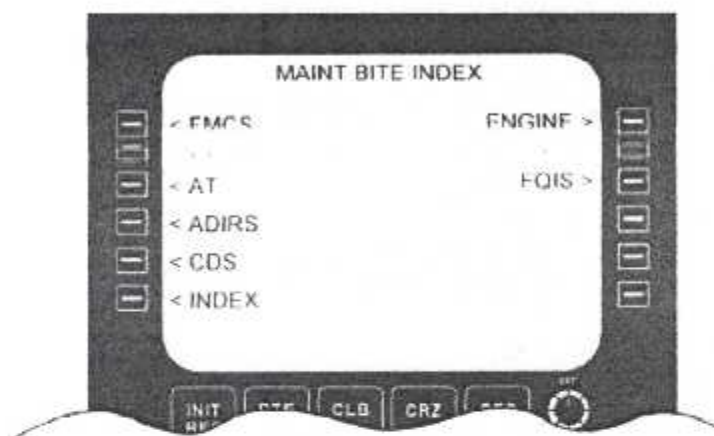


Figure (IV-02) : L'ECRAN DE MENU DE MAINTENANCE

IV-8-3 L'ECRAN DE SELECTION DU MOTEUR

L'écran de sélection du moteur affiche le menu qui permet le choix du moteur et pour avoir accès au menu principal de maintenance, il permet aussi d'avoir accès au rapport des dépassements des limites du moteur et ceci en sélectionnant la touche à côté de l'indication EXCEEDANCES.

Après la sélection l'ordinateur de gestion de vol (FMGC) établit la communication avec le EEC du moteur sélectionné, à cet instant apparaît la phrase (initialisation du EEC) sur l'écran, suivi l'écran du menu principal MAINT MENU SCREEN.

IV-8-4 L'ECRAN DU MENU PRINCIPAL

Il permet l'accès à la liste de tests de toutes les fonctions du moteur réalisables par l'équipe de maintenance. L'écran de maintenance est le premier menu affiché par le EEC et il contient les options suivantes.

Les pannes récentes et anciennes, identification / configuration, test au sol, entrée de données de surveillance. Pour sélectionner le pannes récentes on appuie sur la touche à côté de l'indication RECENT FAULT.

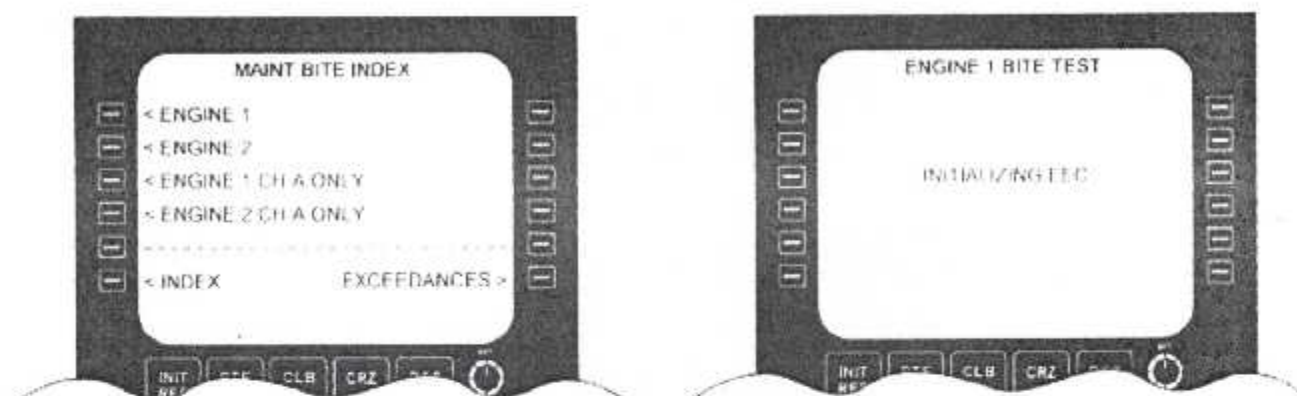


Figure (IV-03) : L'ECRAN DE SELECTION MOTEUR

IV-8-5 LES ECRANS DES RECENTES PANNES

La fonction RECENT FAULT enregistre les pannes détectées des trois dernier vols en mémoire. La sélection de cette fonction de l'écran du menu principal affichera un message de panne par page (écran) la fonction ¼ indique la page courante sur le nombre total des pages.

La deuxième ligne affiche le titre de la touche sélectionnée de l'écran du menu principal, ainsi que la troisième ligne identifie la zone ou la panne enregistré, la cinquième ligne contient le code en nombre qui est utiliser uniquement pour identifier la panne, ce nombre se trouve dans le manuel FIM.

Les lignes six et sept donnent une brève description de la panne identifiée dans la cinquième ligne, les lignes 09,10 et 11 affiches les trois pannes les plus récentes détectées en vol. S'il n'y a pas de pannes enregistrées, l'expression (NO RECENT FAULT STORED) est affichée sur l'écran

Pour afficher les pages en avant ou en arrière les boutons NEXT PAGE ou PREV PAGE du CDU sont utilisés

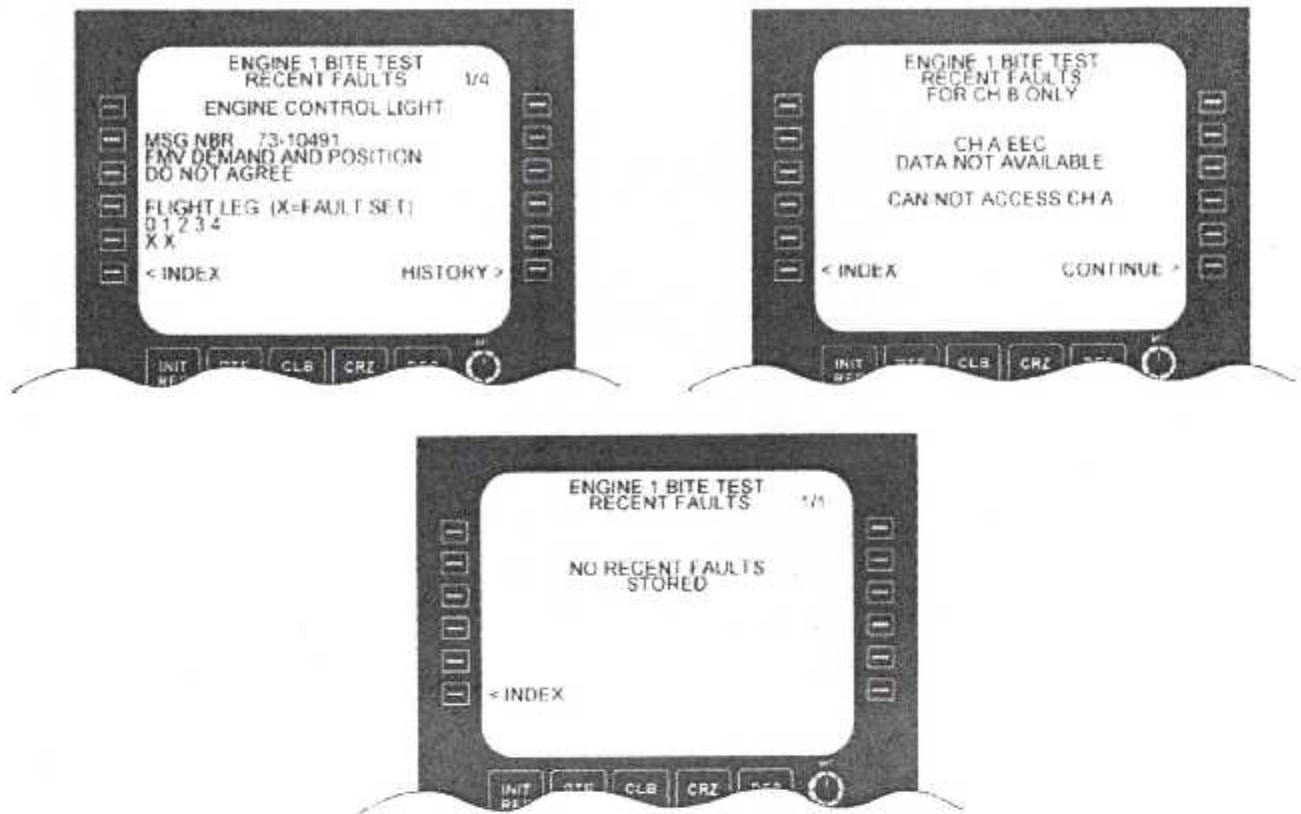


Figure (IV-04) : LES ECRANS DES PANNES RECENTES

IV-8-6 LES ECRANS DES ANCIENNES PANNES

La fonction FAULT HISTORY affiche les pannes des 10 derniers vols, ainsi que les pannes détectées durant le fonctionnement au sol de l'avion. La sélection de cette fonction de l'écran du menu principal affiche un message de panne par page (écran). La fonction 1/4 indique la page courante sur le nombre total des pages. La deuxième ligne affiche le titre de la touche déjà sélectionnée de l'écran du menu principal, ainsi que la troisième ligne qui identifie que la panne a été enregistrée.

La cinquième ligne contient le code en nombre qui est utilisé uniquement pour identifier la panne. La ligne six et sept donnent une brève description de la panne identifiée dans la cinquième ligne, les lignes 09,10 et 11 affiches les (10) pannes les plus récentes détectées en vol.

S'il n'y a pas de pannes enregistrées, l'expression NO RECENT FAULT STORED est affichée sur l'écran.

Pour défiler les pages en avant ou en arrière les boutons NEXT PAGE ou PREV PAGE du CDU sont utilisés.

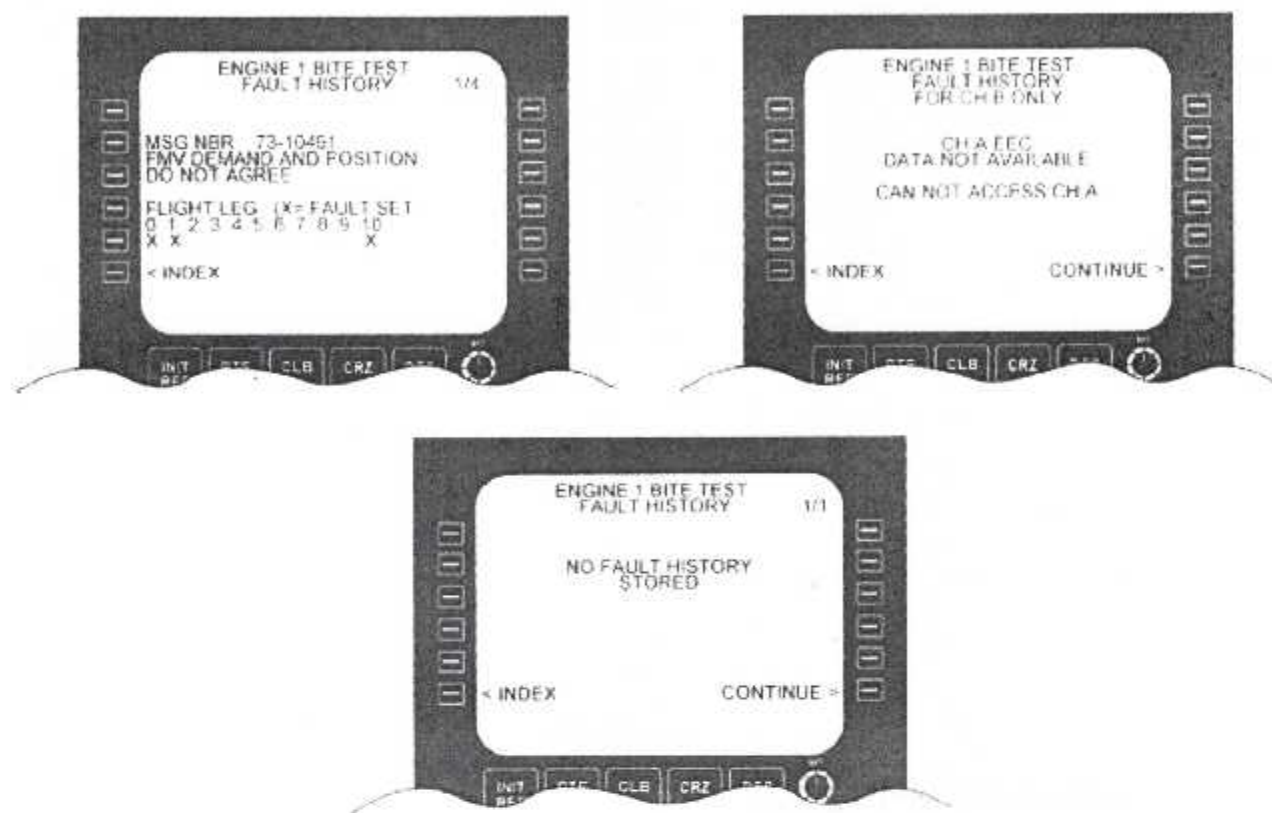


Figure (IV-05) : LES ECRANS DES ANCIENNES PANNES

IV-8-7 LES ECRANS DE CONFIGURATION ET D'IDENTIFICATION

Ils permettent la configuration et l'identification du moteur lors de son installation sur l'avion ou lors du changement du EEC pour donner les messages de pannes correctes qui correspondent à chaque type de moteur. La sélection de l'écran d'identification et du menu principal du moteur affichera les données de configuration et d'identification du moteur qui définissent les paramètres suivants.

- Le modèle de l'avion
- Le modèle du moteur
- L'équilibrage de NI
- Le numéro de série du moteur
- Le numéro de série du EEC
- Le modèle de démarrage

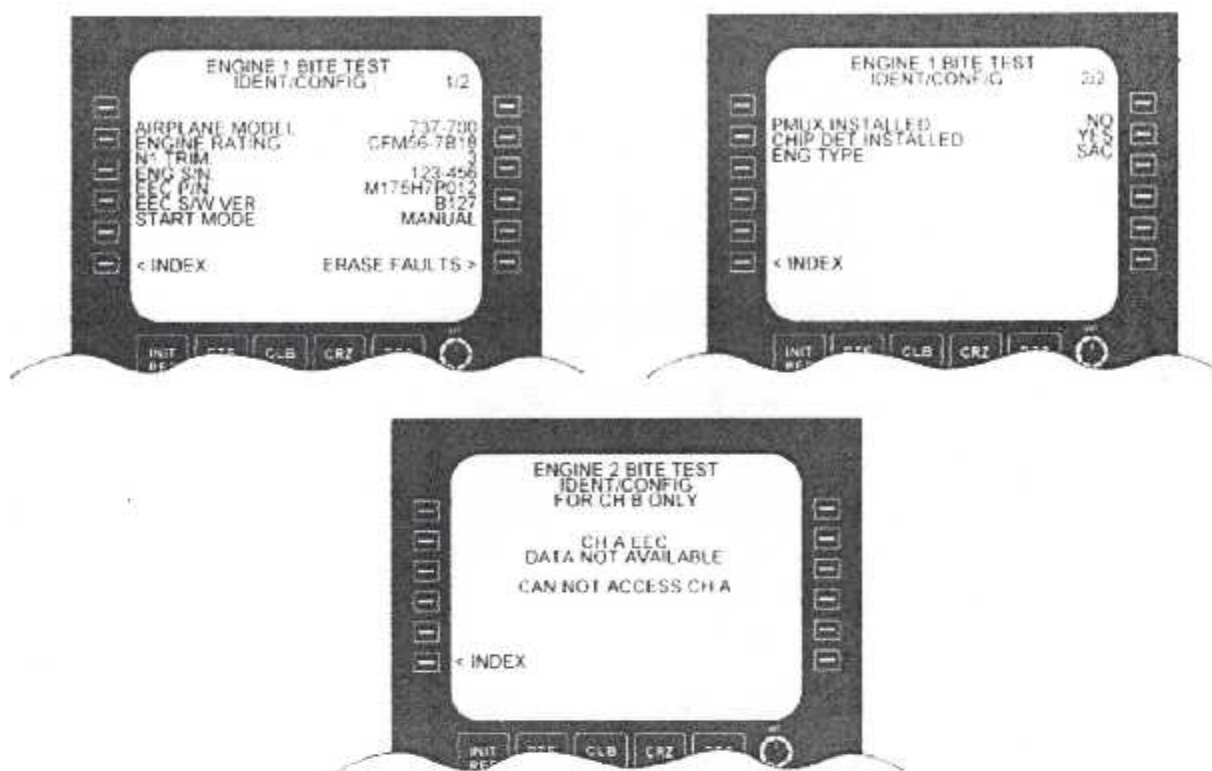


Figure (IV-06) : LES ECRANS DE CONFIGURATION ET D'IDENTIFICATION

IV-8-8 L'ECRAN DU MENU DES TESTS AU SOL

L'écran des tests au sol donne le menu des différents tests qui peuvent être effectués au sol. Quand la fonction de test au sol est sélectionnée du menu du moteur les fonctions suivantes sont affichées :

- Test du EEC
- Test des inverseurs de poussée
- Test des vérins
- Test d'allumage

La sélection d'une fonction dans le menu de test au sol affichera le menu de sélection des tests

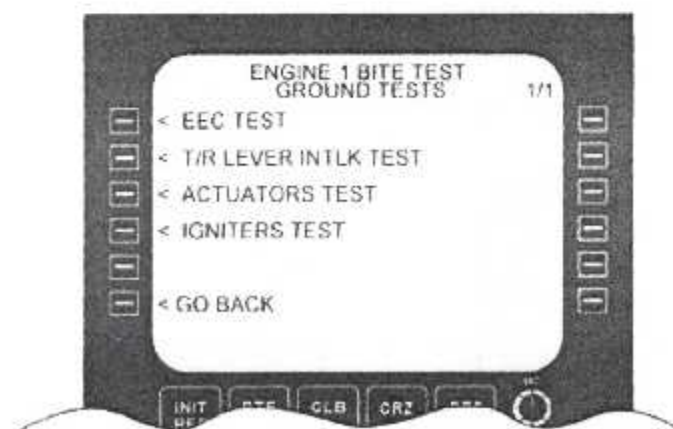


Figure (IV-7) : L'ECRAN DE TESTS AU SOL

IV-8-9 LES ECRANS 1 ET 2 D'INTRODUCTION DES DONNEES DE SURVEILLANCE

Faire afficher les écrans d'introduction des données permet au personnel de maintenance de surveiller les conditions du moteur et temps réels.

Quand la fonction de l'introduction des données de surveillance est sélectionnée du menu principal du moteur le comportement des paramètres cités en dessous est surveillé par le EEC et transmet au CDU :

- Le contrôle des boucles
- Le contrôle des pressions
- Le contrôle des températures
- Système carburant
- La vitesse
- Signal analogique
- Signal digital

La sélection de l'un des paramètres au-dessus affichera L'écran de surveillance

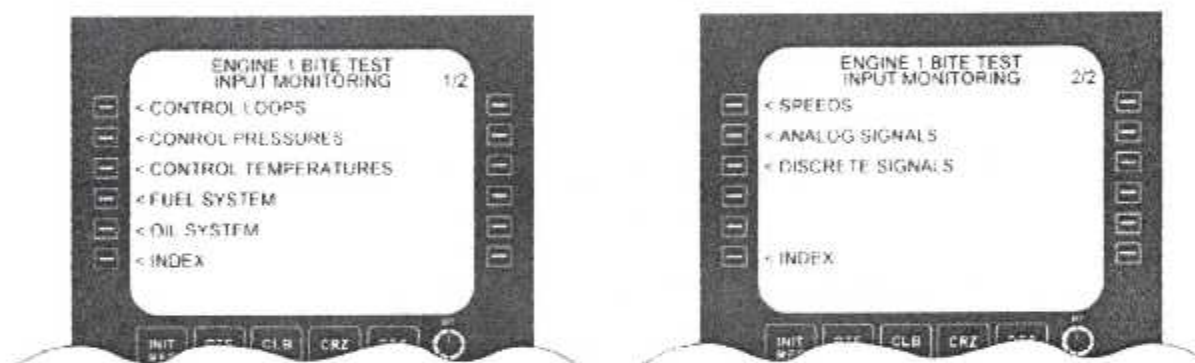


Figure (IV-08) : LES ECRANS 1 ET 2 D'INTRODUCTION DES DONNEES DE SURVEILLANCE

X IV-9 LES DIFFERENTS MANUELS DE RECHERCHE DE PANNE

IV-9-1 LE MANUEL DE RECHERCHE DE PANNE (FIM)

Le FIM est utilisé par l'équipe de maintenance pour isoler et réparer les pannes d'avions. L'isolation de la panne nécessite le numéro de la procédure de recherche de panne FIM, pour cela on utilise les données du (FIM) avec celle de l'avion (CDU) afin d'identifier le numéro correct de cette dernière.

IV-9-2 LE MANUEL D'EQUIPEMENT D'ESSAI INCORPORE (BITE)

Le manuel BITE donne plus d'informations sur les pannes observées par l'équipage de l'avion, il donne aussi de clairs et faciles procédures qui aboutissent à la référence du FIM qui correspond à la panne observée.

IV-8-3 EXEMPLE DE RECHERCHE DE PANNE

SYSTEME DE CONTROLE ACTIF DU JEU TURBINE BASSE PRESSION (LPTACC)

```

ENGINE 1 BITE TEST
RECENT FAULTS

MSG NBR/75-10531
LPTACC DEMAND AND POSITION
SIGNAL DISAGREE

FLIGHT LEG (X=FAULTSET)
01234
X
<INDEX                                HISTORY>
    
```

L'ECRAN DES RECENTES PANNES (CDU)

ALLEZ AU DEBUT DU CHAPITRE 75 ET CHERCHEZ LE CODE 75-10531 DANS LA LISTE DES CODES DES PANNES

LE CODE DE LA PANNE	DESCRIPTION DE LA PANNE	ALLEZ A LA PROCEDURE
750 105 31	Système d'air : le EEC perçoit que la demande de la LPTACC et le signal de position est différent, moteur 1	75-22 procédure 801

LA LISTE DES CODES DE PANNES

La demande de la LPTACC et le signal de position est différent

1 DESCRIPTION

(1) cette procédure est pour les messages de maintenance suivants : 75-10531, 75-10532, 75-20531, 75-30532.

(2) Le message de maintenance : **75-X0534**

(3)X : représente le canal du EEC qui a envoyé ce message de panne
 Si X=1, le message est du canal A du EEC (canal simple)
 Si X=2, le message est du canal b du EEC (canal simple)
 Si X=3, le message est du canal A et B du EEC (canal doublé)
 Y : représente le moteur d'ou vient le message de panne

Si Y=1, le message est du moteur N°1

Si Y=2, le message est du moteur N°2

Si X=1, la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçues du canal A (canal simple)

Si X=2, la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçues du canal B (canal simple)

Si X=3, la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçues du canal doublé

- (4) Cette panne est reportée sur le canal actif du EEC quand le moteur est en fonctionnement.
- (5) Vous devez faire la procédure d'évaluation initiale pour savoir si le message de maintenance du canal doublé, 75-30531, est aperçus.
- (6) Le EEC perçoit que la valeur absolue de la différence entre la demande de la LPTACC et le signal de position du vérin est supérieur de 5%

LES CAUSES POSSIBLES

(1) pour les messages de maintenance reçus du canal simple A ou B

- a. Le HMU
- b. Le EEC
- c. Le harnais électrique j5 (canal A) ou le harnais électrique j6 (canal B)

(2) pour les messages de maintenance reçus du canal doublé :

- a. La valve LPTACC
- b. Le HMU
- c. Le EEC

3 LES DISJONCTEURS

(1) pour le moteur 1

les disjoncteurs primaires qui sont en relation avec la panne sont :

- A. Panneau de disjoncteurs, P18-2
 - 1) 18A4 Alternateur du canal B
 - 2) 18A5 Alternateur du canal A

(2) pour le moteur 2

les disjoncteurs primaires qui sont en relation avec la panne sont :

- A, Panneau de disjoncteurs, P6-2
 - 1) 6D7 Alternateur du canal B
 - 2) 6D8 Alternateur du canal A

L'EVALUATION INITIALE

- (1) toutes ces étapes pour découvrir si la panne est du style active et si elle est du canal doublé :
- a. Faites cette procédure : teste 12 (teste des vérins) (AMM TASK 71-00-00-700-807-F00-p501.
 - b. Si les messages de maintenance 75-10531 (canal A, moteur 1), 75-10532 (canal A moteur 2), 75-20531 (canal B, moteur 1) 75-20532 (canal B, moteur 2) sont apparus, alors faites la procédure de recherche de panne du canal simple pour le canal approprié (A ou B)
 - c. Si les messages de maintenance 75-30531 (canal A et B moteur 1) ou 75-30532 (canal A et B, moteur 2) sont apparus, alors faites la procédure de recherche de panne du canal doublé.
 - d. Si le message de maintenance n'est pas apparu dans le FMCS CDU, alors la panne n'est pas active à ce moment, et vous avez une panne intermittente.
 - 1) Si vous ne trouvez pas la panne à ce moment, alors la procédure de recherche de panne ne peut pas isoler et réparer la panne.
 - 2) Pour les pannes intermittentes vous devez utiliser votre jugement pour réparer cette panne.
 - 3) Si vous voulez réparer cette panne, il vous es recommandé de suivre ces étapes.
 - a. faites les contrôles visuels des connecteurs électriques avec la procédure de recherche de panne appropriée décrite ci-sous
 - b. Utilisez le manuel WDM pour identifier les connecteurs électriques intermédiaires dans les harnais électriques et faites le contrôle de visualisation.
 - c. Si vous ne trouvez aucun problème, alors remettez les composants en place
 - d. Surveillez les vols prochains de l'avion.

LA PROCEDURE DE RECHERCHE DE PANNE DU CANAL SIMPLE

- (1) Faites l'évaluation initiale pour voir si cette panne est au canal doublé

NOTE : Durant le fonctionnement du moteur, le EEC indiqué les pannes seulement dans le canal actif.

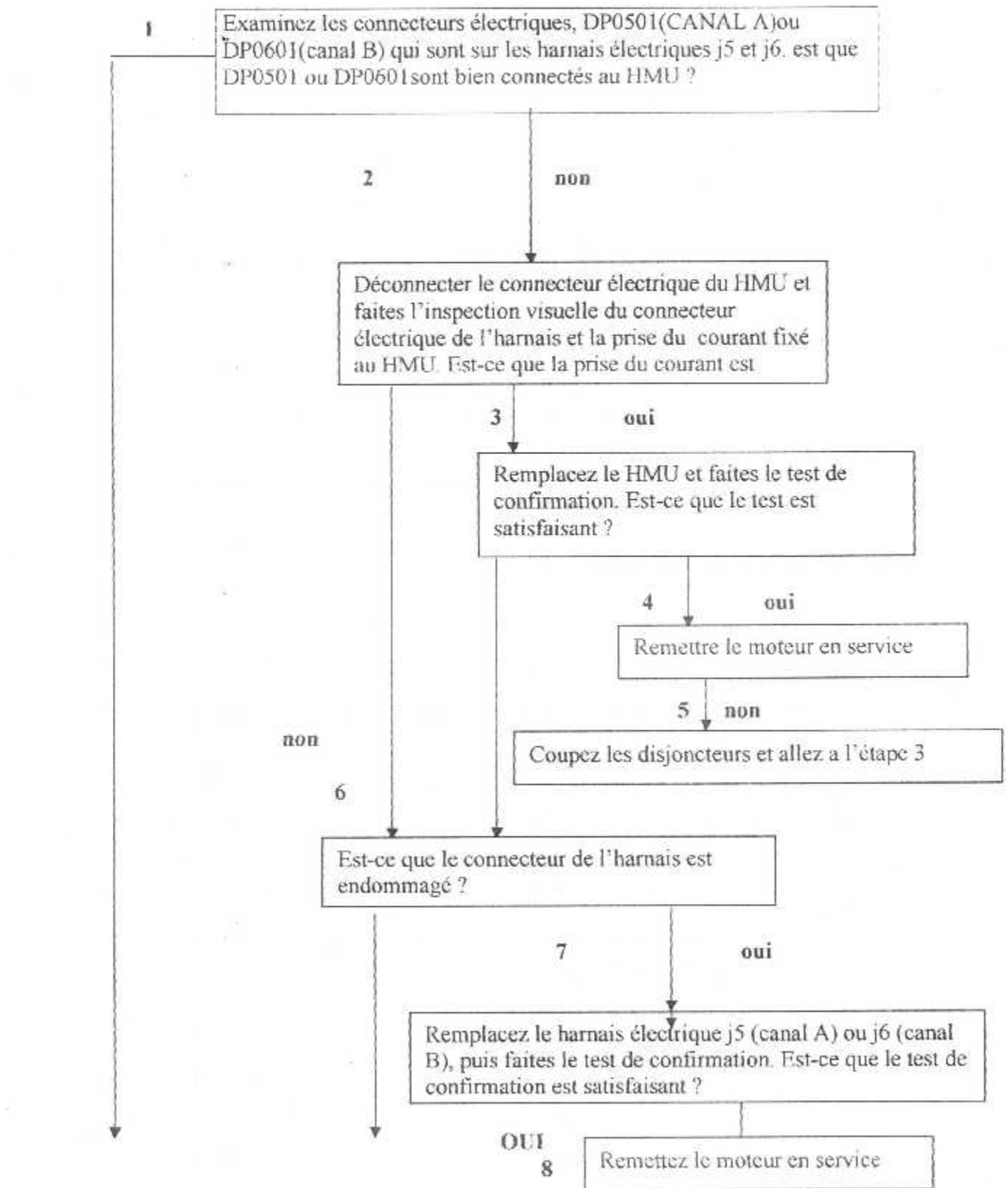
- (2) Faites ces étapes pour réparer la procédure :

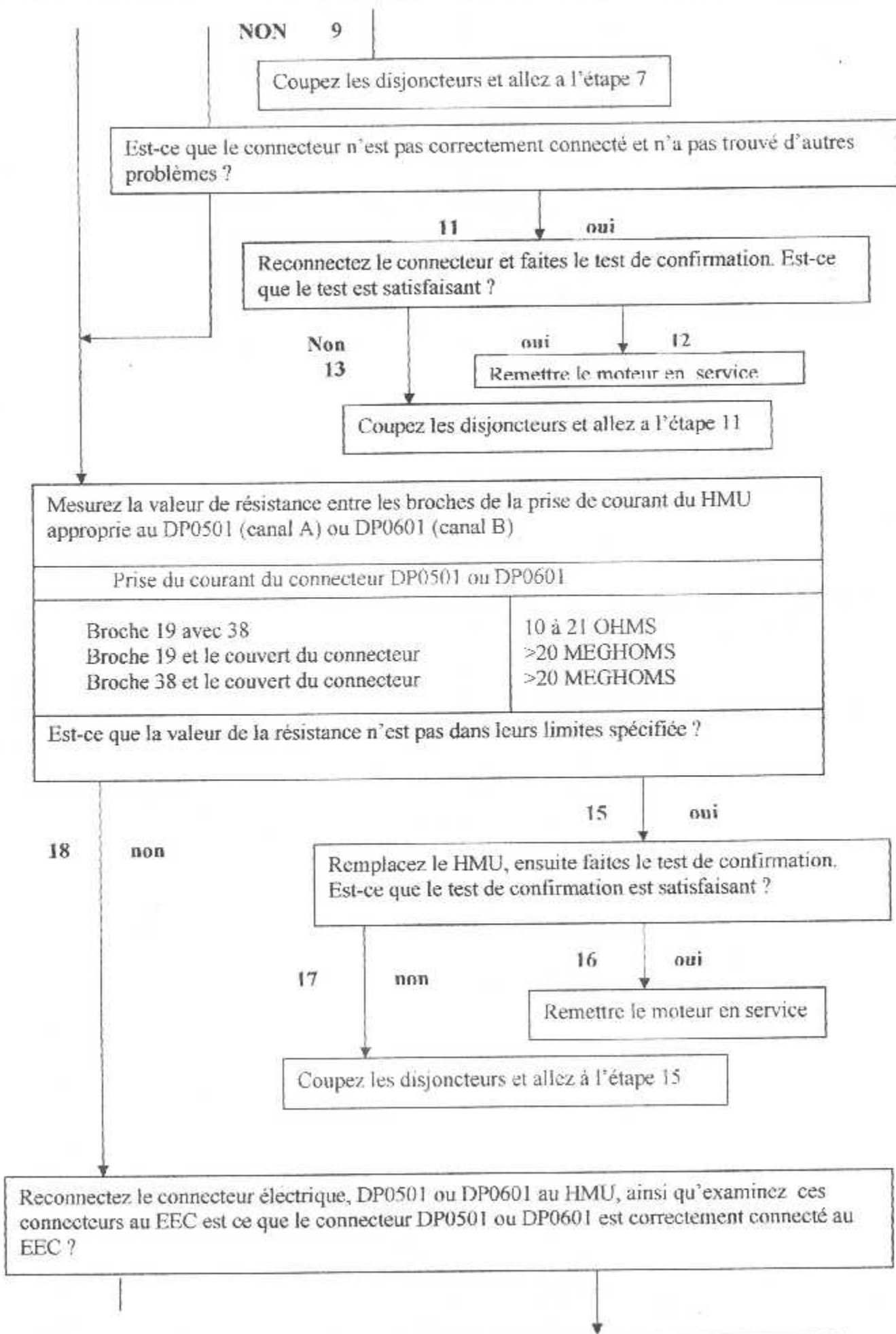
A. Pour le moteur 1

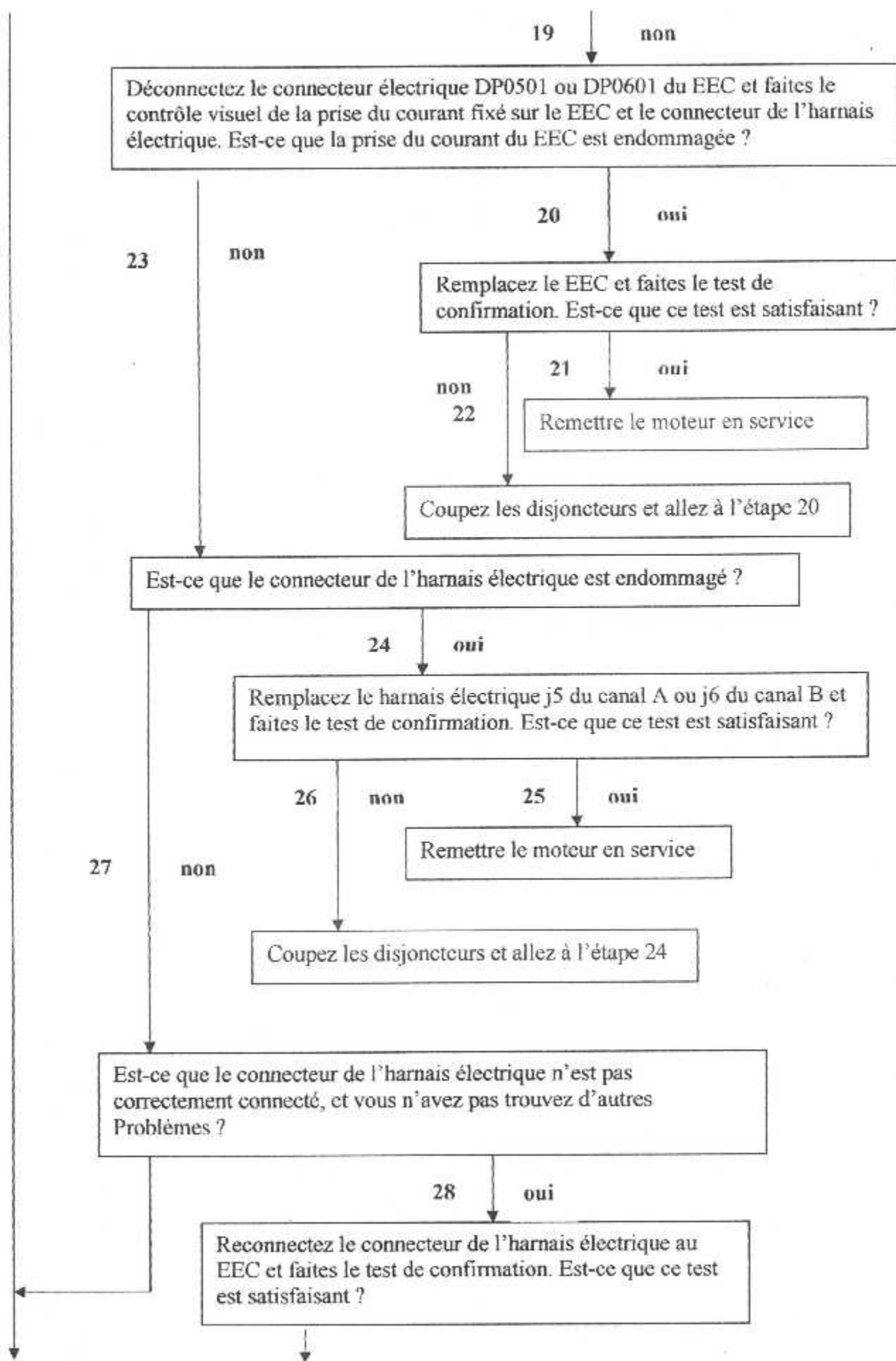
Ouvrir les disjoncteurs et attachez l'étiquette DO-NOT-CLOSE :

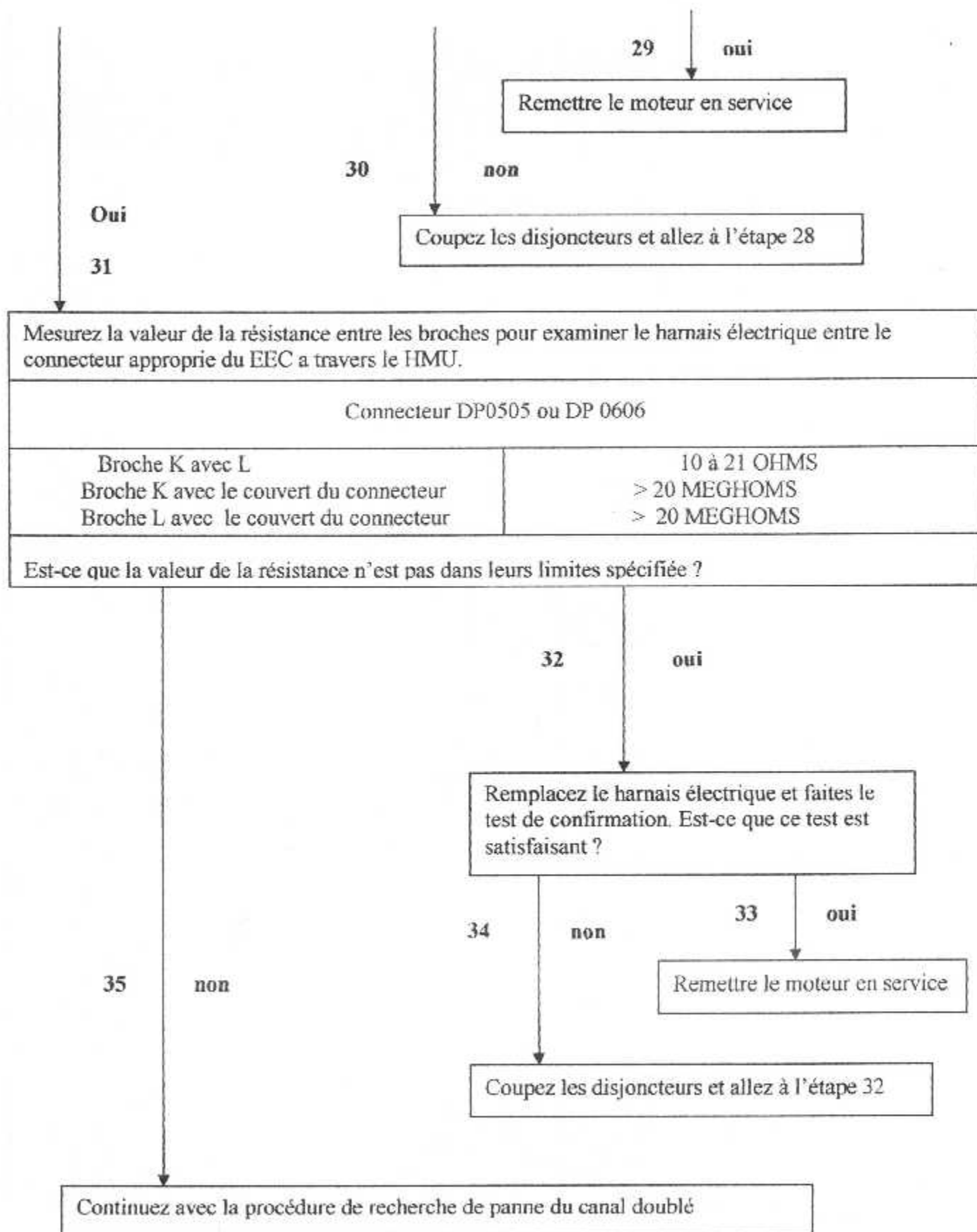
- 1) panneau des disjoncteurs, P18-2
 - a) 18A1 Allumage à droite du moteur 1
 - b) 18A3 Allumage à gauche de moteur 1
 - c) 18A4 Alternateur du canal B du moteur 1
 - d) 18A5 Alternateur du canal A du moteur 1

- (3) Faites cette procédure : ouvrez le capot du fan.
- (4) Le recherche de panne









Chapitre V

Comparaison

V.1 COMPARAISON ENTRE LES DEUX SYSTEMES CARBURANT

Moteur	CF6-80 A3	CFM56-7B
Caractéristiques Générales		
Masse du moteur (kg)	5900	2361
Diamètre de la soufflante (mm)	2690	1550
Longueur (mm)	7200	2500
Application	A310	Boeing 737-600/700/800/900
Taux de compression général	29,1	32,7
Modules	<ul style="list-style-type: none"> • Module rotor fan • Module stator fan • Module core haute pression (Compresseur HP-C.C) • Module carter arrière compresseur • Module turbine haute pression • Module turbine basse pression • Module gear box 	<ul style="list-style-type: none"> • Module fan (soufflante+compresseur BP) • Module core (compresseur HP+CC+turbine HP) • Module Teerbiene BP • Module gearbox
Vitesse de rotation de l'attelage BP	<ul style="list-style-type: none"> • 100% de régime → 3432,5 Tr /mn maximum 117% 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% de régime 5173 Tr/mn. • 104% de régime 5380 Tr/mn (max.)
Vitesse de rotation de l'attelage HP	<ul style="list-style-type: none"> • 100 % de régime → 9827 tr/mn • Le régime N2 max. → 1010,5 tr/mn 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% de régime 14460 tr/mn • 105% de régime 15183 tr/mn (max.)
Système carburant	<p>Eléments constituant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - PMC, - MEC, - Une pompe à haute pression - Un échangeur thermique principal carburant/ huile réacteur/ -Un transmetteur de débit carburant/ une pompe d'injection - 30 injecteurs 	<p>Eléments constituant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - HMU - EEC - Une pompe carburant (2 étages HP et BP) - échangeur de chaleur huile / carburant - un refroidisseur carburant (asservissement) - régulateur d'huile IDG/ un filtre carburant - une valve de retour (FRV)

	<p>Fonctionnement : Le circuit carburant : 1-alimente les 30 injecteurs de la chambre de combustion 2-alimente les 2 vérins des vannes de décharge (VBV) 3-alimente les 2 vérins des stators a calage variable (VSV) 4- refroidit l'huile de graissage moteur 5-refroidit l'huile de l'alternateur Ce circuit se compose d'un régulateur carburant hydromécanique (MEC) à commande classique assistée par calculateur électrique de poussée moteur (PMC) Le PMC permet de ajuster finement le débit carburant par action d'un moteur couple sur le robinet doseur en limitant le régime N2 afin d'obtenir le niveau de poussée. Le MEC assure la sélection de la poussée, régulation N2, contrôle des accélérations et dégradation. Elle est affichée sous forme d'un message mais pas détaillée puis en effectue le test de dépannage selon le manuel de recherche des pannes TSM.</p>	<p>- 20 injecteurs carburant à double cône -BSV Fonctionnement : Le circuit carburant 1-alimente les 20 injecteurs de la chambre de combustion 2-alimente les 2 vérins des vannes de décharge (VBV) 3- alimente les 2 vérins de stators à calage variable (VSV) 4- alimente la vanne de refroidissement carter turbine haute pression (HPTACC) 5- alimente la vanne de refroidissement carter turbine basse pression (LPTACC) 6- alimente la vanne de décharge transitoire(TBV) 7- refroidit l'huile de graissage moteur 8-refroidit l'huile de graissage alternateur Le circuit carburant est géré par le système FADEC, le EEC calcule la quantité de carburant fournit aux injecteurs en fonction de paramètres suivants, position TLA, température ambiante, pression ambiante, EGT..., et commande les vérins de contrôle de flux d'air compresseur (VBV, VSV) et les vannes de refroidissement carter turbine (HPTACC, LPTACC), le système carburant comporte un servo fuel heater dont le but d'éviter la formation du givre du carburant pour le fonctionnement des servocommandes.</p>
<p>Régulateur carburant</p>	<p>Il comprend - Un galet doseur -Une vanne carburant haute pression - Une vanne de mise en pression et drainage - By-pass</p>	<p>Il comprend Un galet doseur Une vanne carburant haute pression By-pass Six (06) Electrohydraulique servo vannes <ul style="list-style-type: none"> • 1 pour galet doseur • 1 pour vérins VBV • 1 pour vérins VSV </p>

		<ul style="list-style-type: none"> • 1 pour le RACC • 1 pour HPTACC 1 pour LPTACC • 1 solénoïde pour la BSV
Débitmètre	Envoi un signal de la quantité carburant et l'affiche sous forme analogique sur l'indicateur carburant , il affiche aussi le totaliseur	Envoi un signal à l'ECU de la quantité carburant, l'ECU affiche la quantité sous forme digitale sur l'écran inférieur....., il affiche le totaliseur
Commande filtre carburant	En cas de colmatage filtre carburant une étiquette s'allume ambre sur les écrans ECAM au niveau du cockpit	En cas de colmatage filtre carburant une étiquette s'allume ambre sur le panneau carburant au niveau de cockpit
Maintenance	<p>Le suivi de circuit carburant se fait à partir du :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- la quantité carburant 2- le colmatage carburant <p>La maintenance reste classique c'est à dire qu'il fait appel aux connaissances de personnels de la maintenance</p>	<p>Le suivi du circuit carburant se fait à partir de</p> <ol style="list-style-type: none"> 1-l'indicateur de quantité carburant 2- le voyant colmatage filtre carburant sur le CFM56-7B l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) à la capacité de mémoriser et d'afficher les pannes des dix (10) derniers vols sur l'écran d'affichage (CDU) localisé dans le cockpit <p>le menu du BITE du EEC comporte</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- les pannes récentes (RECENT FAULT) 2-l'historique des pannes (FAULT HISTORY) 3- ident/config (IDENTIFICATION / CONFIGURATION) 4-donnees de suivi (INPUT MONITORING) <p>concernant les pannes récentes en cas de panne le EEC affiche les pannes comme suit</p> <ul style="list-style-type: none"> -le code du message -le test de l'anomalie (message a partir du code on va vers le FIM (le manuel d'isolement de panne pour trouver la procédure de dépannage)

Conclusion

Conclusion

A l'issue de notre travail nous avons pris connaissance :

- Des circuits carburants des réacteurs CF6 80-A3 et CFM56-7B ainsi que leur fonctionnement
- Des différences qui existent entre les deux réacteurs

Nous pouvons conclure que les différences sont des améliorations apportées sur le réacteur CFM56-7B à savoir :

- La vanne de sélection d'injecteurs
- Le filtre d'injecteurs
- Le circuit carburant du CFM56-7B permet l'alimentation de la vanne de décharge transitoire (TBV)

Les améliorations du CFM56-7B permettent :

- L'augmentation de la durée de vie du réacteur
- Maintenance plus rapide et plus efficace grâce au EEC qui affiche les pannes au niveau de l'écran d'affichage (CDU) avec plus de précisions

Annexe

CONVERSION DES UNITES

❖ LONGUEUR

$$\begin{aligned}1 \text{ in} &= 2,54 \text{ cm} \\1 \text{ ft} &= 0,3048 \text{ m}\end{aligned}$$

❖ MASSE

$$\begin{aligned}1 \text{ Kg} &= 2,2046 \text{ Lbm} \quad -6,8521 \cdot 10^{-2} \\1 \text{ Slug} &= 1 \text{ Lbf} \cdot \text{s}^2 / \text{ft} = 32,174 \text{ Lbm}\end{aligned}$$

❖ FORCE

$$1 \text{ Lbf} = 4,448 \text{ N}$$

❖ TEMPERATURE

$$\begin{aligned}1^\circ \text{K} &= 1,8^\circ \text{R} = 273,15 + ^\circ \text{C} \\1^\circ \text{F} &= 5/9 \cdot (T(^{\circ} \text{C}) + 32)\end{aligned}$$

❖ PRESSION

$$1 \text{ Psi} = 6892,8751 \text{ Pascal}$$

❖ POUSSEE SPECIFIQUE

$$1 \text{ Lbf} / (\text{Lbm} / \text{s}) = 908 \text{ N} / (\text{Kg} / \text{s})$$

❖ CONSOMATION SPECIFIQUE

$$1 \text{ Lbm} / (\text{Lbf} \cdot \text{h}) = 28,325 \text{ m} / (\text{N} \cdot \text{s})$$

Glossaire

Anglais	Français
Aircraft	Avion
Air data computer	Centrale aérodynamique
Approach idle	Ralenti d'approche
Air flow	Débit d'air
Actuator	Vérin
Anti-ice	Anti-givrage
Bellerank	Biellette
Below	Boite anéroïde
Body	Corps
By pass valve	Clapet de décharge
Bearing	Roulement
Blade	Ailette
Bleed	Prélèvement
Booster	Compresseur basse pression
Check valve	Valve anti-retour
Clim	Montée
Clog	Colmatage
Compressor discharge pressure	Pression de refoulement compresseur
Compressor inlet temperature	Température d'entrée d'air
Control discharge	Pression d'injection
Cooler	Refroidissement
Cover	Couvercle
Cruise	Croisière
Case	Carter
Chamber	Chambre
Cavity	Cavité, trou
Combustor	Chambre de combustion
Decrease	Diminution
Discharge	Refoulement
Dual flow	Double débit
Exchanger	Echangeur
Engine trim	Réglage
Fuel	Carburant
Fail fixed	Signal de blocage
Fault	Défaut
Feed back	Retour d'asservissement
Filter	Filtre
Flexible take off	Décollage à poussé réduite
Flight management computer (FMC)	Calculateur de gestion du vol
Flow divided valve	Clapet sélecteur
Flow meter	Transmetteur de débit
forward	Avant

Secondary flow	Débit secondaire
Sensor	Détecteur
Slat	Bec de bord d'attaque
Specific gravity adjustment	Correcteur de densité
Speed	Vitesse
Speed trim/torque motor	Moteur couple de limitation de vitesse
Spline	Cannelures
Supply	Alimentation
switch	Contacteur
seal	Joint
shaft	Arbre
spring	Solenoids
solenoid	Etage
tap	Déviation
TAT-Total air temperature	Température total
Tank	Réservoir
Thrust control computer (TCC)	Calculateur de commande de poussée
Thrust limit	« N1 limite »
Thrust rating panel (TRP)	Panneau de sélection de mode
Thrust reverser	Poussée inverse
Transducer	Transmetteur
Transducer lever angle (TLA)	Transmetteur de position manette
Tribone	Collecteur triple de carburant
Trim	Réglage
Variable bleed	Vanne de décharge à section variable
Variable stator vane	Stator à calage variable

Bibliographie

- 1- Training Manuel **A310, GTR, GE, CF6-80 Engine ATA 72** (M-Leon-Air France-01-86).
- 2- Training Manuel **A310, GTR, GE, CF6-80 Alimentation et régulation carburant ATA 73** (M-Leon-Air France-1-86).
- 3- Training Manuel **A310 Ensemble FMS ATA 34** (M-SOURDOT-06-86-Air France).
- 4- Training Manuel **A310-ECAM (Equipement) ATA 31** (M-Aullo-Air France).
- 5- Aero Formation Cours, Notes, Manuels **70 power plant** (Tome 1, Tome 2).
- 6- CD-ROM **CF6-80A3 Engin Manuel (EM) GEK 72501** revision 66 juin 15/2003
- 7- CD-ROM **CF6-80A3 illustrated parts catalog (IPC) : Book 2 GEK 72507-1** revision 55 juin 01/2003 Airbus
- 8- CD-ROM **A310 TSM Throuble Shouting Manuel** Rev juin 01/01 DAH Airbus Industrie
- 9- ligne et base de maintenance **CFM56-7B**
- 10- Component maintenance manuel , **ATA 72-73-75**
- 11- illustrated parts catalog, **Boeing 737-800**
- 12- Fault isolation manuel (FIM) , **737-800**
- 13- Dictionnaire technique d'aeronautique et l'espace (English-French) par Aenri Goursau