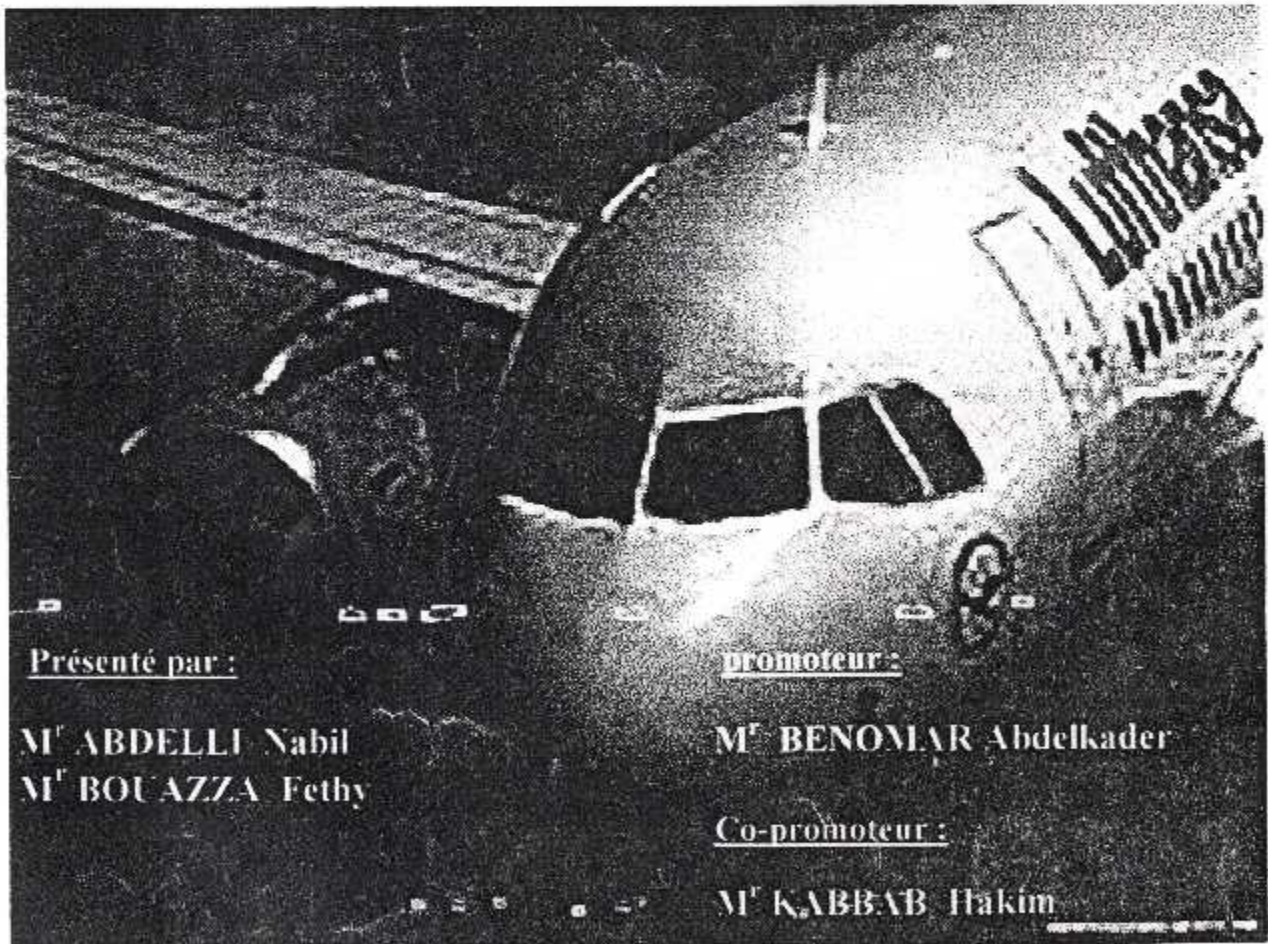


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE.

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.
UNIVERSITE DE BLIDA
INSTITUT D'AERONAUTIQUE

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme des études universitaires
appliquées (DEUA) en aéronautique .
Option : propulsion
Thème

*Etude comparative entre les circuits carburant
Des deux réacteurs
CF6 80-C2 FADEC et CFM56-7B*



Présenté par :

M^r ABDELLI Nabil
M^r BOU AZZA Fethy

promoteur :

M^r BENOMAR Abdelkader

Co-promoteur :

M^r KABBAB Hakim

Promotion : 2002/2003

Remerciements

Nous remercions Dieu ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience de finir cette étude.

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre promoteur Mr **BENOMAR** Abdelkader ainsi que notre co-promoteur Mr **KEBBAB** Hakim pour leur encadrement, leurs conseils et leurs encouragements, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous tenons aussi à remercier tous ceux qui ont contribué de près comme de loin afin que ce travail soit un travail de qualité.

Et finalement un grand merci à tous les enseignants de l'institut d'aéronautique de **BLIDA** qui ont assuré notre formation durant ces trois dernières années.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents qui me sont très chers et qui ont fait
de moi un homme diplômé .

Mes frères et mes sœurs .

Mes tantes et mes oncles , cousins et cousines .

Tous Mes amis d'Alger, de Blida et de Bejaïa sans
oublier mon binôme et sa famille .

NABJI

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

Mes très chers parents qui m'ont encouragé et soutenu
tout le long de mes études , que dieu les protège .

Mes adorables petites sœurs .

Mes tantes et mes oncles , cousins et cousines .

Ainsi qu'à tous mes amis d'Alger et de Blida .

Mon binôme et sa famille.

Et j'ai une pensée toute particulière à mon ami Rachid
en Angleterre .

Fethy

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Introduction	01
--------------------	----

Chapitre I : Description générale des réacteurs CF6 80-C2 et CFM56-7B

I-1-Description générale du réacteur CF6 80-C2 FADEC	02
I-1-1-Les modules du réacteur	02
I-1-1-1-Module FAN	02
I-1-1-2-Module CORE	03
I-1-1-3-Module turbine haute pression	03
I-1-1-4-Module turbine basse pression	03
I-1-1-5-Module boîte d'entraînement d'accessoires	03
I-1-2-Les caractéristiques principales du réacteur	07
I-1-3-Repérage des stations aérodynamiques du réacteur	09
I-2-Description générale du réacteur CFM56-7B	11
I-2-1-Les modules du réacteur	12
I-2-1-1-Module FAN et BOOSTER	12
I-2-1-2-Module CORE	12
I-2-1-3-Module turbine basse pression	13
I-2-2-Boîte d'entraînement d'accessoires	13
I-2-3-Les caractéristiques principales du réacteur	16
I-2-4-Repérage des stations aérodynamiques du réacteur	19

Chapitre II : Les différents circuits des réacteurs CF6 80-C2 et CFM56-7B

II-1-Circuit de graissage	21
II-1-1-Rôle du circuit de graissage	21
II-1-2-Composition du circuit de graissage des deux réacteurs	22
II-1-3-Contrôle du circuit de graissage des deux réacteurs	23
II-2-Circuit de démarrage et d'allumage	26
II-2-1-Circuit de démarrage	26
II-2-2-Circuit d'allumage	26
II-2-3-Commande et contrôle	26
II-3-Circuit reverse	31
II-3-1-Principe	31
II-3-2-Inversion de poussée dans les deux réacteurs	31
II-4-Circuit d'air	36
II-4-1-Rôle du circuit d'air	36
II-4-2-Dispositif antipompage	36
II-4-3-Dispositif actif de contrôle des jeux de turbines haute et basse pression	37
II-5-Circuit de commande	43
II-6-Systèmes de surveillance	43
II-7-Unité électronique de contrôle réacteur (EEC)	48

Chapitre III : Comparaison entre le circuit carburant des deux réacteurs

III-1-Généralités	52
III-2-Circuit carburant avion	56
III-2-Rôle du circuit carburant	57
III-4-Description du circuit carburant	58
III-4-1-La pompe carburant	63
III-4-1-1-Description de la pompe	63
III-4-1-2-Les caractéristiques de la pompe carburant	63
III-4-2-L'échangeur thermique huile / carburant	67
III-4-3-Le filtre principal carburant	67
III-4-4-Le servo réchauffeur carburant	72
III-4-5-L'échangeur huile / carburant de l'alternateur (IDG)	72
III-4-6-Le régulateur principal carburant (HMU)	78
III-4-6-1-Rôle du régulateur principal carburant	78
III-4-6-2-Les composants du régulateur principal carburant	78
III-4-7-La vanne de sélection d'injecteurs (BSV)	87
III-4-8-Le débitmètre	89
III-4-9-Le filtre injecteur carburant	89
III-4-10-La rampe carburant	93
III-4-11-Les injecteurs	93
III-5-Fonctionnement du circuit carburant	96
III-6-Indication circuit carburant	100

Chapitre IV : Maintenance du circuit de carburant des deux réacteurs

IV-1-Politique de maintenance	102
IV-1-1-Maintenance préventive	102
IV-1-2-Maintenance systématique	102
IV-1-3-Maintenance conditionnelle	102
IV-1-4-Maintenance corrective	102
IV-2-Généralité sur la maintenance aéronautique	103
IV-3-Evolution de la politique de maintenance	103
IV-4-Influence de la fiabilité	104
IV-5-Les modes d'entretien	104
IV-5-1-Entretien avec temps limite	104
IV-5-2-Entretien avec surveillance du comportement en service	105
IV-5-3-Entretien selon vérification de l'état	105
IV-6-Stratégie de la maintenance des deux réacteurs	106
IV-6-1-Entretien en ligne	106
IV-6-2-Entretien en atelier	108
Conclusion	113

Glossaire

Bibliographie

INTRODUCTION

Introduction :

En général , l'adoption d'un type de propulseur pour un constructeur afin d'équiper l'un de ses 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 a des besoins opérationnels bien précis , tout en étant efficace , économique et surtout facile à l'utilisation et à 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 au 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 de carburant des réacteurs CF6 80-C2 FADEC et CFM56-7B .

Notre travail comporte quatre (04) chapitres :

Chapitre I : Description générale des réacteurs CF6 80-C2 et CFM56-7B.

Chapitre II : Les différents circuits des réacteurs CF6 80-C2 et CFM56-7B.

Chapitre III : Comparaison entre les circuits carburant des réacteurs
CF6 80-C2 et CFM56-7B.

Chapitre IV : La maintenance des circuits carburant des réacteurs
CF6 80-C2 et CFM56-7B .

CHAPITRE I

Description générale des réacteurs

CF6 80-C2 et CFM56-7B

I-1-Description générale du réacteur CF6 80-C2 FADEC :

X

Le réacteur **GENERAL ELECTRIC CF6 80 C2 FADEC** est un moteur double corps, double flux et à taux de dilution élevé.

Conçu par la firme **GE (GENERAL ELECTRIC)**, il est destiné aux avions long-courriers gros porteurs, ces moteurs équipent les Airbus **A300-600, A310 et A330**, les Boeing **747-400 et MD11** ainsi que tous les modèles de la famille **767** sur lesquels ils ont conquis les deux tiers des commandes.

Intégrant de nombreuses innovations dont un calculateur **FADEC**, il domine le marché en ce qui concerne la consommation spécifique de carburant et la fiabilité. Il offre des caractéristiques acoustiques des plus compétitives et est équipé d'une chambre de combustion avancée qui produit les taux d'émissions de polluants les plus bas des moteurs de sa catégorie.

I-1-1-les modules du réacteur :

Le **CF6 80 C2 FADEC** est composé de cinq (05) modules principaux :

- module fan.
- Module core.
- Module turbine haute pression.
- Module turbine basse pression.
- Module boîte d'entraînement d'accessoires.

I-1-1-1-Module fan :

Ce module est constitué de cinq (05) étages compresseur basse pression dont le premier étage constitue le fan. Le fan engendre à lui seul le flux secondaire

Le module fan est entraîné par la turbine basse pression.

I-1-1-2-Module core :

Ce module est constitué d'un compresseur haute pression à quatorze (14) étages, d'une chambre de combustion de type annulaire équipée de 30 injecteurs et de deux allumeurs à haute tension position **3h30** et **5h30** et du premier étage statorique turbine haute pression.

L'entrée du compresseur haute pression est équipée de trente quatre aubes de prérotation à calage variable.

les cinq premiers étages du compresseur haute pression comportent des aubes statoriques à calage variable.

L'ensemble des aubes de prérotation et des stators à calage variable constituent le dispositif anti-pompage du compresseur haute pression.

Le compresseur haute pression est entraîné par la turbine haute pression.

I-1-1-3-Module turbine haute pression :

Ce module est constitué de deux (02) étages. La turbine haute pression entraîne le compresseur haute pression et la boîte d'entraînement d'accessoires.

I-1-1-4-Module turbine basse pression :

ce module est constitué de cinq (05) étages. La turbine basse pression entraîne le compresseur basse pression.

I-1-1-5-Module boîte d'entraînement d'accessoires :

L'attelage haute pression entraîne le boîtier des accessoires et reçoit le mouvement du démarreur par l'intermédiaire d'une prise de mouvement et d'une boîte de transfert. Le boîtier des accessoires est fixé à la partie inférieure du carter stator compresseur.

Les différents accessoires qui équipent le boîtier sont :

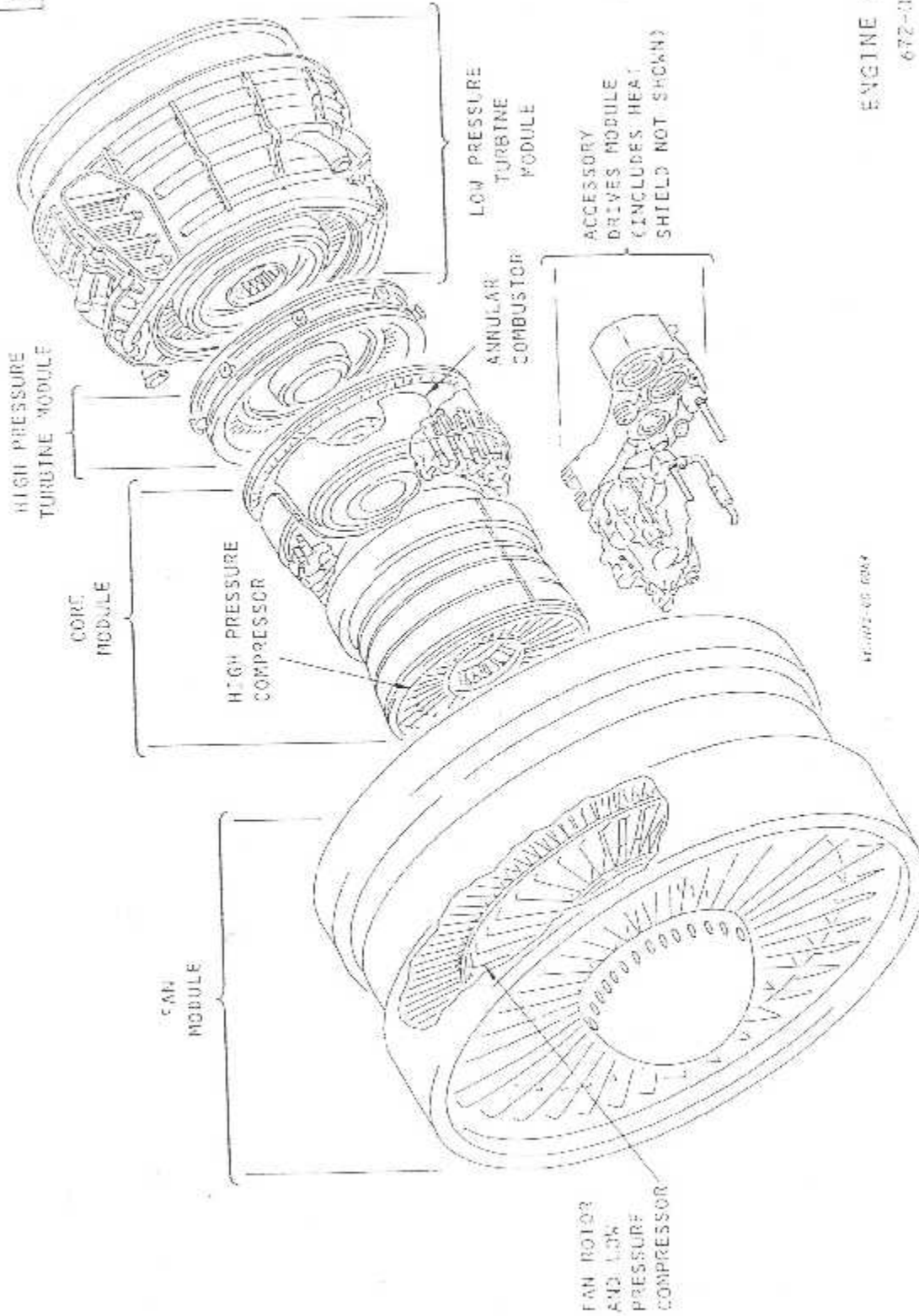
◆ **Sur la face avant :**

- Un (01) régulateur carburant (HMU).
- Une (01) pompe de pression et cinq (05) pompes de récupération d'huile.
- Une (01) pompe hydraulique.
- Un (01) tachymètre N2.
- Un (01) alternateur (pour l'alimentation du EEC).

◆ **Sur la face arrière :**

- Une (01) pompe carburant haute pression.
- Un (01) démarreur .
- Un (01) alternateur (IDG).

CF6-80C2
FADEC



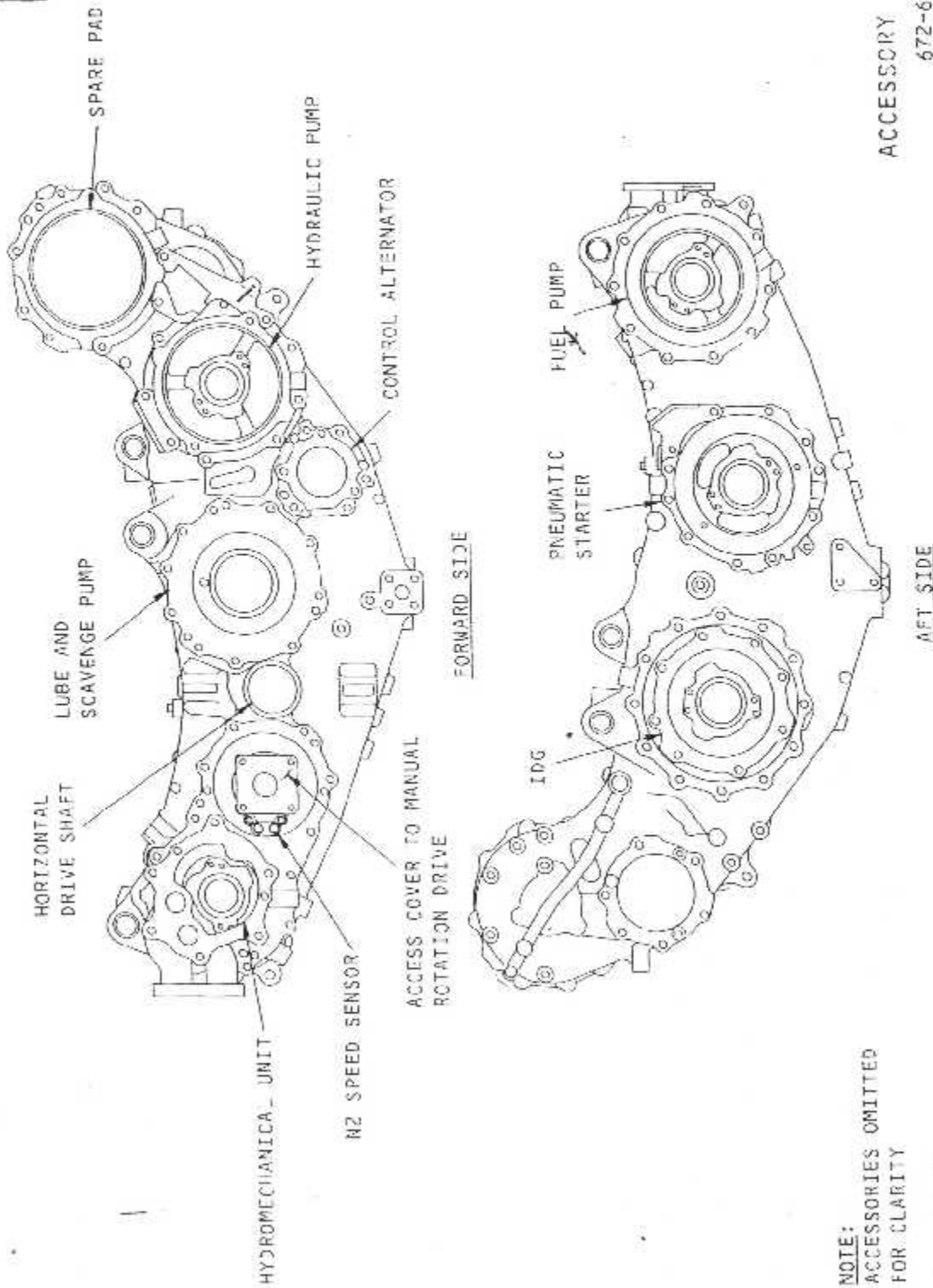
ENGINE GENERAL
672-00-171-01A

672-00-0004

OCT 27 1989 165

Les modules du réacteur CF6 80-C2 FADEC

CF6-80C2F
FADEC



ACCESSORY GEARBOX
672-60-172-C1A

NOTE:
ACCESSORIES OMITTED
FOR CLARITY

OCT 27 1989 1GS

Boite d'entraînement d'accessoires du CF6 80-C2

I-1-2-Caractéristiques principales du réacteur :

Le CF6 80 C2 FADEC présente les caractéristiques suivantes :

- Poussée statique maximale (F) .
- $Z = 0$ température ambiante $< 32.2^\circ$. $F = 23134$ daN
- Poussée assurée par le flux primaire : 20 % de la poussée totale.
- Poussée assurée par le flux secondaire : 80 % de la poussée totale.
- Poussée inverse : 40 % de la poussée directe du fan.
- Masse du réacteur nu : 4216 kg .
- Diamètre de l'entrée d'air : 2.49 mètre.
- Taux de dilution : 5.15 / 1.
- Rapport manométrique de compression : 29.9 / 1.

Capotages :

- Capot fan.
- Capot reverse.
- Capot core.

Régime N1 :

- 100 % = 3280 tr/min.
- 117 % = 3854 tr/min (maximum).

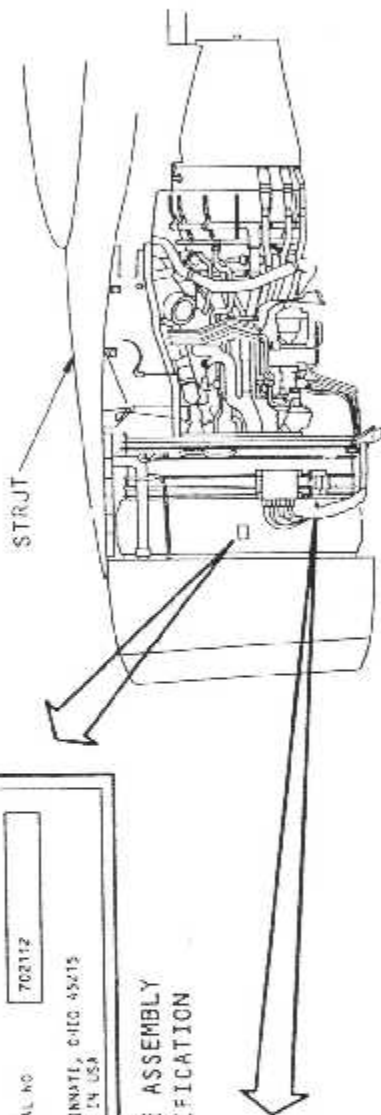
Régime N2 :

- 100 % = 9827 tr/min.
- 112.5 % = 11055 tr/min (maximum).

EGT :

- 960° C maximum.

CF6-80C2F
FADEC



GENERAL ELECTRIC
CF6-ENGINE

ASSY IDENT: CF6-80C2B2F-001

SERIAL NO: 702112

CINCINNATI, OHIO 45215
MADE IN USA

ENGINE ASSEMBLY
IDENTIFICATION

GENERAL ELECTRIC
AIRCRAFT GAS TURBINE
FOR JET PROPULSION

TYPE CERTIFICATE: PCT09

MODEL NO: CF6-80C2B2F

PROG CERTIFICATE: PCT09

SERIAL NO: 702112

TO THRUST: 52010

DATE OF MFG: TO/BA

RATING: MAX CONT THRUST: 52010

CINCINNATI, OHIO - 45215
MADE IN USA

ENGINE DATA

ENGINE SPECIFICATIONS

MODEL	CF6-80C2B2F	MAX N1	117.5% RPM
TAKEOFF THRUST	52,010 LBS	MAX N2	112.5% RPM
MAX FLAT RATED TEMP	90°F (32.2°C)	N1 (100%)	3280 RPM
EGT REDLINE	960°C	N2 (100%)	9827 RPM
BYPASS RATIO	5.15 TO 1	WEIGHT (BARE)	9485 LBS (4216 KG)
COMPRESSOR PRESSURE RATIO	29.9 TO 1	LENGTH	173 IN (432 CM)
		DIAMETER	98 IN (249 CM)

POWER PLANT - GENERAL I-01A

Caractéristiques du réacteur CF6 80-C2 FADEC

I-1-3-Repérage des stations aérodynamiques du réacteur :

Station 0 : conditions ambiantes.

Station 1.2 : entrée d'air.

◆ **Flux primaire :**

Station 2 : entrée du compresseur basse pression.

Station 2.5 : entrée du compresseur haute pression.

Station 3 : sortie du compresseur haute pression.

Station 4 : entrée turbine basse pression.

Station 4.9 : entrée turbine basse pression.

Station 5 : sortie ensemble basse pression.

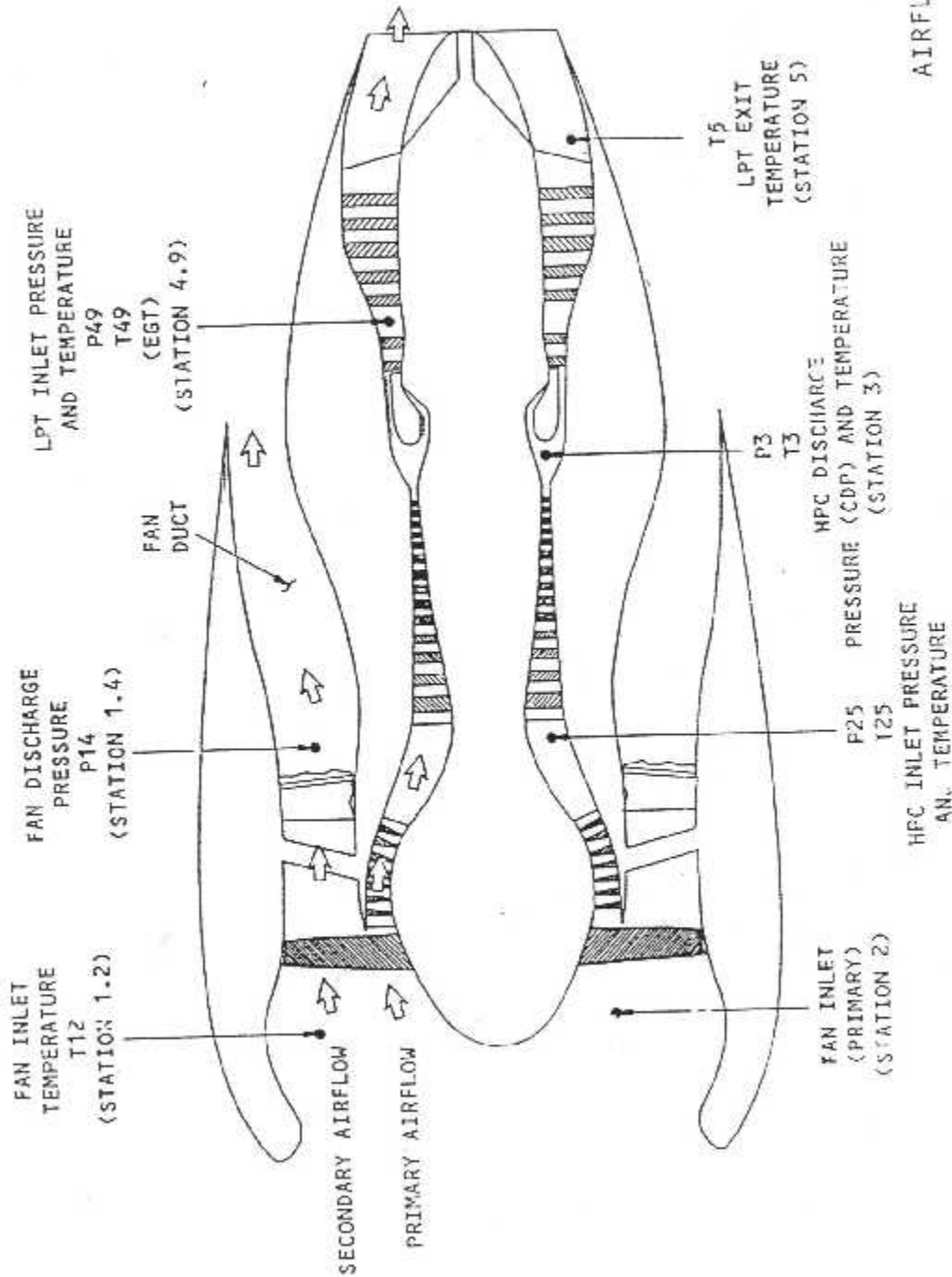
◆ **Flux secondaire :**

Station 1.2 : entrée fan.

Station 1.4 : sortie stator fan.

Station 1.8 : éjection du flux secondaire.

CF6-80C2F
FADEC



AIRFLOW STATIONS

Différentes stations du réacteur CF6 80-C2 FADEC

I-2-Description générale du réacteur 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).

La maintenance du **CFM56-7B** est un acronyme issu de l'appellation **CF6 - compressor fan- de GE et M - motor - de SNECMA.**

<u>SNECMA</u>	<u>GE</u>
FAN	CORE
Gear box	CHP
TBP	C.C
	THP

Ce moteur occupe une position commerciale importante dans le marché aéronautique . il a été choisi par **Boeing** comme source unique pour motoriser ses **Boeing 737** séries **600 ,700 ,800 ,900, COMBI-BBJ** (Boeing business jet), **CHOA** (version militaire).

I-2-1-Les modules du réacteur :

Le moteur **CFM56-7B** est un moteur de conception modulaire .Il se compose de trois (03) modules , les modules du **CFM56-7B** sont les suivants :

- Module fan et booster .
- Module core .
- Module turbine basse pression .

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-2-1-1-module Fan et Booster :

Ce module est constitué d'un fan et trois (03) étages compresseur basse pression. Le **FAN** à lui seul engendre le flux secondaire. Le module **FAN** et **BOOSTER** est un ensemble entraîné 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 .

I-2-1-2-Module core :

Le module core est constitué de :

- Neuf (09) étages compresseur haute pression.
- Une (01) chambre de combustion annulaire, équipée de vingt (20) injecteurs et de deux (02) allumeurs.
- Une (01) turbine haute pression à un (01) étage. La turbine haute pression entraîne 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. Il es supporté par trois (03) roulements.

I-2-1-3-Module turbine basse pression :

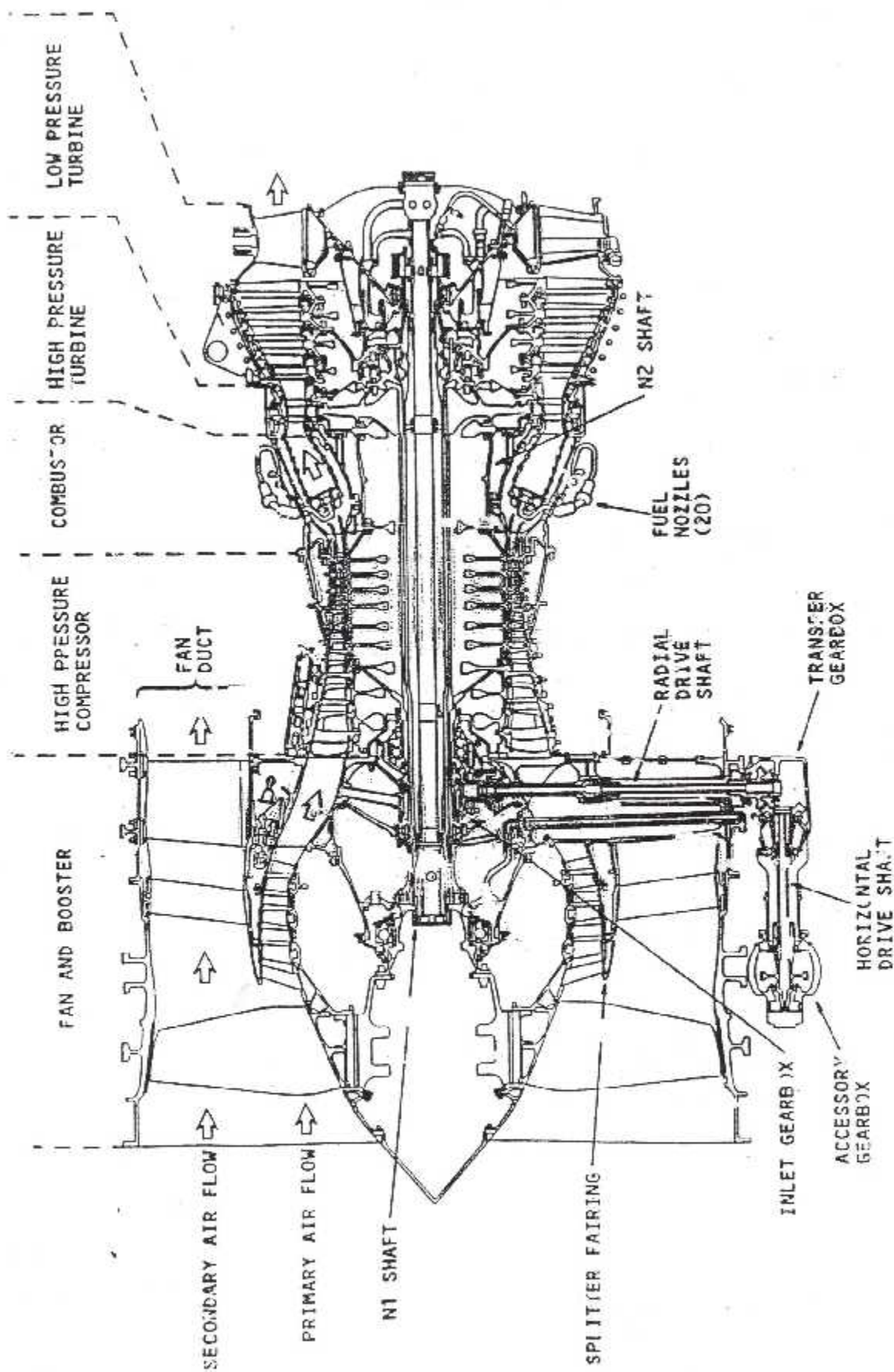
Ce module est constitué de quatre (04) étages. Il entraîne le FAN et le compresseur basse pression. L'ensemble turbine basse pression, FAN et le compresseur basse pression est appelé attelage basse pression ou N1. Il est supporté par trois (03) roulements.

I-2-2-Boites d'entraînement des accessoires :

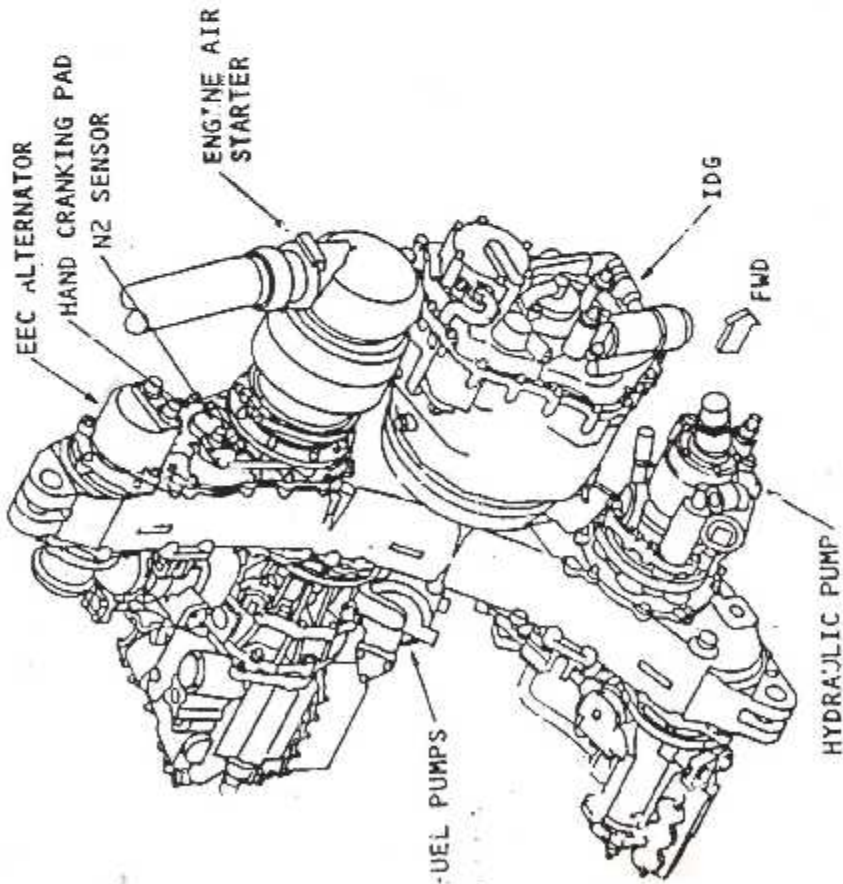
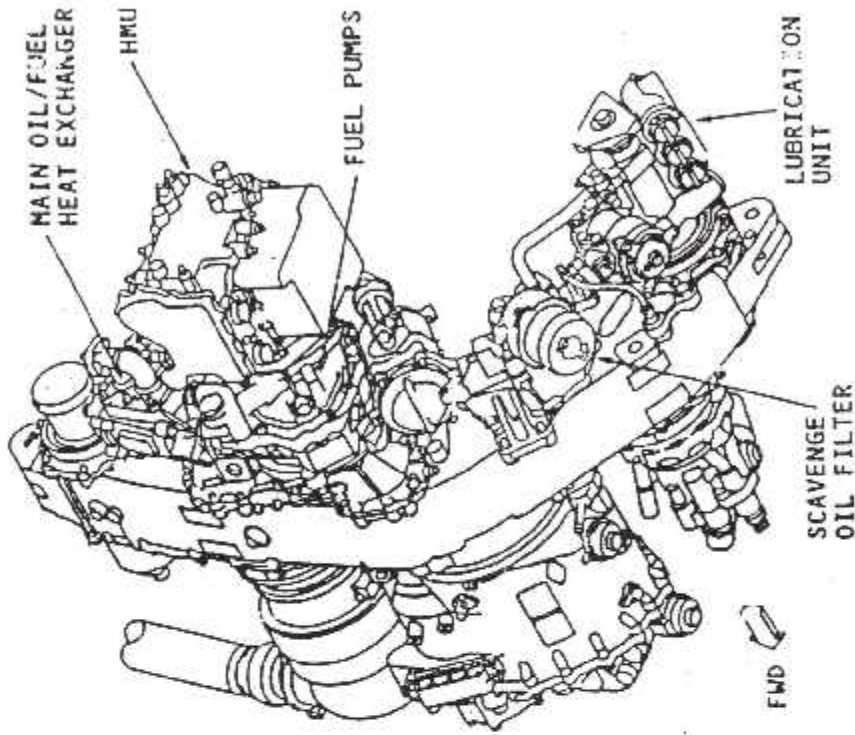
L'attelage haute pression entraîne la boîte d'entraînement des accessoires, elle reçoit le mouvement par l'intermédiaire d'une boîte de transfert . La boîte d'entraînement des accessoires est fixée sur le coté du carter FAN. Les différents accessoires qui équipent la boîte sont :

- ◆ **Sur la face avant :**
 - Pompe carburant.
 - Pompe d'huile.
- ◆ **Sur la face arrière :**
 - Pompe hydraulique.
 - L'alternateur (IDG).
 - Le démarreur.

APC



Les modules du réacteur CFM56-7B



Boite d'entraînement d'accessoires du CFM56-7B

I-2-3-Les caractéristiques principales du réacteur :

- 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.

Capotages :

- Capot Fan .
- Capot Reverse.

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.

CFM INTERNATIONAL
TURBOREACTEUR CFM56 **TURBOFAK**

N° C.T. DGRC: FAA TC N°:

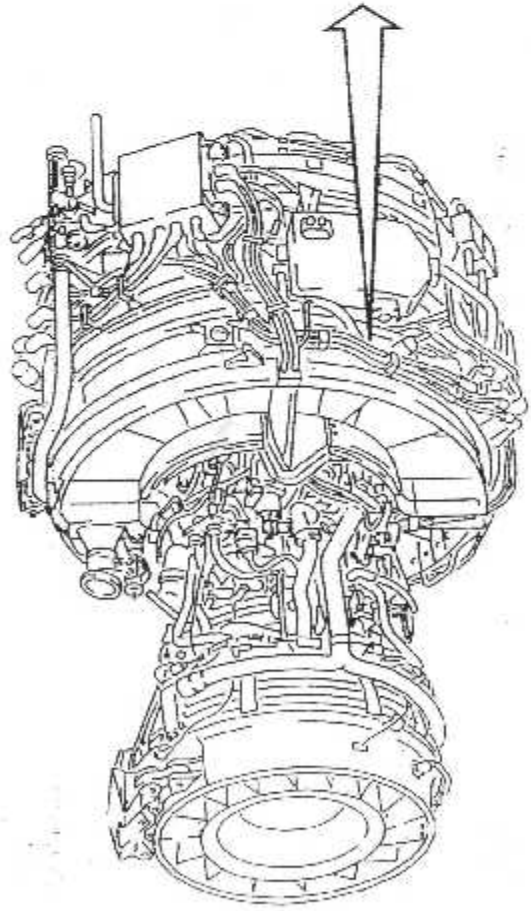
DGAC AGREEMENT N°: FAA PRODUCTION C N°:

N° D'ORDRE: SERIAL N°:

RATED TO MODEL CONFIGURATION IDENTIFIED BELOW
 POUSSÉE TAKE OFF MAX COME N1 SERVO DUL
 DECOL. MAX CONT THURST TRIM (LB)
 (CGN) (LB)

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

INSPECTION: MFD BY: DATE:
 CONTR. FAB PAI: COMPLY



ENGINE NAMEPLATE

GENERAL ENGINE DATA
 MODEL: CFM56-7B
 ENGINE WEIGHT: 5,205 LBS (2,361 KG)
 FAN DIAMETER: 61 IN (155 CM)
 EGT REDLINE: 950 C
 N1 REDLINE: 5,380 RPM (104 PERCENT)
 N2 REDLINE: 15,183 RPM (105 PERCENT)
 BYPASS RATIO: 5.6:1
 EGT START LIMIT: 725 C

ENGINE VERSION	ENGINE CONFIGURATIONS					
	B18	B20	B22	B24	B26	B27
T/O THRUST	19500	20600	22700	24200	26400	27300
AIRPLANE MODELS						
600	X	X	X			
700		X	X	X		
800/900				X	X	X
700 IGW		X	X	X		
700 BBJ					X	X

ENGINE THRUST AND USAGE CHART

Caractéristiques principales du réacteur CFM56-7B

I-2-4-Repérage des stations aérodynamiques du réacteur :

Station 0 : conditions ambiantes.

Station 12 : entrée d'air.

◆ **Flux primaire :**

Station 25 : entrée compresseur haute pression.

Station 3 : sortie compresseur haute pression.

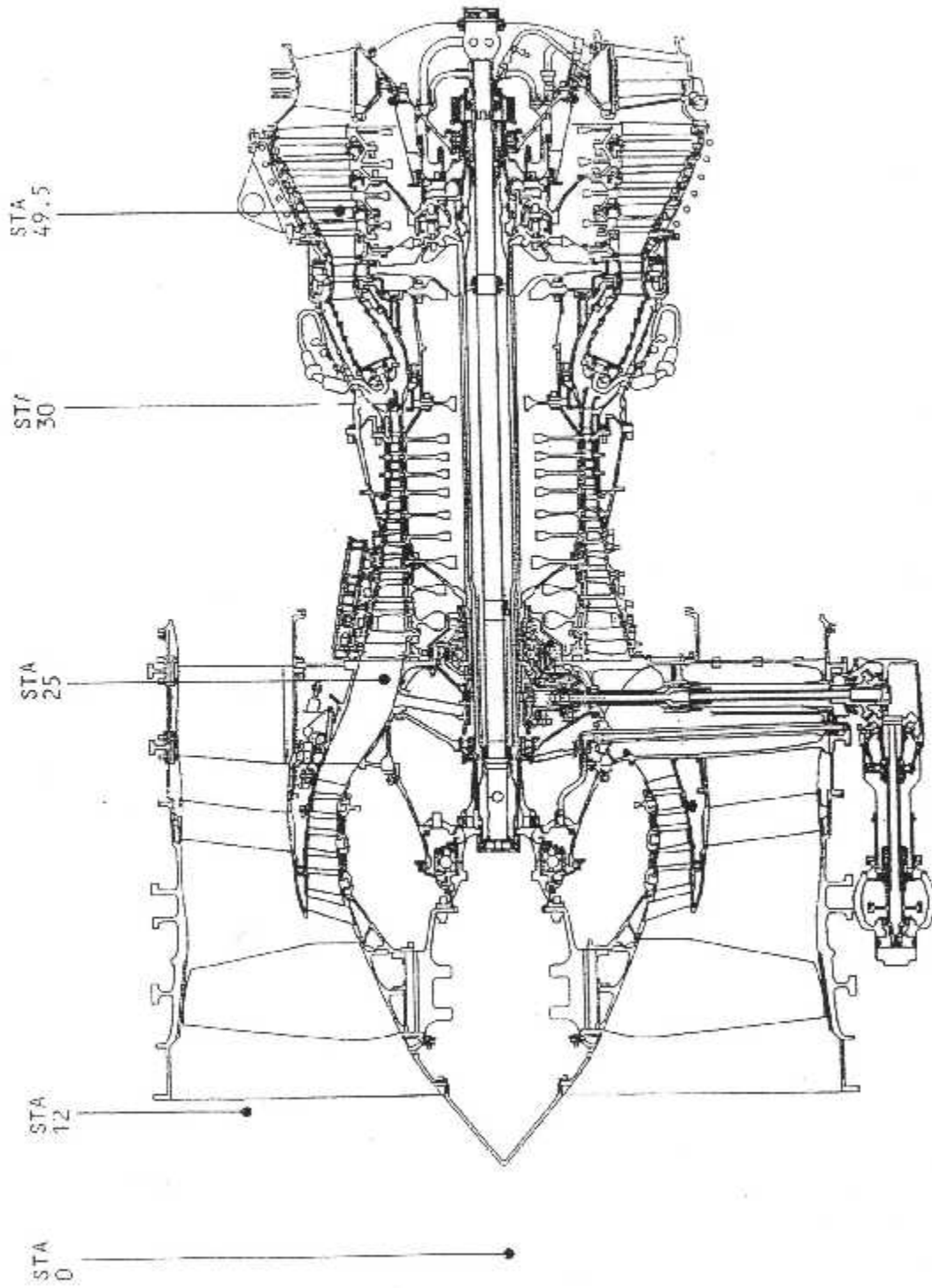
Station 49.5 : sortie 2^{ème} étage turbine basse pression.

Station 5 : sortie turbine basse pression.

◆ **Flux secondaire :**

Station 12 : entrée fan.

Station 13 : sortie stator fan.



Les différentes stations du réacteur CFM56-7B

CHAPITRE II

Les différents circuits des réacteurs

CF6 80-C2 et CFM56-7B

II-Les différents circuits des deux réacteurs :

II-1-Le circuit de graissage :

II-1-1-Rôle du circuit de graissage des deux réacteurs :

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'éclair élevé.
- Point de congélation bas.
- Peu moussante.

II-1-2-Composition du circuit de graissage des deux réacteurs :

◆ **pour le CF6 80-C2 FADEC :**

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

- Un (01) réservoir.
- Une (01) pompe de pression.
- Un (01) clapet d'isolement .
- Cinq (05) pompes de récupération.
- Un (01) filtre principale 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) filtre de récupération équipé de by-pass.
- Un (01) manocontact détecteur de colmatage.
- Un (01) échangeur principal huile / carburant .
- Un (01) servo réchauffeur carburant .

◆ **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-1-3-Contrôle du circuit de graissage des deux réacteurs :

♦ Pour le CF6 80-C2 FADEC :

La surveillance du circuit de graissage est réalisé a partir de :

- Un (01) transmetteur de pression d'huile.
- Un (01) transmetteur de quantité d'huile.
- Une (01) sonde de température d'huile.
- Un (01) manocontact de baisse de pression d'huile.
- Un (01) manocontact de colmatage filtre.

Toutes les indications du circuit de graissage apparaissent sur le système EICAS.

♦ Pour le CFM56-7B :

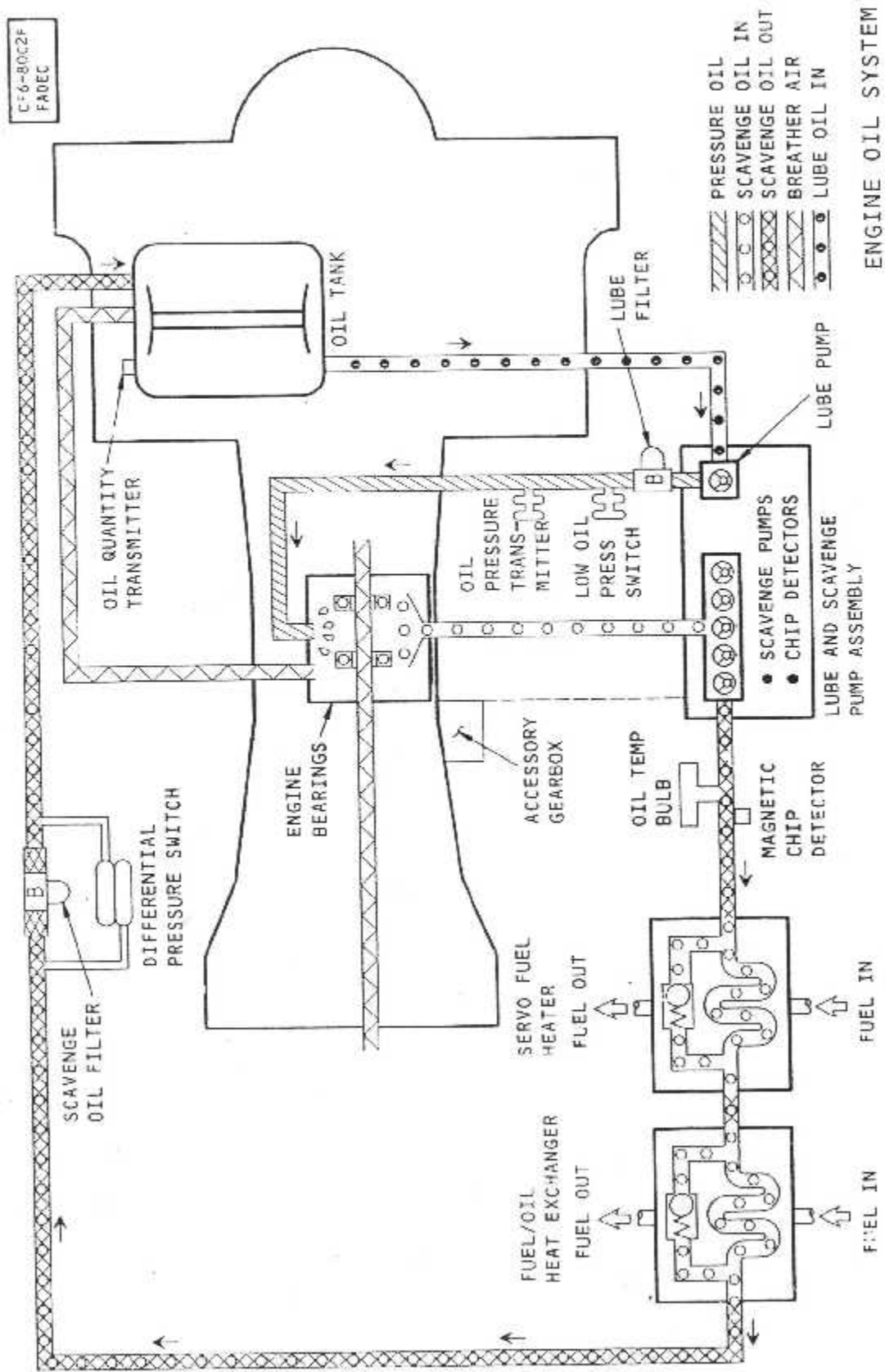
La surveillance du circuit de graissage est réalisée à partir :

➤ Des indications :

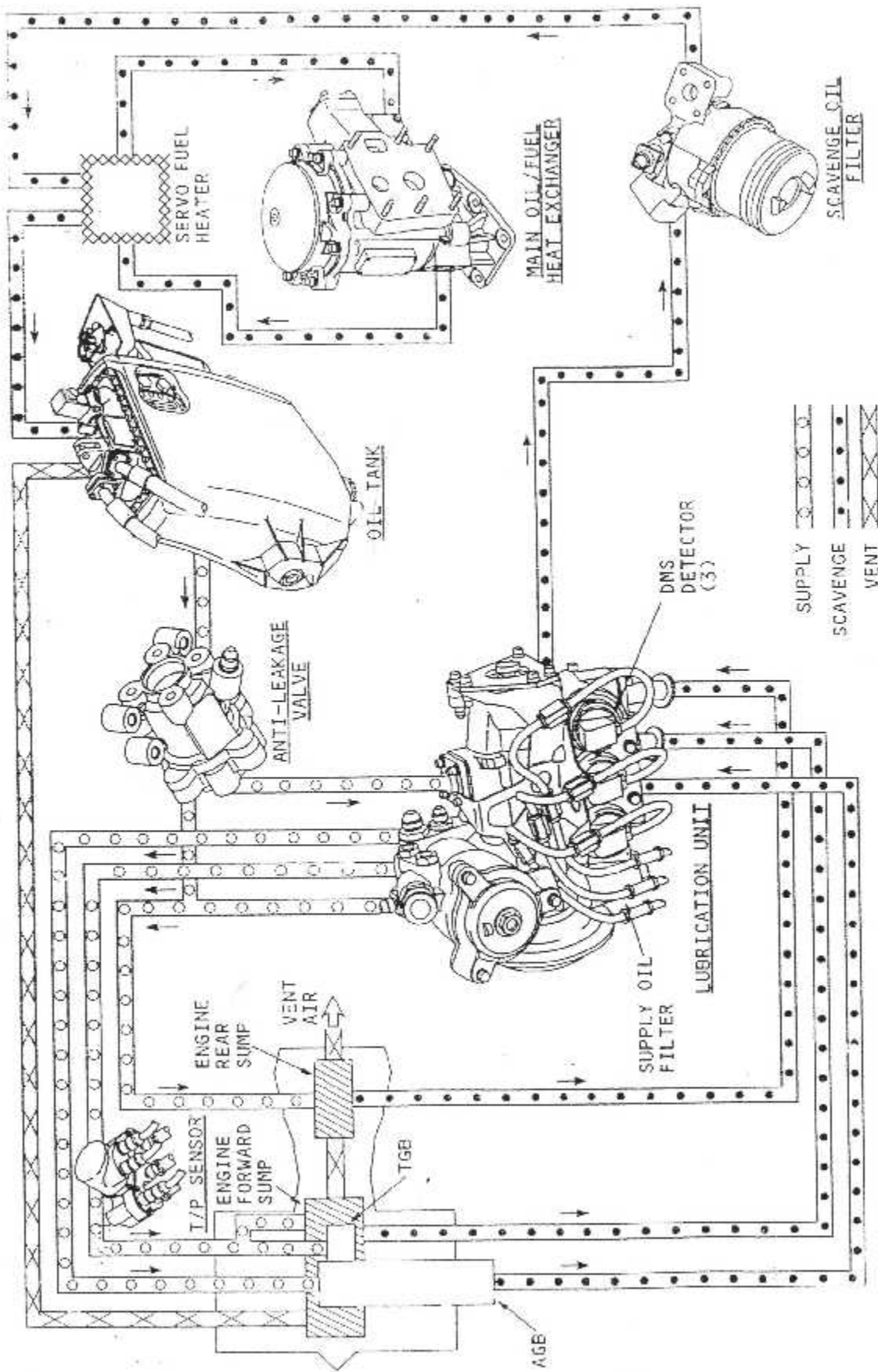
- Pression d'huile.
- Température d'huile.
- Quantité d'huile.

➤ Des alarmes :

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



Circuit de graissage du CF6 80-C2 FADEC



Circuit de graissage du CFM56-7B

II-2-Le circuit de démarrage et d'allumage :

II-2-1-le circuit de démarrage des deux réacteurs :

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) boites d'allumage (gauche et droite).
- Deux (02) bougies.

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

II-2-2-Circuit d'allumage des deux réacteurs:

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 indépendants gauche et droit qui comprennent :

- Une (01) boite d'allumage.
- Une (01) bougie.

II-2-3-Commande et contrôle :

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-C2 FADEC :**

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 :

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

◆ 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-C2 FADEC :**

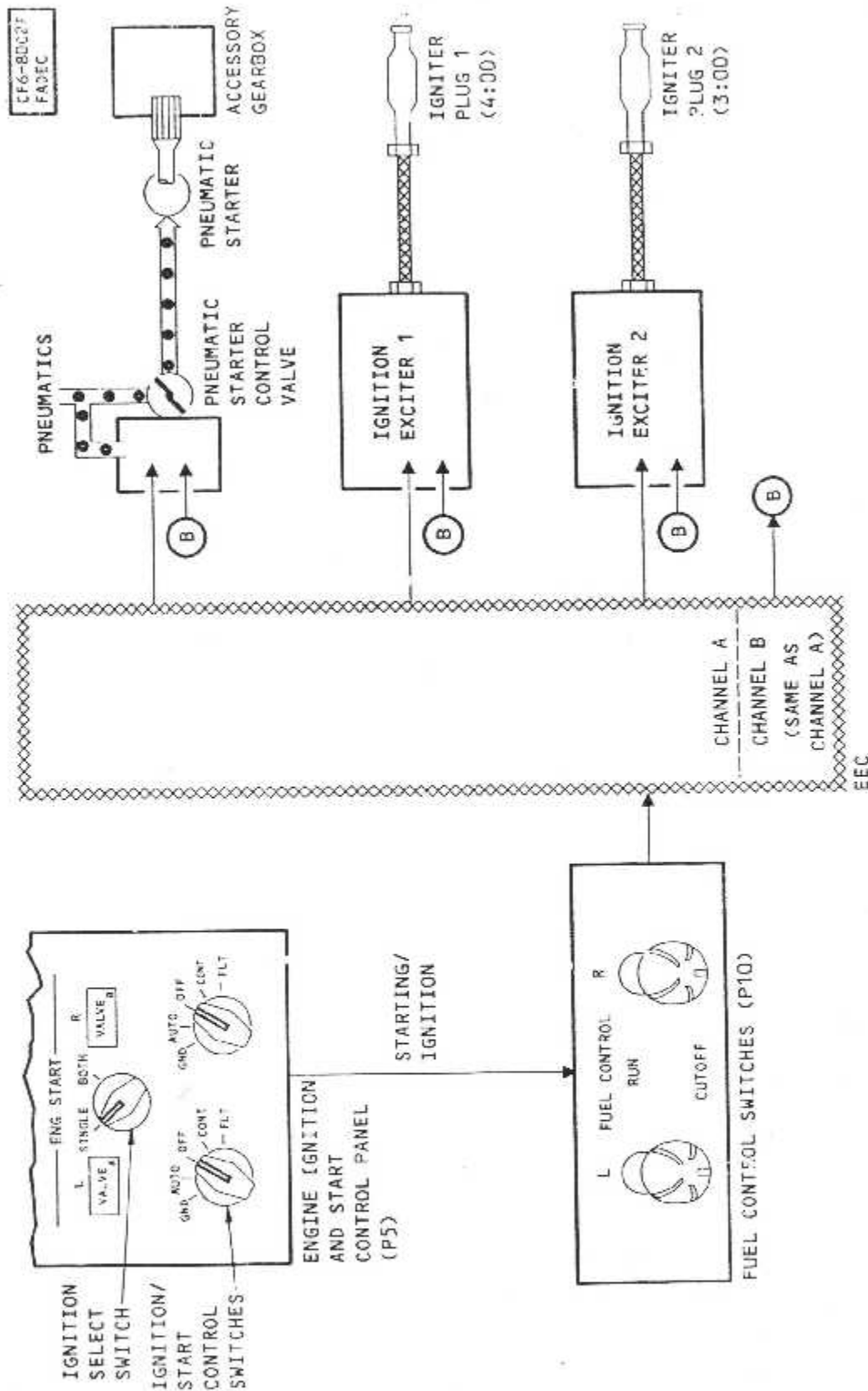
Le sélecteur d'allumage permet la sélection du programme de fonctionnement des circuits d'allumages. Il comprend deux (02) positions :

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

◆ Pour le CFM56-7B :

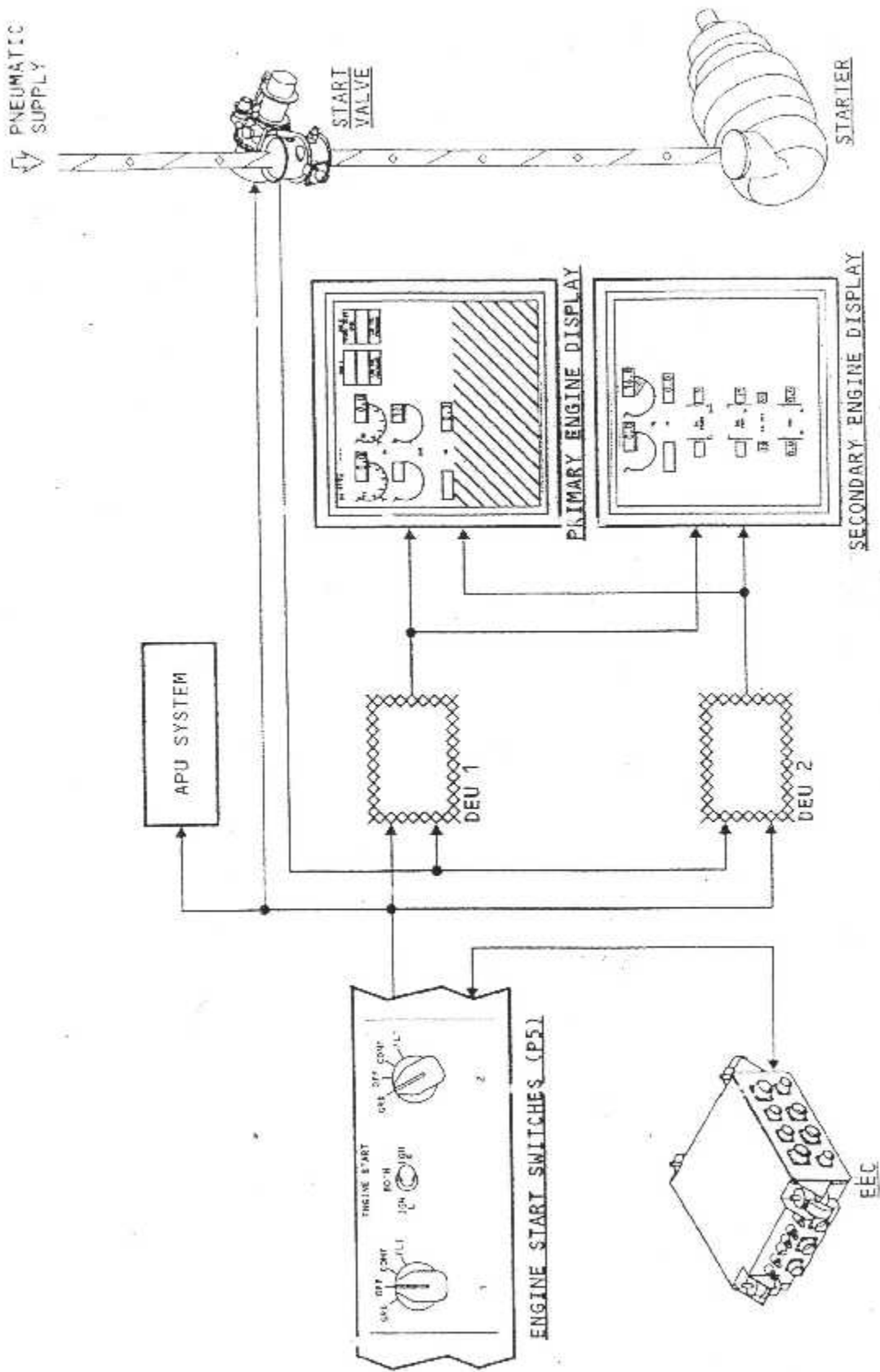
Il comprend trois (03) positions :

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

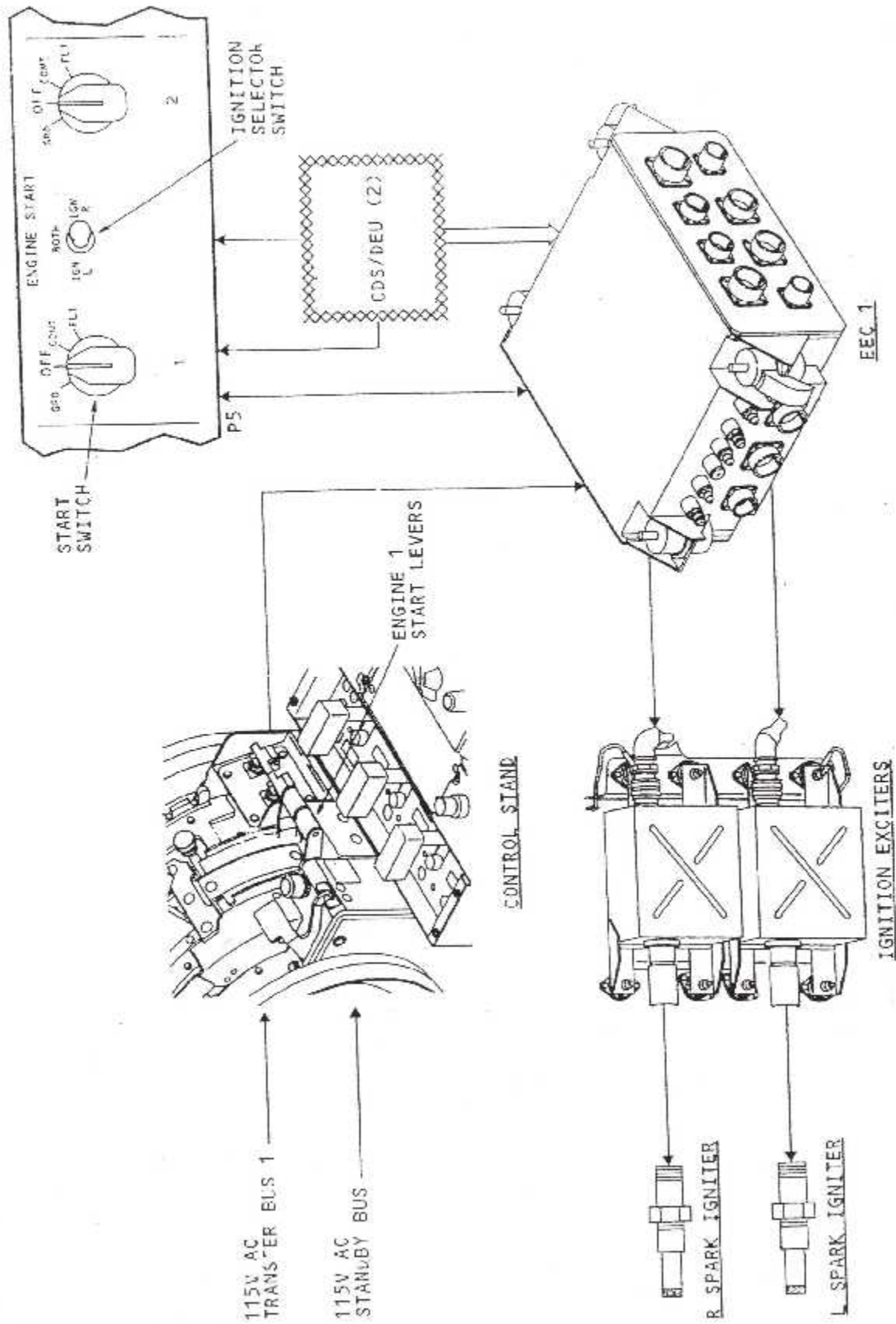


Circuit de démarrage et d'allumage du réacteur CF6 80-C2

OCT



Circuit de démarrage du CFM56-7B



Circuit d'allumage du 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 poussée dans les deux réacteurs :

◆ Dans le CF6 80-C2 FADEC :

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-C2 FADEC 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 electropneumtique 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-C2 ,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.

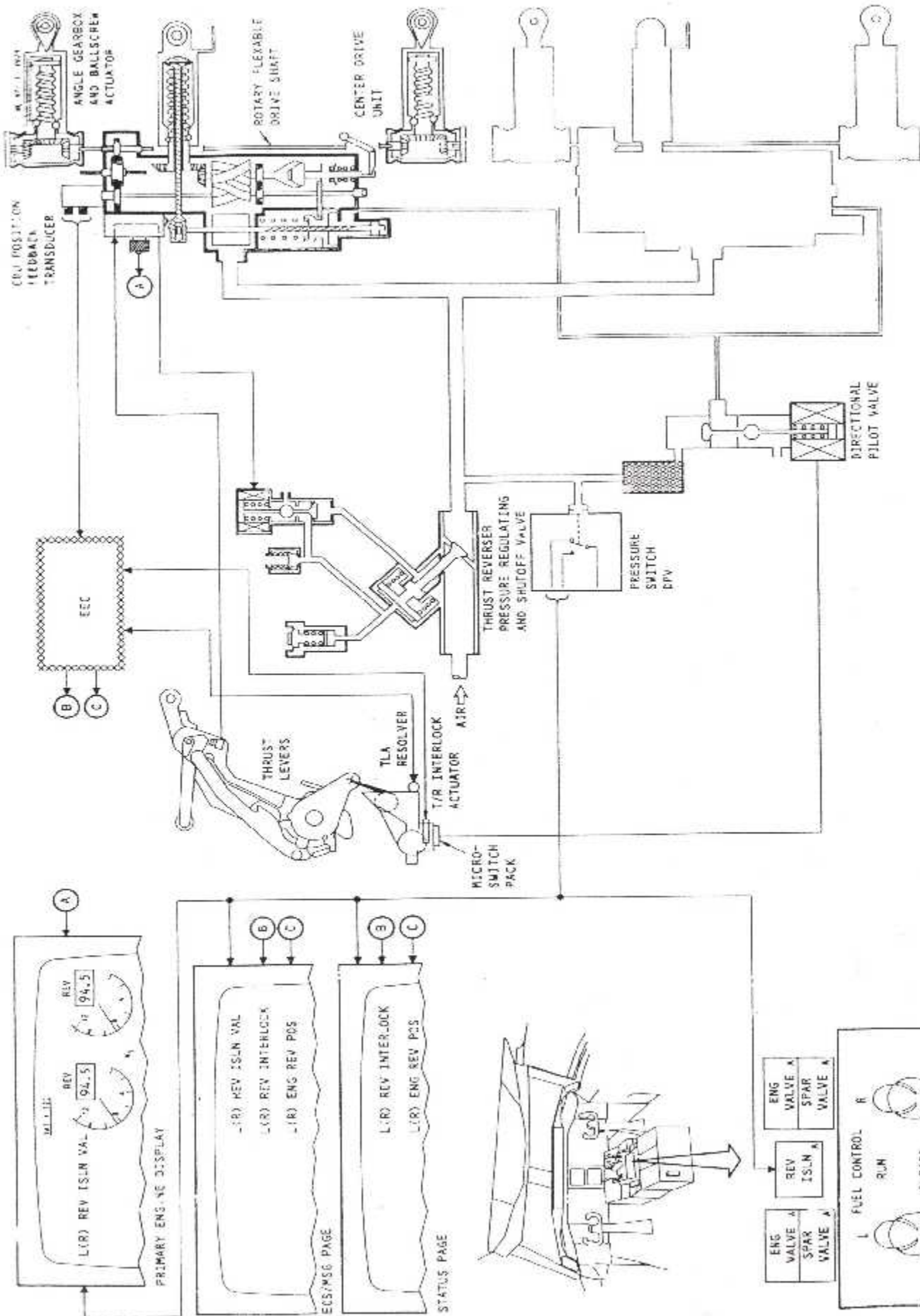
- Douze (12) cascades.

Le contrôle de la reverse se fait par :

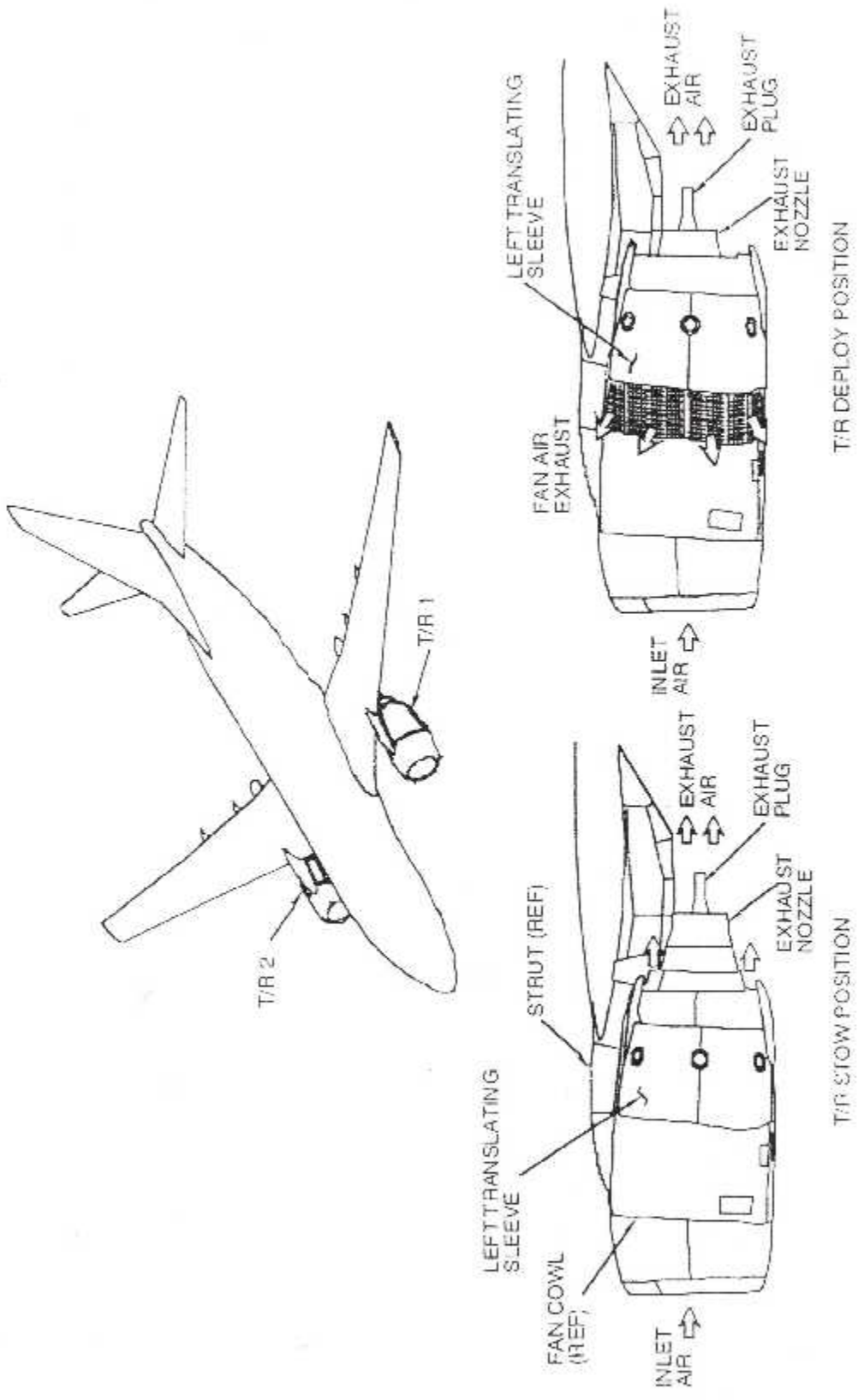
- L'unité électronique de contrôle moteur qui gère les transducteurs Linéaires à déplacement variable (LVDT).
- L'EAU qui gère les switch de proximité, les deux syn lock , La vanne d'isolement hydraulique et la vanne de sélection du sens de rotation.

Signalisation :

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



Circuit reverse du réacteur CF6 80-C2 FADEC



Circuit reverse du réacteur CFM56-7B

II-4-Circuit d'air :

II-4-1-Rôle du circuit d'air des deux réacteurs :

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 chambre 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 six (06) premiers étages du compresseur haute pression pour le CF6 80-C2 FADEC et dans les quatre (04) premiers étages pour le CF56-7B .

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

Les VSV ont deux position :

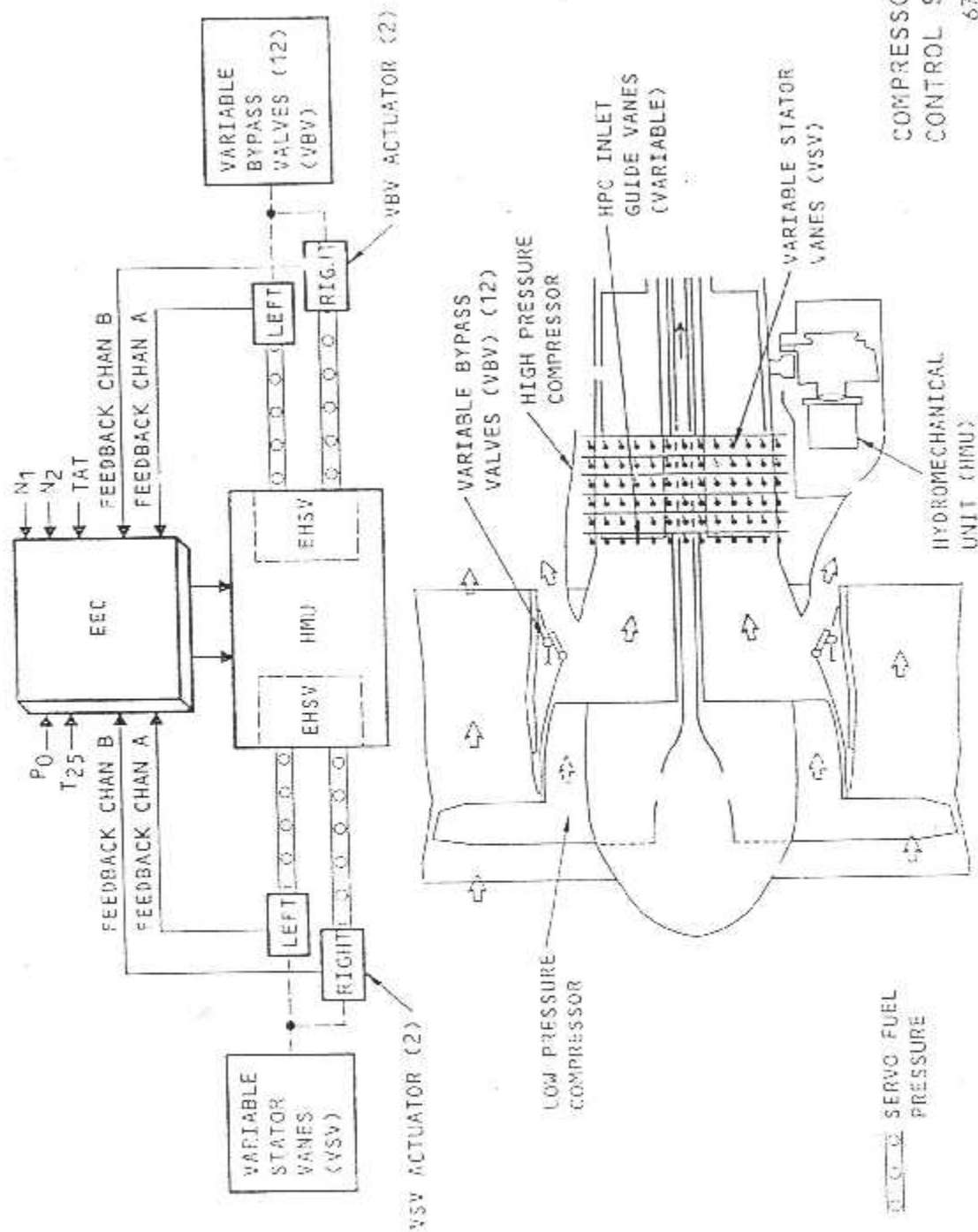
Position fermée : à bas régime .

Position ouverte : à haut régime .

- **Contrôle jeu turbine basse pression (LPTACC) :**

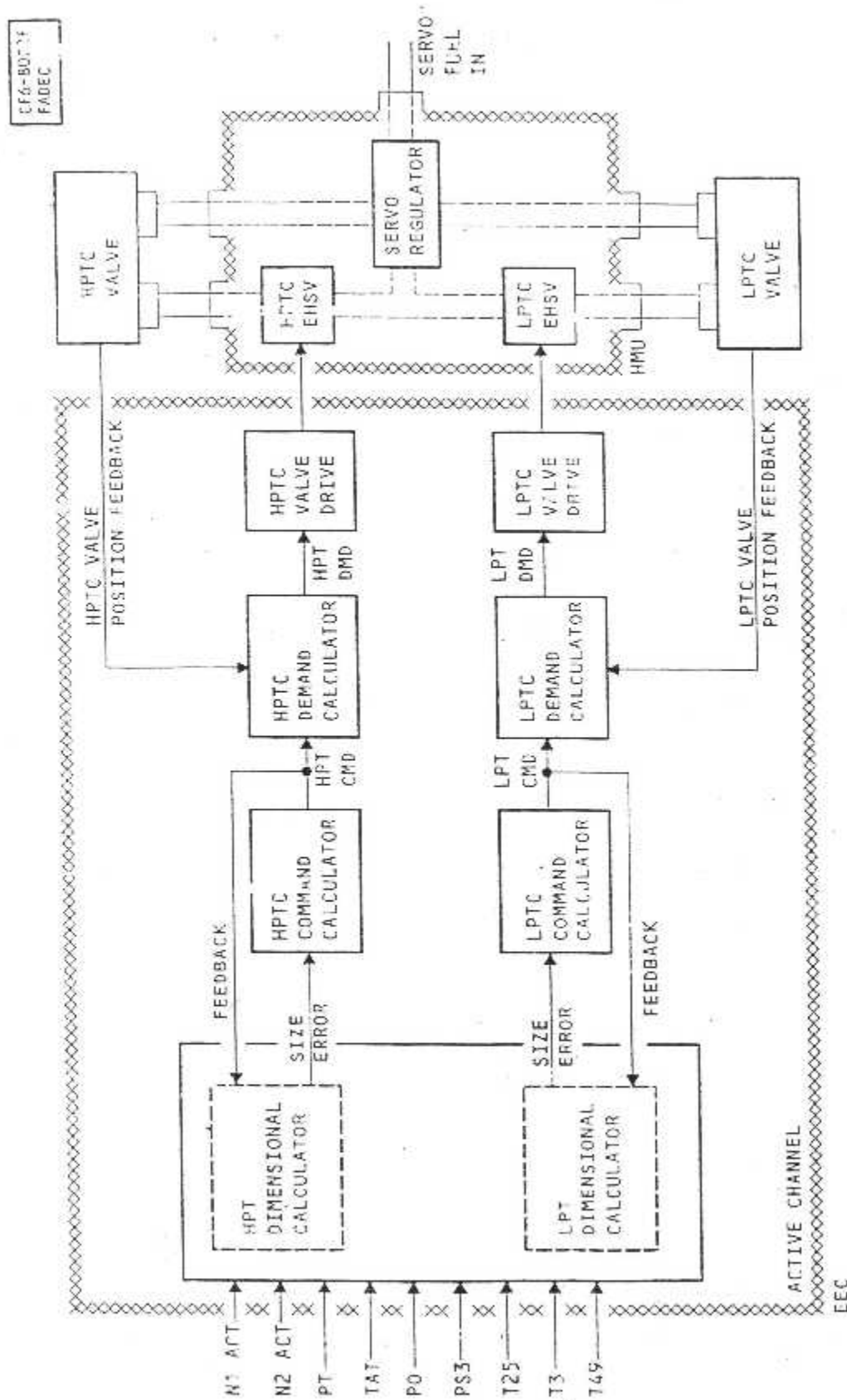
Le système de contrôle du jeu de turbine basse pression contrôle la quantité d'air prélevé du flux secondaire du Fan qui est dirigé vers le carter de a turbine basse pression pour contrôler le jeu , ceci a travers la vanne de contrôle du jeu carter turbine basse pression (LPTACC) et cela pour les deux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

CF6-80C2F
FADEC



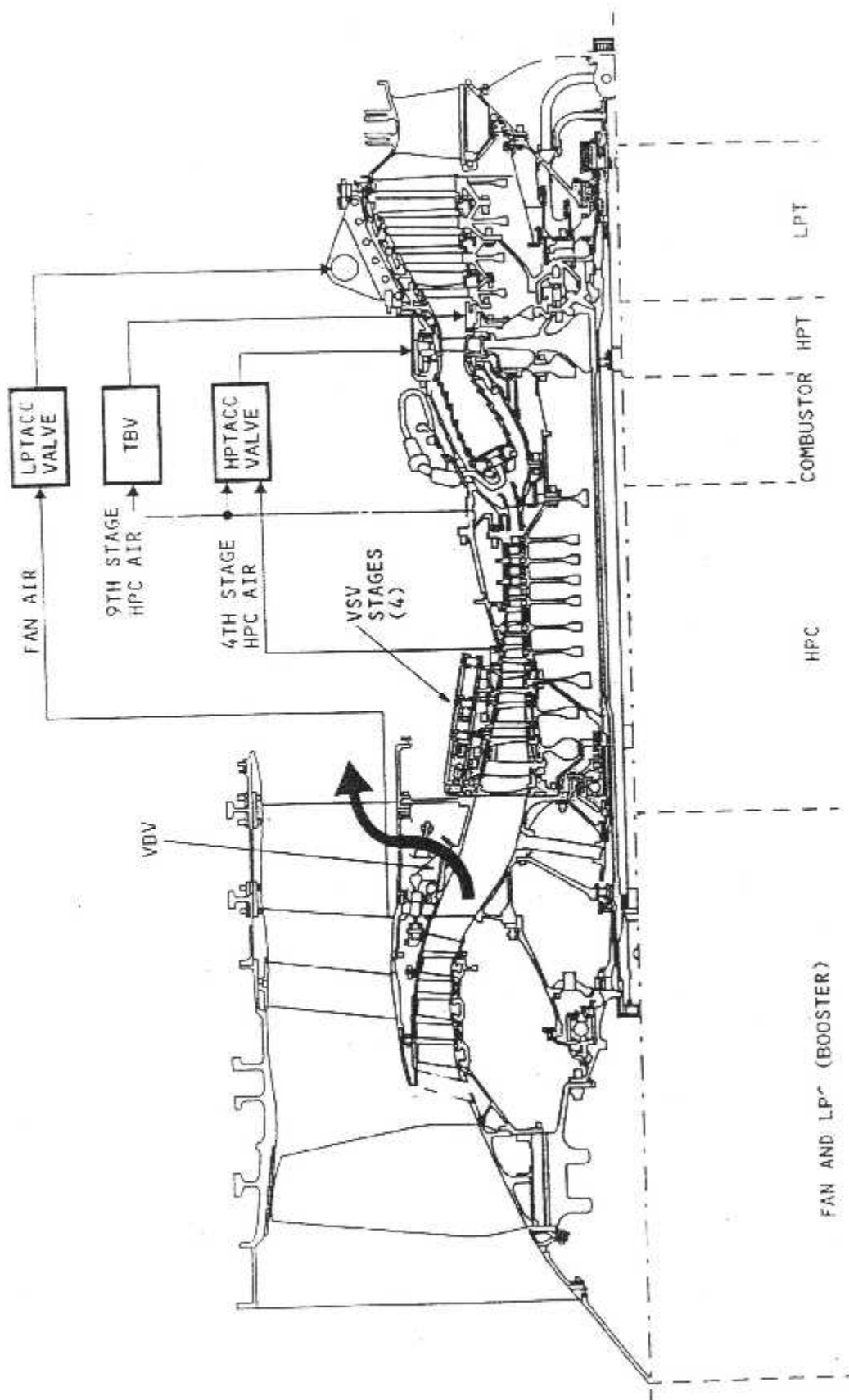
OCT 27 1989 165

Dispositif anti-pompage du CF6 80-C2 FADEC

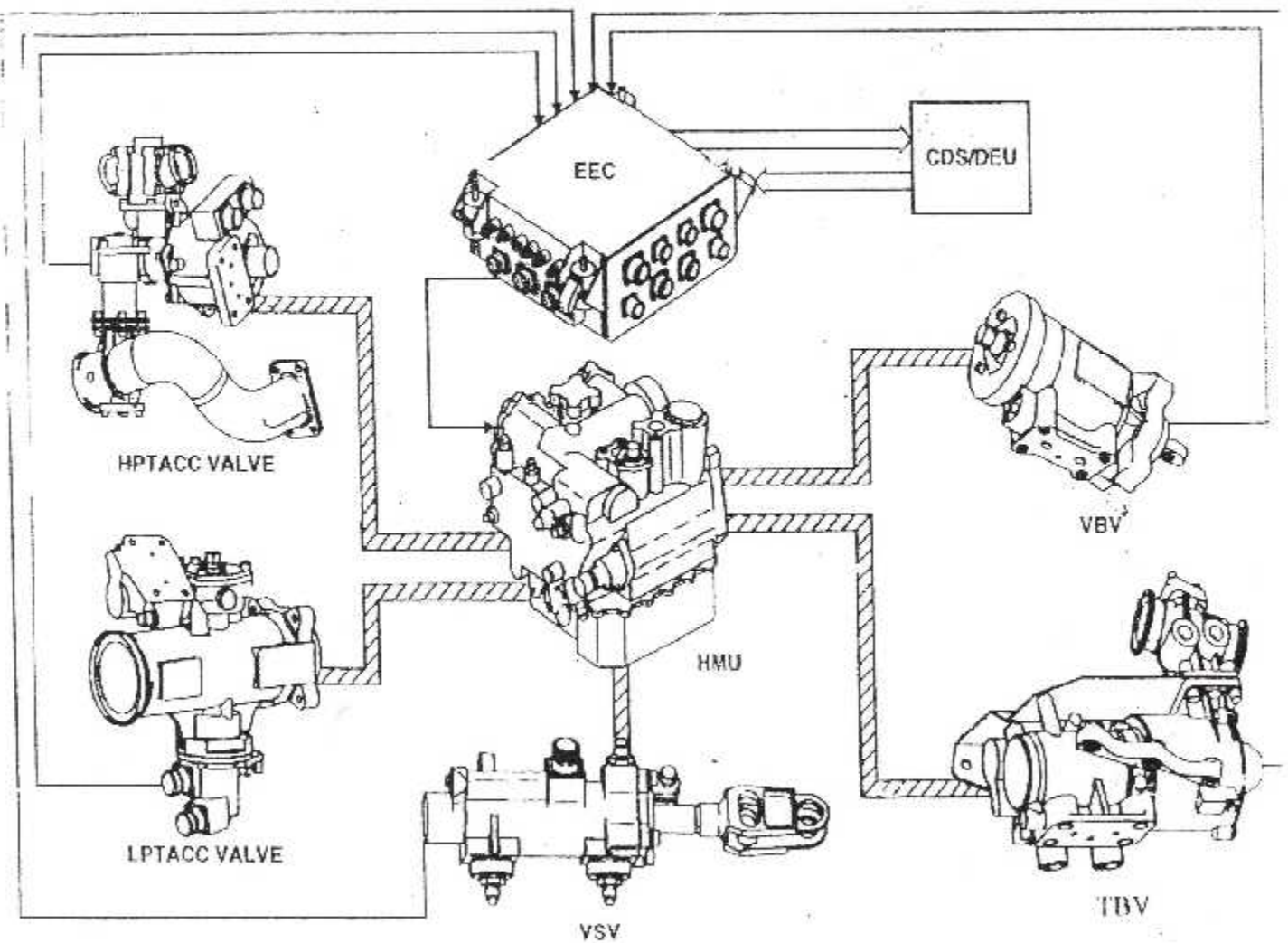


Système de commande et de contrôle turbine du réacteur CF6 80-C2 FADEC

OCT 2



**Description générale du système d'air
Du réacteur CFM56-7B**



Les composants du circuit d'air du réacteur CFM56-7B

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'automanette.

II-6-Système de surveillance :

♦ Pour le CF6 80-C2 FADEC :

La surveillance du fonctionnement du réacteur est effectuée à partir d'un système électronique sophistiqué appelé **EICAS (engine indicating and crew alerting system)** . Ce système facilite la tâche au pilote et aux personnels 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 :

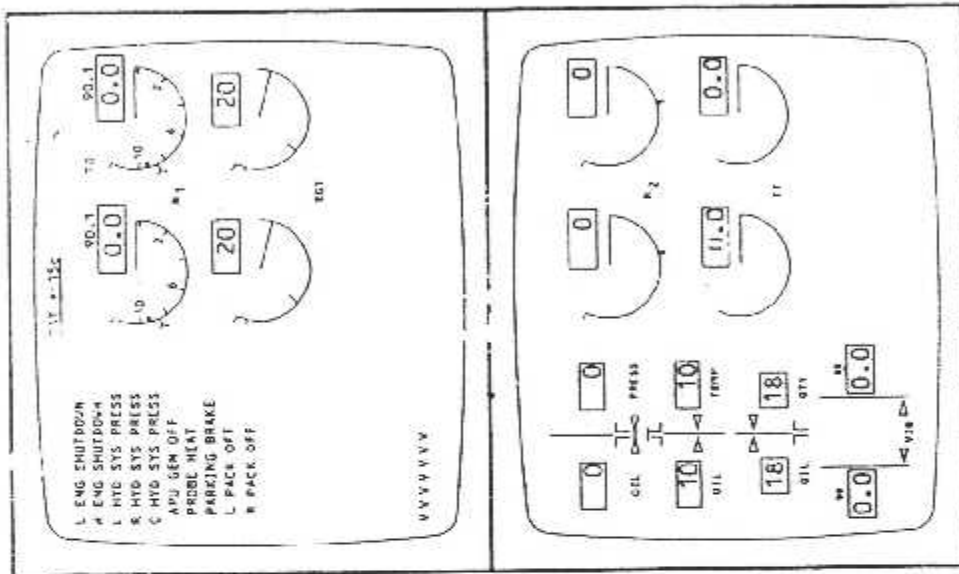
Le système EICAS comprend :

- 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 tous les paramètres moteur ainsi que toutes les données nécessaires pour l'équipage .

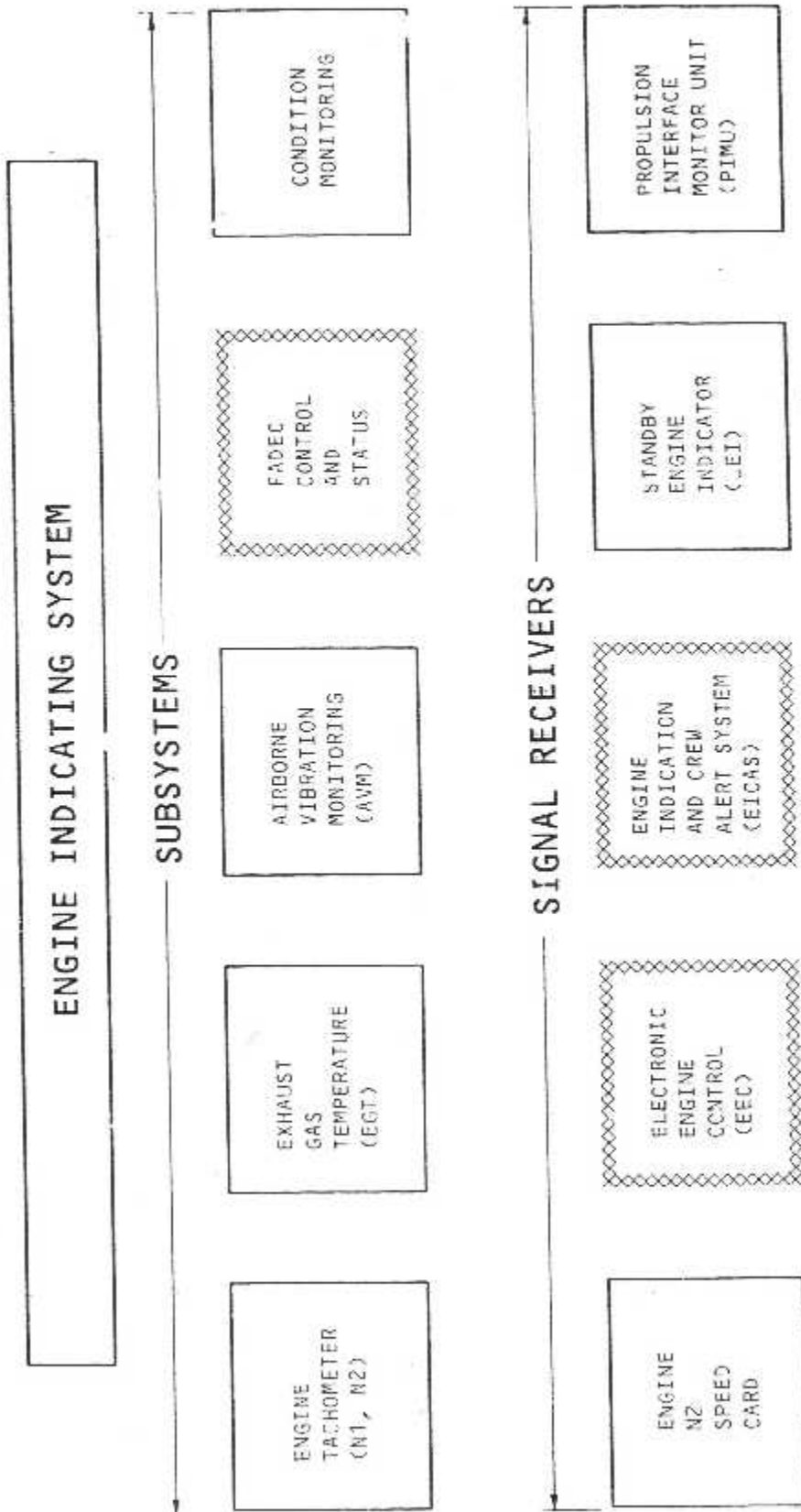
- ❖ Les paramètres primaires N1 , EGT et les messages d'alarmes sont affichés sur l'écran EICAS supérieur .
- ❖ les paramètres secondaires N2, mesure du débit carburant , les messages STATUS et les messages de maintenance sont affichés sur l'écran EICAS inférieur .

E • ENGINE
I • INDICATION
AND
C • CREW
A • ALERTING
S • SYSTEM



Système EICAS

CF6-80C2F
FADEC



Système d'indication du CF6 80-C2 FADEC

NOV

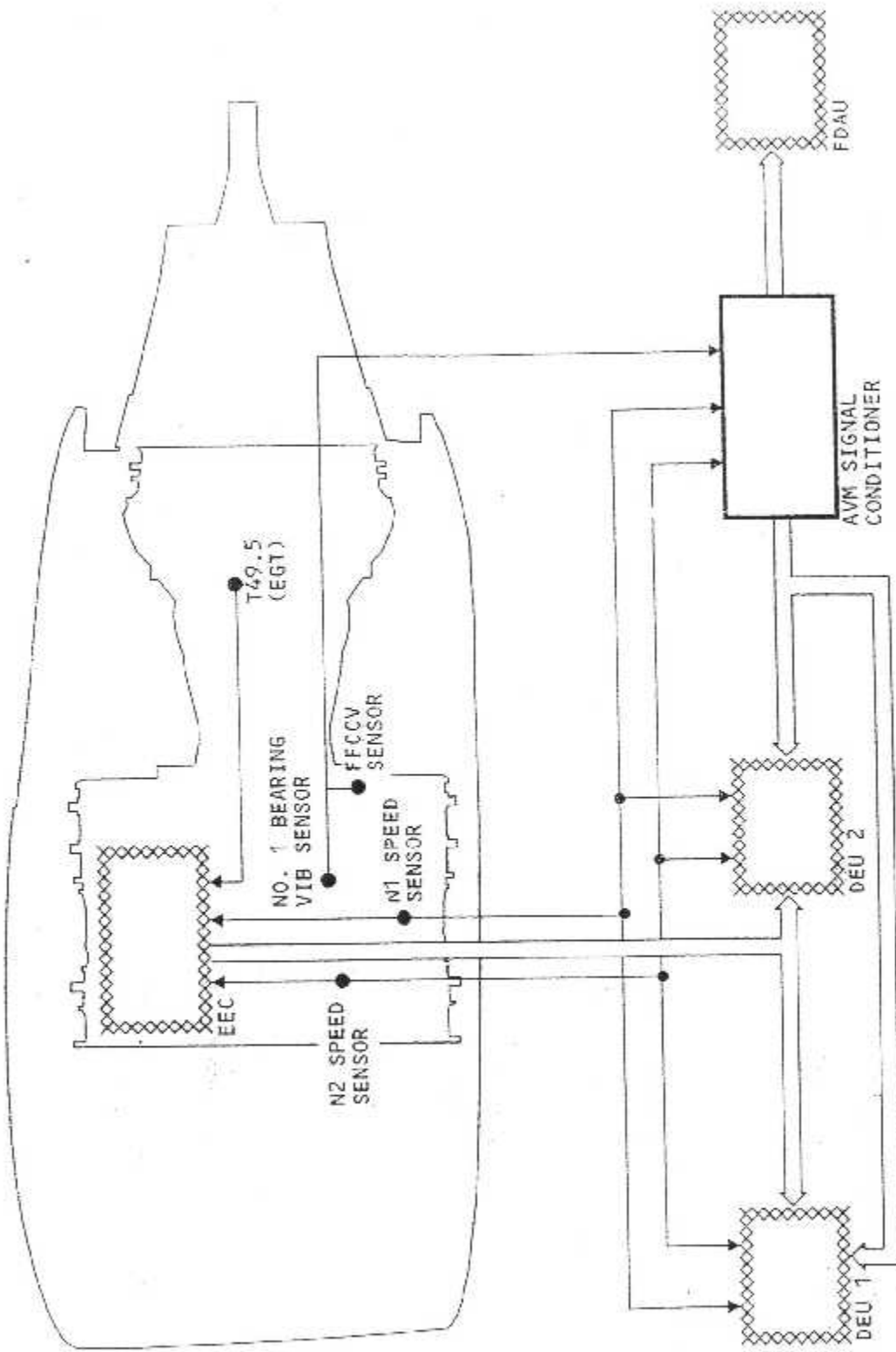
♦ Pour le CFM56-7B :

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).

Le **BOEING 737-800 NG** est équipé de deux (2) écrans d'affichage (CDU) situés dans le cockpit panneau P2. L'écran d'affichage (CDU) a deux fonctions :

- Il sert de calculateur de gestion de vol pour l'équipage.
- Il sert d'écran d'affichage pour la maintenance.



Système d'indication du CFM56-7B

II-7-Unité électronique de contrôle moteur (EEC) :

L'unité de contrôle électronique réacteur (EEC) pour les deux réacteur est un microprocesseur électronique digital . il est fixé sur le coté gauche du carter fan position 8 h30 pour le CF6 80-C2 FADEC et sur le carter fan position 4h00 pour le CFM56-7B , il est composé deux (02) canaux identiques :

- Canal A
- Canal B

• **Les fonctions de la EEC :**

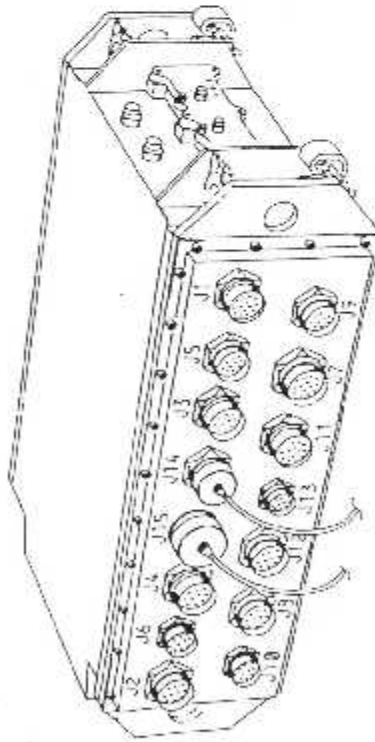
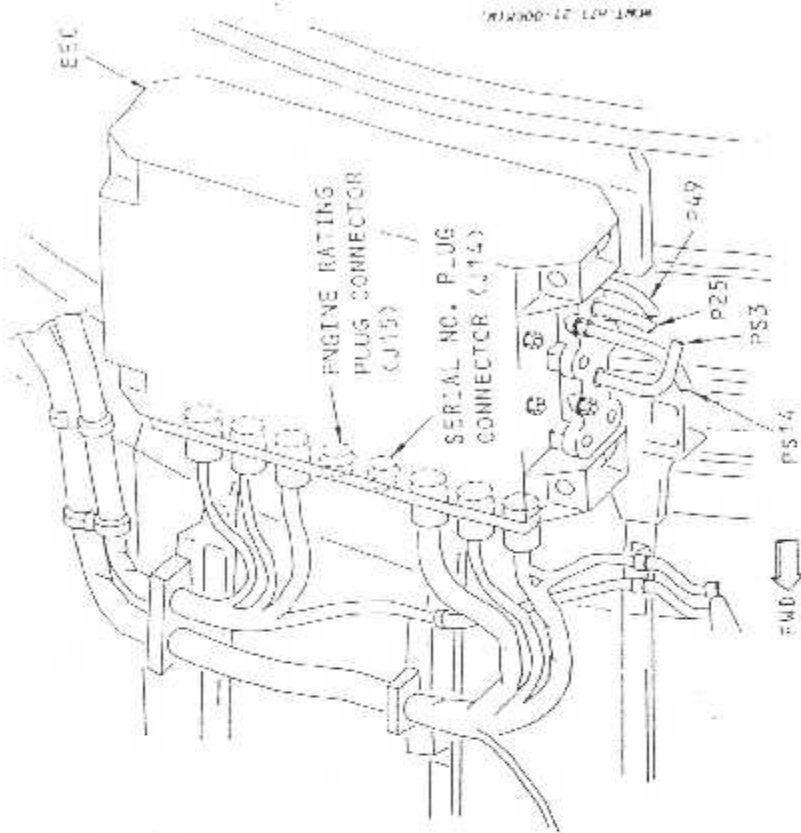
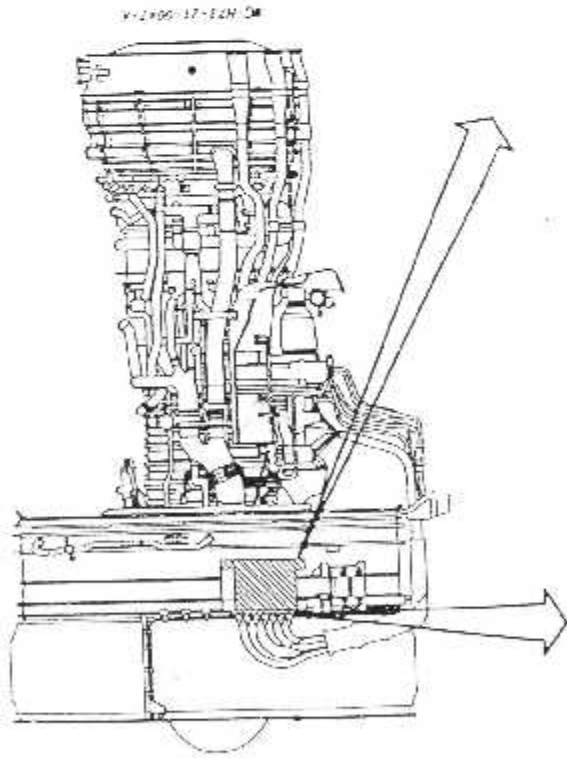
Il comporte quinze (15) prises électriques identifiées comme suit de J1 a J15 pour le CF6 80-C2 FADEC et de dix (10) prises électriques identifiées comme suit de J1 a J10 pour le CFM56-7B . le câblage électrique des prises est codé par des couleurs facilitant ainsi l'identification des prises électriques .

L'unité de contrôle électronique réacteur (EEC) assure les fonctions suivantes :

♦ **Pour le CF6 80-C2 FADEC :**

- Le contrôle de la poussée réacteur .
- Le contrôle du débit d'air du compresseur .
- Le refroidissement des accessoires réacteur
- Le refroidissement des carters turbine haute pression et basse pression .
- L'interface réacteur /avion (EICAS , TMC.....).
- La protection des paramètres limites .
- Le système de test incorporé a l'équipement (BITE)
- La détection des pannes .
- Les indication statue réacteur .
- Le contrôle du circuit de démarrage .
- Le contrôle du circuit reverse .

CFM56-7B
FADEC



ELECTRONIC ENGINE CONTROL
673-21-170-01A

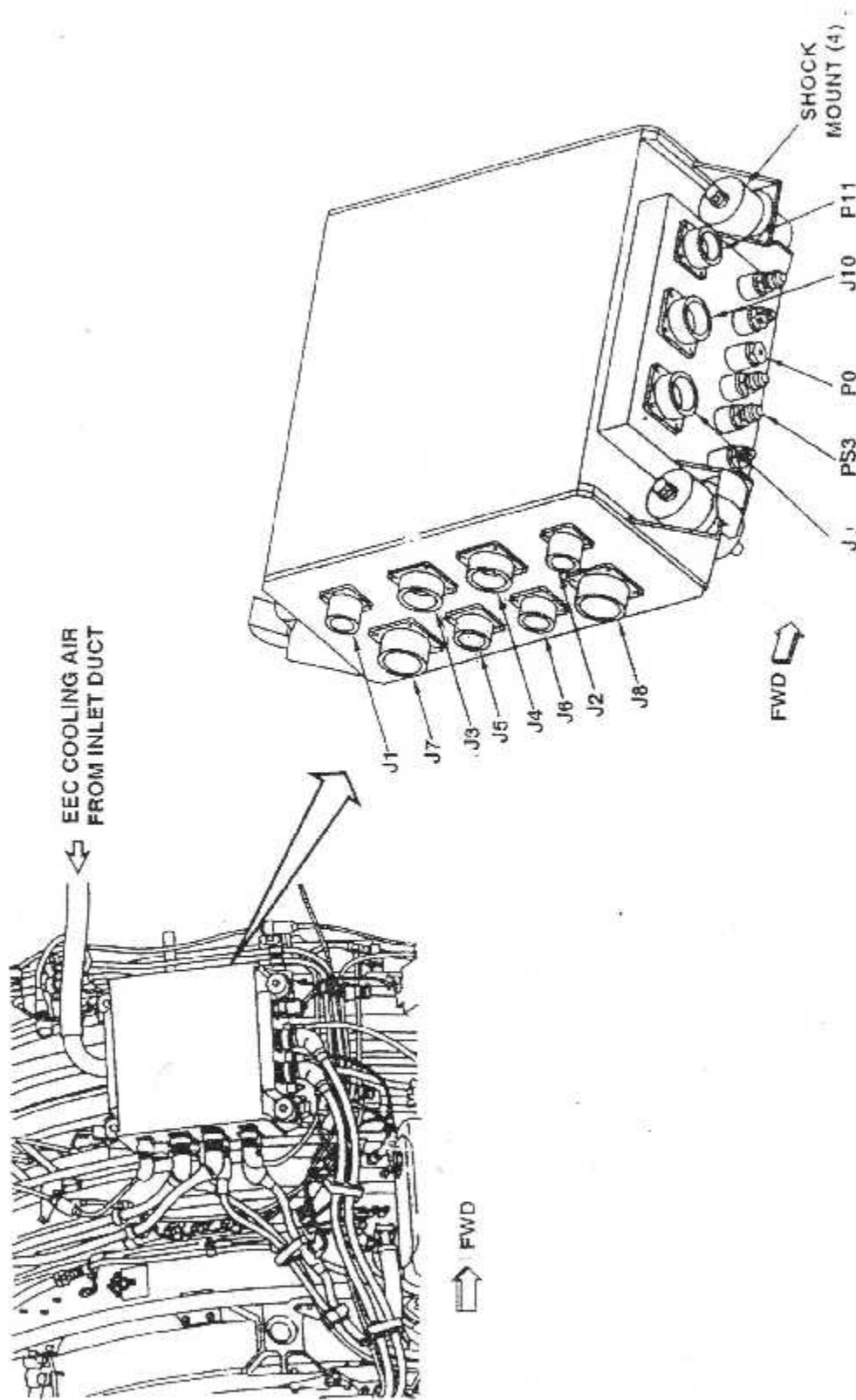
OCT 27 1989 1GS

Unité électronique de contrôle moteur (EEC) du CF6 80-C2 FADEC

◆ Pour le CFM56-7B :

- Le contrôle de la poussée moteur.
- Gère le circuit reverse.
- Gère le circuit de démarrage et d'allumage.
- Gère le circuit d'air.
- Gère le circuit carburant.
- L'interface moteur / calculateur auto-manette.
- L'interface motrice / calculateur de gestion de vol.
- La protection limite des paramètres N1, N2, et EGT.
- Mémoire des pannes des dix (10) derniers vol.
- Affiche les pannes des dix (10) derniers vol au niveau de l'écran d'affichage.

Pour les deux réacteurs l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) est refroidit par de l'air ambiant .



Unité électronique de contrôle moteur (EEC)
du CFM56-7B

CHAPITRE III

Comparaison entre le circuit carburant
des deux réacteurs

III-Circuit carburant :

III-1-Généralités :

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 tels que la sécurité en cas d'incendie, les conditions climatiques qui s'imposent et qui influent sur les carburants, tout deux sont des mélanges d'hydrocarbures, contenant légèrement plus de soufre et de carbone que l'essence.

- 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 graisse 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 limitée, elle est généralement de 0.8 et varie avec les conditions atmosphériques.
- **Point éclair :** 38°C .
- **viscosité :** centistokes à -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 a une haute altitude. Notre système utilise le carburant JET A-1, JET B.

le choix d'utilisation de ces type 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 utilisés 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 **BOEING 767- 300 :**

- Réservoir principal 1 : 18500 kg (18,500 tonnes)
- Réservoir principal 2 : 18500 kg (18,500 tonnes)
- Réservoir central : 13800 kg (13,800 tonnes)
- Total : 50800 kg (50,800 tonnes).

On distingue des jauges de remplissage disposées dans le fuselage de l'aile droite (vue de l'arrière), la circulation du carburant au niveau du réservoir est assurée par des pompes électriques plongées à l'intérieur, une très grande sécurité dont le câblage et l'isolation d'alimentation des pompes est prise en compte.

Il existe donc, deux (02) pompes situées dans le réservoir centrale (une en arrière et une en avant) , plus deux (02) autres dans chaque réservoir principal .

III-3-Rôle du circuit carburant :

Le rôle du circuit carburant est d'assurer :

- L'alimentation et la régulation des trente (30) injecteurs pour le (CF6 80-C2 FADEC) et des vingt (20) injecteurs (pour le CFM56-7B).
- L'alimentation des deux vérins des vannes de décharge (VBV) pour les deux réacteurs .
- L'alimentation des deux vérins des stators à calage variable (VSV) pour les deux réacteurs .
- L'alimentation de la vanne de refroidissement carter turbine haute pression pour les deux réacteurs.
- L'alimentation de la vanne de refroidissement carter turbine basse pression pour les deux réacteurs .
- L'alimentation de la vanne de décharge transitoire (TBV) pour le CFM567B seulement .
- Refroidissement de l'huile de graissage moteur pour les deux réacteurs.
- Refroidissement de l'huile de graissage alternateur (IDG) pour les deux réacteurs .
- L'alimentation des circuits hydrauliques d'asservissement et de contrôle du régulateur principale carburant (HMU).

III-4-Description du circuit carburant :

Le circuit carburant est entièrement intégré dans la nacelle réacteur , il comprend :

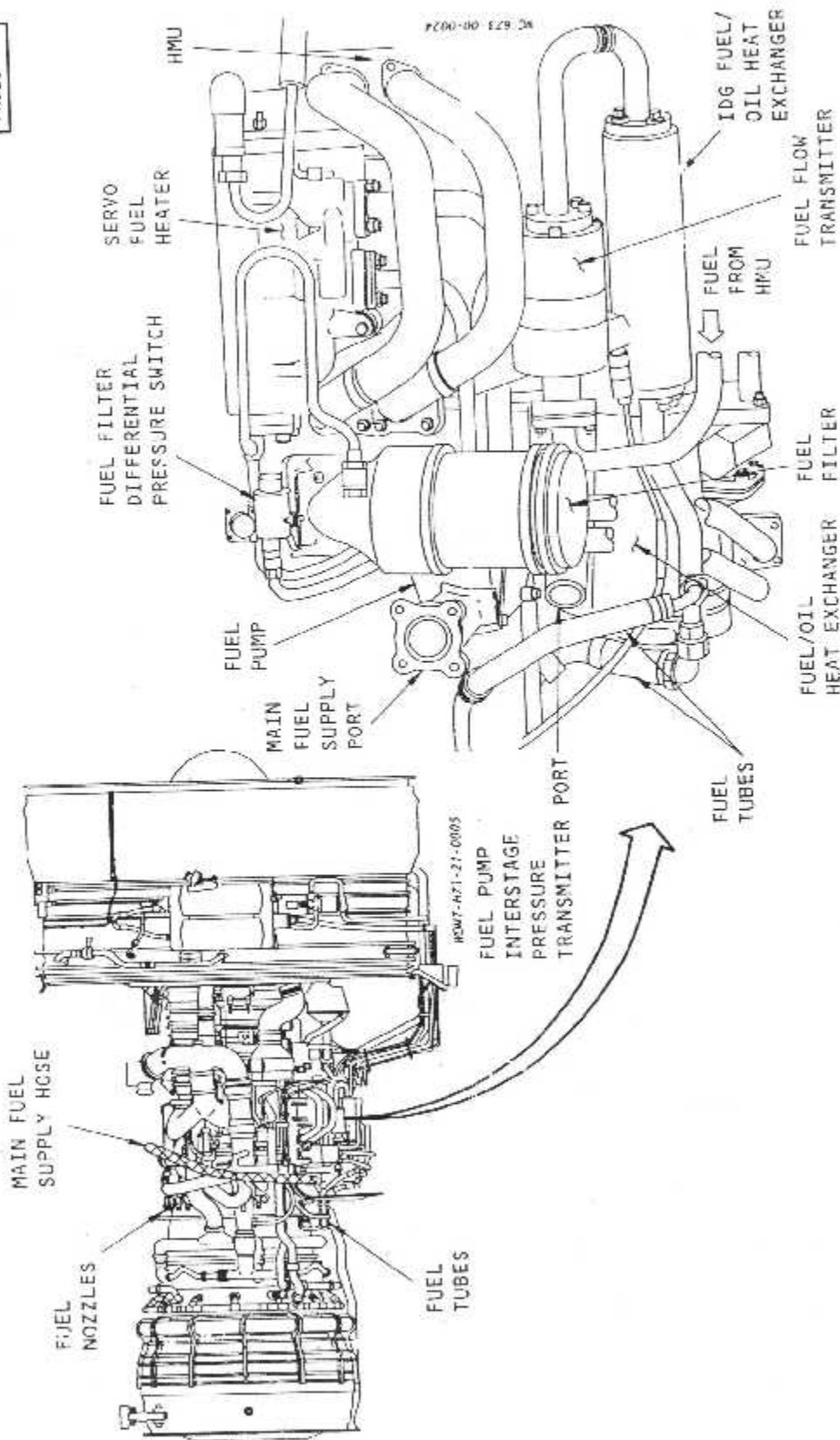
◆ **Pour le CF6 80-C2 FADEC :**

- + ➤ Une (01) pompe carburant haute pression.
- + ➤ Un (01) échangeur principal huile / carburant moteur
- + ➤ Un (01) filtre principal carburant .
- + ➤ Un (01) régulateur principal carburant (HMU).
- + ➤ Un (01) servo réchauffeur carburant .
 - Un (01) débitmètre .
- + ➤ Un (01) échangeur huile / carburant alternatif (IDG).
- + ➤ Une(01) rampe carburant .
- + ➤ Trente (30) injecteurs .

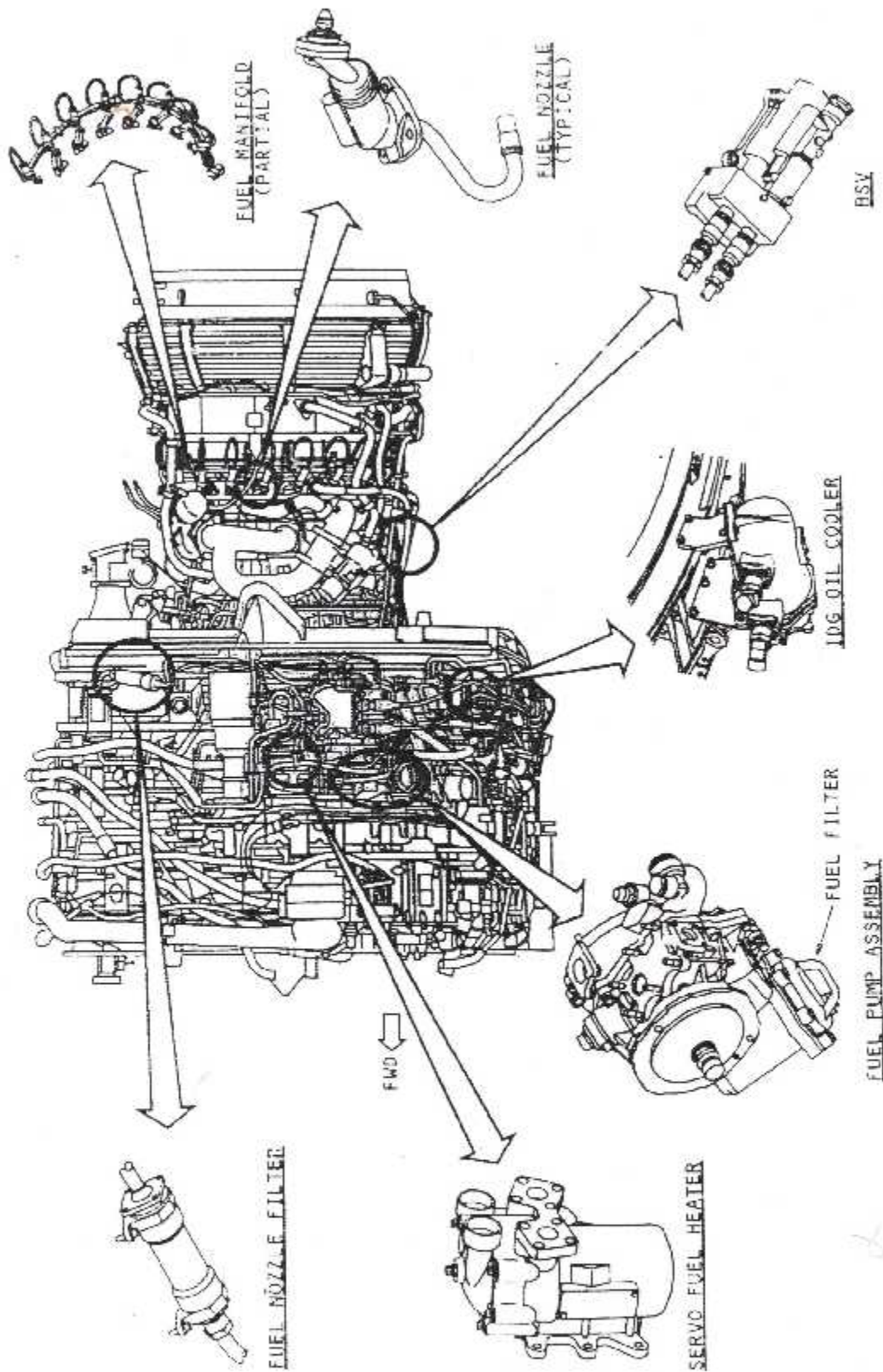
◆ **Pour le CFM56-7B :**

- + ➤ Une (01) pompe carburant à haute pression.
- + ➤ Un (01) échangeur thermique (huile / carburant) alternatif (IDG).
 - Un (01) échangeur thermique principal (huile / carburant) réacteur.
- + ➤ Un (01) filtre principal carburant.
- + ➤ Un (01) régulateur principal carburant (HMU).
- + ➤ Un (01) servo réchauffeur carburant.
 - Un (01) transmetteur de débit carburant.
 - Un (01) filtre injecteurs.
 - Une (01) vanne de sélection d'injecteurs (BSV).
- + ➤ Une (01) rampe injecteurs.
- + ➤ Vingt (20) injecteurs.

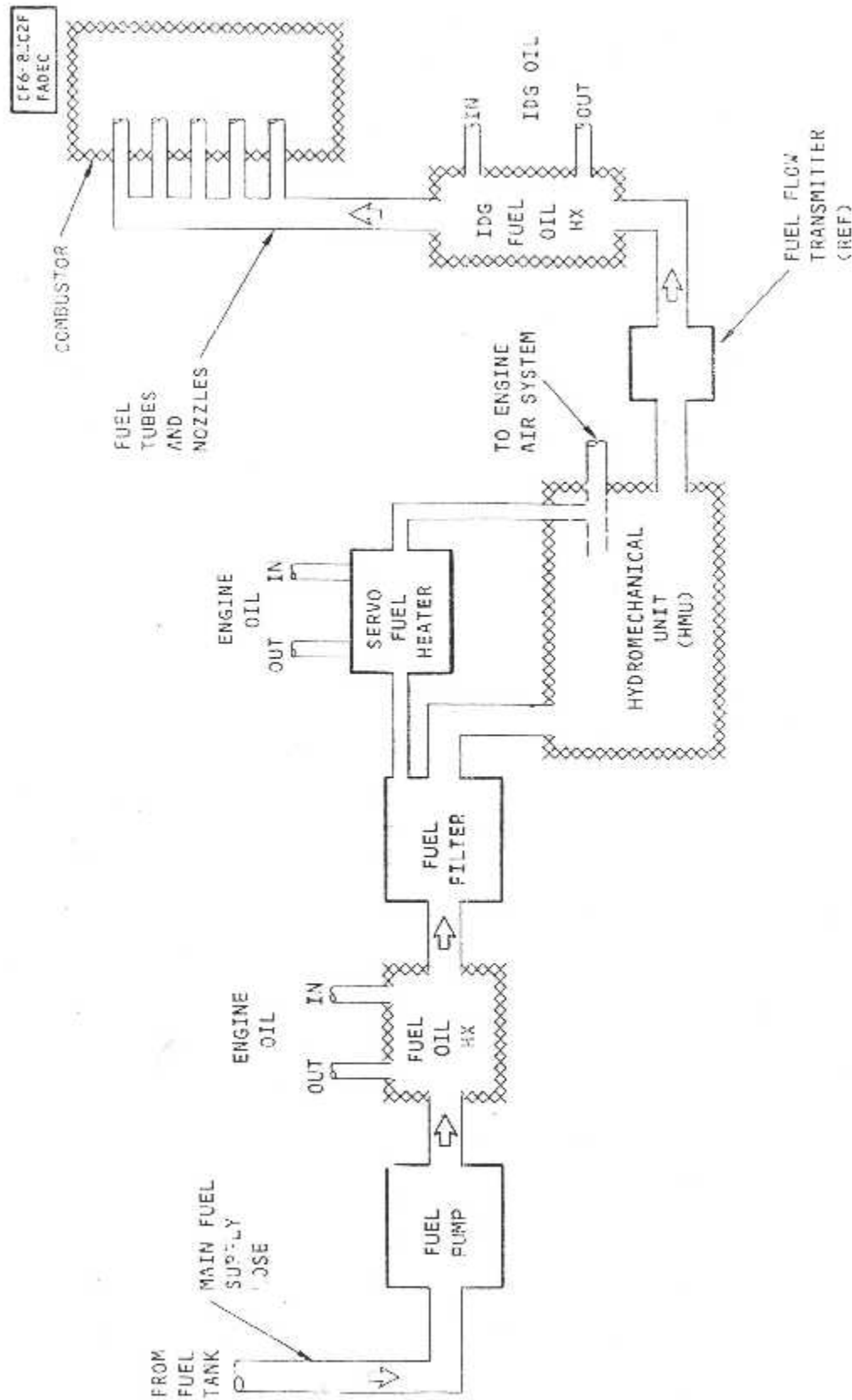
CF6-80C2F
FADEC



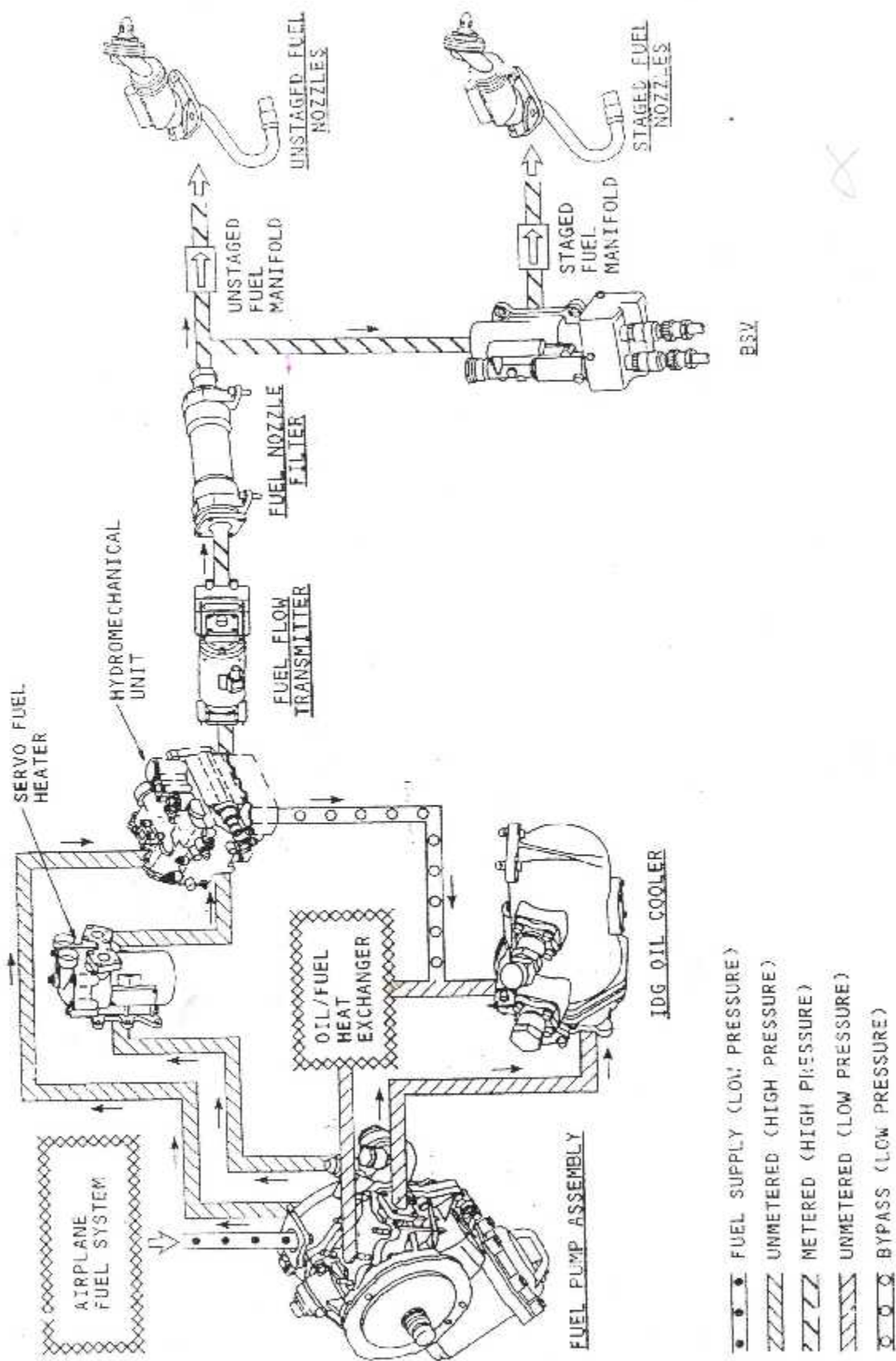
Les composants du circuit carburant du CF6 80-C2 FADEC



Les composants du circuit carburant du CFM56-7B



Description du circuit carburant du CF6 80-C2 FADEC



Description du circuit carburant du CFM56-7B

III-4-1-La Pompe carburant :

III-4-1-1-Description de la pompe :

La pompe carburant pour les deux réacteurs 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 pour les deux réacteurs et d'un clapet de surpression qui a pour rôle d'éviter la détérioration de tout les composants en cas de surpression qui est taré entre 1350 et 1600 PSI pour le CF6 80-C2 FADEC .

III-4-1-2-Les caractéristiques de la pompe carburant :

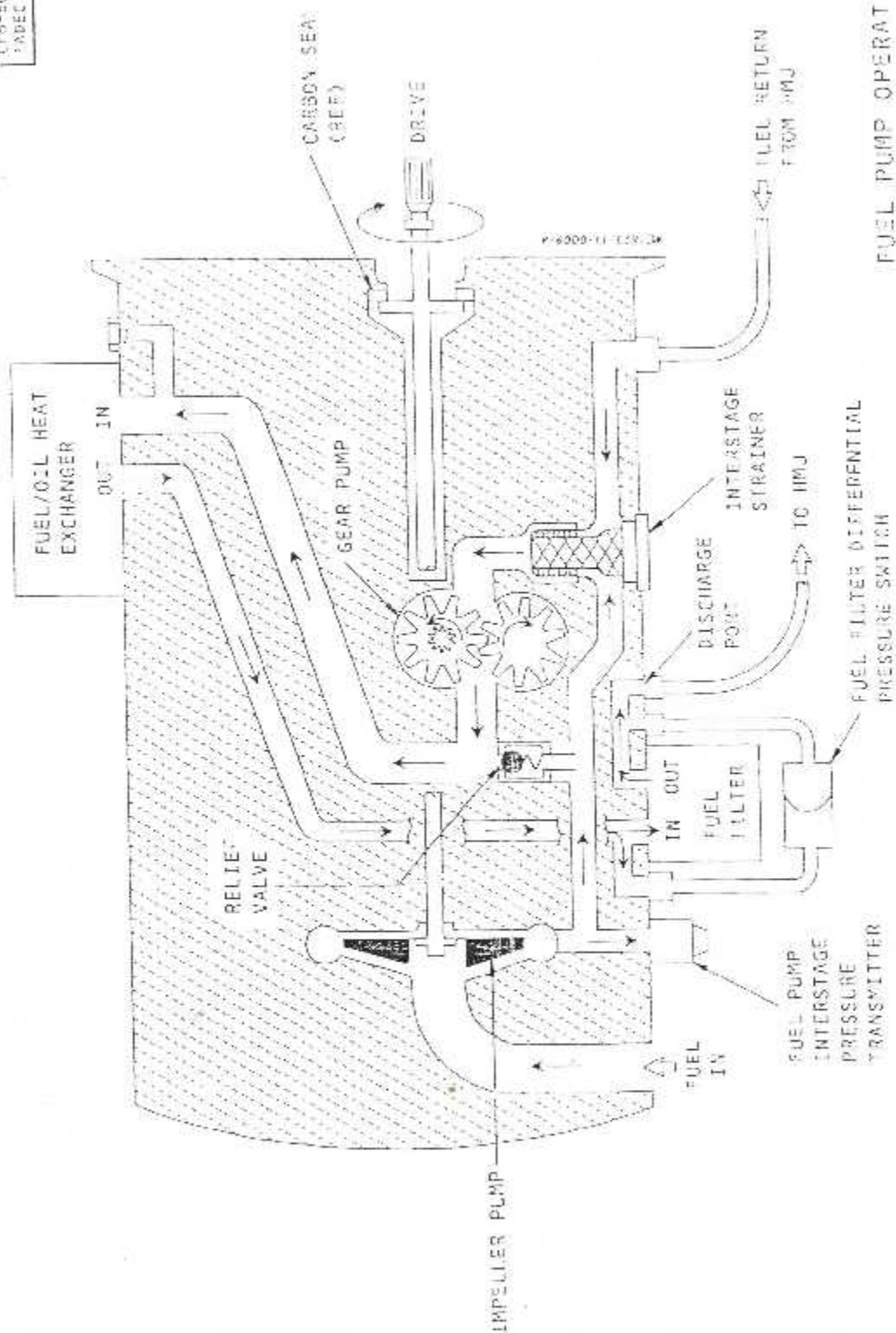
◆ Pour le CF6 80-C2 FADEC :

- Elle est attachée sur le coté droit de la boite d'entraînement des accessoires
- Le poids : 15.9 kg
- Le débit max : 28000 livre/h
- La pression max de la pompe centrifuge : 152 PSI
- La pression max de la pompe a engrenages : 1300 PSI

◆ Pour le CFM56-7B :

- 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

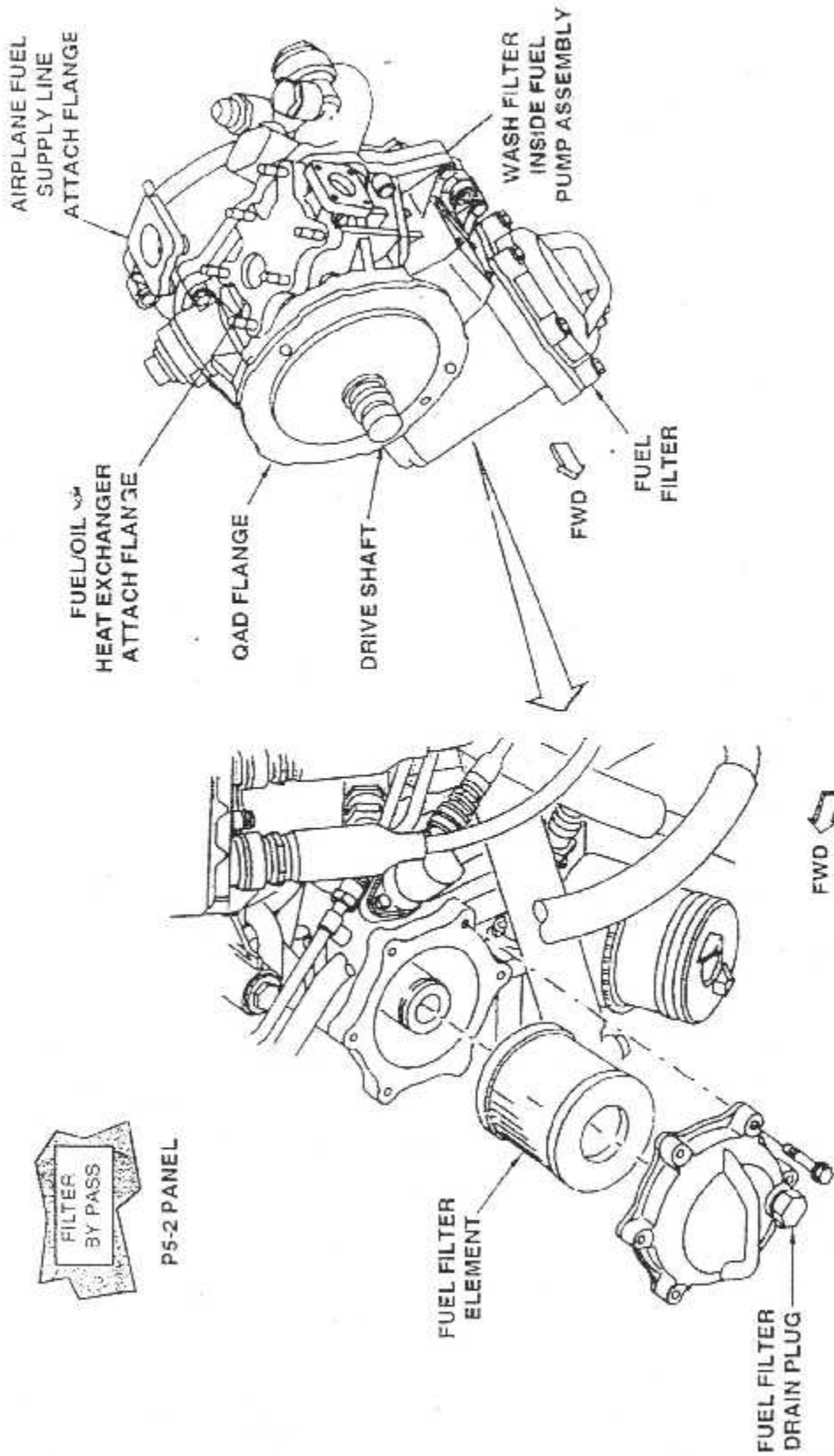
CF6-80C2T
FADEC



FUEL PUMP OPERATION
673-11-173-01A

Diagramme de la pompe carburant
du CF6 80-C2 FADEC

001 27 1959 165

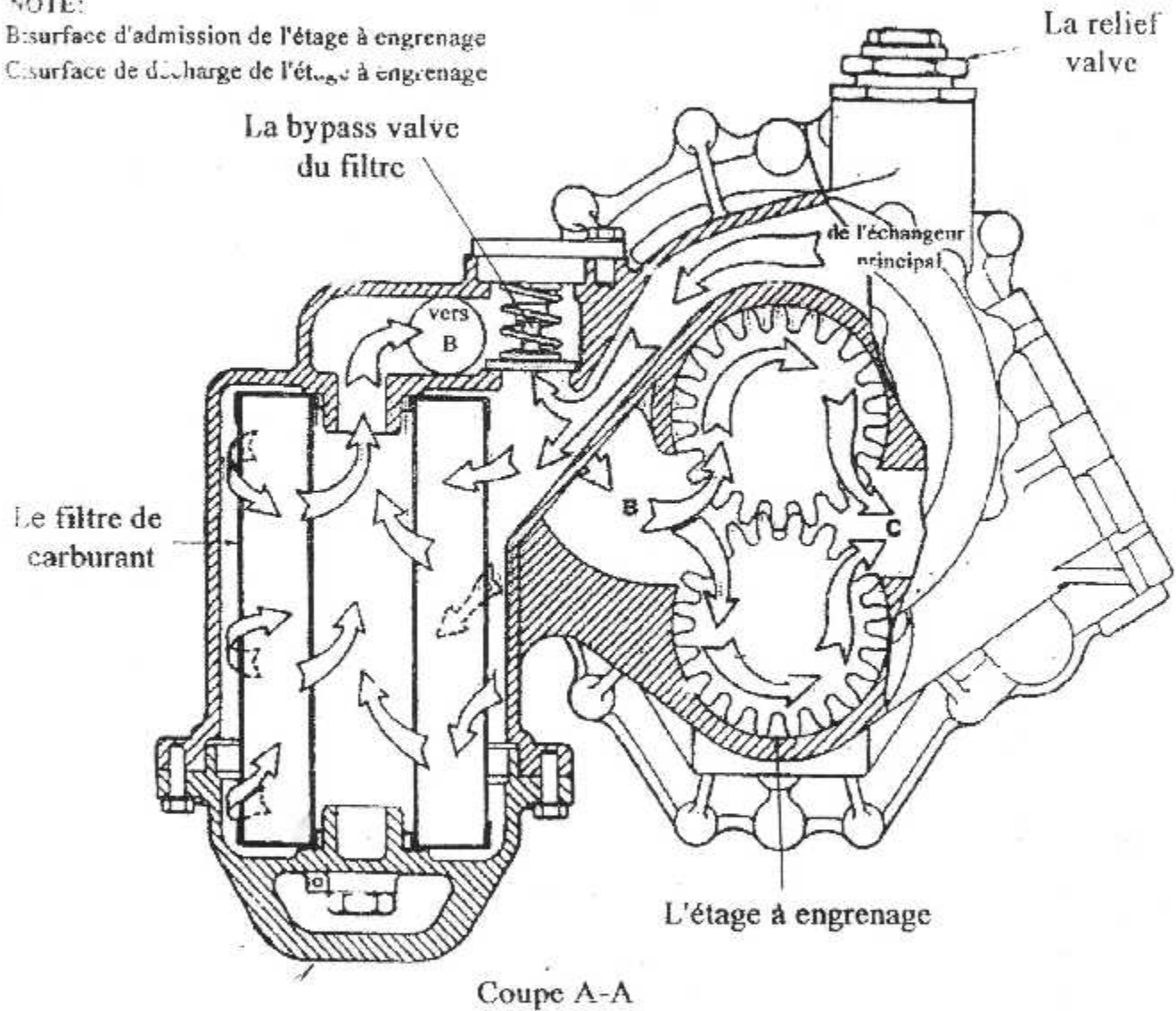


Pompe carburant du CFM56-7B

NOTE:

B: surface d'admission de l'étage à engrenage

C: surface de décharge de l'étage à engrenage



**Diagramme de la pompe carburant
du CFM56-7B**

III-4-2-L'échangeur 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 85 a 100 PSI pour le CF6 80-C2 FADEC et entre 123.4 et 137.9 PSI pour le CFM56-7B.

Il est a 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.

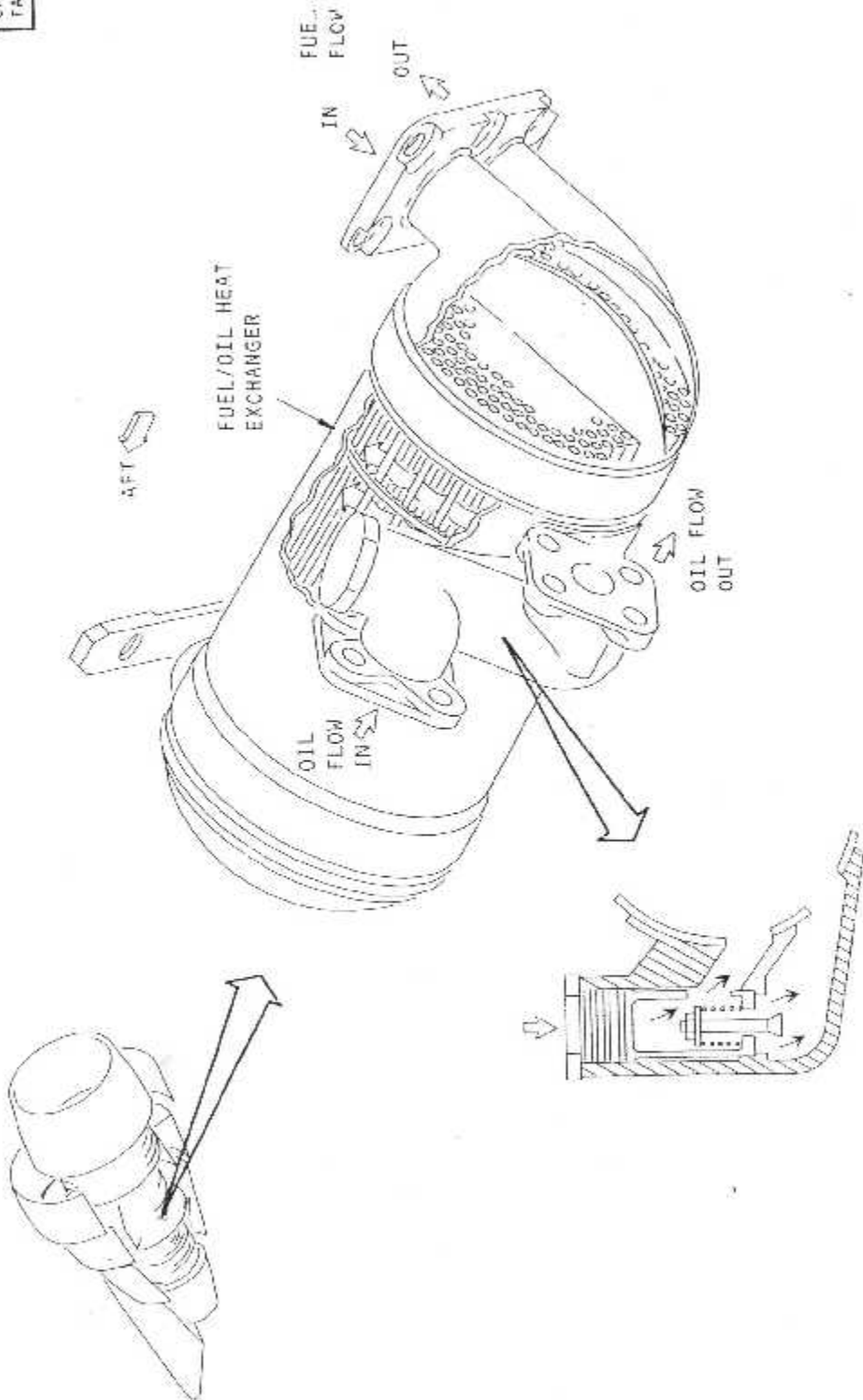
Il est a noter aussi que l'échangeur huile /carburant est localisé après la pompe carburant pour le CF6 80-C2 FADEC et après la pompe 1^{er} étage carburant pour le CFM56-7B, par conséquent l'huile du CF6 80-C2 FADEC est refroidie par le carburant haute pression par contre l'huile du CFM56-7B est refroidie par le carburant basse pression.

III-4-3-Filtre principal carburant :

C'est un filtre jetable, il est de 35 microns pour le CF6 80-C2 FADEC et de 15 microns pour le CFM56-7B.

Ce filtre est équipé d'une by-pass tarée à 35 PSI pour le CF6 80-C2 FADEC et de 11.5 PSI pour le CFM56-7B

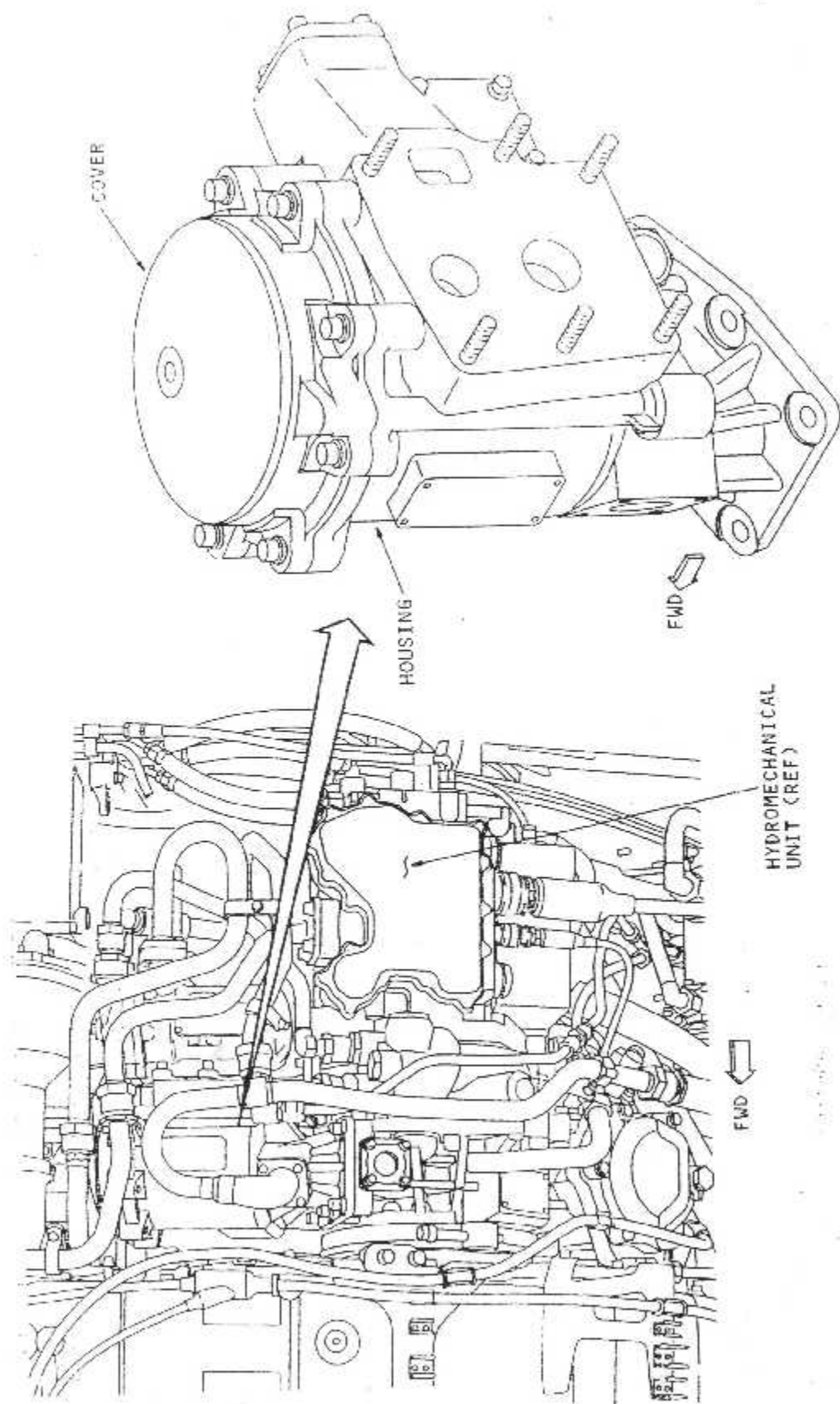
CF6-80C2F
FADEC



PRESSURE RELIEF VALVE

FUEL/OIL HEAT EXCHANGER
-C14

L'échangeur de chaleur huile / carburant moteur du CF6 80-C2 FADEC



**L'échangeur de chaleur huile / carburant moteur
du CFM56-7B**

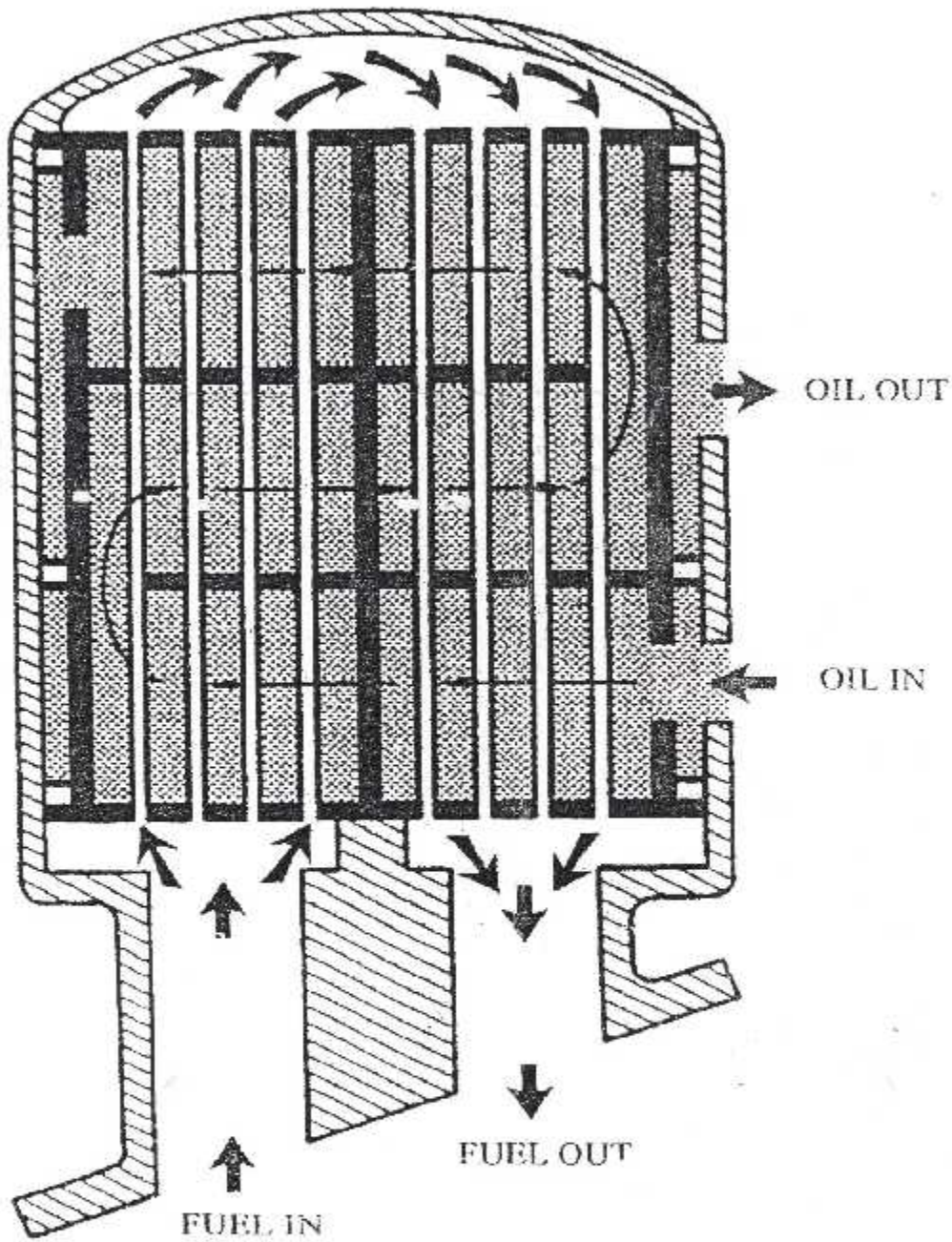
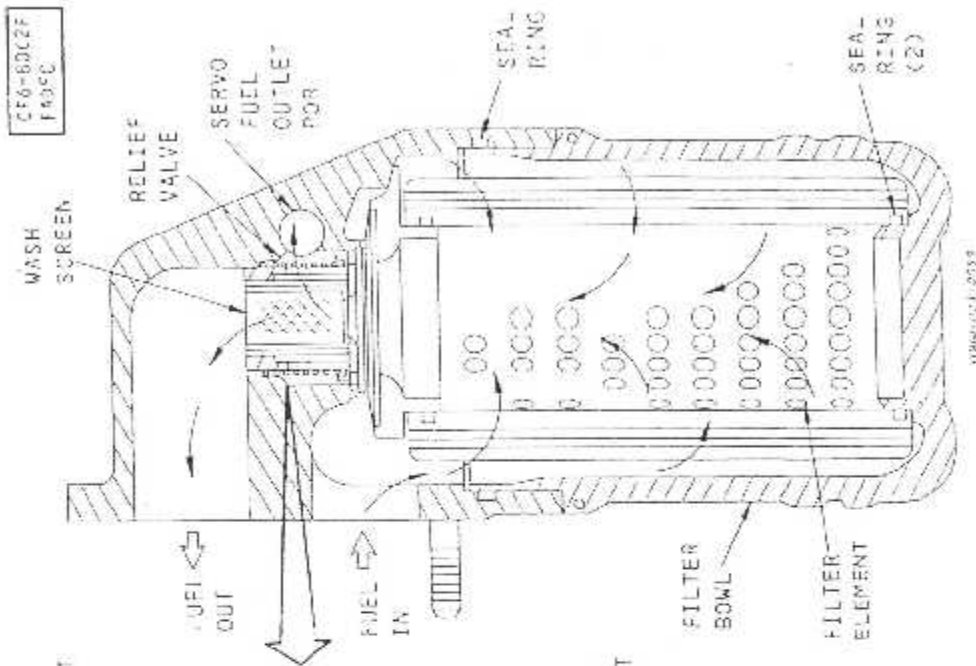
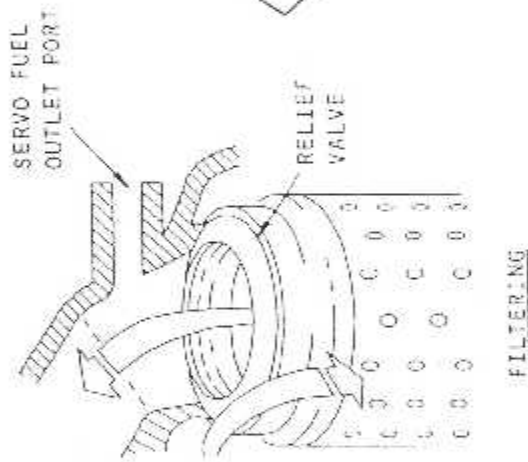


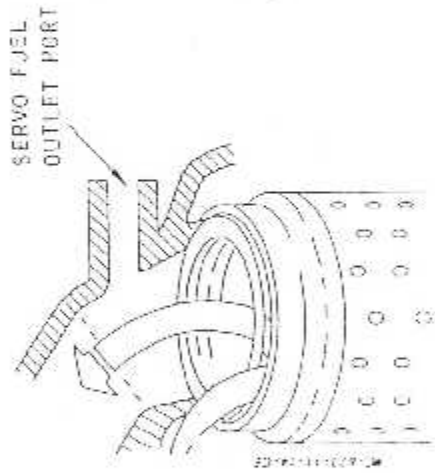
Diagramme d'écoulement de l'échangeur de chaleur Huile / carburant moteur du CFM56-7B



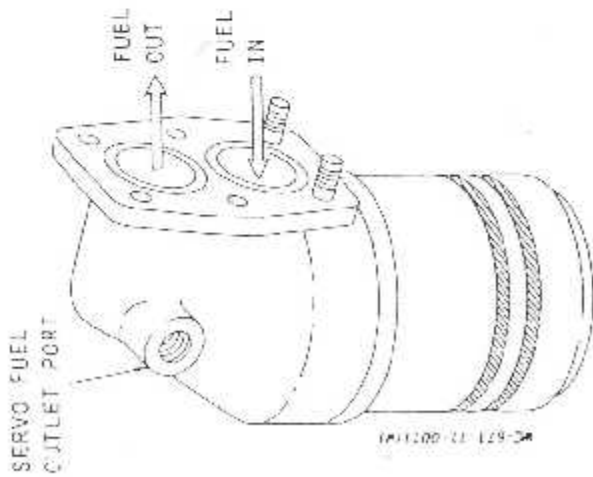
FUEL FILTER AND ELEMENT
673-11-174-01A



FILTERING



BYPASSING



673-11-174-01A

Filtere principal carburant

III-4-4-Le servo réchauffeur carburant :

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

III-4-5-L'échangeur d'huile / carburant de l'alternateur (IDG):

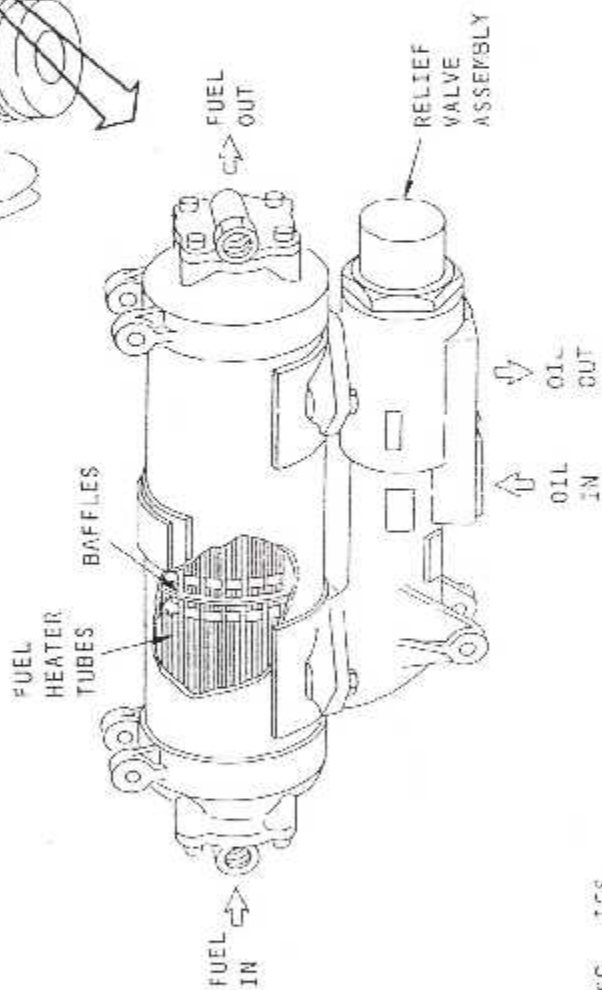
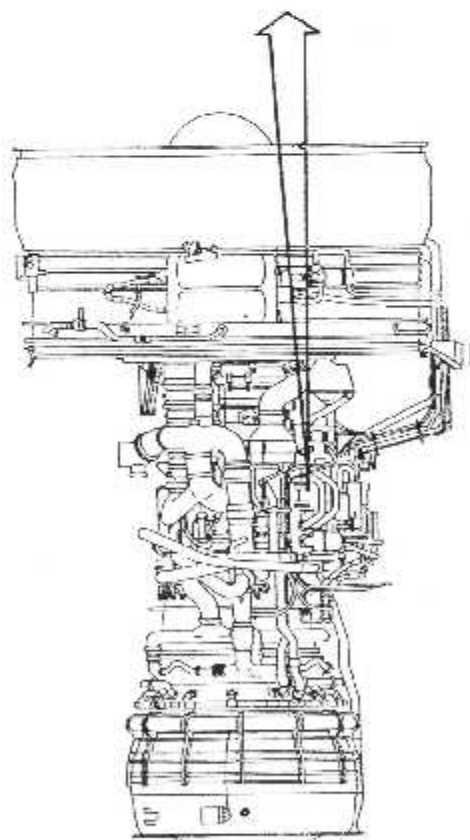
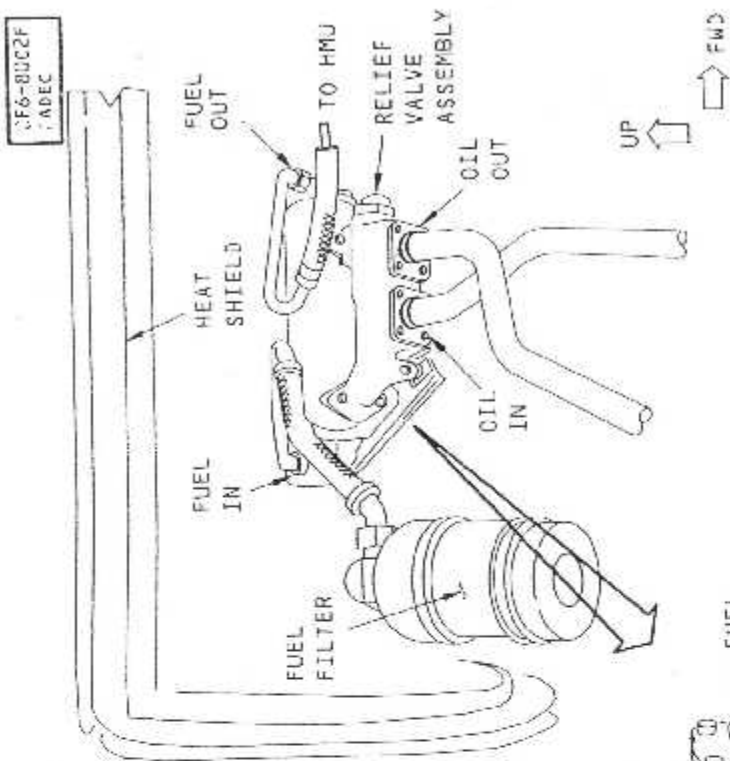
Il est localisé après le débitmètre et avant les injecteurs pour le CF6 80-C2 FADEC et juste après la pompe 1^{er} étage carburant pour le CFM56-7B .

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 .

Cette huile est refroidie aussi par air à l'aide d'un radiateur air /huile. Il est à noter que sur le réacteur CF6 80-C2 FADEC , il est localisé sur le carter compresseur à la sortie du Fan position 2h30 et il y a tout un dispositif pour le refroidissement de l'huile alternateur par air , ce dispositif comprend :

- Une vanne électropneumatique d'admission d'air ambiant qui est commandée par la température d'entrée d'huile dans l'alternateur , cette vanne s'ouvre lorsque la température atteint 127°C .
- Un prélèvement du 11^{ème} étage compresseur haute pression , l'énergie de ce prélèvement est utilisée pour ouvrir la vanne d'admission .
- Une sonde de température d'huile
- Un circuit électrique de contrôle et de commande de l'alternateur .

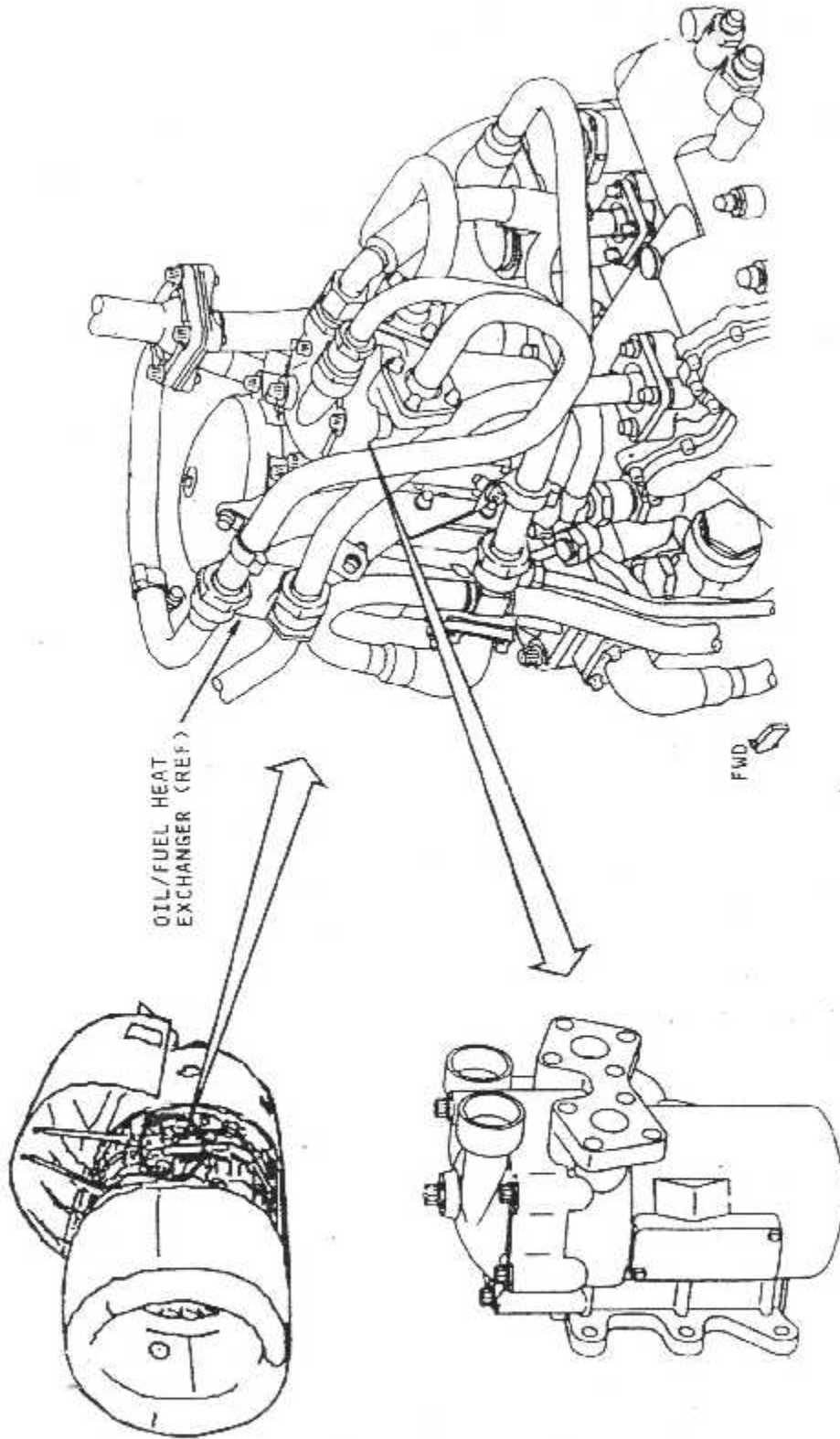
Par contre pour le CFM56-7B l'échangeur air /huile est localisé à la sortie du FAN position 6h30 ,par conséquent l'huile est refroidie en permanence grâce au flux secondaire .



SERVO FUEL HEATER
673-11-175-01A

OCT 27 1989 IGS

Servo réchauffeur carburant du CF6 80-C2 FADEC



Servo réchauffeur carburant du CFM56-7B

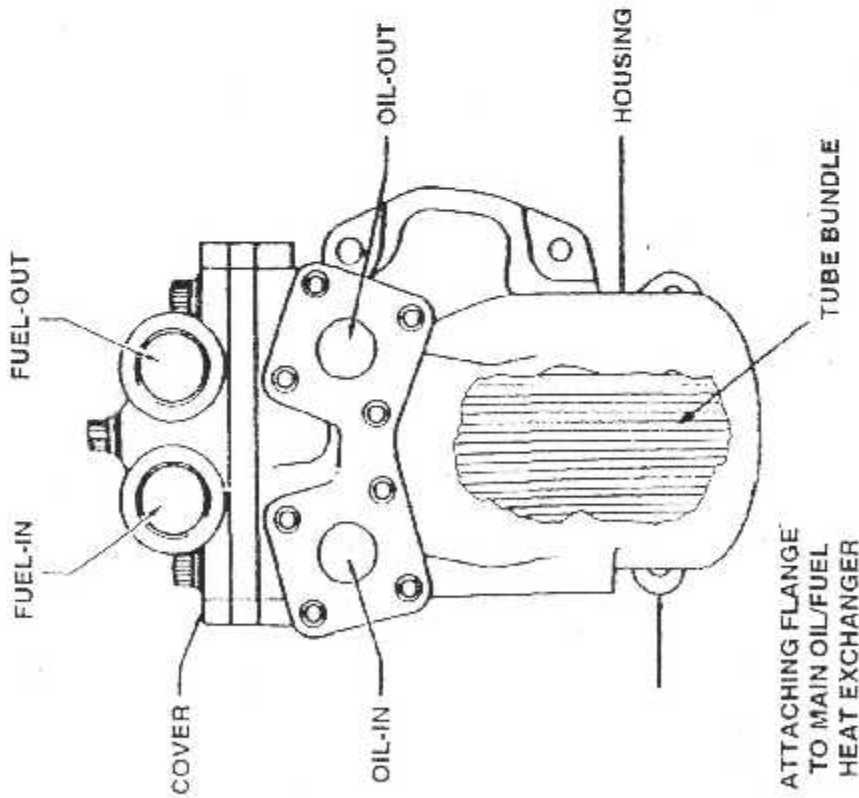
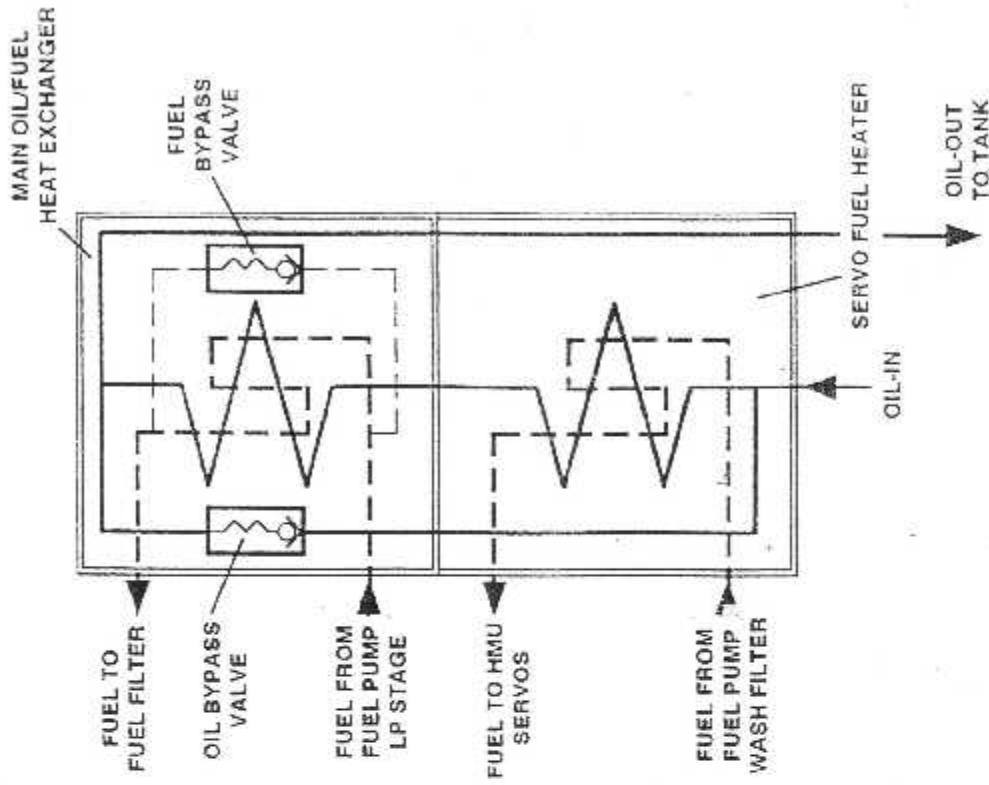
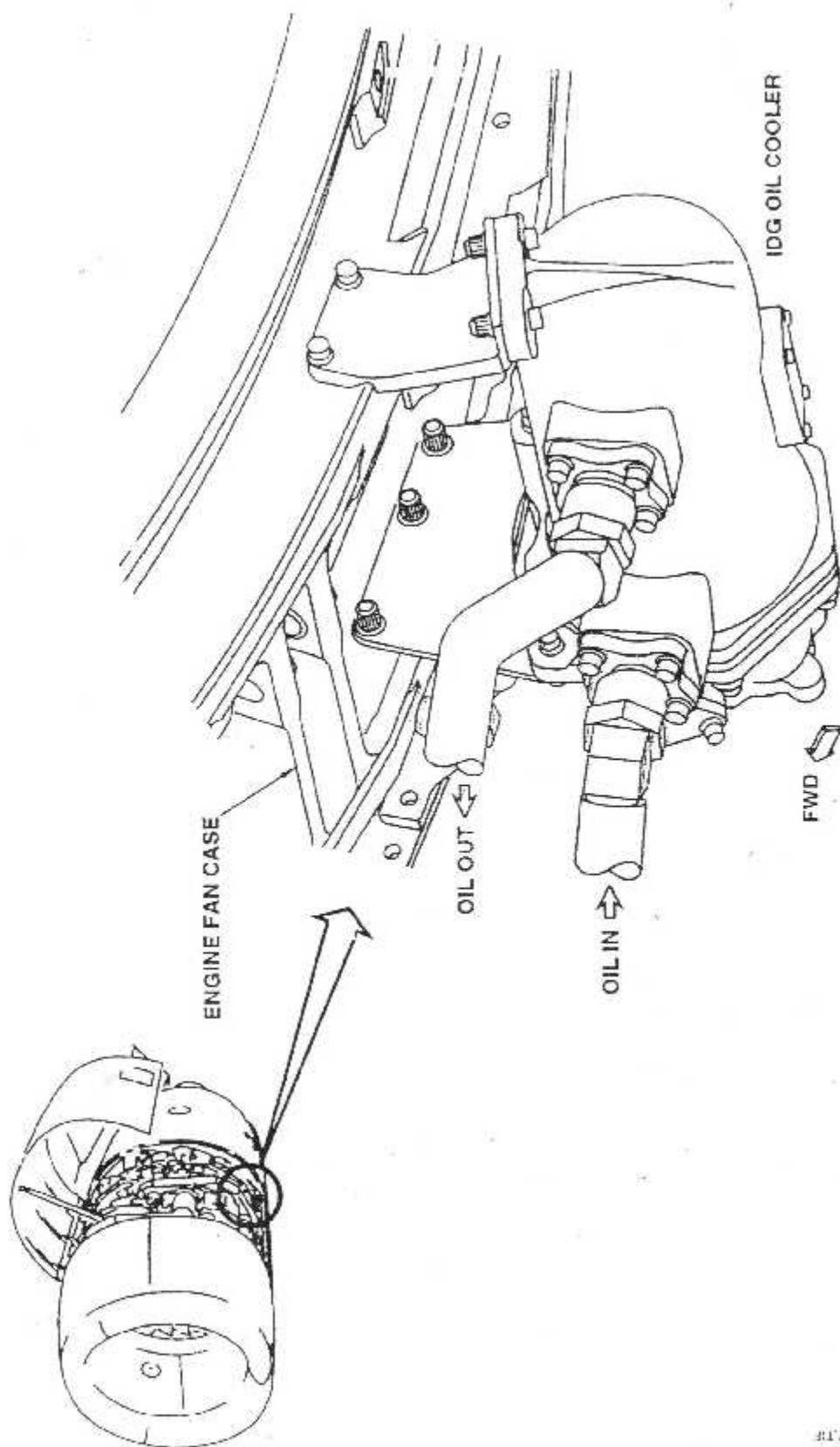
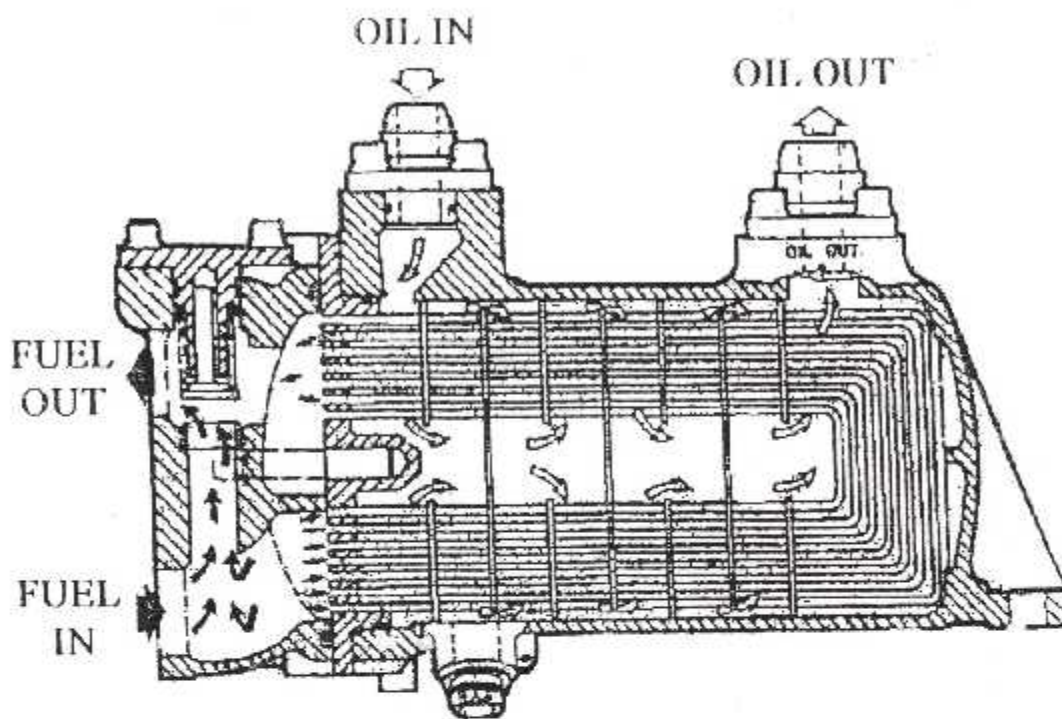


Diagramme d'écoulement du servo réchauffeur carburant du CFM56-7B



Refroidisseur d'huile alternateur (IDG) du CFM56-7B

00178



Valve ouverte

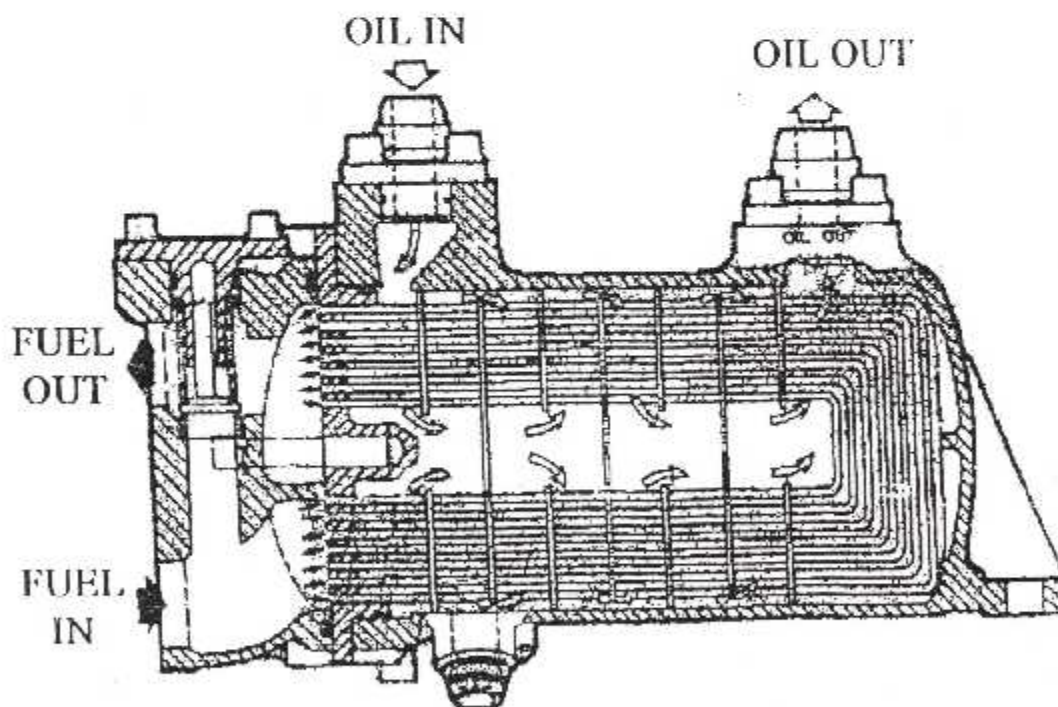


Diagramme d'écoulement du refroidisseur d'huile alternateur (IDG) du CFM56-7B

III-4-6-Régulateur principal carburant (HMU) :

III-4-6-1-Rôle du régulateur principal carburant :

Le rôle du régulateur principal carburant consiste a :

- Assurer le dosage du carburant a tous les régimes moteur .
- Convertir les signaux électriques en provenance de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) 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) seulement pour le CFM56-7B .

III-4-6-2-Les composants du régulateur principal carburant (HMU) :

Le régulateur carburant (HMU) est composé de :

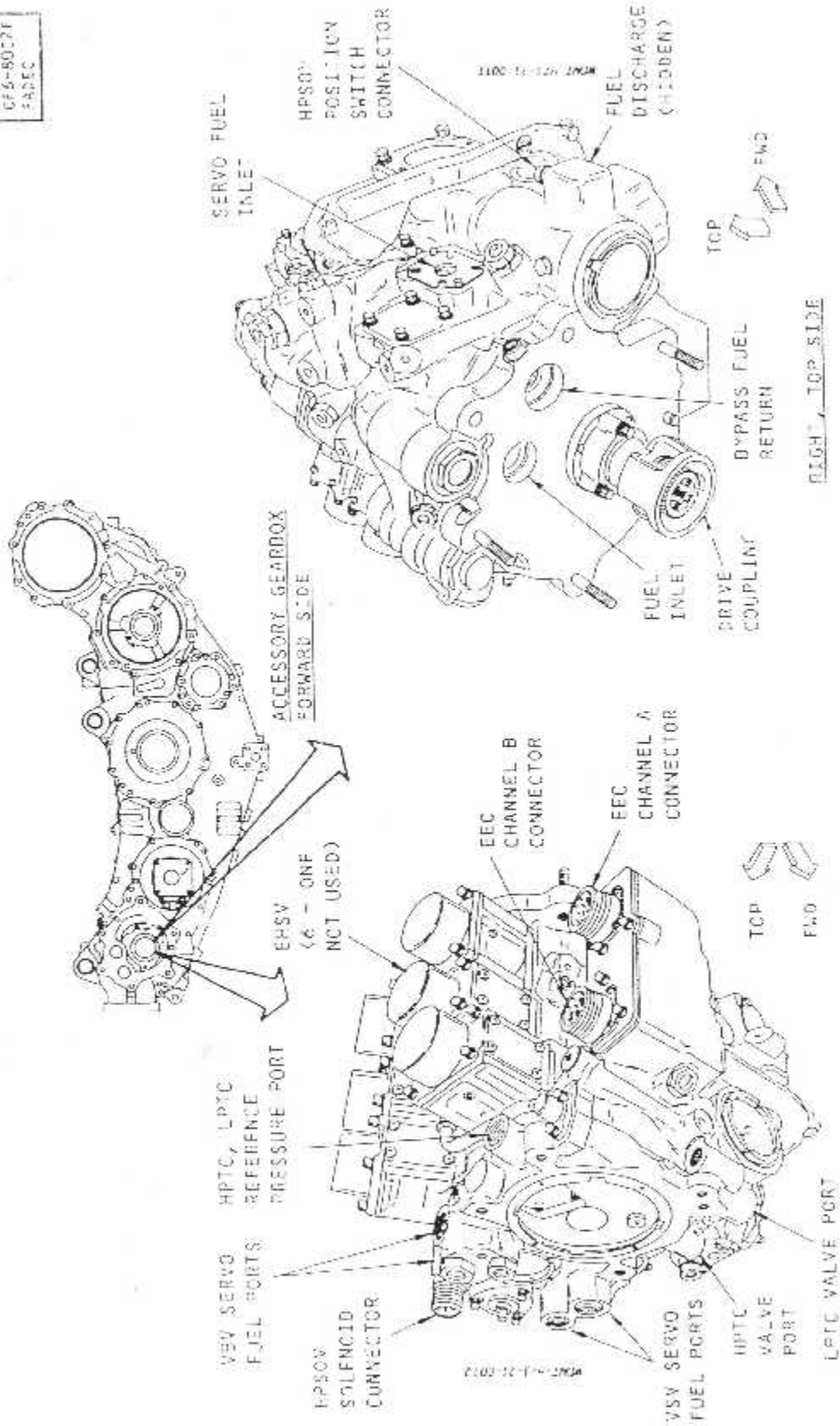
◆ Pour le CF6 80-C2 FADEC :

- Une (01) prise électrique pour chaque canal (A et B) de la EEC .
- Un (01) galet doseur (FMV).
- Un (01) filtre métallique .
- Un (01) robinet carburant haute pression (HPSOV) .
- Une (01) vanne de mise en pression et de drainage .
- Une (01) by-pass .
- Un (01) régulateur de pression différentielle .
- Un (01) gouverneur de survitesse (OSG).
- Cinq (05) electrohydrauliques servovannes (EHSV).
- Une (01) tuyauterie carburant .

◆ **Pour le CFM56-7B :**

- Une (01) prise électrique pour chaque canal (A et B) de la 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 .

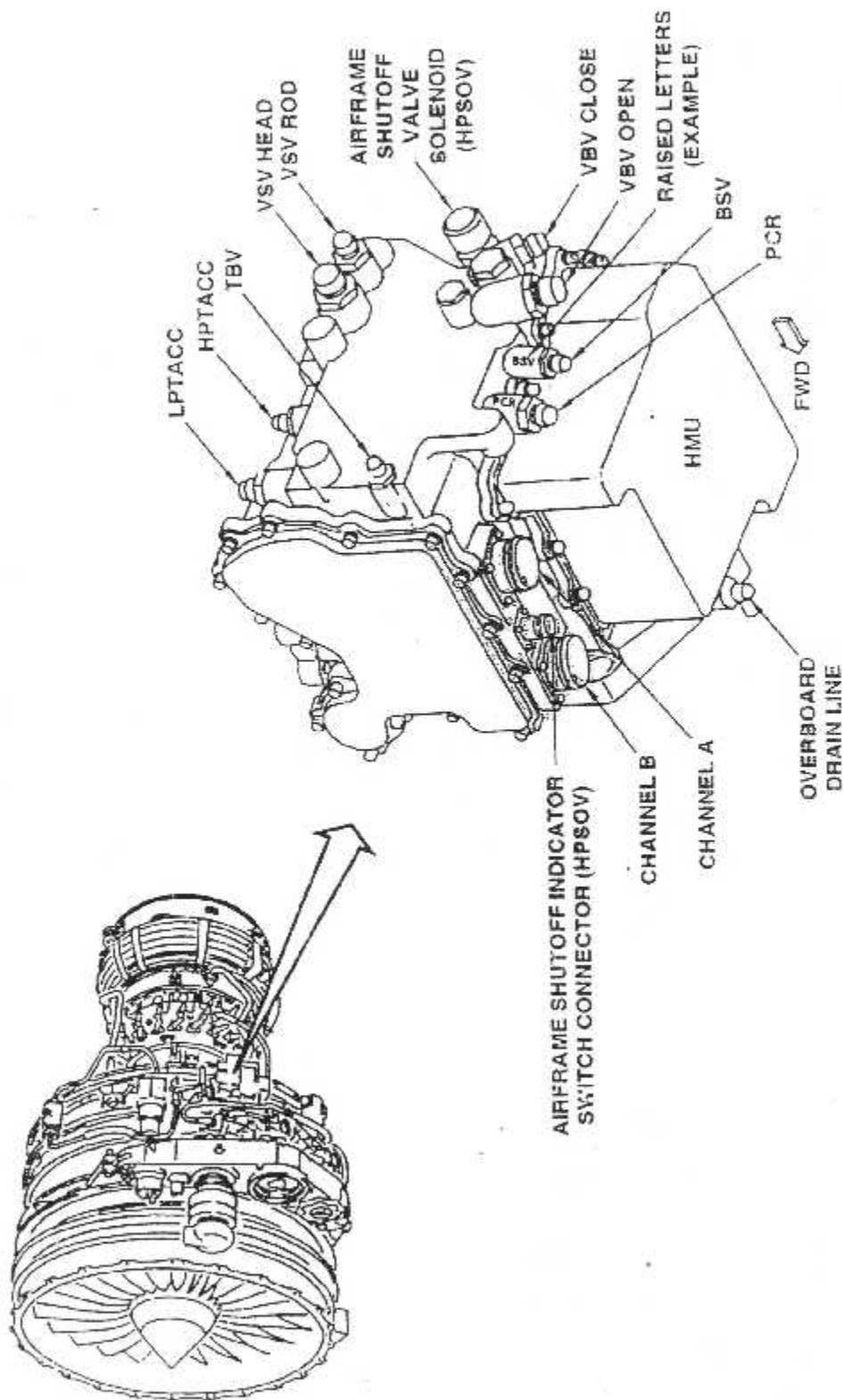
CF6-80C2T
FADEC



HYDROMECHANICAL UNIT
673-21-185-01A

Régulateur principal carburant (HMU) du CF6 80-C2 FADEC

OCT 27 1989 1:53



**régulateur principal carburant (HMU)
du CFM56-7B**

◦ **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 (resolvers) mesurent la position de la vanne FMV et transmettent ce " retour d'ordre " du EEC pour boucler l'asservissement.

• **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 RUN (MARCHE) pour le CF6 80-C2 FADEC , et sur position IDEL pour le CFM56-7B ,le robinet carburant ouvert
- Manette de démarrage sur position CUT OFF (ARRET) pour les deux réacteurs , le robinet carburant fermé .

Il est a noter aussi que le robinet carburant se ferme par la poignet coupe feu .

• **Vanne de mise en pression et de drainage :**

On trouve cette vanne uniquement sur le réacteur CF6 80-C2 FADEC ,cette vanne à deux positions fermée et ouverte , lors du démarrage moteur et quand la pression carburant est entre 240 et 300 Psi la vanne de mise en pression s'ouvre et le carburant va vers la chambre de combustion .

A l'arrêt moteur quand la pression du carburant chute et devient inférieure à 240 Psi la vanne se ferme évitant que le carburant aille vers les injecteurs .

- **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 a une pression différentielle de 36 Psi Δ pour le CF6 80-C2 FADEC et de 50 Psi Δ pour le CFM56-7B .

- **Régulateur de différence de pression :**

Le clapet de pression différentielle est taré a 36 Psi Δ pour le CF6 80-C2 FADEC et a 50 Psi Δ pour le CFM56-7B.lorsque cette différence est atteinte la by-pass s'ouvre.

- **Un gouverneur de survitesses (OSG):**

Le HMU comprend un régulateur mécanique à masselottes qui limite le débit carburant de façon à éviter que N2 ne dépasse 113.4% pour le CF6 80-C2 FADEC et 107,2% pour le CFM56-7B. Pour cela, le régulateur agit sur le dispositif à ΔP constante qui maintien 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 servovanne (EHSV):**

Le régulateur principal carburant (HMU) comprend pour les deux réacteurs 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 :

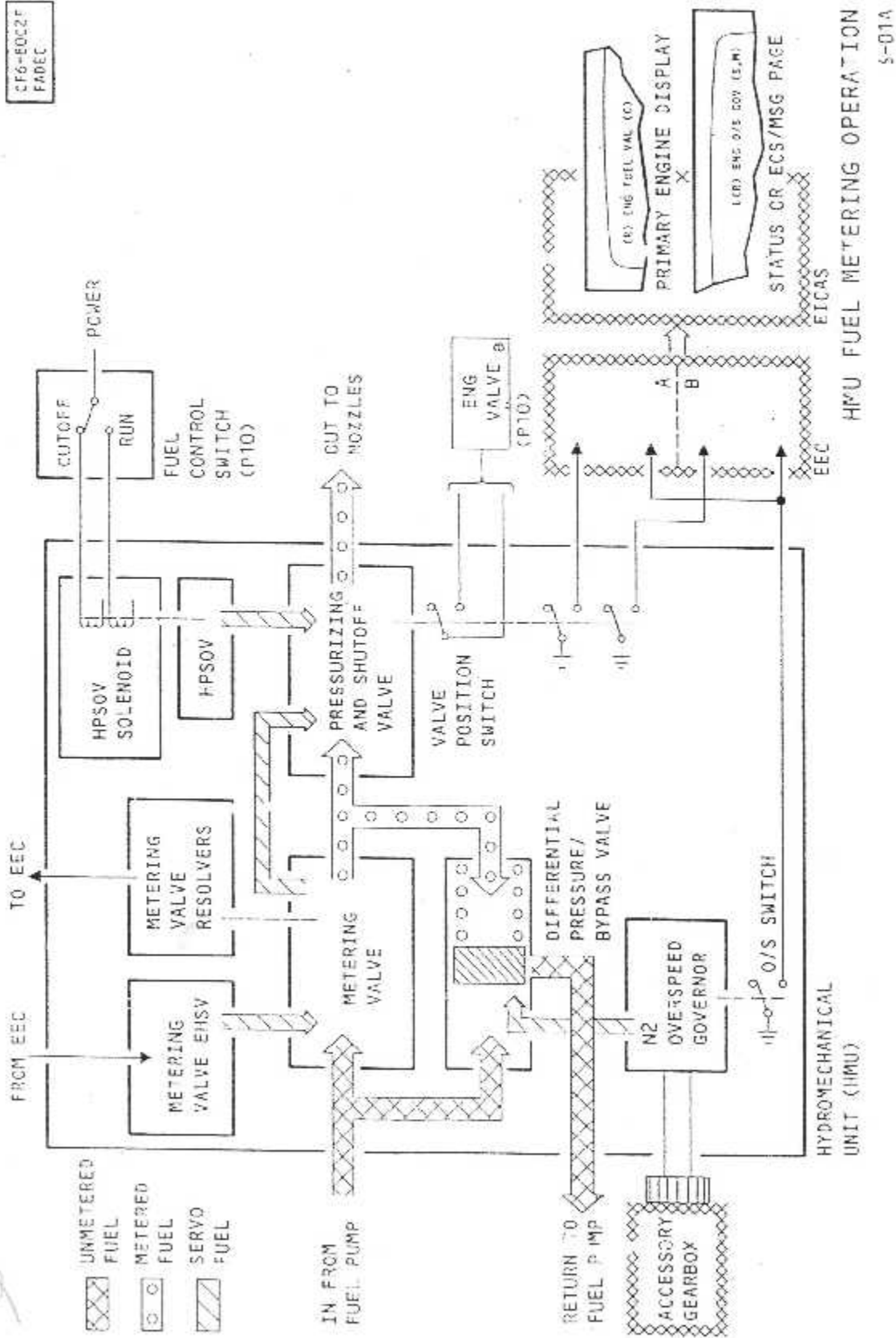
- Galet doseur (FMV).
- Vérins des vannes de décharge (VBV).
- Vérins des stators a calage variable (VSV).
- Vanne de refroidissement du carter turbine haute pression (HPTACC).

- Vanne de refroidissement du carter turbine basse pression (LPTACC) .
- Vanne de décharge transitoire (TBV) uniquement sur le CFM56-7B .

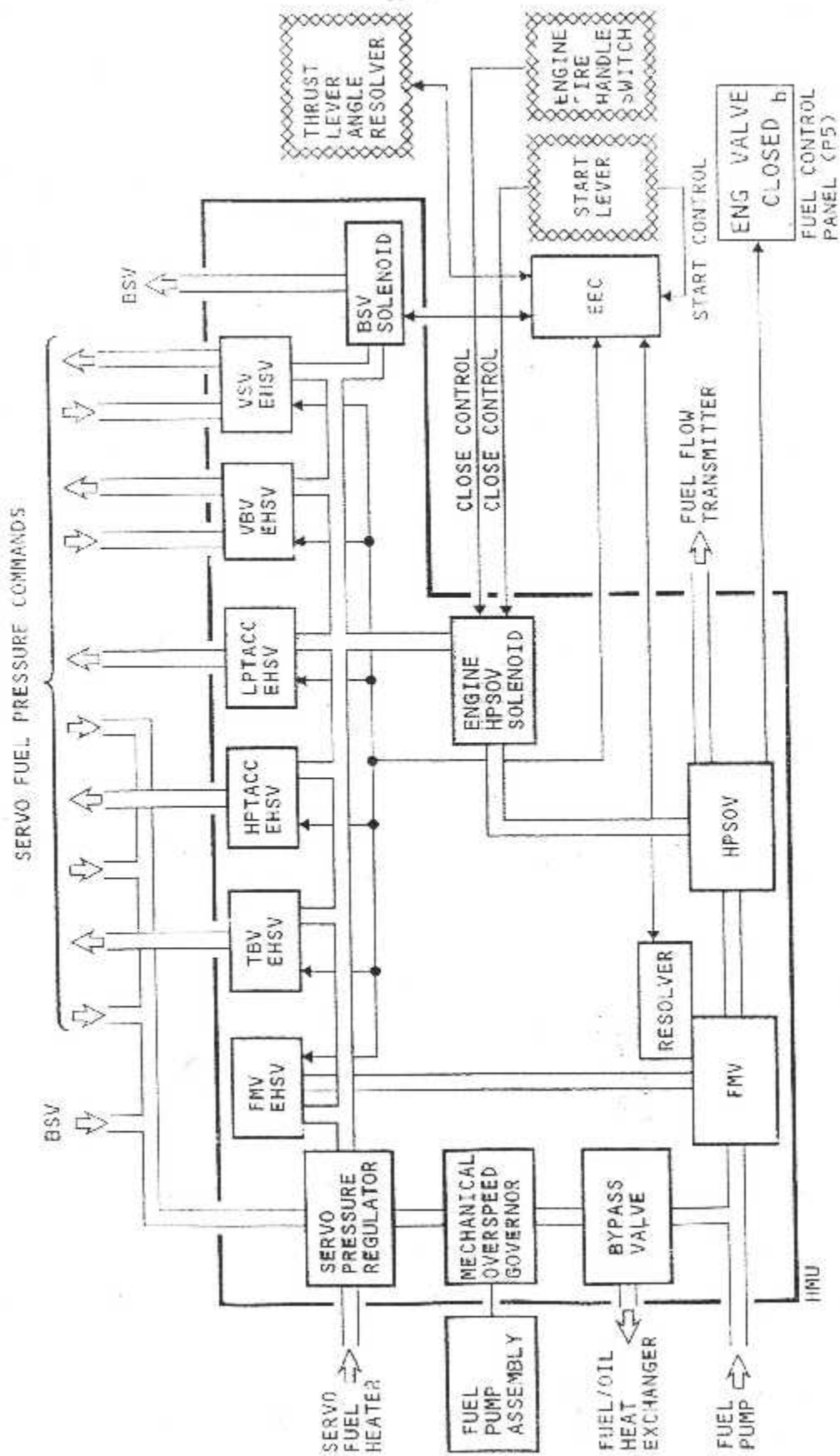
Il est a noter que le régulateur principal carburant (HMU) du réacteur CFM56-7B offre plus d'avantages que celui du CF6 80-C2 FADEC

- Les tuyauteries sont identifiées par des lettres facilitant ainsi aux personnels de la maintenance de ne pas se tremper lors du montage .
- Il comporte six (06) électrohydrauliques servovannes par contre on a dans le CF6 80-C2 FADEC que cinq (05) électrohydrauliques servovannes .
- On trouve une vanne de décharge transitoire (TBV) sur le CFM56-7B donc le contrôle du débit d'air a travers le compresseur haute pression est amélioré ce qui signifie que les risques de pompage sont amoindris .

CF6-80C2F
FADEC



Fonctionnement du régulateur carburant du CF6 80-C2 FADEC



Fonctionnement du régulateur carburant du CFM56-7B

III-4-7-Vanne de sélection d'injecteurs (BSV):

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

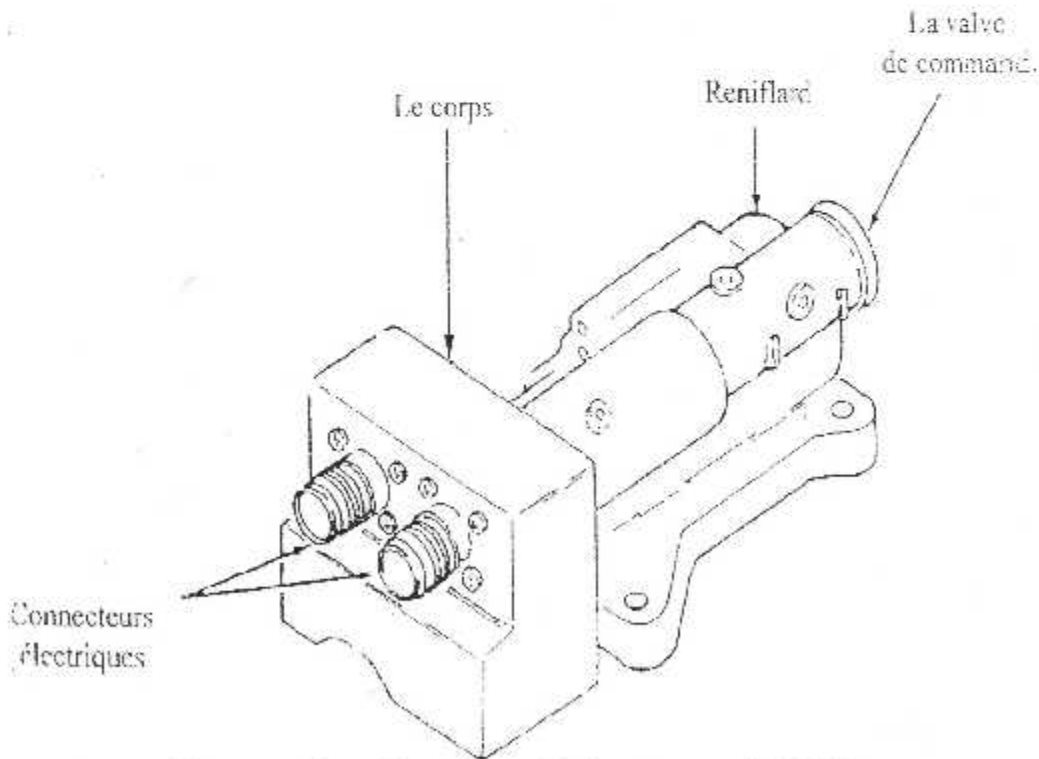
Elle est munie de deux positions :

- 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% a 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 dure de vie de la chambre de combustion et de la turbine



Vanne de sélection d'injecteurs (BSV)

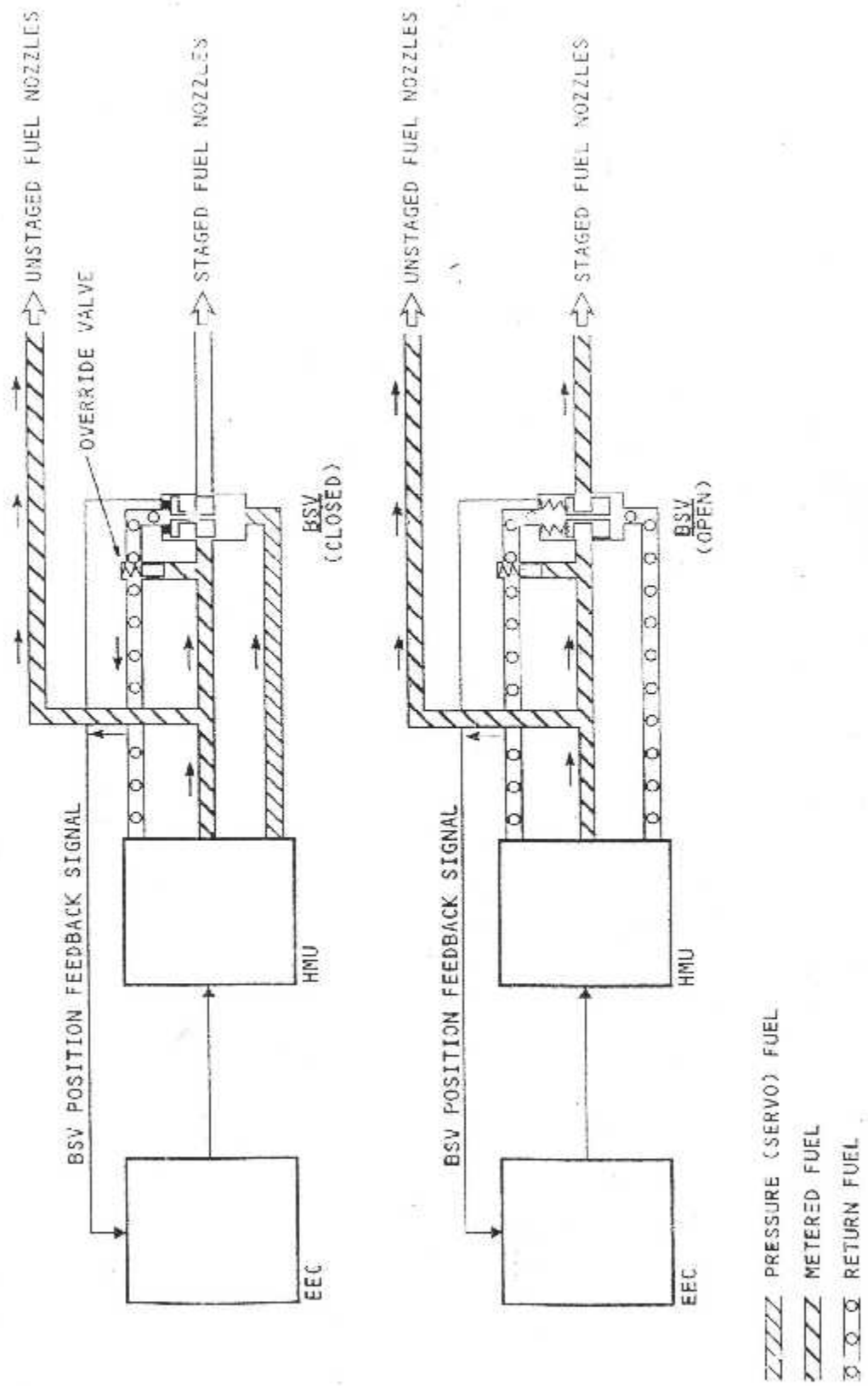


Diagramme de la BSV

α

III-4-8-Débitmètre :

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

Il est localisé sous la pompe carburant pour le CF6 80-C2 FADEC et sur le Fan à la position 10h00 pour le CFM56-7B .

III-4-9-Filtre injecteur de carburant :

Le filtre injecteur carburant est localisé en position 11h00 sur le carter FAN avant l'entrée des injecteurs . On le trouve uniquement au niveau du CFM56-7B 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 a $87 \text{ PSI}\Delta$, ce qui correspond a un seuil de by-pass.

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

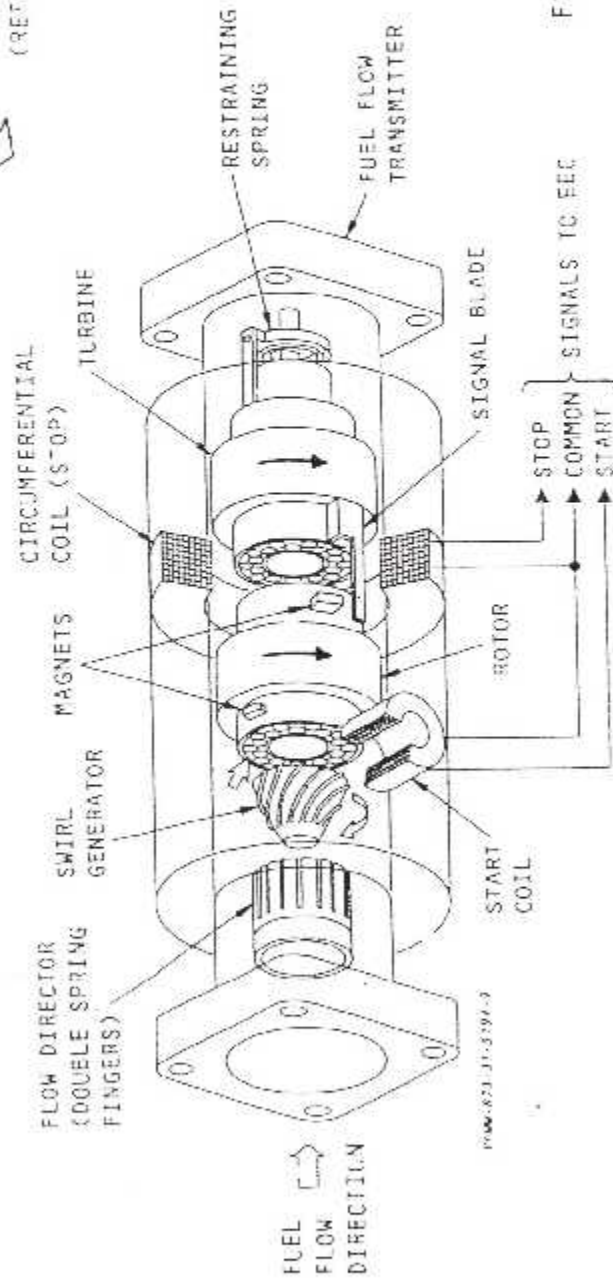
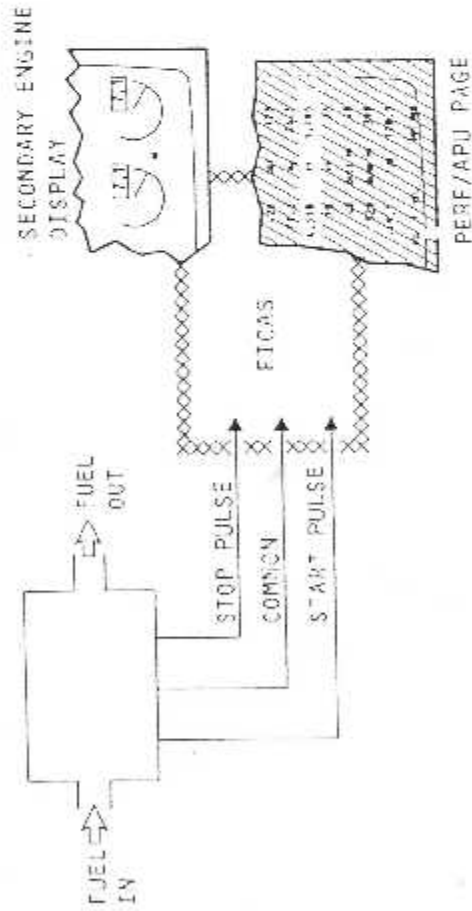
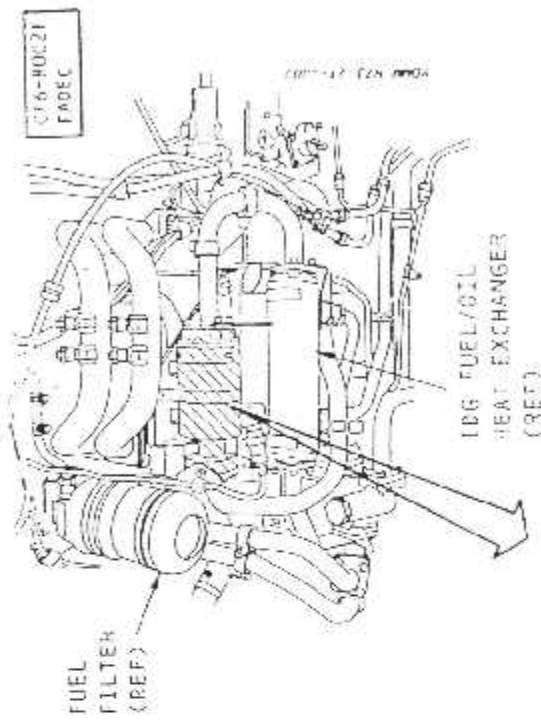
• **Les composants du filtre injecteur :**

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 :**

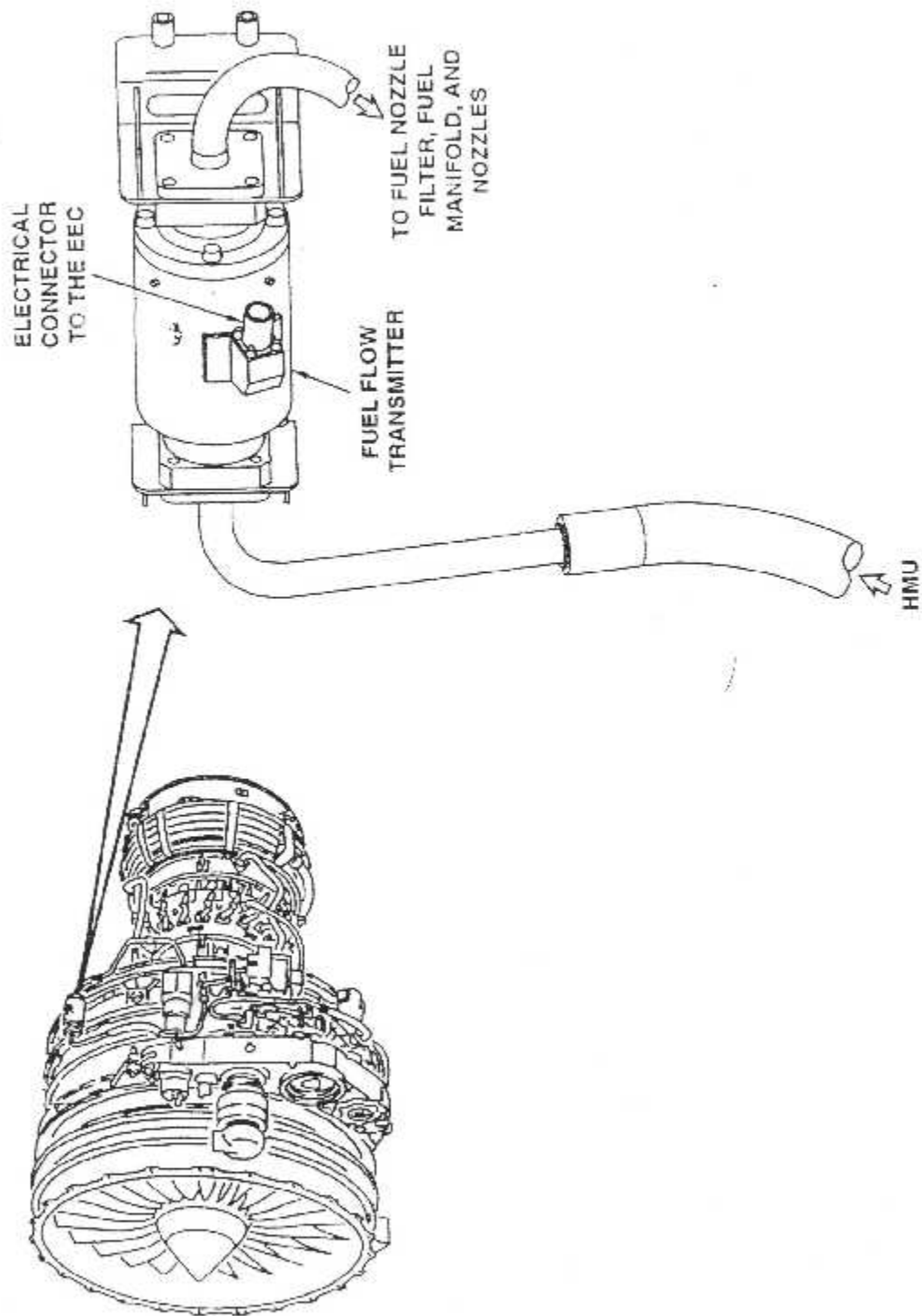
- Evite toutes impuretés vers les injecteurs .
- Il est accessible et nettoyable .



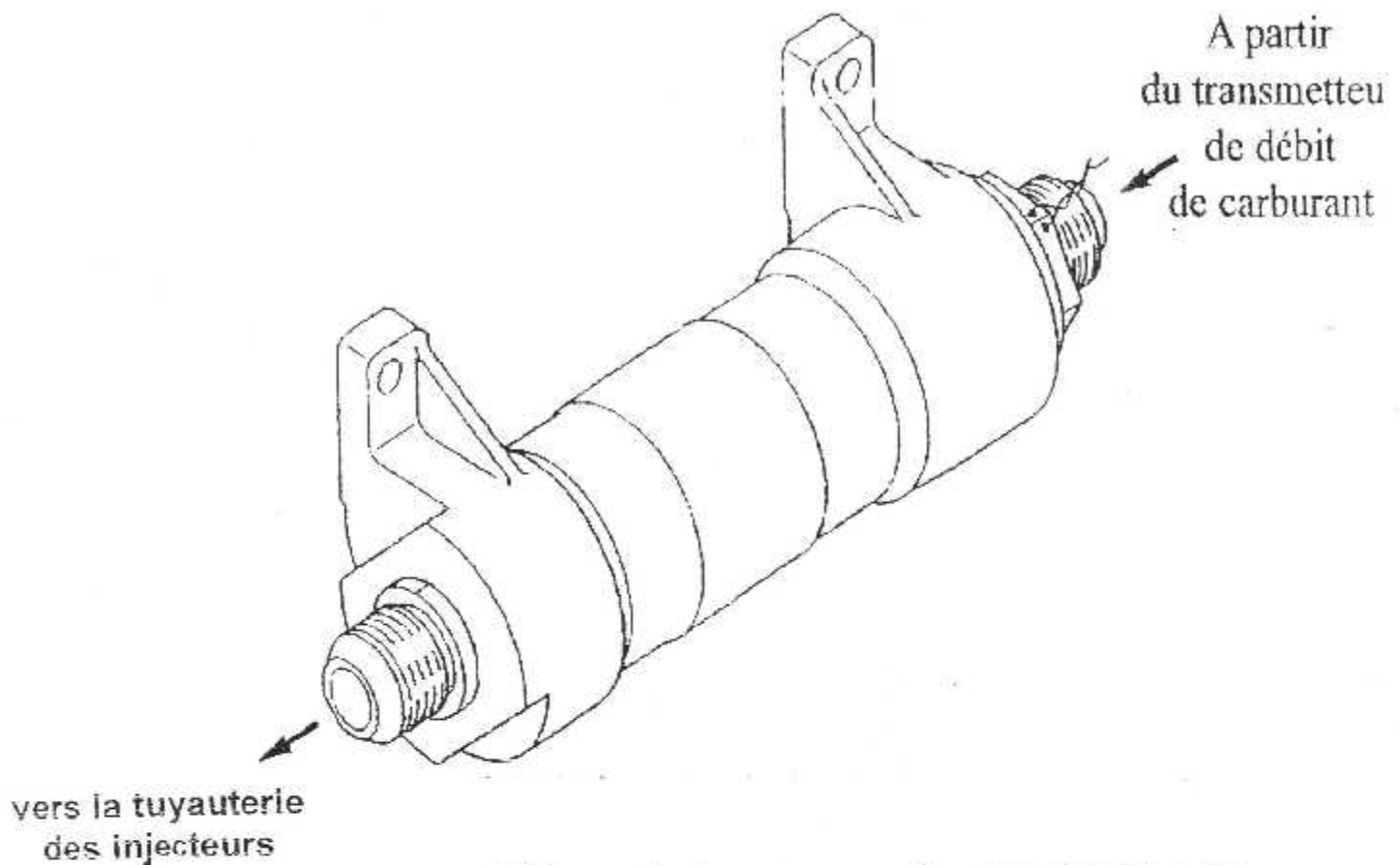
FUEL FLOW TRANSMITTER
673-31-171-01A

Débitmètre du CF6 80-C2 FADEC

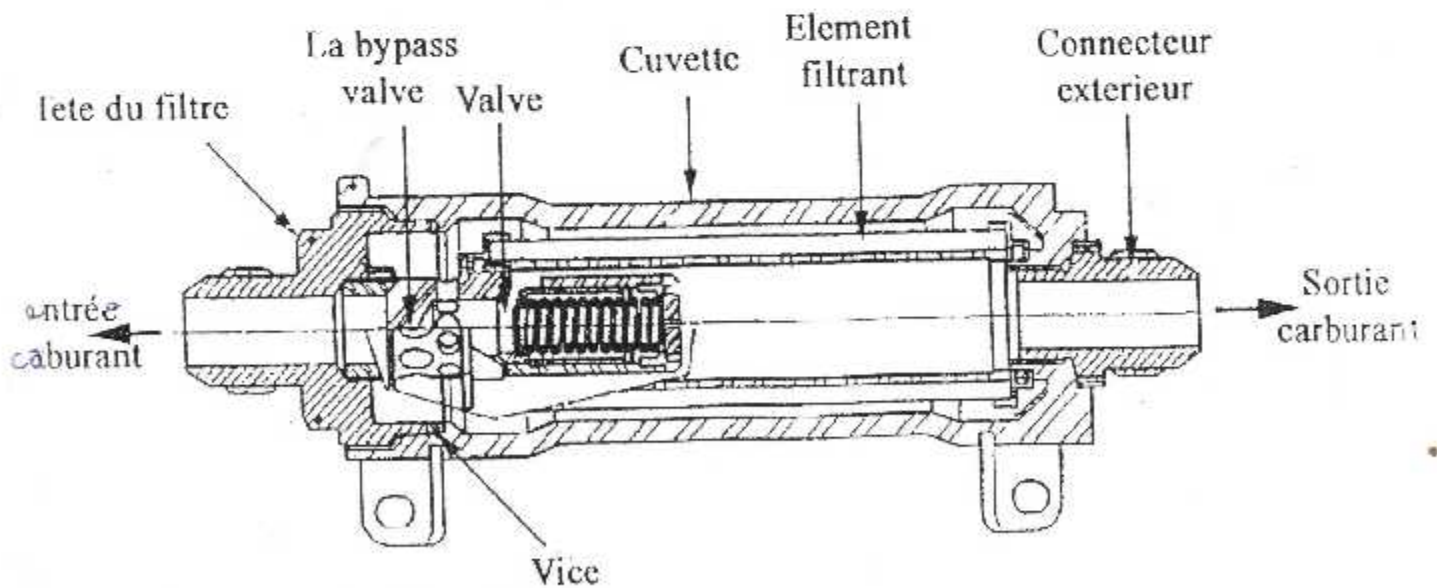
OCT 27 1989 165



Débitmètre du CFM56-7B



Filtere injecteur du CFM56-7B



Description du filtre injecteur du CFM56-7B

III-4-10-La rampe carburant :

La tuyauterie carburant fournit le carburant aux trente (30) injecteurs du CF6 80-C2 FADEC et 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 .

III-4-11-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 les circuits carburant des deux réacteurs les injecteurs sont de type duplex, ils comportent le flux primaire et le flux secondaire.

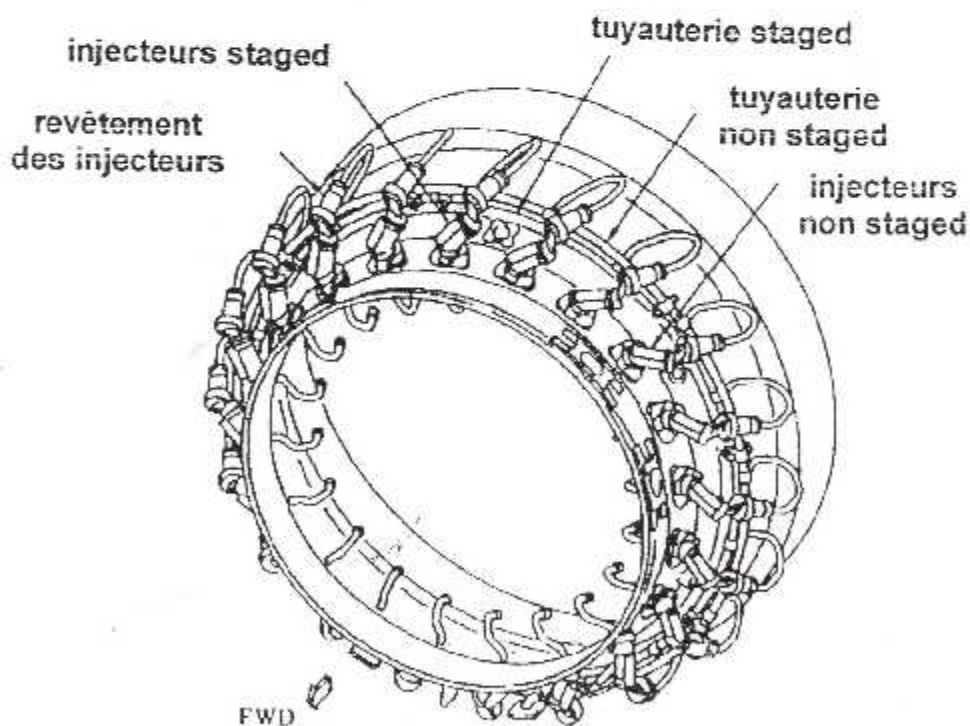
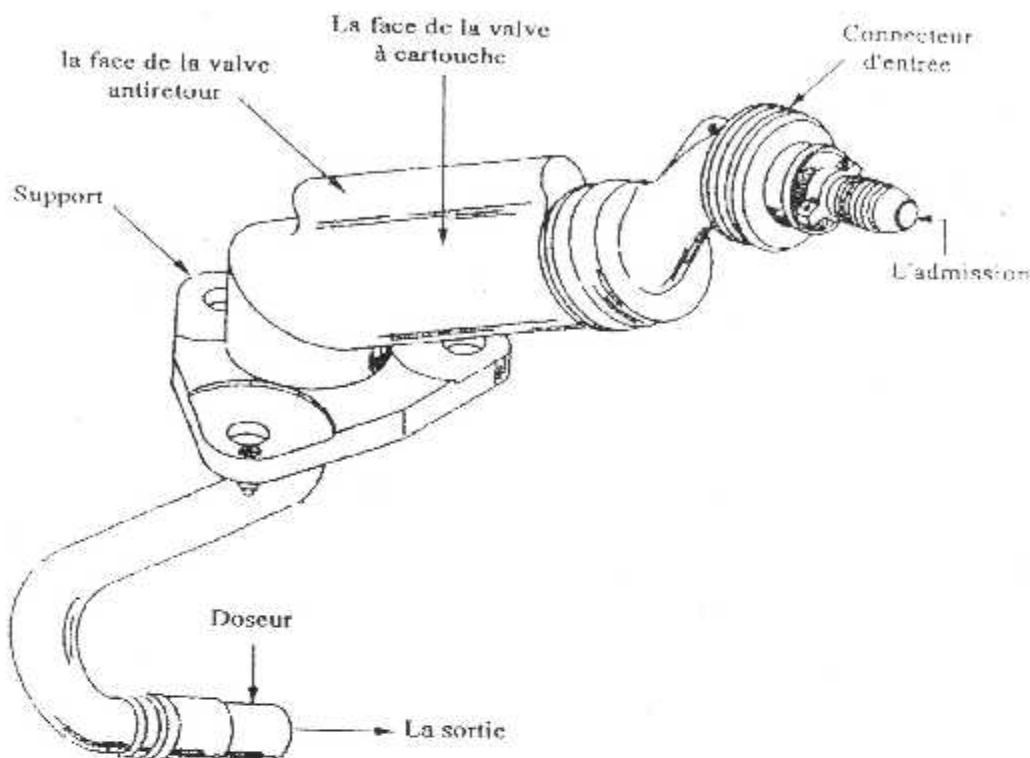
◆ Pour le CF6 80-C2 FADEC :

- Nombre d'injecteurs : trente (30) duplex
- Le flux primaire est taré a 20 Psi.
- Le flux secondaire est taré a 250 Psi .
- Le poids : 1.8 livres (0.81kg)
- Il y a 28 injecteurs standards repérés par une bague en aluminium , avec un débit de 70 livres /heure.
- Les injecteurs 15 et 16 sont spéciaux et ils sont repères par une bague bleue ,leur débit est de 115 livres / heure

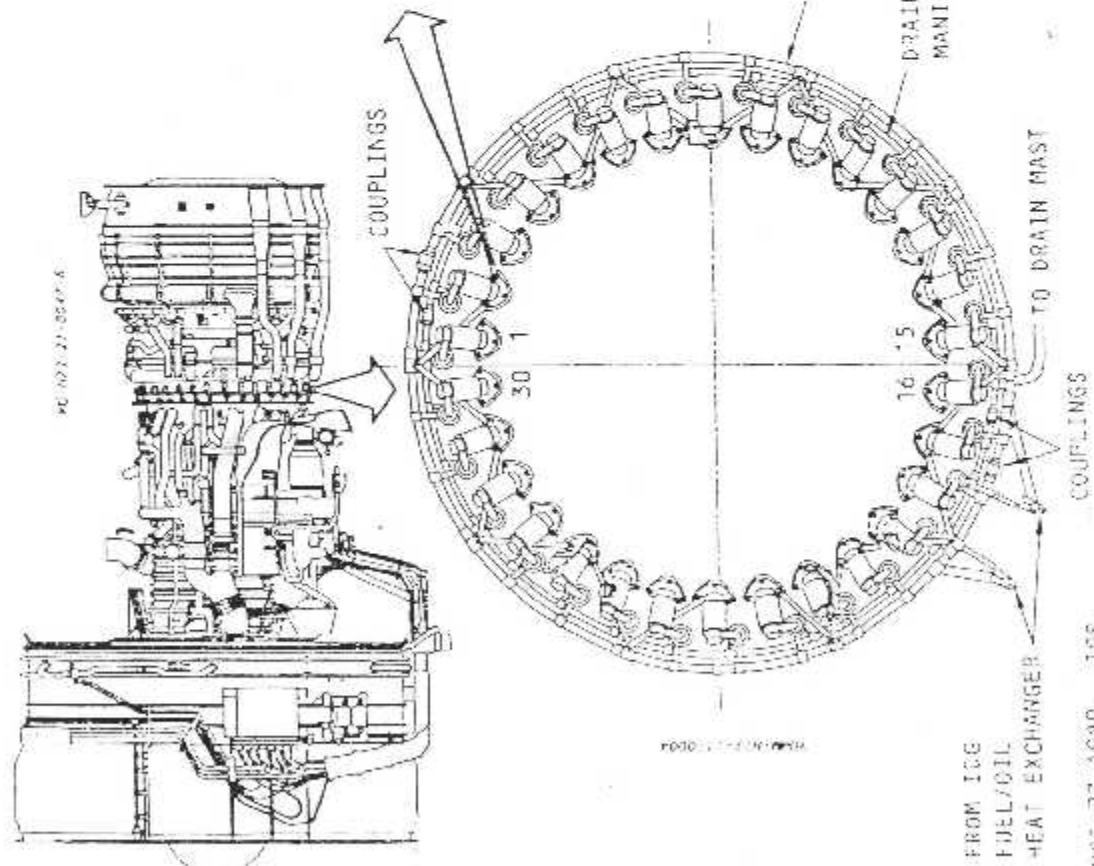
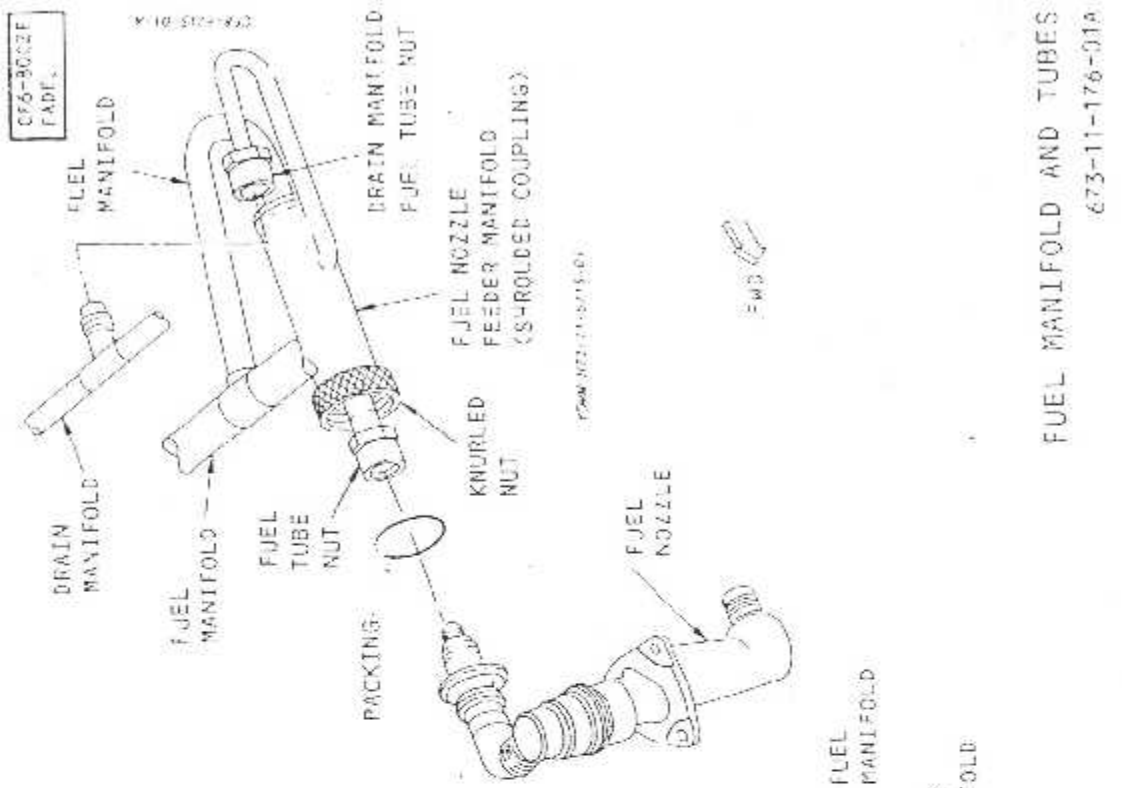
◆ Pour le CFM56-7B :

- Nombre d'injecteurs : vingt (20) duplex
- Le flux primaire est taré a 15 Psi
- Le flux secondaire est taré a 125 Psi
- Poids : 1.28 livres (0.58 kg)
- Il y a seize (16) injecteurs standards 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 des deux réacteurs ont été conçu pour éviter une éventuelle extinction de la flamme lors d'une décélération et de faciliter le démarrage moteur :



Rampe et injecteur carburant du CFM56-7B



Rampe et injecteur carburant du CF6 80-C2 FADEC

FROM ICG
FUEL/OIL
HEAT EXCHANGER

301 27 1889 105

III-5-Fonctionnement du circuit carburant :

◆ **Pour le CF6 80-C2 FADEC :**

Le carburant arrive des réservoirs avion vers l'entrée de la pompe carburant . le carburant passe à travers le 1^{er} étage de la pompe carburant , cette dernière augmente la pression de carburant .

De la pompe du 1^{er} étage le carburant passe à travers un filtre métallique qui est équipé d'une by-pass et va directement vers le 2^{ème} étage de la pompe carburant , cette dernière à la capacité d'augmenter la pression carburant .

De la pompe carburant ,le carburant passe dans l'échangeur huile /carburant dans le but est de refroidir l'huile de graissage moteur et de réchauffer le carburant pour faciliter sa détonation .

De l'échangeur huile /carburant , le carburant passe à travers le filtre principale qui est équipé d'une by-pass .

A la sortie du filtre carburant il passe par :

- Le régulateur carburant pour aller vers les trente (30) injecteurs .
- Le servo réchauffeur ou il sera réchauffé par l'huile moteur dans le but est d'éviter le givrage carburant pour le fonctionnement des servo commandes du régulateur principale (HMU).

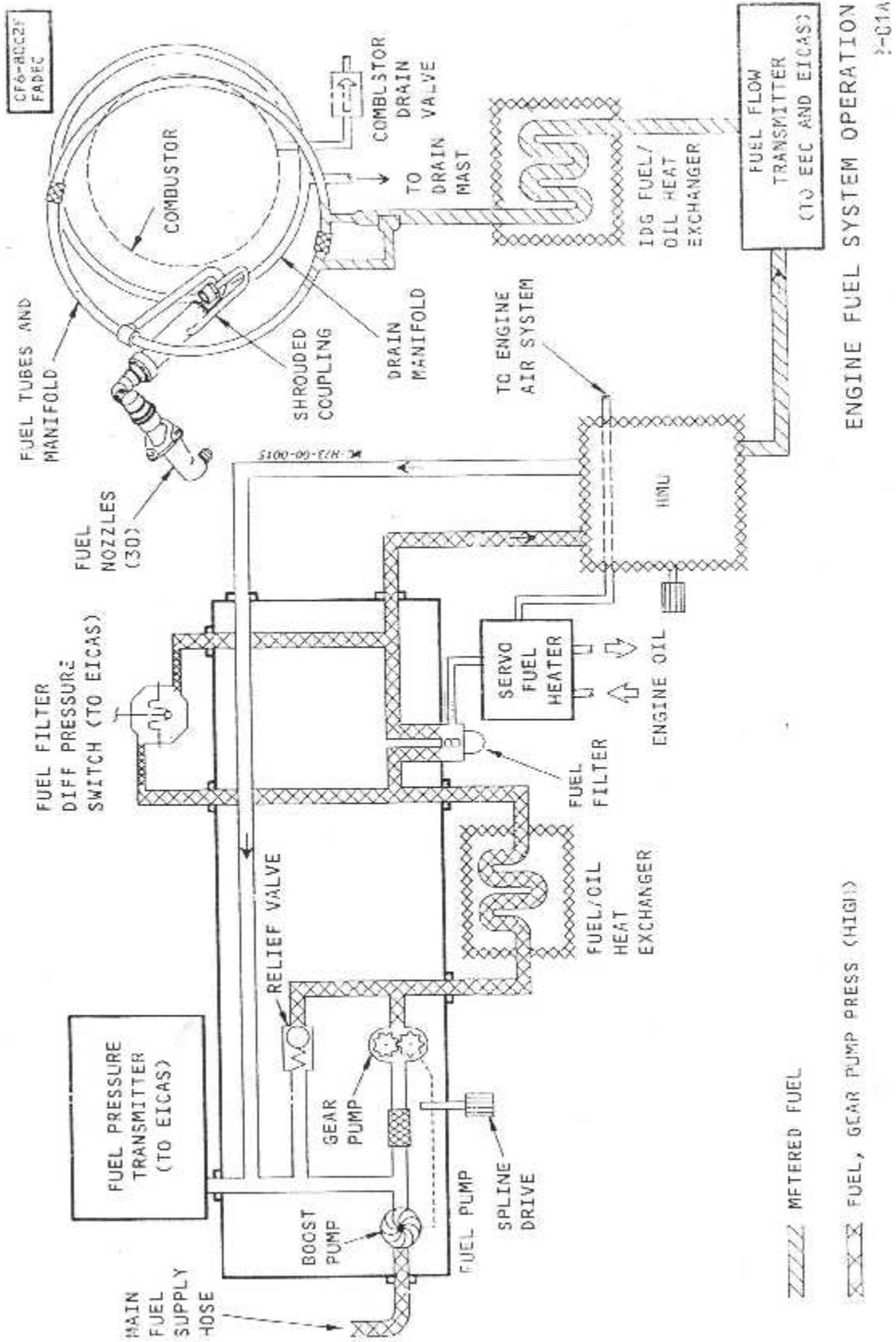
A la sortie du régulateur carburant , ce dernier passe a travers le débitmètre puis vers l'échangeur carburant alternateur afin de réchauffer l'huile alternateur pour ensuite s'acheminer vers les trente (30) injecteurs .

◆ **Pour le CFM56-7B :**

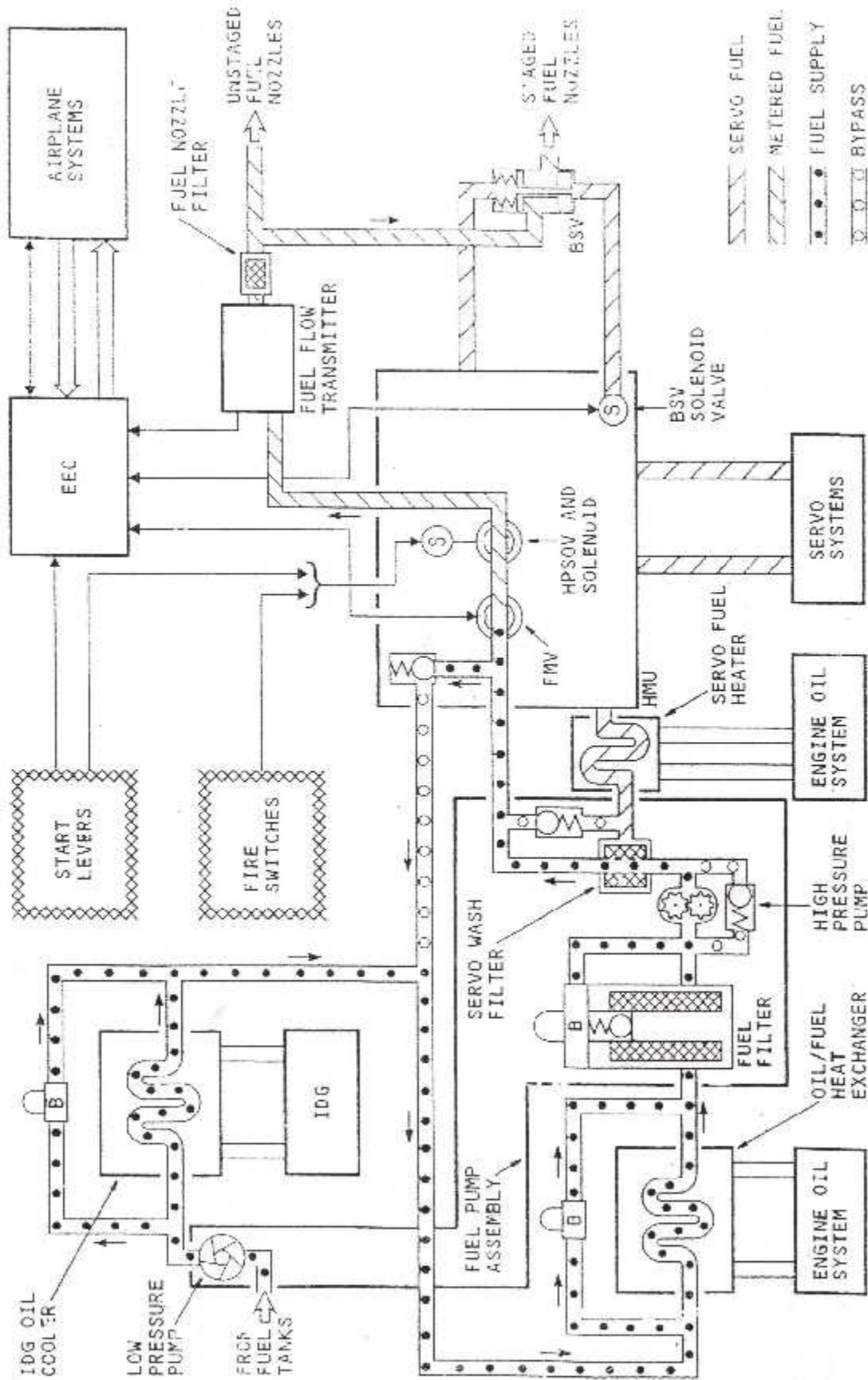
Le carburant des réservoirs d'avion entre à l'étage basse pression de la pompe carburant à deux (02) étages et la quitte pour aller vers l'échangeur huile /carburant alternateur ensuite vers l'échangeur principal huile /carburant moteur

Ce dernier envoi de nouveau le carburant vers la pompe à travers le filtre et entre dans l'étage haute pression ou la pression du carburant sera augmentée et prend deux directions.

- Une part (de loin la plus grande) traverse la HMU, passe par le doseur asservi FMV (valve de régulation carburant) puis va au débitmètre et enfin aux injecteurs.
- L'autre part va d'abord au réchauffeur carburant des asservissements puis au HMU pour élaborer les pressions d'asservissements nécessaires à toutes les électrohydrauliques servovannes (VSV,VBV, vannes de contrôle actif des jeux , BSV et TBV).



Fonctionnement du circuit carburant du CF6 80-C2 FADEC



Fonctionnement du circuit carburant du CFM56-7B

III-6-Indication circuit carburant des deux réacteurs :

Le circuit de carburant est surveillé par :

◆ **Pour le CF6 80-C2 FADEC :**

- La pression carburant du 1^{er} étage pompe carburant , la pression est affichée sur l'écran EICAS inférieure quand la page PERF/APU est sélectionnée .
- Consommation carburant est affichée sur l'écran EICAS inférieur quand la page ENG est sélectionnée , l'indication apparaît sous forme :
 - Digitale
 - Analogique

Elle est aussi affichée sur l'écran inférieur EICAS quand la page PERF/APU est sélectionnée.

- Colmatage filtre carburant : quand la pression différentielle est supérieure à 25 Psi , le message colmatage filtre carburant apparaît sur l'écran EICAS inférieur quand :
 - La page STATUS est sélectionnée .
 - La page ECS / MSC est sélectionnée .
 - Un voyant ENG VALVE .
 - Un voyant SPAR VALVE .

◆ **Pour le CFM56-7B :**

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

Sur la position RATE la consommation est affichée .

Sur la position USED le totaliseur est affichée .

Sur la position RESEI la remise à 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 du circuit de carburant
des deux réacteurs

IV-Maintenance du circuit carburant des deux réacteurs :

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 préventive :

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 systématique :

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 crée 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 fiabilité :

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 affaiblît d'un taux de panne en général quasiment aléatoire.

Les utilisateurs ont bien remarqués que les taux de défaillance sont les mêmes et parfois il sont plus important dans les 50 heures qui suivent une Révision Générale, que dans les 50 heures précédantes, 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 sure 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 limité).

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 comportement de l'élément dont on surveille la vie.

IV-5-3-Entretien selon vérification de l'état :

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 réacteur :

Les deux réacteurs nécessite 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 **ENGINEERING D'AIR ALGERIE** suivant le manuel de maintenance établie par le constructeur **GE** pour le CF6 80-C2 FADEC et par la fusion des deux constructeurs **GE** et **SNECMA** pour le CFM56-7B.

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

On vérifie ie 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 .
- Absence de fuite .

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.

- 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.

NB : Cette inspection est réalisée chaque 400 cycles.

IV-6-2-Entretien en atelier :

- ◆ **Pour le CF6 80-C2 FADEC :**

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 inspection 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 (HMU).
- Les tuyauteries.
- Les échangeurs thermiques.

En ce qui concerne le régulateur principal carburant (HMU) 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 à 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 à 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.

Désignation des travaux de l'inspection préliminaire :

- Etablir le compte rendu de réception
- Etablir la situation des accessoires (intérieure et extérieure 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 moteurs avant et arrière. (after and forward engine mount assembly)
- Effectuer la mesure de E12 et E13 du moteur.

NB : 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 I : (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 TBV.

Niveau II:

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

Niveau III:

la dépose modulaire :

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

CONCLUSION

CONCLUSION

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

- ◆ Des circuits carburant des réacteurs CF6 80-C2 FADEC et CFM56-7B ainsi que leur fonctionnement
- ◆ Des différences qui existent entre les réacteurs CF6 80-C2 FADEC et CFM56-7B

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

- ◆ La vanne de sélection d'injecteurs (BSV)
- ◆ Le filtre injecteur
- ◆ Le circuit carburant du CFM56-7B permet l'alimentation de la vanne de décharge transitoire (TBV)
- ◆ La maintenance du circuit carburant du CFM56-7B a été notamment améliorer par rapport à celle du réacteur CF6 80-C2 FADEC .

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 avec plus de précision

GLOSSAIRE

GLOSSAIRE

Anglais

Français

A)

AGB : Accessory Gear Box

APU : Auxiliary Power Unit

ACC : Active Clearance Control

Boite d'entraînement d'accessoires

Groupe auxiliaire de puissance

Contrôle actif de jeu

B)

Bleede Valve

Booster

BSV : Burner Staging Valve

Vanne de soutirage

Compresseur basse pression

Vanne de sélection d'injecteurs

C)

Combustor

Core module

Chambre de combustion

Module générateur de gaz

D)

Disch : Discharge

Décharge

E)

EEC : Electronic Engine Control

Unité électronique de contrôle
moteur

EGT : Exhaust Gas Temperature

Température des gaz d'échappement

EHSV :

Electrohydraulique servo vanne

EICAS : Engine Indicating and
Crew Alerting Systeme

Système d'indication des
Paramètres moteur et d'alarmes
moteur

ENG : Engine

F)

FADEC : Full Authority Digital
Electronic Control

Système de régulation électronique
numérique a plein autorité moteur

FRV : Fuel Return Valve

Vanne de retour carburant

FMV : Fuel Metering Valve

Galet doseur carburant

Fuel Flow Transmitter

Débitmètre

Fuel Nozzel Filter

Filtre injecteur carburant

Fuel / Oil Heat Exchanger

Echangeur de chaleur huile /carburant

H)

HMU : Hydro Mecanical Unit

Régulateur principal carburant

HPSOV : High Pressure Shut
Off Valve

Robinet carburant haute pression

HPTACC : High Pressure Turbine
Active Clearance

Contrôle actif du jeu turbine
haute pression

I)

IDG : Integrated Drive Generator
IDG Oil Cooler
Ignation System
Ignater Plug
IGV

Alternateur
Echangeur huile /carburant alternateur
Système d'allumage
Allumeur
Aubes de prerotation a calage
variable

L)

LBU : Lubrification unit
LPTACC : Low Pressure Turbine
Active Clearance
Lube Filter
LVDT : Linear Variable Displacemnt
Transducer

Unité de lubrification
Contrôle actif du jeu turbine
basse pression
Filtre principal d'huile
Transformateur différentiel variable
linéaire

N)

N1

Vitesse de rotation de l'attelage
basse pression

N2

Vitesse de rotation de l'attelage
haute pression

O)

Oil Tank
OSG : over speed governor

Réservoir d'huile
Gouverneur de survitesse

R)

Rev

Reverse

S)

Scavenge Oil Filtre
Scavenge Pump
ServoFuel Heater
Start Valve
Starter
Switch

Filtre de récupération d'huile
Pompe de récupération
Servo réchauffeur carburant
Vanne de démarrage
Démarreur
Interrupteur

T)

TAT : Total Air Temperature
TBV : Trensient Bleed Valve

Température totale de l'air
Vanne de décharge transitoire

V)

VBV : Variable Bleed Valve
VSV : Variable Stator Valve

Vanne de décharge
Stators a calage variable

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- ◆ TRAINING MANUAL BOEING 767-300
- ◆ MANUAL DE MAINTENANCE BOEING
- ◆ TRAINING MANUAL GENERAL ELECTRIC
- ◆ TRAINING MANUAL FLIGHT SAFETY BOEING
- ◆ LINE AND BASE MAINTENANCE CFM56-7B
- ◆ DICTIONNAIRE TECHNIQUE DE L'AERONAUTIQUE
(ENGLISH – FRENCH)

SITES INTERNET :

WWW.GE.COM

WWW.BOEING.COM