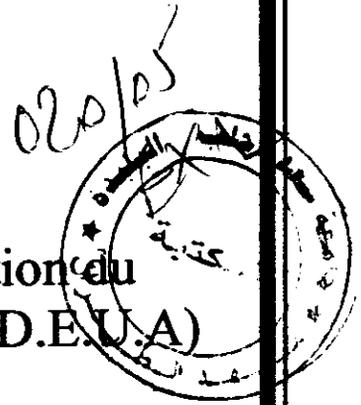


**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB - BLIDA
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR
DÉPARTEMENT D'AERONAUTIQUE**



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du
diplôme des études universitaires appliquées (D.E.U.A)

Option : Propulsion

Thème

**Etude comparative des fonctions de EEC des deux
réacteurs CFM56-7B et CF6-80 E1**

Présenté par :

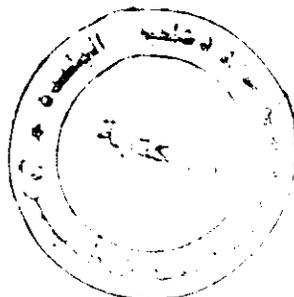
Mr. KHEDIM Mohamed Charif

Mr. SEFOUANE Redouane

Encadré par :

Mr. MOKHTARI Mohamed

Mr. KBAB Hakim



Promotion 2004/2005

REMERCIEMENT



Nous tenons à remercier DIEU le tout puissant le miséricordieux de nous avoir attribuer la faveur d'accomplir ce modeste travail ainsi que de réussir nos études.

Nos vifs remerciements à nos parents qui nous ont soutenus et encouragés depuis notre tendre enfance.

Nous tenons à remercier notre promoteur Mr MOKHTARI pour nous avoir orienter et conseiller et co-promoteur Mr KEBAB pour son encadrements.

Nous adressons nos remerciements également à toute l'équipe technique et surtout l'ingenering qui nous ont beaucoup orienté dans nos démarches.

Nous adressons notre gratitude à tous les membres de jury qui nous ont honoré par leurs présences.

CHARIF & REDOUANE

ABREVIATION

▪ AC	courant alternatif.
▪ A/C	avion.
▪ ADIRU	centrale de référence enneigements de données aérienne.
▪ AGB	boite de commande d'accessoires.
▪ ALTN	dégagement.
▪ APU	unité de puissance auxiliaire.
▪ ARINC	organisme de gestion des télécommunications aéronautique.
▪ A/T	auto manette.
▪ BCV	vanne de refroidissement par palier et roulement.
▪ BITE	équipement de contrôle intégré.
▪ BP	basse pression.
▪ BSV	vérin d'ouverture des clapets de décharges.
▪ CCCV	vanne de refroidissement du moteur et accessoires.
▪ CDS	système de visualisation commune.
▪ CDU	boite de commande et d'affichage.
▪ CFDS	système de centralisation des pannes.
▪ CFMI	CFM international.
▪ CIP	pression d'entrée compresseur.
▪ CIT	température d'entrée compresseur.
▪ CSD	entraînement à vitesse constante.
▪ DAC	moteur à chambre de combustion double.
▪ DMS	système de détection des débris.
▪ DUE	unité d'affichage électronique.
▪ EAU	unité d'accessoire moteur.
▪ ECU	unité électronique de contrôle moteur.
▪ EEC	unité électronique de contrôle moteur.
▪ EGT	température des gaz d'échappement.
▪ EHSV	électro-hydraulique servo vanne.
▪ ECAM	indicateur des paramètres moteur et alarmes.
▪ EIU	unité d'interface moteur.
▪ FADEC	système régulation électronique numérique à pleine autorité.
▪ FDAU	boîtier de détection des données de vol.
▪ FDR	bande magnétique du vol.
▪ FIM	manuel de recherche des pannes.
▪ FMC	ordinateur de gestion du vol.
▪ FMV	galet doseur carburant.
▪ FMS	système de gestion de vol.
▪ FRV	vanne de retour carburant.
▪ HMU	unité hydromécanique.

▪ HP	haute pression.
▪ HPC	compresseur haute pression.
▪ HPT	compresseur basse pression.
▪ HPSOV	robinet d'arrêt haute pression.
▪ HPTACC	contrôle actif de jeu turbine haute pression.
▪ HPTCCV	valve de contrôle actif du jeu turbine haute pression.
▪ IDG	générateur d'entraînement intégrer.
▪ IGB	boîtier du dispositif d'admission.
▪ IGV	aubes de pré rotation à calage variables.
▪ LPC	compresseur basse pression.
▪ LPT	turbine basse pression.
▪ LPTACC	contrôle actif de jeu turbine basse pression.
▪ LVDT	transformateur différentiel variable linéaire.
▪ N1	vitesse de rotation de l'attelage basse pression.
▪ N2	vitesse de rotation de l'attelage haute pression.
▪ OGV	aubage directeur de sortie.
▪ OSG	gouverneur de survitesse.
▪ RACC	contrôle actif du jeu rotor.
▪ RDS	arbre d'entraînement radial.
▪ TAT	température de l'air total.
▪ TBV	vanne de décharge transitoire.
▪ TGB	boîtier de renvoi d'angle de poussée.
▪ TRA	la résolution d'angle de décharge.
▪ VBV	vanne de décharge.
▪ VSV	stator à calage variable.

Sommaire

INTRODUCTION.....	01
CHAPITRE I : DESCRIPTION GENERALE DES DEUX REACTEURS.	
I-1 description du réacteur CFM-56-7B.....	02
I-1-1 module FAN et BOOSTER.....	02
I-1-2 module CORE.....	02
I-1-3 module TURBINE BASSE PRESSION.....	02
I-1-4 boîte d'entraînement des accessoires.....	04
I-1-5 caractéristiques principales du réacteur CFM-56-7B.....	04
I-1-6 repérage des différentes stations.....	06
I-1-7 capotage.....	06
I-1-8 les régimes.....	06
I-1-9 EGT.....	06
I-2 description du réacteur CF6-80-E1.....	08
I-2-1 introduction.....	08
I-2-2 module FAN.....	08
I-2-3 module CORE.....	08
I-2-4 module turbine haute pression.....	08
I-2-5 module turbine basse pression.....	10
I-2-6 module d'entraînement des accessoires.....	10
I-2-7 caractéristiques principales du réacteur CF6-80-E1.....	10
I-2-8 les régimes.....	12
I-2-9 EGT.....	12
I-2-10 capotage.....	12
I-2-11 repérage des différentes stations.....	12
CHAPITRE II : LES DIFFERENTS CIRCUITS DES DEUX REACTEURS.	
II-1 les différents circuits du réacteur CFM 56 - 7B.....	14
II-1-1 circuit carburant.....	14
II-1-1-1 rôle du circuit carburant.....	14
II-1-1-2 composition du circuit carburant.....	14
II-1-1-3 contrôle du circuit carburant.....	16
II-1-1-4 fonctionnement du circuit carburant.....	16
II-1-2 circuit de graissage.....	18
II-1-2-1 rôle du circuit graissage.....	18
II-1-2-2 composition du circuit graissage.....	18

II-1-2-3 contrôle du circuit graissage.....	18
II-1-3 circuit de démarrage et allumage.....	20
II-1-3-1 circuit de démarrage.....	20
II-1-3-2 circuit d'allumage.....	20
II-1-3-3 commande et contrôle.....	22
II-1-4 circuit reverse.....	22
II-1-4-1 principe.	23
II-1-4-2 inversion de poussée.....	23
II-1-5 circuit de commande.....	24
II-1-6 dispositif anti-pompage.....	24
II-1-7 système d'indication.....	27
II-2 les différents circuits du réacteur CF6-80-E1	29
II-2-1 circuit carburant.....	29
II-2-1-1 les fonctions du circuit carburant.....	29
II-2-1-2 composition du circuit carburant.....	29
II-2-1-3 contrôle.....	29
II-2-2 circuit de graissage.....	31
II-2-2-1 composition du circuit de graissage.....	31
II-2-2-2 contrôle du circuit de graissage.....	31
II-2-3 circuit d'air.....	33
II-2-3-1 le contrôle du débit d'air.....	33
II-2-3-2 régulation du débit de refroidissement.....	34
II-2-3-3 refroidissement du moteur et accessoires.....	38
II-2-3-4 contrôle du jeu turbine haute et basse pression.....	38
II-2-4 circuit de démarrage.....	40
II-2-4-1 démarrage réacteur.....	40
II-2-4-2 allumage réacteur.....	40
II-2-4-3 commande et contrôle.....	42
II-2-5 circuit reverse.....	42
II-2-5-1 dispositif d'éjection.....	42
II-2-5-2 principe.....	42
II-2-5-3 inversion de poussée.....	43
II-2-5-4 signalisation.....	43
II-2-5-5 circuit de commande de la reverse.....	45
II-2-6 circuit de contrôle.....	45

CHAPITRE III : LES FONCTION DE EEC DES DEUS REACTEURS.

III-1 les fonctions de EEC du réacteur CFM-56-7B.....	47
III-1-1 l'unité électronique du contrôle moteur	47
III-1-2 les connexions de EEC aux systèmes avion et moteur.....	47
III-1-2-1 les connexions de EEC aux systèmes moteur.....	47
III-1-2-2 les connexions de EEC aux systèmes avion.....	51
III-1-3 l'installation de EEC.....	54
III-1-4 le refroidissement de EEC.....	54
III-1-5 l'alimentation électrique du EEC.....	54
III-1-6 dimensions et poids de EEC.....	54
III-1-7 les modes de contrôle de EEC.....	56
III-1-8 description fonctionnelle de EEC.....	58
III-1-8-1 validation et traitement de signaux.....	59
III-1-8-2 commande de la poussée moteur.....	59
III-1-8-3 les voyants de contrôle moteur.....	60
III-1-8-4 contrôle ralenti moteur.....	63
III-1-8-5 contrôle du circuit d'air.....	64
A) système de contrôle actif du jeu turbine haute pression.....	64
B) système de contrôle actif du jeu turbine basse pression.....	68
C) la vanne de décharge transitoire.....	70
D) Système de contrôle du stator à calage variable.....	70
E) Vanne de décharge.....	74
III-1-8-6 contrôle des paramètre du circuit de graissage.....	76
III-1-8-7 circuit carburant.....	78
III-1-8-8 circuit de démarrage.....	81
III-1-8-9 circuit d'allumage.....	83
III-1-8-10 circuit reverse.....	86
III-1-8-11 le BITE.....	89
III-1-9 test EEC.....	91
III-2 les fonctions de EEC du réacteur CF6-80-E1.....	92
III-2-1 l'unité électronique du contrôle moteur.....	92
III-2-2 les connexions de EEC aux systèmes avion et moteur.....	94
III-2-2-1 les connexions de EEC aux systèmes moteur.....	94
III-2-2-2 les connexions de EEC aux systèmes avion.....	98
III-2-3 les entrées et les sorties de EEC.....	99
III-2-4 l'installation de EEC.....	101
III-2-5 le refroidissement de EEC.....	101
III-2-6 l'alimentation électrique de EEC.....	101
III-2-7 dimensions et poids de EEC.....	101

III-2-8 le mode de contrôle de EEC.....	101
III-2-9 le contrôle de ralenti moteur.....	104
III-2-10 l'alternateur EEC (PMA).....	104
III-2-11 le circuit d'air.....	106
III-2-11-1 le contrôle du débit d'air.....	106
III-2-11-2 régulation du débit d'air de refroidissement.....	109
III-2-11-3 refroidissement du moteur et accessoires.....	110
III-2-11-4 dispositif actif de contrôle des jeux turbines haute et basse pression	112
III-2-12 le circuit de graissage.....	115
III-2-13 le circuit carburant.....	115
III-2-14 le circuit d'allumage et de démarrage.....	118
III-2-15 le circuit reverse.....	118
III-2-16 le CMC.....	121

CHAPITRE IV : COMPARAISON DES FONCTIONS DE EEC DES DEUX REACTEURS.

COMPARAISON	122
-------------------	-----

CONCLUSION

Liste des figures

Chapitre I :

CFM56-7B :

I-1 description générale.....	03
I-2 la boîte d'entraînement d'accessoires (AGB).....	05
I-3 les stations aérodynamiques.....	07

CF6-80-E1 :

I-4 les différents modules.....	09
I-5 la boîte d'entraînement d'accessoires (AGB).....	11
I-6 les stations aérodynamiques.....	13

Chapitre II :

CFM56-7B:

II-1 composition du circuit carburant.....	15
II-2 le contrôle du circuit carburant.....	17
II-3 le circuit d'huile.....	19
II-4 le démarrage moteur.....	21
II-5 système d'inversion de poussée	25
II-6 dispositif de commande.....	26
II-7 système d'indication	28

CF6-80-E1 :

II-8 le circuit carburant.....	30
II-9 le circuit d'huile.....	32
II-10 la vanne de refroidissement (BCV).....	35
II-11 les sources pneumatiques.....	37
II-12 la position de la vanne CCCV.....	39
II-13 système de démarrage et allumage	41
II-14 système d'inversion de poussée.....	44
II-15 système d'indication.....	46

Chapitre III :

CFM56-7B :

III-1 electronic engine control (EEC).....	48
III-2 le régulateur principale carburant (HMU).....	50
III-3 fonctionnement de EEC.....	53
III-4 l'alimentation électrique de EEC	55

III-5 les systèmes de contrôle moteur.....	62
III-6 le contrôle actif du jeu turbine haute pression.....	67
III-7 le contrôle actif du jeu turbine basse pression.....	69
III-8 la vanne de décharge transitoire	71
III-9 stator à calage variable	73
III-10 les vannes de décharge.....	75
III-11 l'indication d'huile	77
III-12 système d'allumage.....	85
III-13 système d'indication des inverseurs de poussée.....	88
III-14 EEC BITE – système de contrôle des pannes.....	90
CF6-80-E1 :	
III-15 l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).....	93
III-16 les interfaces de l'HMU.....	96
III-17 les interfaces de EEC.....	100
III-18 l'alternateur de EEC (PMA).....	105
III-19 le contrôle du débit d'air.....	108
III-20 le système de refroidissement.....	111
III-21 le contrôle du jeu turbine.....	114
III-22 le système de carburant.....	117
III-23 le contrôle de l'inverseur de poussée.....	120

Introduction

Certaines légendes de l'antiquité font déjà allusion à la faculté de ce déplacer dans les airs, tels celle d'ICARE tombant dans la mer avec ces ailes de plumes rattachées au moyen de cire. En passant par LEONARDO DIVINCI, GIOVANNI BORELLI, JEAN MARIE LE BRIS, OTTO LILIENTHAL, CLEMENT ADER, bref les gens qui ont participé à la naissance de cette science de cet art enfin de ce moyen de transport qui jadis les philosophes grecs pensaient qu'un rêve " peut devenir réalité".

Durant les trois décennies qui suivent la seconde guerre mondiale des progrès considérable sont enregistré dans les domaines de l'industrie aéronautique, dans les années 1970 et 1980 l'aviation bénéficie de découverte de nouveau matériaux et des progrès réalisés en électronique, en mécanique et tout cela mène au développement des avions dotés d'une propulsion à réaction qui peut être considéré comme une double réussite technologique et commerciale.

La propulsion de l'avion est liée à une bonne partie de la motorisation. En effet, un propulseur est étudié et conçu pour répondre à des besoins opérationnels bien précis et pour mené à bien cette utilisation de moteurs très efficaces et complexes à la fois, il va falloir mettre au points des systèmes de contrôles de paramètres et de calculs des performances de ce dernier.

Pour cela, il y a eu l'apparition du FADEC qui est un système digital à microprocesseur qui a pour composants le EEC.

Le EEC contrôle le moteur en utilisant les entrées électroniques pour calculer les sorties de carburant et de commandes pour faire fonctionner le moteur. Le EEC fournit également des données numériques à d'autres systèmes d'avion, ces données donnent le statut du moteur.

⊗ Afin de comprendre les fonctions de EEC nous allons effectués une étude comparative des fonctions EEC des deux réacteurs CFM56-7B et CF -80-E1 comme projet de fin d'études.

Notre travail est réparti en quatre chapitres :

chapitre I: description des deux réacteurs CFM56-7B et CF6-80-E1.

chapitre II: les différents circuit des deux réacteurs.

Chapitre III: les fonctions de EEC des deux réacteur.✓

Chapitre IV: comparaison entre les fonctions de EEC des deux réacteurs.

Chapitre I

Description générale des deux réacteurs

I-1 DESCRIPTION DU REACTEUR CFM56-7B :

Le réacteur CFM56-7B équipe le Boeing 737-800 (B737 NG) un moteur double flux double corps et à taux de dilution élevé. Le CFM56-7B est composé de trois (03) modules principaux :

- Module FAN et BOOSTER.
- Module CORE.
- Module TURBINE BASSE PRESSION.

I-1-1 MODULE FAN ET BOOSTER:

Ce module est constitué d'un fan de vingt quatre (24) ailettes en Titane 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.

I-1-2 MODULE CORE :

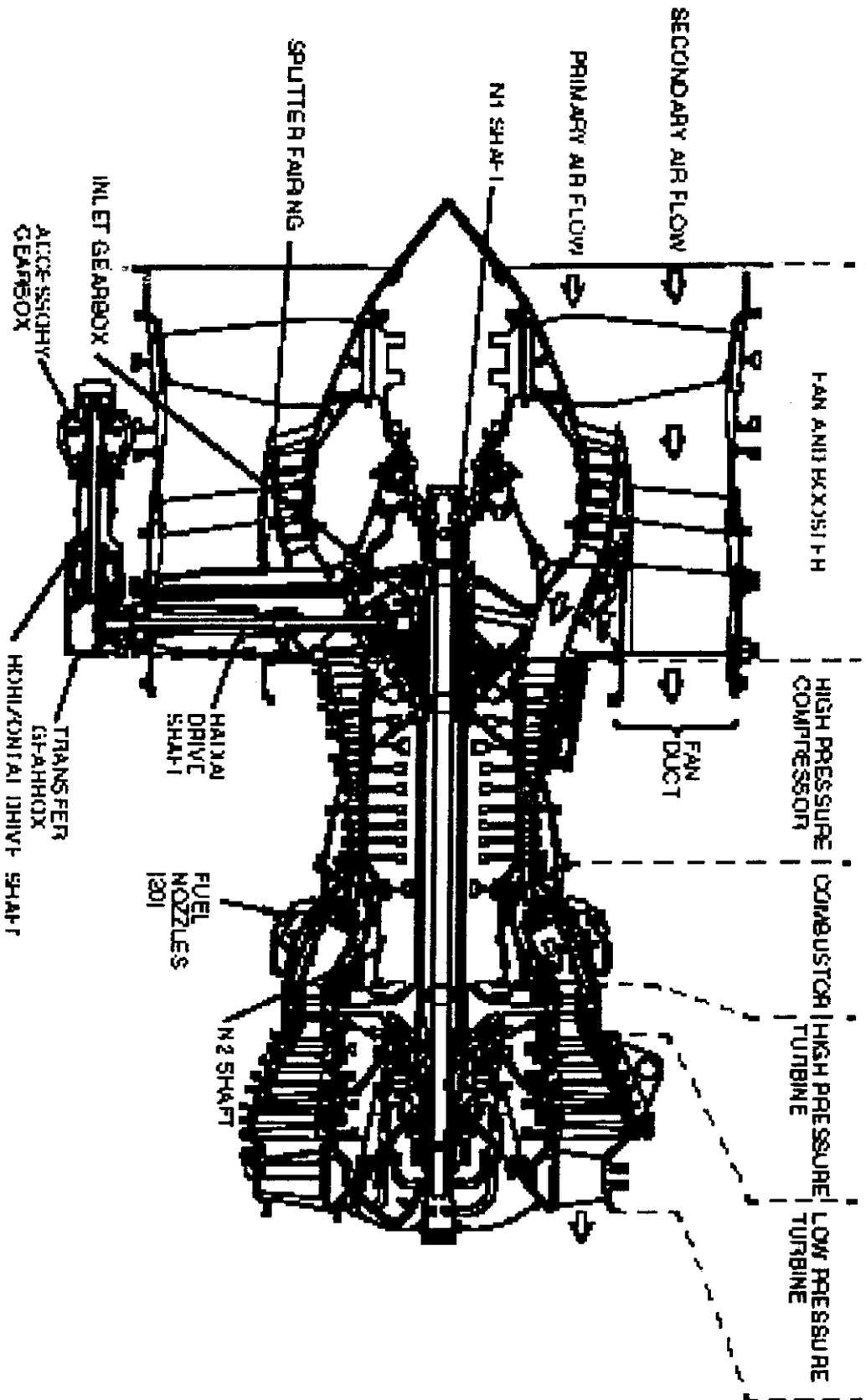
Le module core est constitué de :

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

I-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.



CFM56-7B - Fig (I-1) - DESCRIPTION GENERALE

I-1-4 BOITE 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 côté du carter FAN. Les différents accessoires qui équipent la boîte sont :

Sur la face avant :

- Pompe carburant.
- Régulateur principal carburant (HMU).
- Pompe d'huile.

Sur la face arrière :

- pompe hydraulique.
- L'alternateur (IDG).
- le démarreur.

I-1-5 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU REACTEUR CFM56-7B :

- poussée statique maximale (F) :

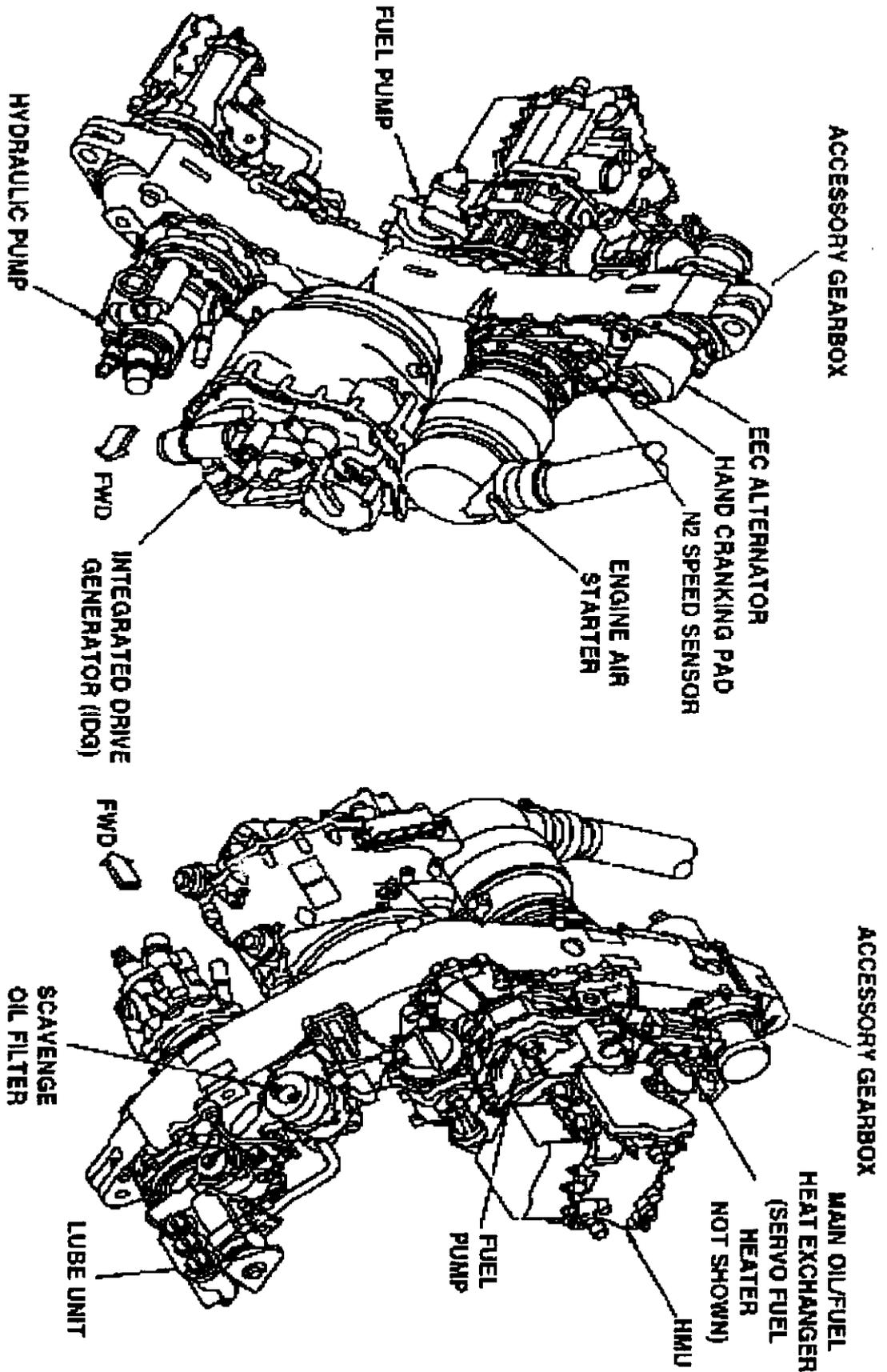
CFM56-7B 27	27300 lbs
CFM56-7B 26	26300 lbs
CFM56-7B 24	24200 lbs
CFM56-7B 22	22700 lbs
CFM56-7B20	20600 lbs
CFM56-7B 18	19500 lbs

- 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 :

CFM56-7B 27. 7B 26. 7B 24 est de 0.344 lb /h /lb. χ
 CFM56-7B 22. 7B 20. 7B 18 est de 0.343 lb /h /lb.

- La masse du réacteur nu est de 2361 kg.
- Le diamètre de l'entrée d'air est de 1.55 m.
- Taux de dilution est de 5.6 /1. (le rapport entre le flux secondaire et le flux primaire).



CFM56-7B - Fig (I-2) - LA BOITE D'ENTRAÎNEMENT D'ACCESSOIRES (AGB)

I-1-6 REPERAGE DES DIFFERENTES STATIONS :

- **Station 0** : conditions ambiantes.
- **Station 12** : entrée d'air.

Flux primaire :

- **Station 25** : entrée compresseur haute pression.
- **Station 30** : sortie compresseur haute pression.
- **Station 49.5** : sortie 2eme étage turbine basse pression.
- **Station 50** : sortie turbine basse pression.

Flux secondaire :

- **Station 12** : entrée FAN.
- **Station 13** : sortie stator FAN.

I-1-7CAPOTAGES :

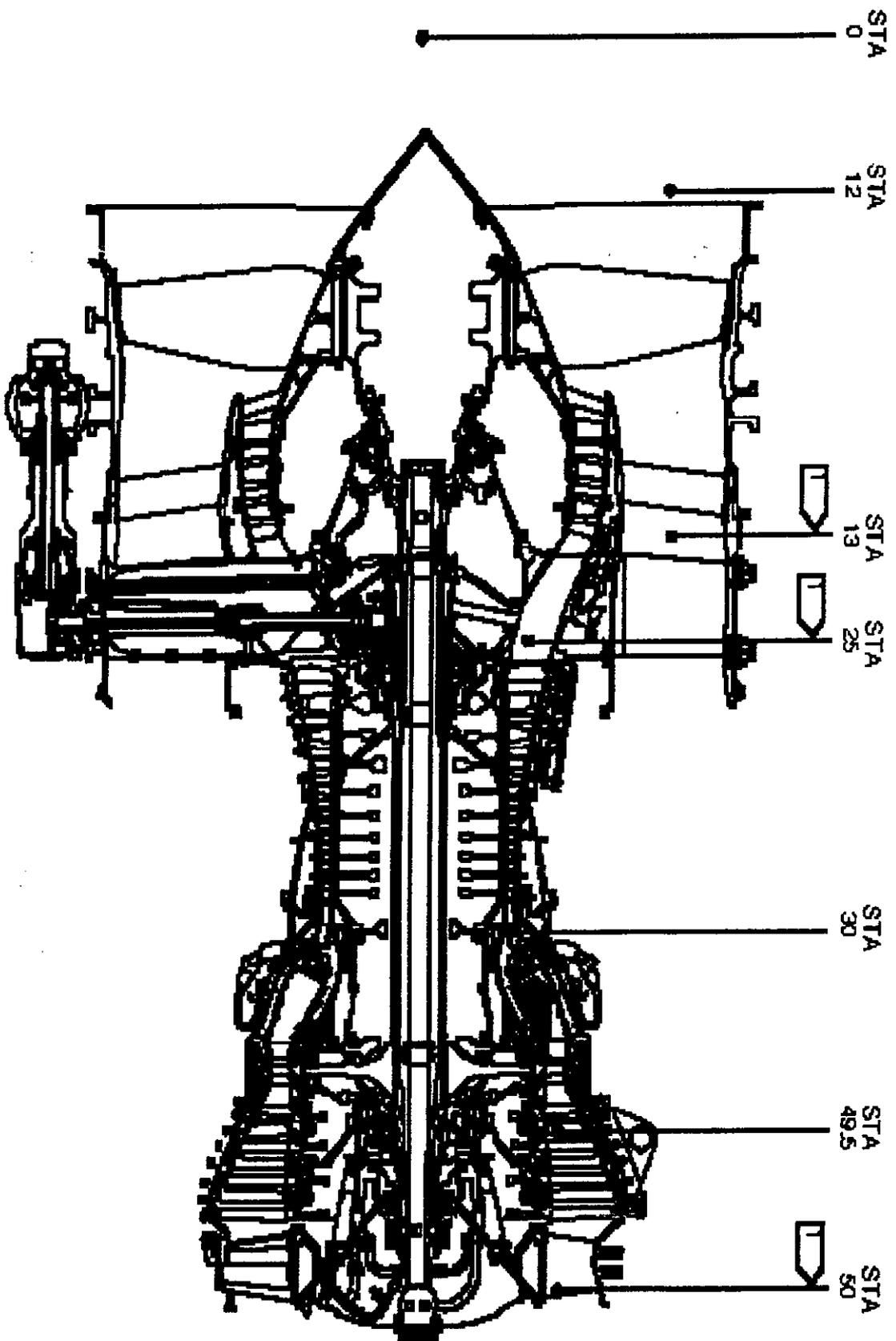
- Capot FAN.
- Capot REVERSE.

I-1-8 LES REGIMES :

- **Regime N1:**
 - 100 % = 5173 tr/min.
 - 104 % = 5380 tr/min. (maximum)
- **RegimeN2:**
 - 100 % = 14 460 tr/min.
 - 105 % = 15 183 tr/min. (maximum).

I-1-9 EGT:

- 950 °C maximum.
- 725 °C maximum au démarrage



CFM56-7B - Fig (I-3) - LES STATIONS AERODYNAMIQUES

I-2 DESCRIPTION DU REACTEUR CF6-80-E1 :

I-2-1 INTRODUCTION :

Le **CF6-80-E1** est composé de cinq (05) modules principaux :

- Module FAN.
- Module CORE.
- Module TURBINE HAUTE PRESSION.
- Module TURBINE BASSE PRESSION.
- Module BOITE D'ENTRAÎNEMENT D'ACCESSOIRES.

I-2-2 MODULE FAN:

Ce module est constitué de cinq (05) étages compresseurs basse pression dont le premier constitue le FAN.

Le FAN engendre à lui seul le flux secondaire. Le module FAN est entraîné par la turbine basse pression.

I-2-3 MODULE CORE :

Ce module est constitué d'un compresseur haute pression à quatorze (14) étages , d'une chambre de combustion annulaire équipée de trente (30) injecteurs et deux (02) allumeurs à haute tension positionnés l'un au dessus de l'autre après le carter FAN à 8h :00.

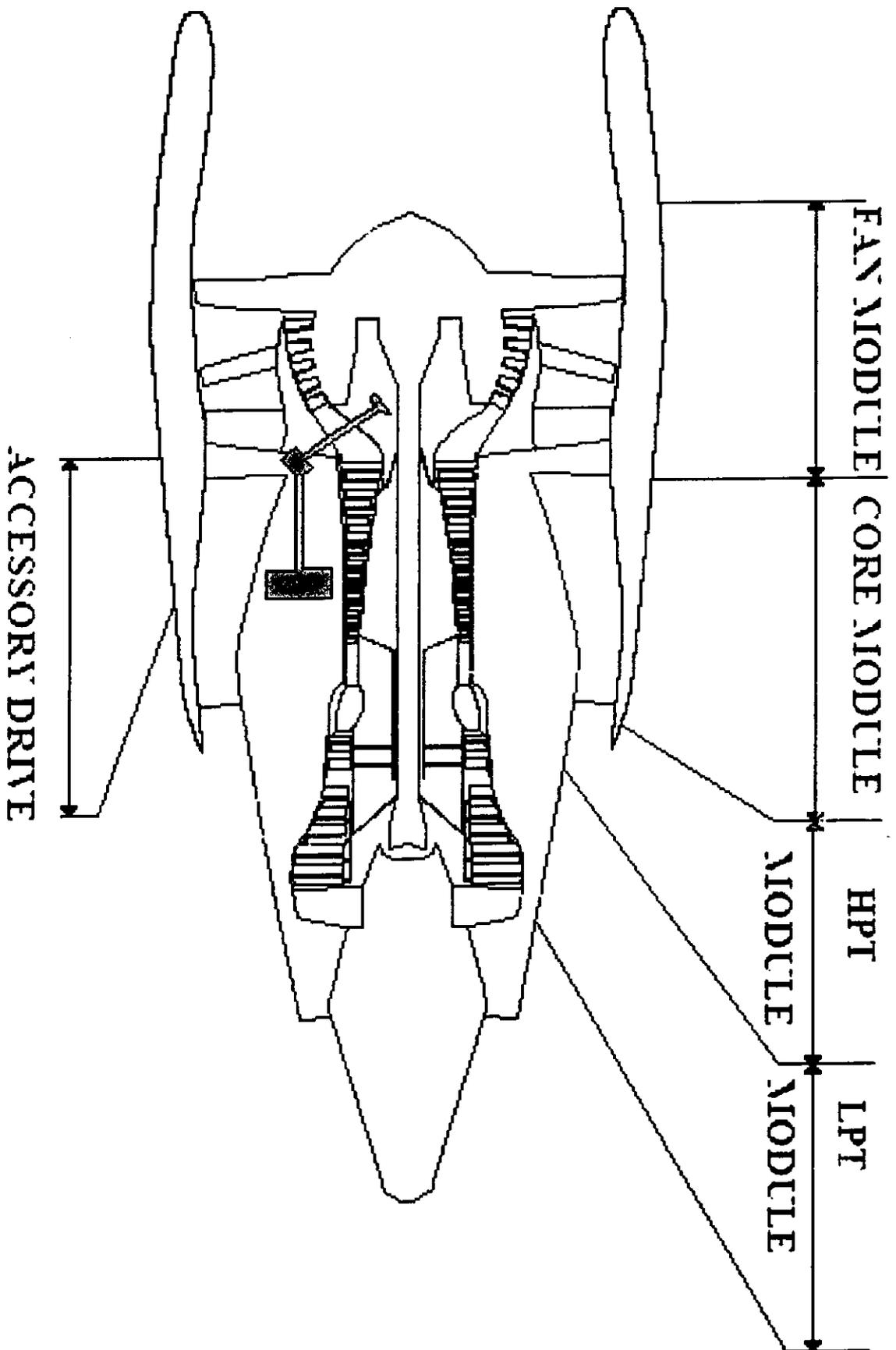
L'entrée d'air du compresseur haute pression est équipée de trente quatre (34) aubes de prèrotation à calage variable (IGV).

Les cinq (05) premiers étages du compresseur haute pression comportent les aubes de stator à calage variable (VSV).

L'ensemble des aubes de prèrotation et des stators à calages variable constitue le dispositif anti-pompage du compresseur haute pression. Le compresseur haute pression est entraîné par la turbine haute pression.

I-2-4 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.



CF6-80-E1 - Fig(I-4) - LES DIFFERENTS MODULES

I-2-5 MODULE TURBINE BASSE PRESSION :

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

I-2-6 MODULE 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 :

A- SUR LA FACE AVANT :

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

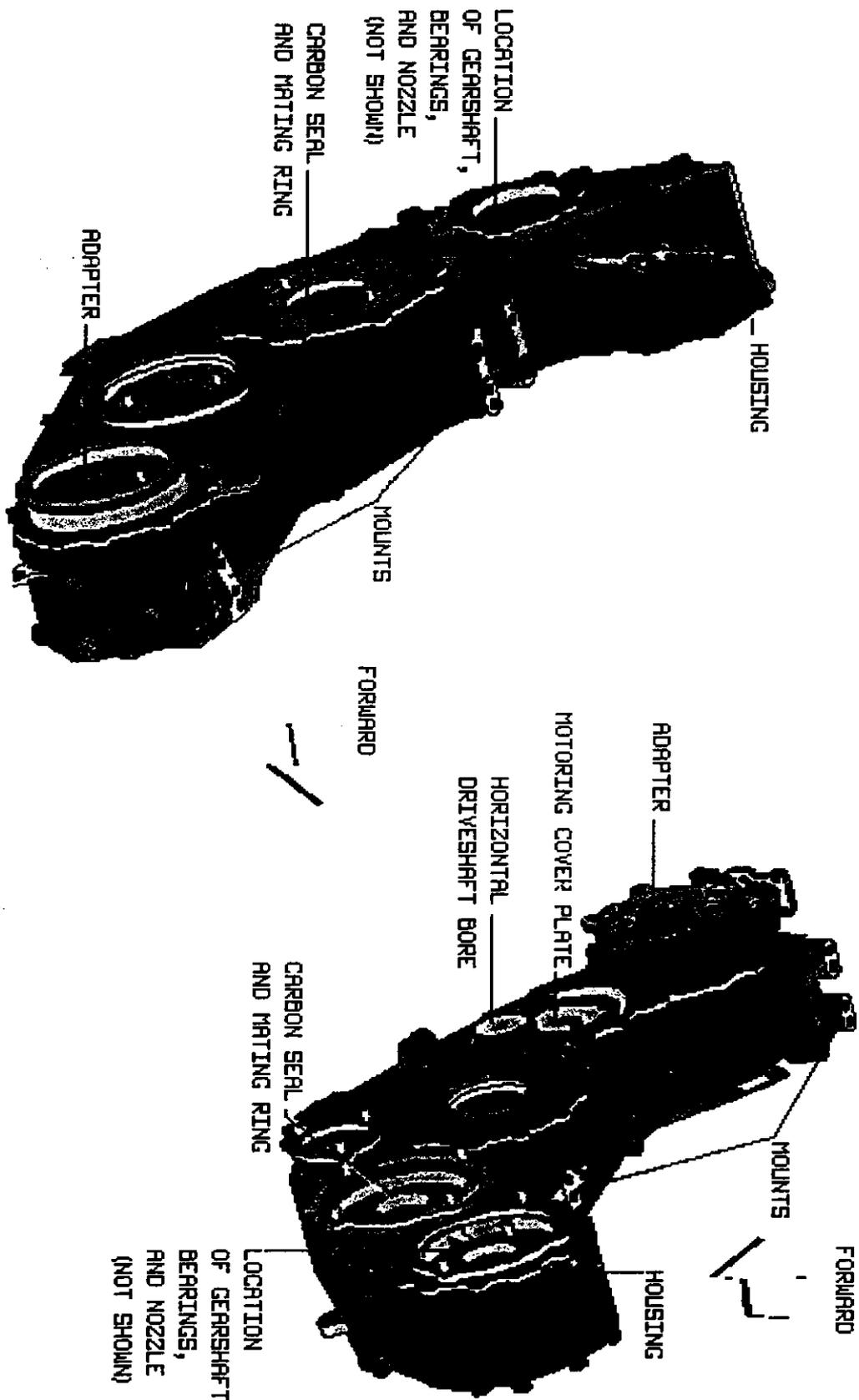
B- SUR LA FACE ARRIERE :

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

I-2-7 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU CF6-80-E1 :

Le **CF6-80-E1** présente les caractéristiques suivantes :

- Poussée statique maximale (F) à température ambiante inférieur à 32,2° C
F = 68530 livres.
- Poussée assurée par le flux primaire : 20 % de la poussée totale.
- Poussée assurée par le flux secondaire : 80 % de la poussée totale.
- Poussée inverse : 60 % de la poussée directe du FAN.
- Masse réacteur nu : 5074 kg.
- Diamètre de l'entrée d'air 2,71 m.
- Rapport manométrique de compression : 29,9.
- Taux de dilution : 5,3/1 (le rapport du flux secondaire sur le flux primaire).



CF6-80-E1-Fig (I-5) - LA BOITTE D'ENTRAÎNEMENT DES ACCESSOIRES

I-2-8 LES REGIMES :

▪ **Le régime N1.**

- 100 % = 3280 tr/mn.

- 115,5 % = 3818 tr/mn.

▪ **Le régime N2.**

- 100 % = 9827 tr/mn.

- 113 % = 11105 tr/mn.

I-2-9 EGT:

▪ 960° C max.

▪ 750° C (maximum au démarrage).

I-2-10 CAPOTAGES :

Le réacteur CF6-80-E1 est équipé de trois capots suivants :

▪ Capot FAN.

▪ Capot REVERSE.

▪ Capot CORE.

I-2-11 REPERAGE DES DIFFERENTES STATIONS REACTEUR :

▪ **Station 0** : condition ambiante

▪ **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 haute pression.

▪ **Station 4.9** : entrée turbine basse pression.

▪ **Station 5** : sortie ensemble basse pression.

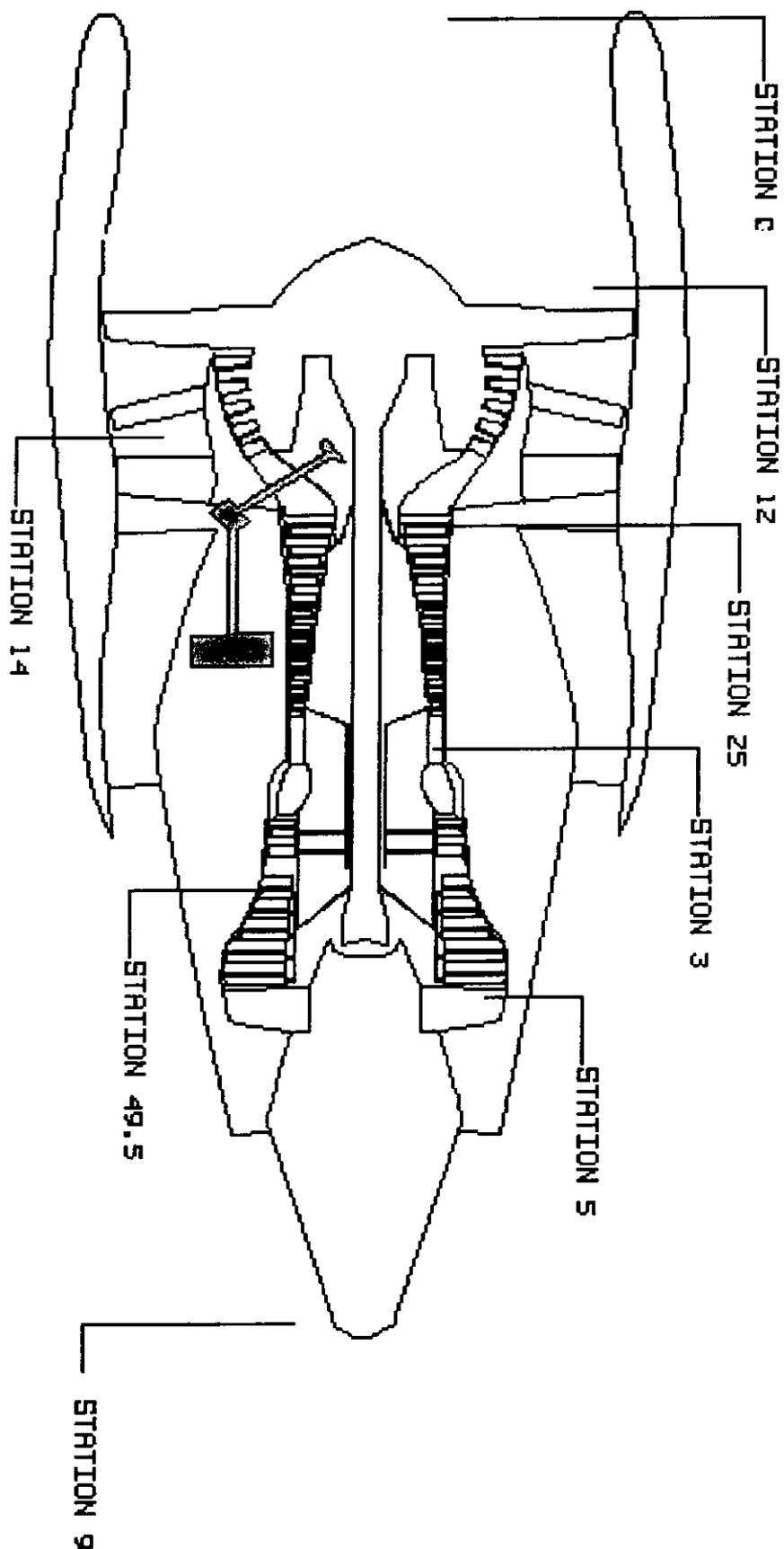
▪ **Station 9** : éjection du flux primaire.

Flux secondaire :

▪ **Station 1.2** : entrée FAN.

▪ **Station 1.4** : sortie stator FAN.

▪ **Station 1.8** : éjection du flux secondaire.



CF6-80-E1 - Fig(D-6) - LES STATIONS AERODYNAMIQUES

Chapitre II

Les différents circuits des deux réacteurs

II-1 DIFFERENTS CIRCUITS DU REACTEUR CFM 56-7B :

II-1-1 CIRCUIT CARBURANT :

II-1-1-1 ROLE DU CIRCUIT CARBURANT :

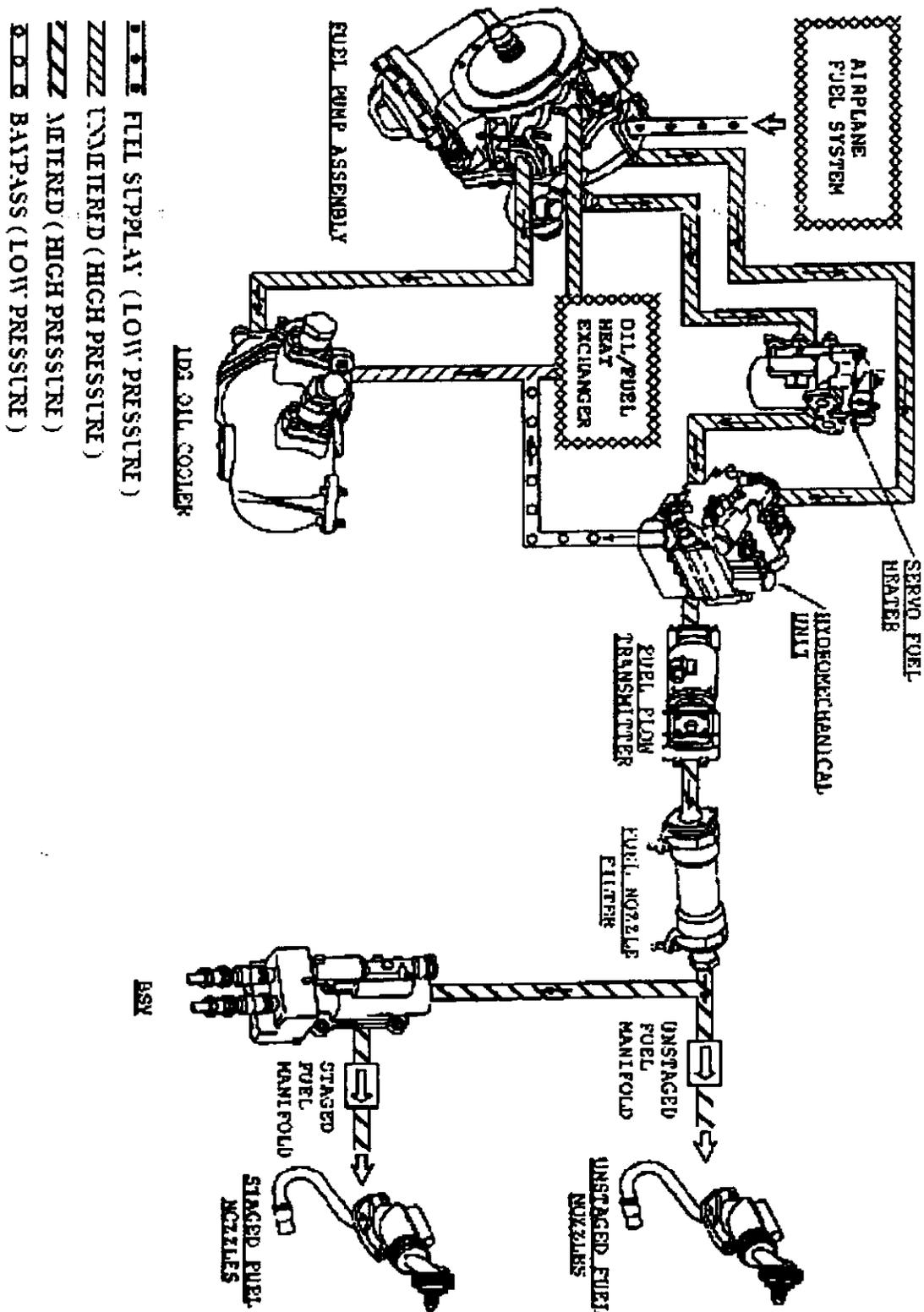
Le rôle du circuit carburant est d'assurer :

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

II-1-1-2 COMPOSITION DU CIRCUIT CARBURANT :

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

- Une (01) pompe carburant à haute pression.
- Un (01) échangeur thermique (huile / carburant) de l'alternateur (IDG).
- Un (01) échangeur thermique principal (huile/carburant) du 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 injecteurs.
- Vingt (20) injecteurs.
- Une (01) rampe injecteurs.



CFM56-7B - Fig (II-1) - COMPOSITION DU CIRCUIT CARBURANT

II-1-1-3 CONTRÔLE DU CIRCUIT CARBURANT :

La surveillance du circuit carburant est réalisée à partir :

- D'une indication de débit carburant située sur l'écran inférieur des paramètres secondaires moteur.
- D'un voyant d'alarme du colmatage filtre carburant situé au panneau supérieur P5-2 au cockpit.
- D'un voyant associé au robinet carburant haute pression (HPSOV).

II-1-1-4 FONCTIONNEMENT DU CIRCUIT CARBURANT :

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

II-1-2 CIRCUIT DE GRAISSAGE :

II-1-2-1 RÔLE DU CIRCUIT DE GRAISSAGE :

Le rôle du circuit de graissage est de :

- Lubrifier.
- Refroidir.
- Nettoyer.

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

Le circuit de graissage assure le réchauffage du carburant.

II-1-2-2 COMPOSITION DU CIRCUIT DE GRAISSAGE :

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'un by-pass.
- Un (01) transmetteur de pression d'huile.
- Une (01) sonde de température d'huile.
- Un (01) filtre de récupération d'huile équipé d'un mono-contact détecteur de colmatage et d'un by-pass.
- Un (01) échangeur thermique principal (huile /carburant).
- Un (01) servo réchauffeur carburant.

II-1-2-3 CONTROLE DU CIRCUIT DE GRAISSAGE :

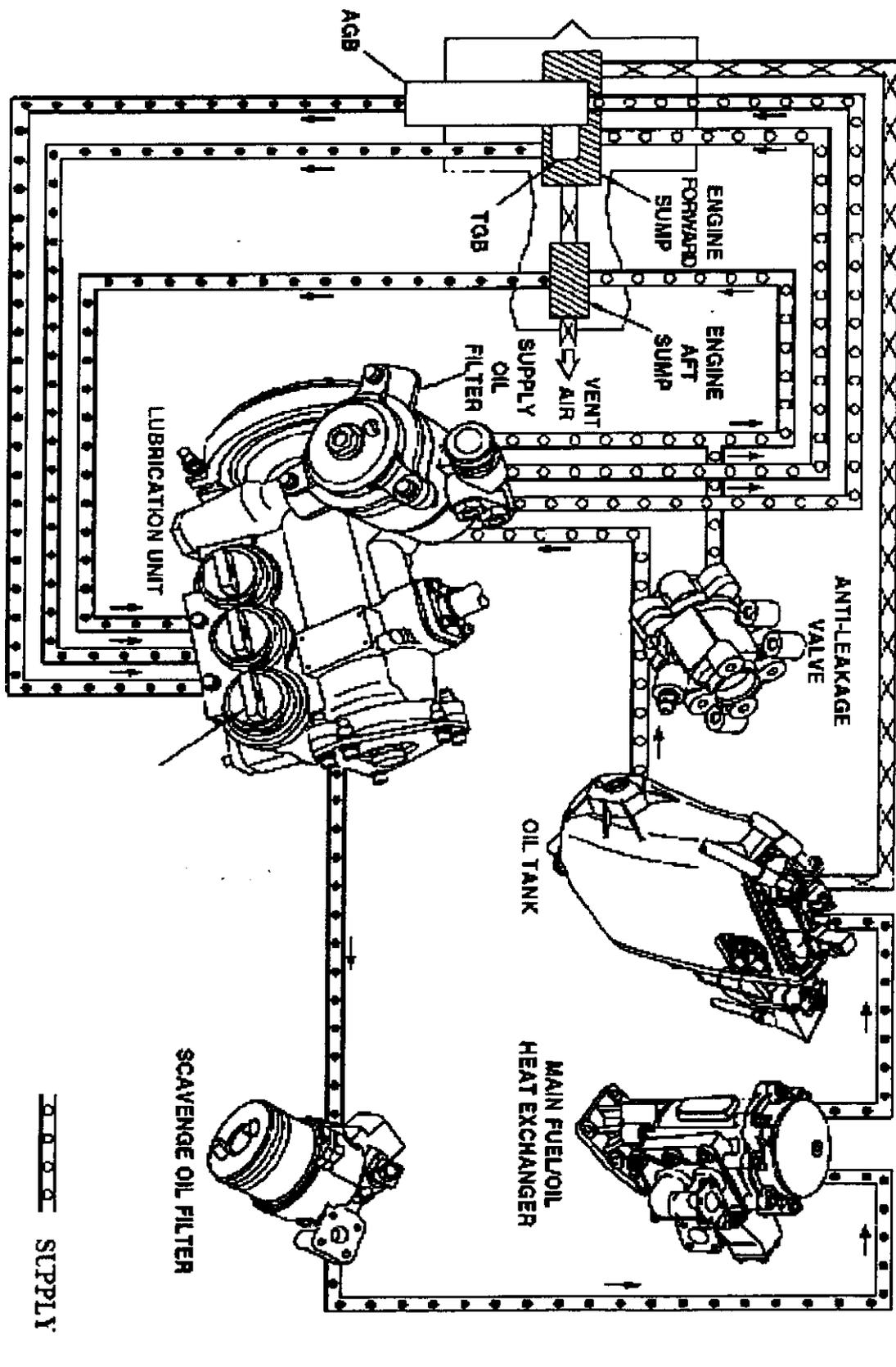
La surveillance du circuit de graissage est réalisée à partir

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.



CFM56-7B - Fig(I-3) - LE CIRCUIT D'HUILE

II-1-3 CIRCUIT DE DEMARRAGE ET ALLUMAGE :

II-1-3-1 CIRCUIT DE DEMARRAGE :

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

- L'APU.
- Un des réacteurs déjà en fonctionnement.
- Un groupe de parc pneumatique.

Chaque moteur est équipé de :

- Un (01) démarreur pneumatique.
- Une (01) vanne de démarrage.
- Deux (02) boites d'allumage (gauche et droite).
- Deux (02) bougies.

II-1-3-2 CIRCUIT D'ALLUMAGE :

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

Circuit gauche :

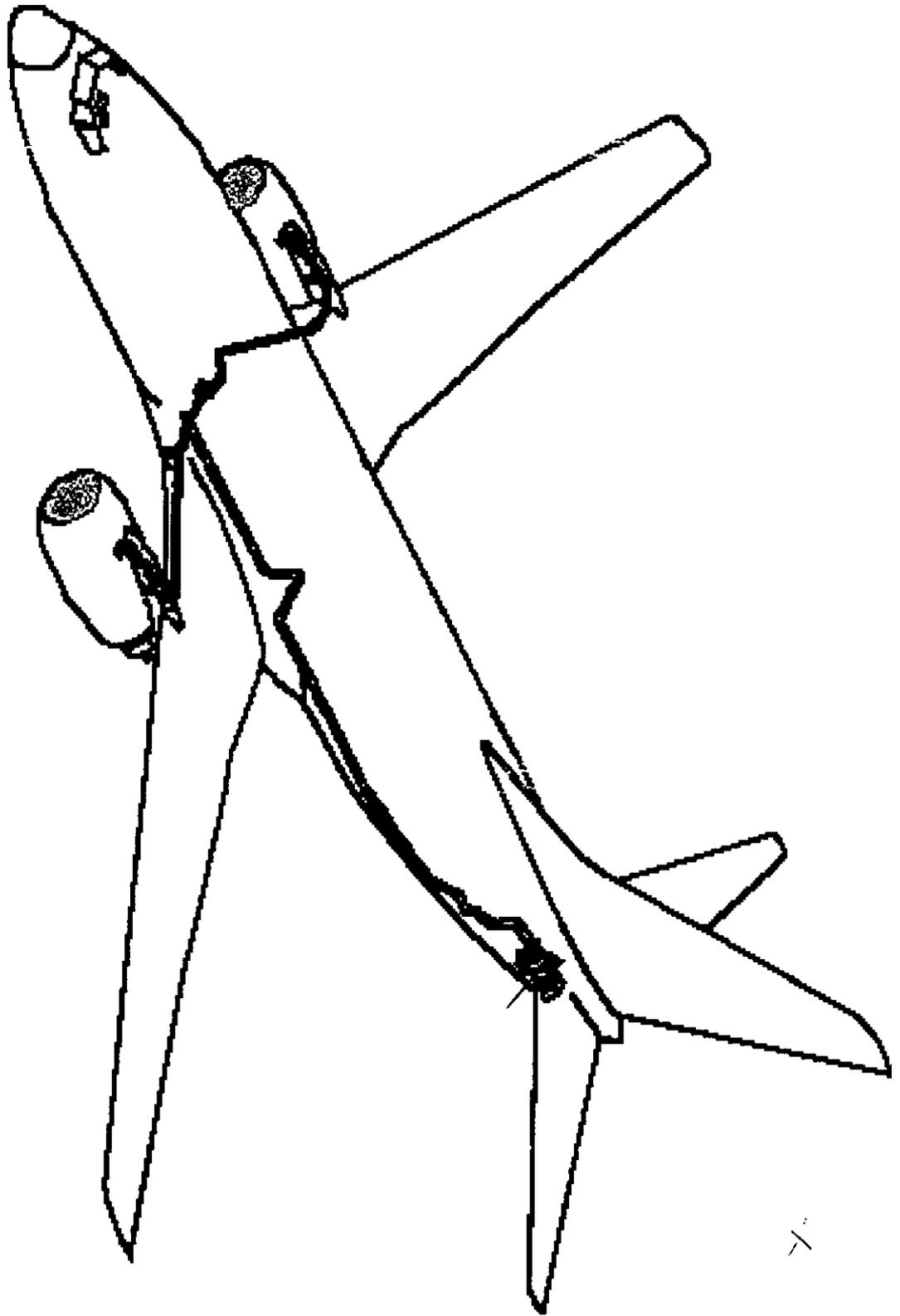
Il comprend :

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

Circuit droit :

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

CFM56-7B - Fig (II-4) - LE DEMARRAGE MOTEUR



II-1-3-3 COMMANDES 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.

a) - Sélecteur de démarrage :

Le sélecteur de démarrage permet la sélection du programme de fonctionnement du démarreur. Il comprend quatre (04) positions :

- OFF (arrêt).
- GROUND (sol).
- CONT (allumage continu).
- FLT (reallumage en vol).

b)- Sélecteur d'allumage :

Le sélecteur d'allumage permet la sélection du programme de fonctionnement des circuits d'allumage. Il comprend trois (03) positions :

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

II-1-4 CIRCUIT REVERSE :

DISPOSITIF D'EJECTION :

Il assure :

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

II-1-4-1 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'éjection latérale. La totalité du flux secondaire est alors déviée et développe vers l'avant une poussée inverse.

II-1-4-2 INVERSION DE POUSSEE :

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

Le circuit hydraulique B alimente l'inverseur de poussée du moteur n°2 (droit). 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 comprend :

- Un (01) ensemble de commandes, contrôles et retour d'asservissement.
- Six (06) vérins hydrauliques.
- Deux (02) syn lock.
- Une vanne d'isolement hydraulique.
- Une (01) vanne 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 (EEC) qui gère les transducteurs linéaires à déplacement variable.
- L'EAU qui gère les switches 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 les indications du moteur n°1 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 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 allumé quand il y a une panne reverse.
« Le voyant reverse est géré par l'EAU ».

II-1-5 CIRCUIT DE COMMANDE : fig (II-6)

Chaque réacteur est équipé de :

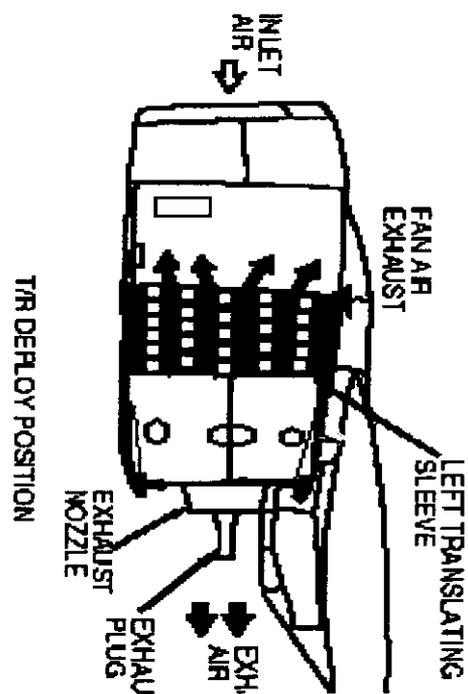
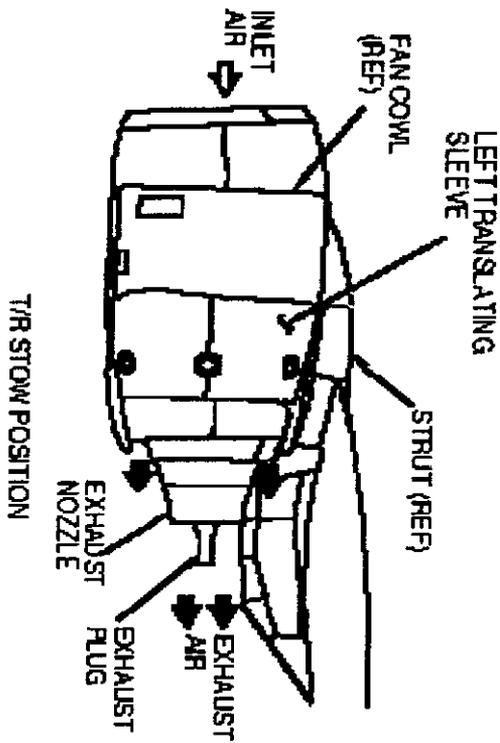
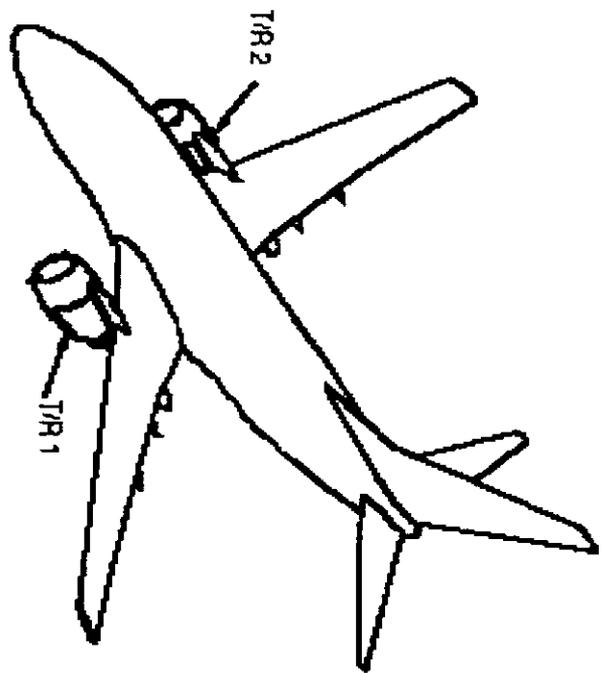
- Une (01) manette de poussée.
- Une (01) manette de démarrage.
- Une (01) manette poignée coupe feu.
- La commande de la poussée par l'automanette.

II-1-6 DISPOSITIF ANTI-POMPAGE :

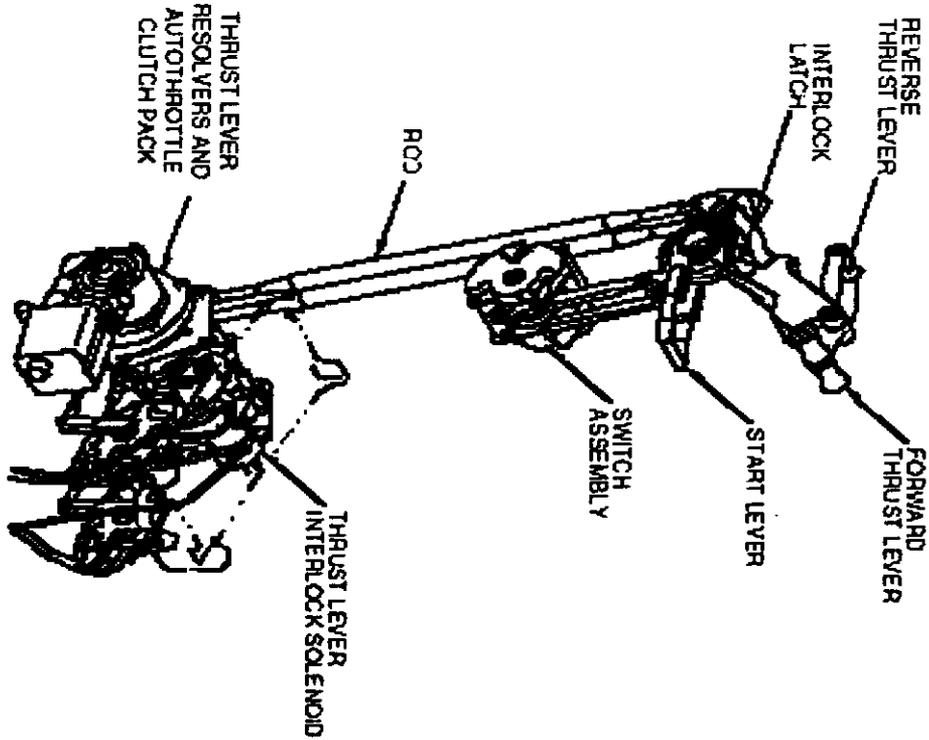
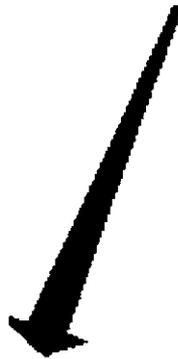
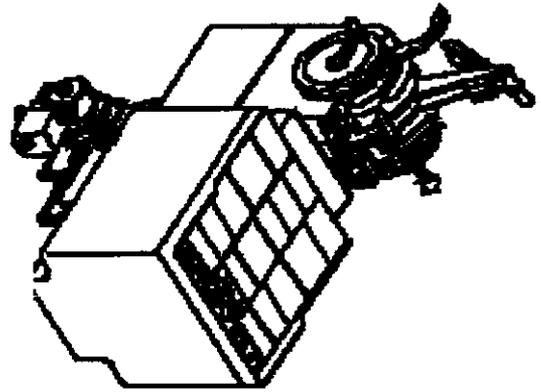
La protection anti- pompage du réacteur CFM56-7B est assurée par une variation de l'angle de calage :

- Des aubes de prérotation (IGV).
- Des aubes de stators des trois (03) premiers étages du compresseur haute pression.
- Douze (12) vannes de décharge à section variable (VBV) installées sur la veine de refoulement du compresseur basse pression.
- Une (01) vanne de décharge transitoire qui décharge de l'air du 9^{ème} étage compresseur haute pression vers le 1^{er} étage de la turbine basse pression lors du démarrage et de l'accélération moteur.

Les carters turbine haute pression et basse pression sont refroidis par de l'air afin de minimiser le jeu entre les ailettes et les carters afin d'augmenter la poussée.



CFM56-7B - Fig (I-5) - SYSTEME D'INVERSION DE POUSSE



CFM56-7B- Fig (II-6) - DISPOSITIF DE COMMANDE

II-1-7 SYSTEME D'INDICATION :

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 moteurs :

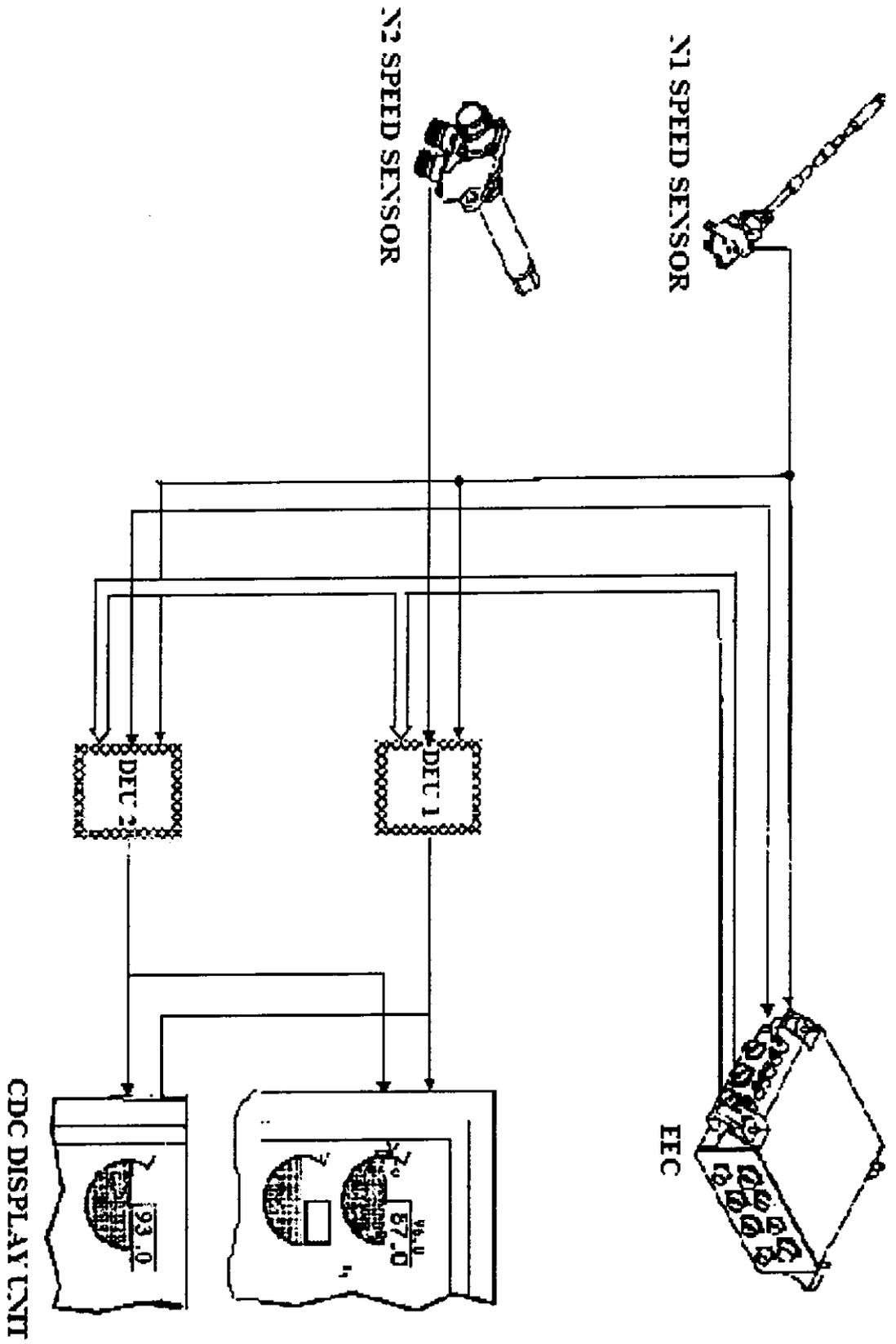
- N1 (vitesse de rotation de l'attelage basse pression).
- EGT (température des gaz d'échappement).

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 (02) écrans d'affichage (CDU) situés dans le cockpit panneau P2. L'écran d'affichage (CDU) a deux (02) fonctions :

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



CFM56-7B - Fig (II-7) - SYSTEME D'INDICATION

II-2 LES DIFFERENTS CIRCUITS DU REACTEUR CF6-80-E1 :

II-2-1 CIRCUIT CARBURANT :

II-2-1-1 LES FONCTION DU CIRCUIT CARBURANT :

Le rôle du circuit carburant est d'assurer :

- L'alimentation des vingt (30) injecteurs de la chambre de combustion.
- L'alimentation de deux (02) vérins des vannes de décharge (VSV).
- L'alimentation de deux (02) vérins des stators à calage variable (VBV).
- L'alimentation de la vanne de refroidissement du carter turbine basse pression (LPTCCV).
- L'alimentation de la vanne de refroidissement du carter turbine haute pression (HPTCCV).
- Le refroidissement de l'huile de graissage moteur.
- Le refroidissement de l'huile de graissage de l'alternateur (IDG).
- L'alimentation des circuit hydraulique d'asservissement et de contrôle du régulation principal carburant (HMU).

II-2-1-2 COMPOSITION DU CIRCUIT CARBURANT :

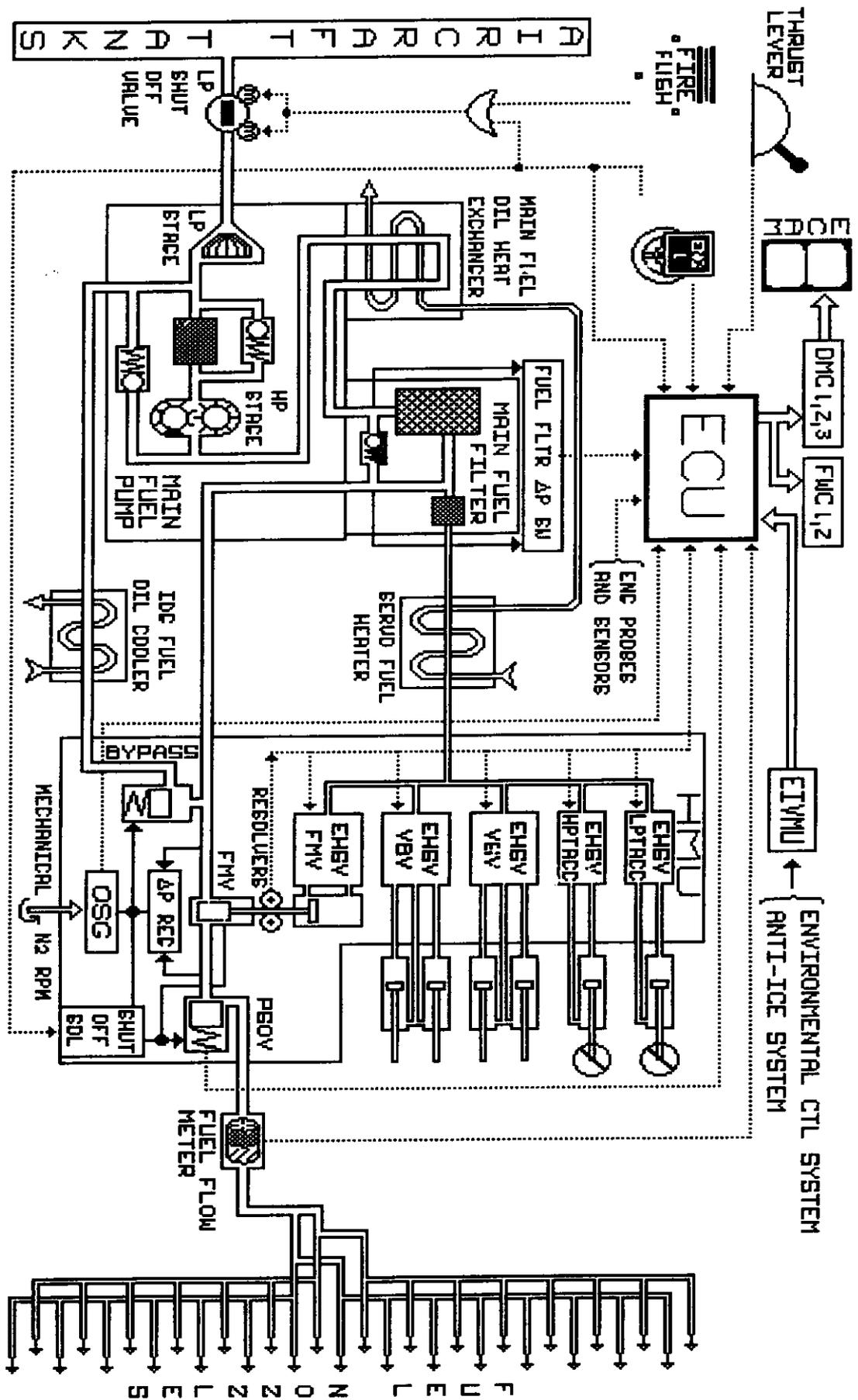
Le circuit carburant est entièrement intégré dans la nacelle réacteur il comprend :

- Une (01) pompe carburant à haute pression.
- Un (01) échangeur thermique principal (carburant / huile) réacteur.
- Un (01) filtre principal.
- Un (01) régulateur principal carburant (HMU).
- Un (01) servo réchauffeur carburant.
- Un (01) transmetteur de débit carburant.
- Un (01) échangeur thermique secondaire (carburant / huile) de l'alternateur (IDG).
- Une (01) rampe d'injection carburant.
- Trente (30) injecteurs.

II-2-1-3 CONTRÔLE DU CIRCUIT CARBURANT :

Les paramètres du circuit carburant affichés à l'ECAM sont les suivants :

- Le débit carburant indiqué par le débitmètre.
- Le colmatage du filtre est surveillé par un commutateur de différence de pression.



CF6-80-E1 - Fig (II-8) - LE CIRCUIT CARBURANT

II-2-2 CIRCUIT DE GRAISSAGE :

Le rôle de circuit de graissage est de :

- Lubrifier.
 - Refroidir.
 - Nettoyer.
- Les quatre (04) paliers et le boîtier des accessoires.

Ce circuit assure :

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

II-2-2-1 COMPOSITION DU CIRCUIT DE GRAISSAGE :

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

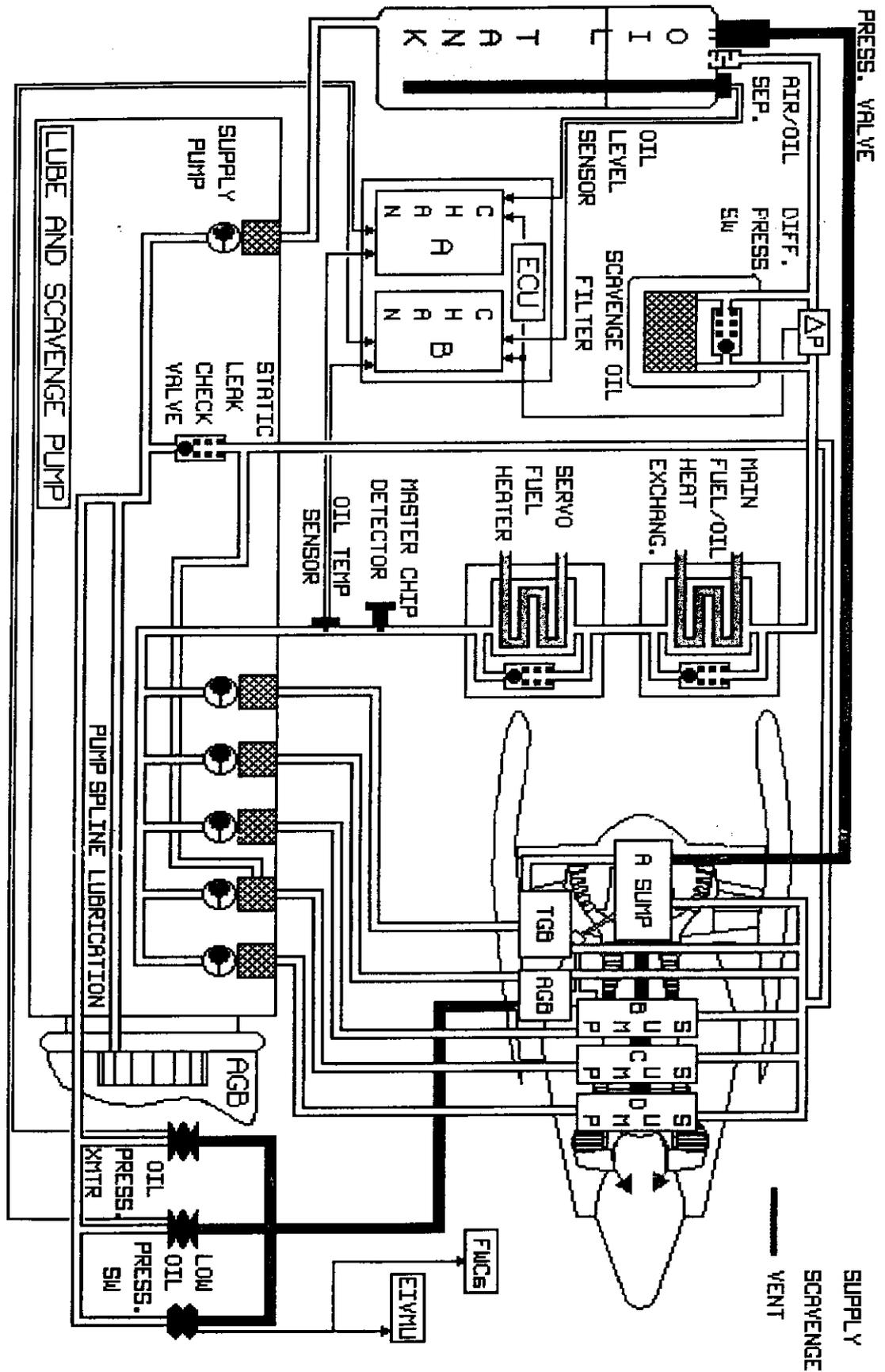
- Un (01) réservoir.
- Une (01) pompe d'huile.
- Cinq (05) pompe de récupération.
- Un (01) filtre de récupération équipé d'un BY-PASS.
- Un (01) transmetteur de pression d'huile.
- Un (01) mono-contact de baisse de pression d'huile.
- Un (01) détecteur magnétique principal de limaille.
- Une (01) sonde de température d'huile de récupération.
- Un (01) mono-contact détecteur de colmatage.

II-2-2-2 CONTROLE DE CIRCUIT DE GRAISSAGE :

La surveillance du circuit de graissage est réalisée à 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) mono-contact de baisse de pression d'huile.
- Un (01) mono-contact de colmatage de filtre.

Toutes les indications du circuit de graissage apparaissent sur l'ECAM.



CF6-80-E1 Fig (II-9) - LE CIRCUIT D'HUILE

II-2-3 CIRCUIT D'AIR :

Le circuit d'air du réacteur CF6-80-E1 contrôle le débit d'air à travers le compresseur et assure le refroidissement du réacteur et des accessoires.

L'unité électronique du contrôle moteur (EEC) et le régulateur principal carburant (HMU) contrôlent ces systèmes.

II-2-3-1 LE CONTROLE DU DEBIT D'AIR :

Le contrôle de débit d'air à travers le compresseur du réacteur CF6-80-E1 est réalisé par un dispositif anti-pompage.

La protection anti-pompage est assurée par :

- Les aubes de prérotation (IGV).
- Les aubes stator à calage variable des cinq (05) premiers étages du compresseur haute pression.
- Les douze (12) vanne de décharge (VBV).

A- Les aubes stator à calage variable :

L'entrée du compresseur haute pression est équipée de trente quatre (34) aubes de prérotation (IGV). Les cinq premiers étages du compresseur haute pression comportent des aubes de stator à calage variable.

Les leviers de commande des (VSV) d'une même rangée d'aube sont reliés à un anneau de commande les six (06) anneaux de commande des VSVs sont entraînés par deux (02) barres de commande disposées symétriquement de chaque côté du compresseur haute pression.

B- Les vannes de décharge :

La décharge du compresseur basse pression est réalisée par l'ouverture d'une série de douze (12) vannes. Ces vannes sont appelées vanne de décharge (VBV).

Les vannes de décharge sont disposées à l'arrière du compresseur basse pression, elles sont interconnectées par un anneau de commande et actionnées par deux (02) vérins hydrauliques.

Les vérines de commande des vannes de décharges sont montés sur la partie arrière du carter FAN chaque tige de position du vérins est liée à une bielle qui entraîne un anneau

L'anneau est connecté à douze (12) autres bielles qui assurent la position des vannes de décharge (VBV). La sortie des pistons provoque une rotation en arc de cercle de l'anneau dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et ouvre les vannes de décharge.

La rétraction des pistons déplace l'anneau dans le sens des aiguilles d'une montre et provoque la fermeture des vannes de décharge.

II-2-3-2 REGULATION DU DEBIT D'AIR DE REFROIDISSEMENT :

Du flux d'air primaire on extrait un débit d'air servant pour le refroidissement des cavités moteur et la pressurisation des puisards, ce débit est appelé débit d'air parasite.

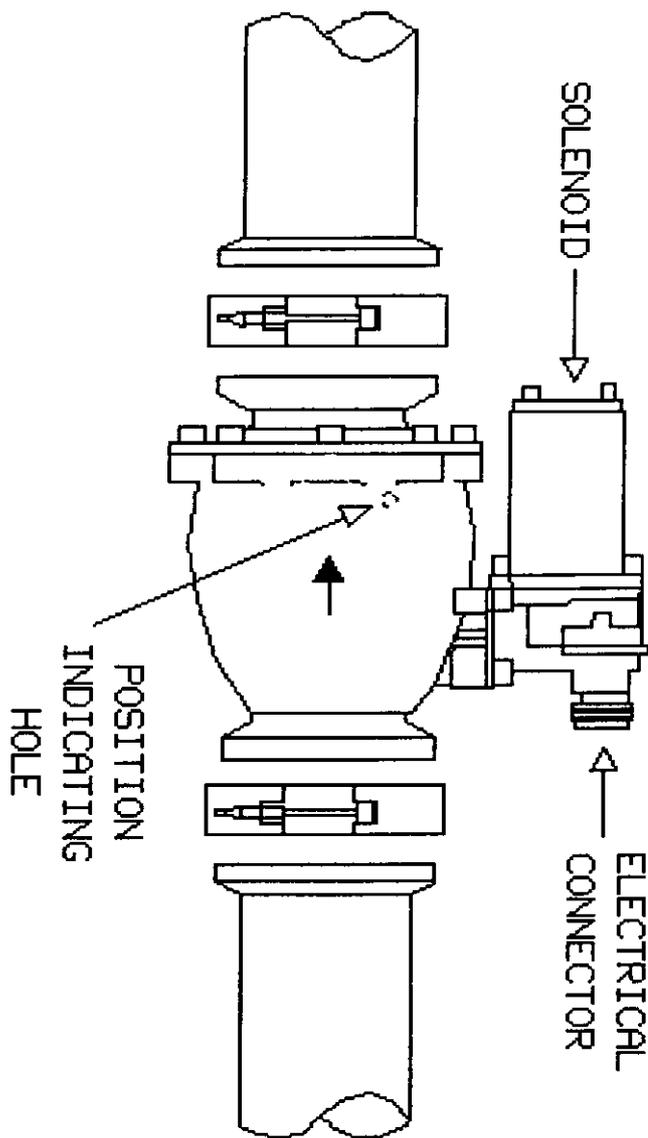
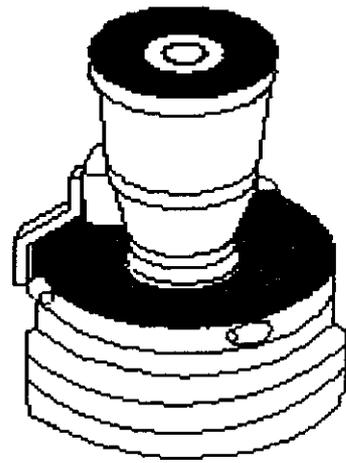
Le contrôle du débit d'air parasite est assuré par :

- Trois (03) vannes de refroidissement (BORE COOLING VALVE).
- Une (01) vanne de refroidissement du 7^{ème} étage.
- Une (01) vanne de refroidissement du moteur et accessoires (CCCV).

A- Les vannes de refroidissement (BCV) :

Les BCVs sont en nombre de trois (03) déposées autour du carter FAN. Elle sont montées en position 2h : 00, 5h : 30 et 11h : 00. Elles sont commandées par l'unité électronique du contrôle moteur (EEC) à travers un solénoïde.

Les vannes de refroidissement contrôlent le débit d'air en provenance de la décharge du compresseur basse pression pour le refroidissement interne des cavités moteur ainsi que la pressurisation des puisards.



CF6-80-E1 - Fig (II-10) - LA VANNE DE REFROIDISSEMENT (BCV)

B- La vanne de refroidissement du 7^{ème} étage :

La vanne de refroidissement du 7^{ème} étage est localisée à 11h : 30 sur le carter compresseur haute pression.

L'air provenant du 7^{ème} étage compresseur haute pression est utilisé pour le refroidissement du bord d'attaque du stator de premier étage turbine basse pression, la fixation des aubes du 2^{ème} étage turbine haute pression ainsi que leurs cavités.

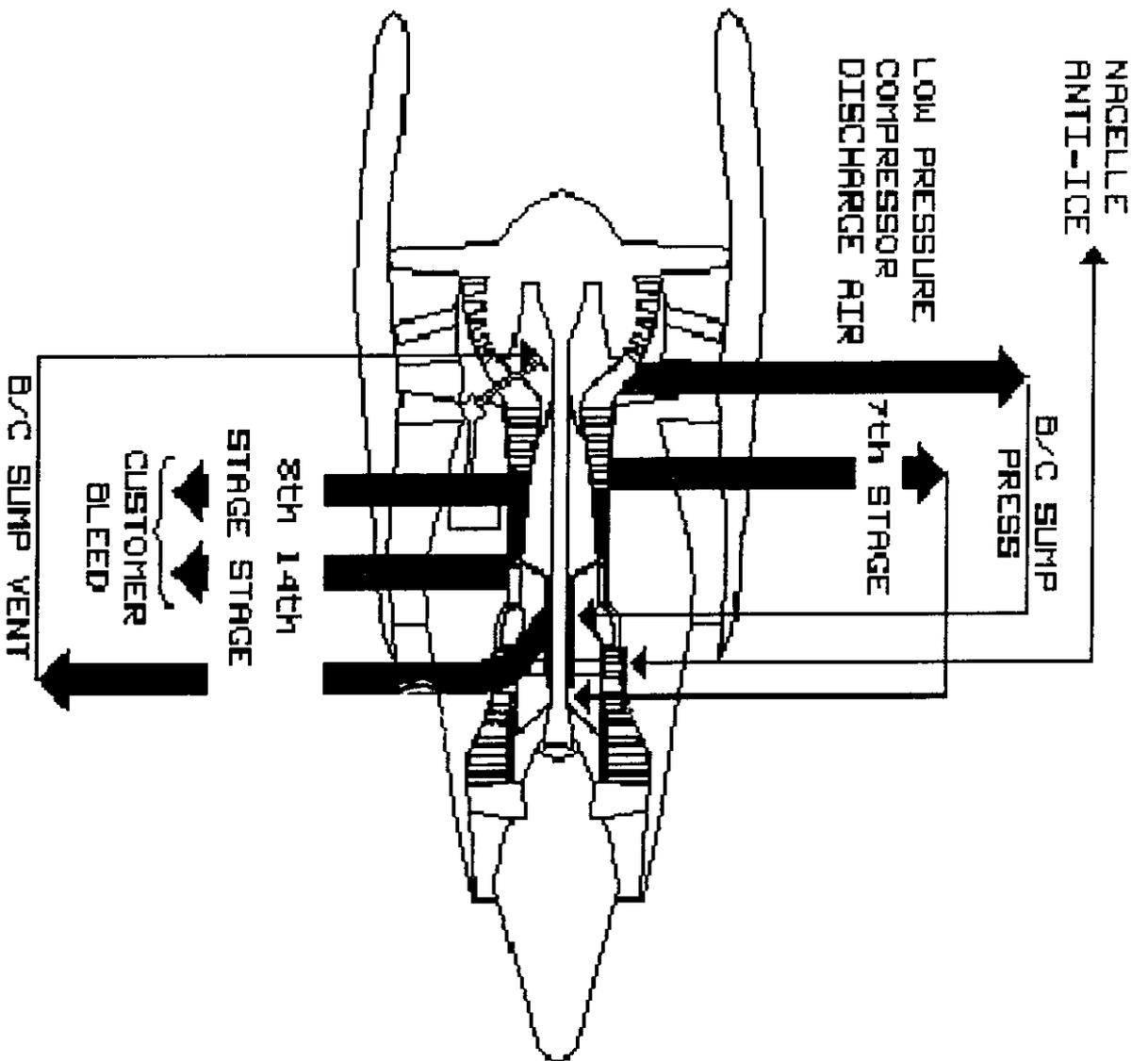
- il existe aussi des vannes de prélèvement d'air qui ne sont pas contrôlées par le EEC :

❖ **La vanne de refroidissement du 8^{ème} étage :**

L'air du 8^{ème} étage compresseur haute pression est délivré à l'avion grâce à des conduites des vannes et des refroidisseurs pour être utilisé pour la climatisation, le réchauffement et la pressurisation.

❖ **La vanne de refroidissement du 14^{ème} étage :**

L'air provenant du 14^{ème} étage du compresseur haute pression est utilisé pour des besoins d'avion et pour le refroidissement du 1^{er} et 2^{ème} étage de la turbine haute pression.



CF6-80-E1 - Fig (II-11) - LES SOURCES PNEUMATIQUES

II-2-3-3 REFROIDISSEMENT DU MOTEUR ET ACCESSOIRES :**Voir Fig (II-12)**

La vanne de refroidissement du moteur et accessoire (CCCV) est une vanne de type papillon. Elle est montée sur le carter compresseur haute pression à 10h : 00.

Quand la vanne de refroidissement est ouverte, l'air en provenance du FAN est envoyé vers le carter du compresseur haute pression, l'alternateur, les pompes hydrauliques, la pompe carburant et autres accessoires.

II-2-3-4 CONTROLE DE JEU TURBINES HAUTE ET BASSE PRESSION :

Le circuit de refroidissement du carter turbines haute et basse pression utilise deux collecteurs séparés.

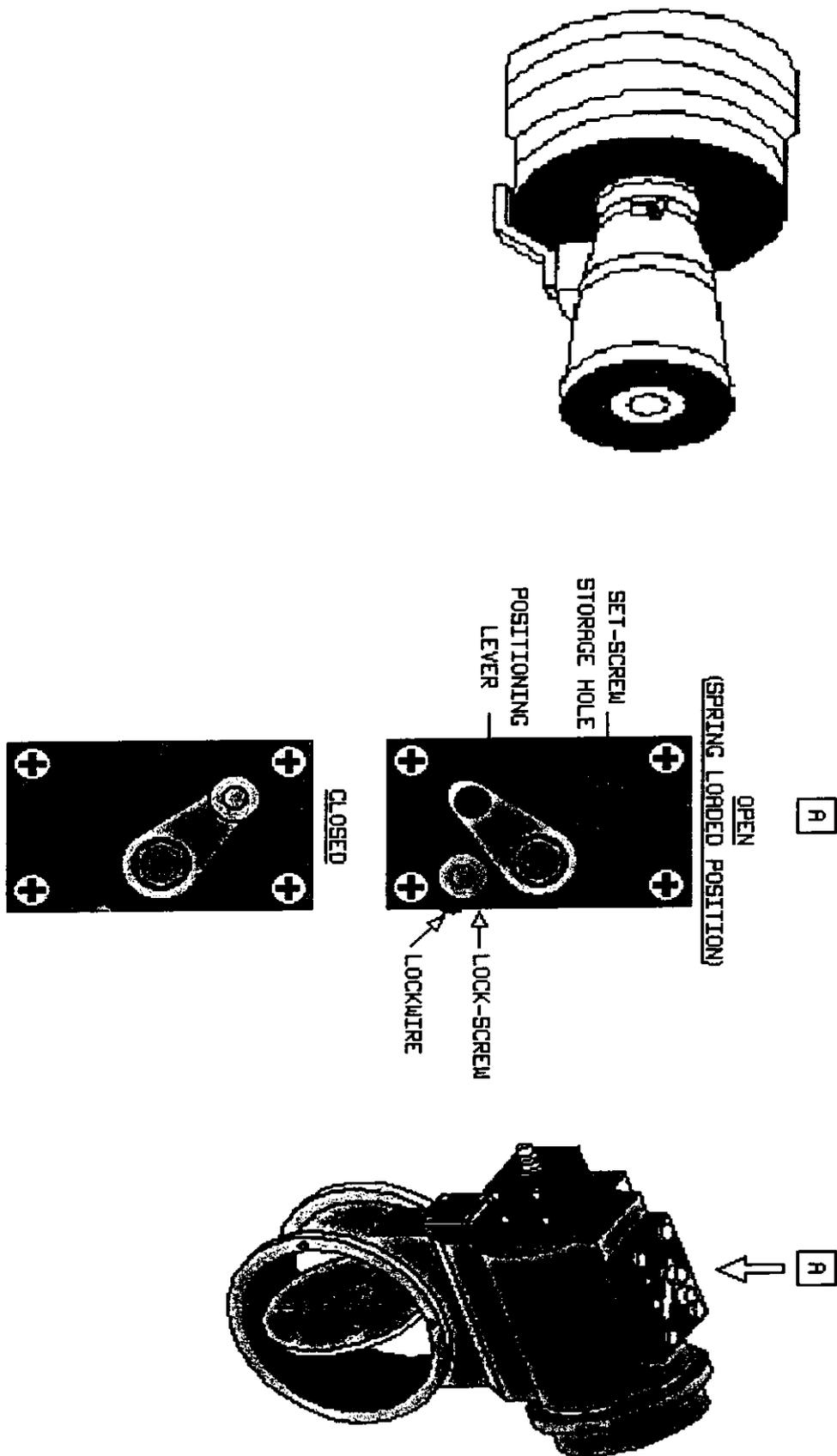
Le refroidissement des carters turbines est assuré par une distribution annulaire ordonnée de tubulures percées uniformément ; appelées « rampe de distribution ». Celle-ci décharge l'air du FAN sur la surface des carters turbine haute pression et basse pression par l'injection d'air frais. Le flux de refroidissement réduit le jeu radial entre rotor et stator et augmente l'efficacité de la turbine.

L'air en provenance du FAN pour chaque collecteur est contrôlé par deux (02) vannes de refroidissement identique :

- Une vanne pour le refroidissement carter turbine haute pression localisée sur le compresseur haute pression à 2h : 00.
- Une vanne de refroidissement du carter turbine basse pression localisé sur le carter turbine haute pression à 8h : 00.

Elles sont du type papillon actionnées par un vérin hydraulique dont la modulation est commandée par le régulateur principal carburant (HMU) à travers l'EHSV.

CF6-80-E1 - Fig (II-12) - LA POSITION DE LA VANNE CCCV



II-2-4 CIRCUIT DE DEMARRAGE :

II-2-4-1 DEMARRAGE REACTEUR :

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

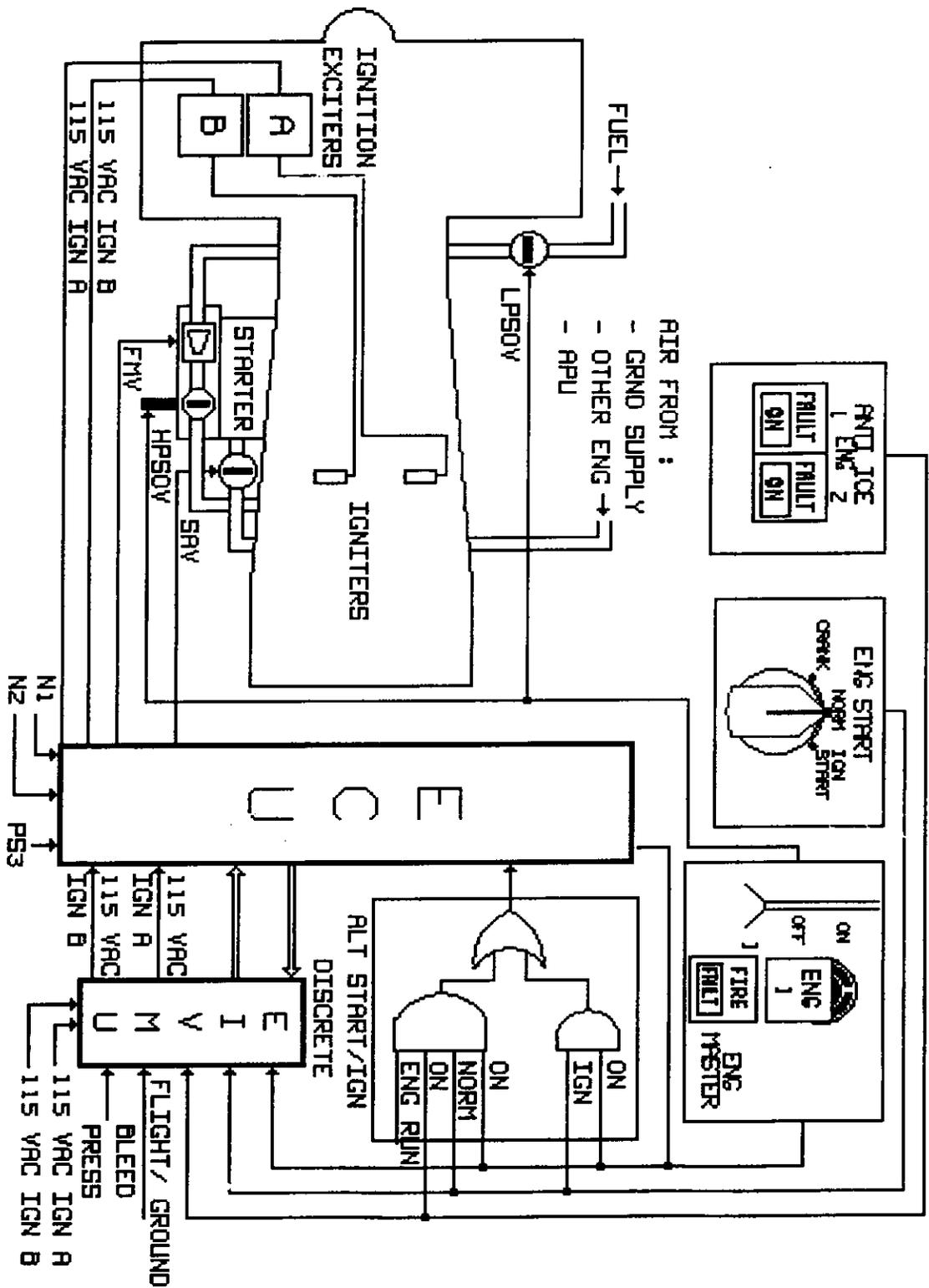
- L'APU.
- Un des réacteurs déjà en fonctionnement.
- Un ou deux groupes de parc pneumatique (pression compris entre 25 et 55 psis).

Chaque réacteur est équipé d'un démarreur pneumatique à turbine qui entraîne l'attelage haute pression. L'alimentation du démarreur est commandée par une vanne électropneumatique.

II-2-4-2 ALLUMAGE REACTEUR :

Le dispositif d'allumage est utilisé pour provoquer l'inflammation du mélange air / carburant dans la chambre de combustion ou éviter l'extinction en cours de fonctionnement. L'ensemble est constitué par deux circuits identiques 1 et 2 indépendants.

CF6-80-E1 - Fig (II-13) - SYSTEME DE DEMARRAGE ET D'ALLUMAGE



II-2-4-3 COMMANDE ET CONTROLES :

A- PANNEAU DE DEMARRAGE :

Le fonctionnement de la vanne de démarrage et l'allumage est affiché dans l'ECAM.

B- SELECTEUR DE DEMARRAGE :

Un sélecteur de démarrage « ENG START » permet la sélection du programme de fonctionnement du démarrage et des circuits d'allumage. Il comprend :

- CRANK.
- NORM.
- IGNITION START.

Le sélecteur d'allumage est positionné sur le sélecteur de démarrage en position IGN START, il permet de sélectionner le programme de fonctionnement du circuit d'allumage.

- L'allumage au sol: utilise les boîtes d'allumage A ou B.
- L'allumage en vol: utilise les deux boîtes d'allumage A et B.

II-2-5 CIRCUIT REVERSE :

II-2-5-1 DISPOSITIFS D'EJECTION :

Ils assurent :

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

II-2-5-2 PRINCIPE :

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

La tuyère secondaire est constituée de deux (02) demi-couronnes. En configuration normale la détente du flux secondaire assure 80 % de la poussée. En inversion de poussée, la partie extérieure des deux (02) demi-couronnes mobiles d'éjection se déplace vers l'arrière.

Ce déplacement entraîne l'obstruction de la veine secondaire et démasque les grilles d'éjection latérales. La totalité du flux secondaire est alors déviée et se développe vers l'avant, une poussée inversée égale à 60 % de la poussée décollage.

II-2-5-3 INVERSION DE POUSSEE :

L'énergie utilisée pour déplacer les deux demi-couronnes mobiles de l'inverseur est fournie par le circuit pneumatique avion. Suivant le régime c'est le 14^{ème} étage de compresseur haute pression (à travers de la vanne haute pression) ou le 8^{ème} étage (à travers de son clapet anti-retour) qui alimente le dispositif pneumatique d'inversion. Le circuit pneumatique d'inversion ne peut être activé que lorsque l'avion est au sol. En aucun cas ce circuit ne peut être alimenté par l'APU.

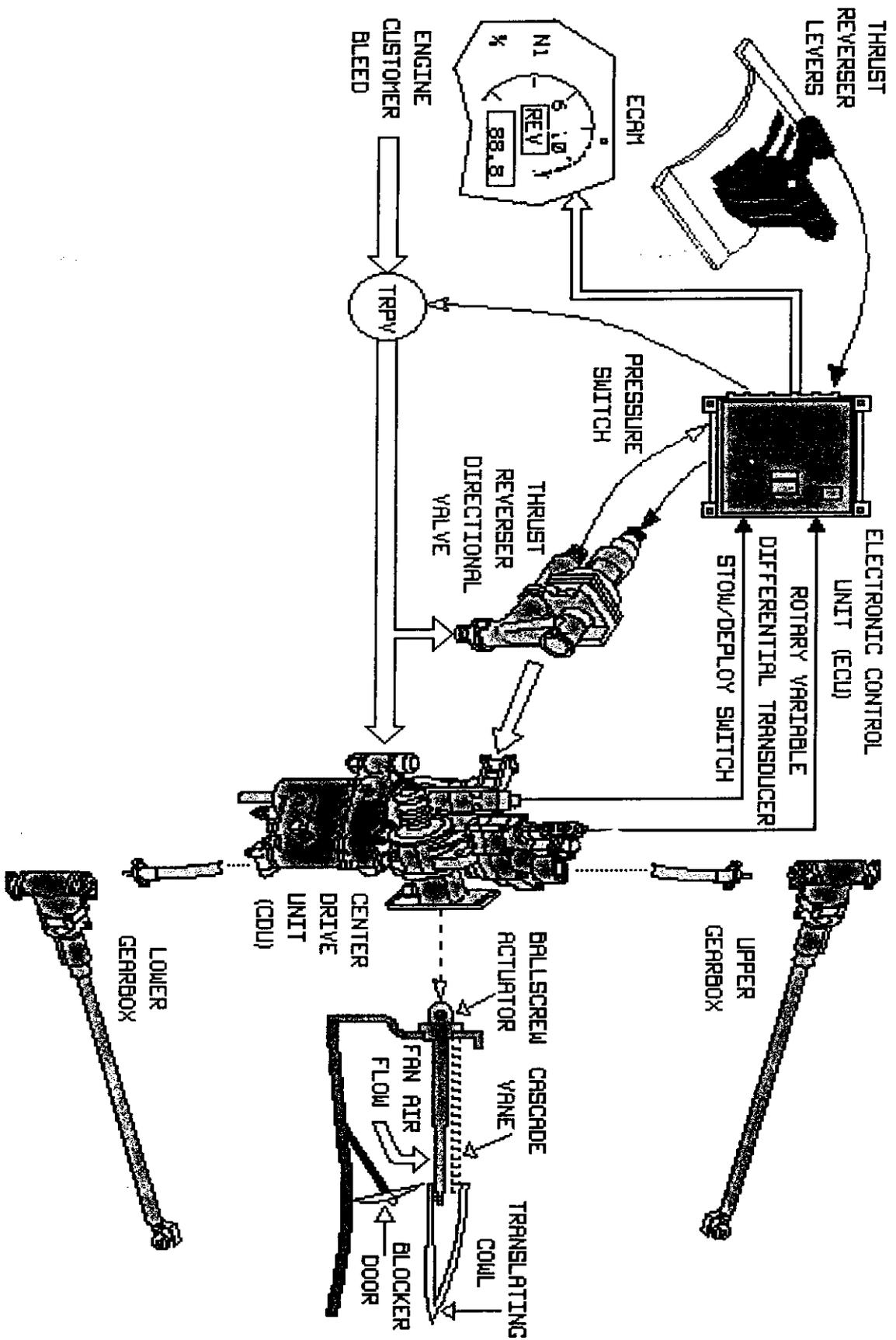
Le système d'inversion de la poussée comprend :

- Un (01) transducteur différentiel variable de sens de rotation (RVDT).
- Deux (02) actionneurs de vérins à billes (ballscrew actuators).
- Deux (02) moteurs pneumatiques munis chacun d'une (01) vanne de sélection du sens de rotation (CDU).
- Une (01) vanne de commande de direction et commutateur de pression (DPV).
- Quatre (04) arbres flexibles d'entraînement.
- Une (01) boîte de jonction.
- Un (01) frein d'inverseur de poussée.
- Une (01) vanne de pressurisation d'inverseur de poussée (TRPV).
- Un (01) commutateur de verrouillage et de déverrouillage.

II-2-5-4 SIGNALISATION :

La signalisation se compose de :

- Un (01) voyant disposé à l'intérieure des l'indications du moteur n°1 sur l'ECAM.
- Un (01) voyant ambré « REV » reverse déverrouillée (en transit).
- Un (01) voyant vert repéré « REV » reverse sortie et verrouillée.



CF6-80-E1 - Fig (II-14) - SYSTEME D'INVERSION DE POUSSEE

II-2-5-5 CIRCUIT DE COMMANDE DE LA REVERSE :

Chaque réacteur est équipé de :

- Une (01) manette de poussée.
- Une (01) manette de démarrage.
- Une (01) manette reverse.
- Une (01) poignée coupe feu.

II-2-6 CIRCUIT DE CONTRÔLE :

La surveillance du fonctionnement des réacteurs est effectuée à partir des indications N1, N2, EGT, mesure de débit carburant, paramètres de l'huile (pression, température et quantité), et les vibrations ; toutes ces indications apparaissent sur l'ECAM.

❖ Tachymètre N1 :

Cet équipement assure une indication du régime N1 sur l'ECAM.
100 % = 3320.6 tr/mn.

❖ Tachymètre N2 :

Cet équipement assure une indication du régime N2 sur l'ECAM.
100 % = 9827 tr/mn.

❖ Indicateur EGT :

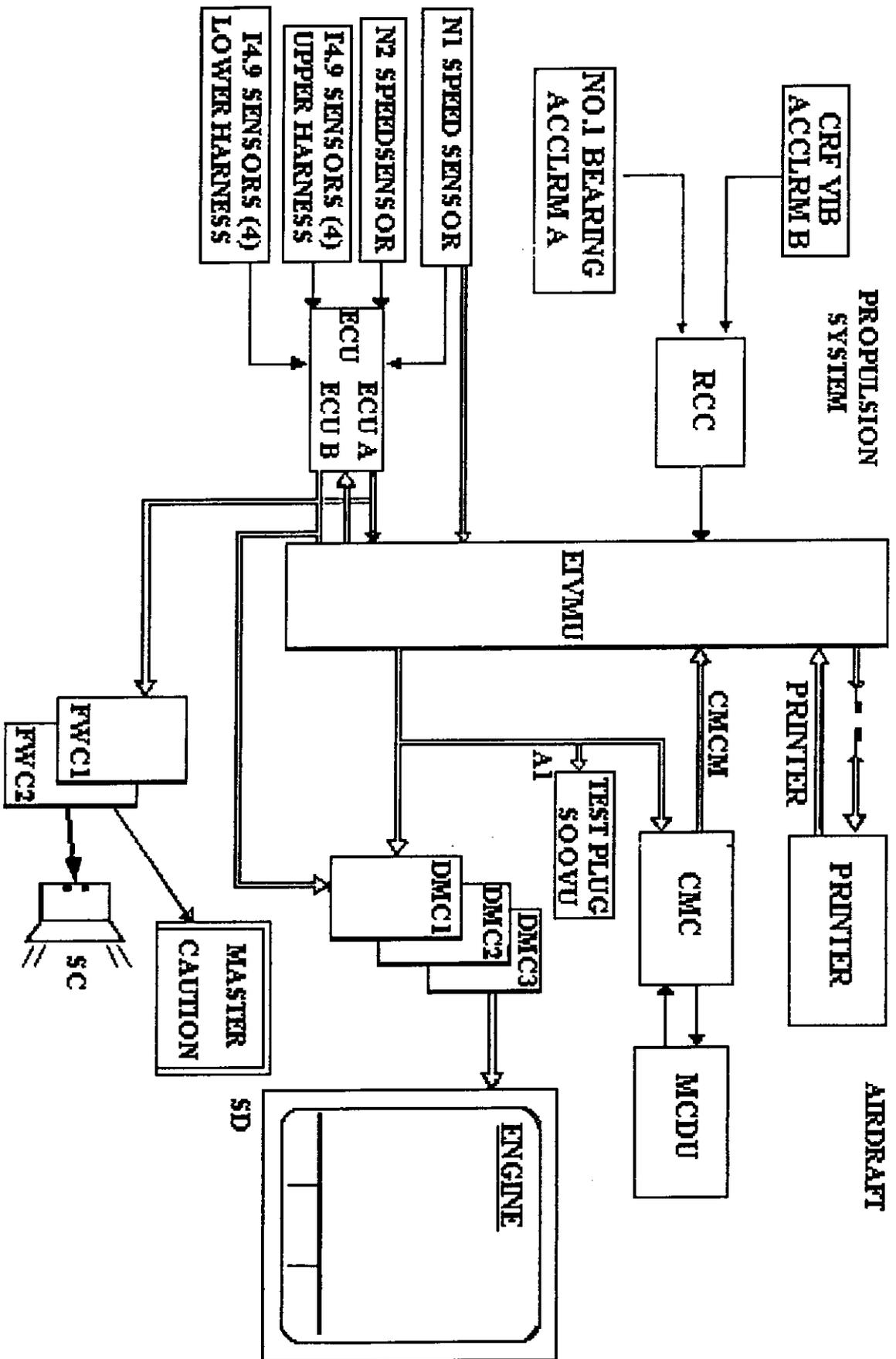
Cet équipement assure une indication de température entre les turbines haute pression et basse pression.
EGT maximum 960 °C.

❖ Capteur de vibration :

L'indication de vibration permet de mettre en évidence une dégradation interne du réacteur. Chaque réacteur est équipé de deux (02) accéléromètres pour détecter les vibrations.

L'un dans la zone du FAN au palier N°1 qui détecte les vibrations de l'attelage basse pression, l'autre est fixé sur le carter réacteur à l'arrière du compresseur haute pression qui détecte les vibrations de l'attelage haute pression.

L'indication de vibration apparaît sur l'ECAM, le niveau de vibration est donné entre 0 et 10 pour chaque réacteur.



CF6-80-E1 - Fig(II-15) - SYSTEME D'INDICATION MOTEUR

Chapitre III

Les fonctions de EEC des deux réacteurs

III-1 LES FONCTIONS DE EEC DU REACTEUR CFM56-7B :**III-1-1 L'UNITE ELECTRONIQUE DU CONTROLE MOTEUR (EEC) :**

L'unité électronique du contrôle moteur (EEC) est un microprocesseur qui comprend deux canaux (A, B) d'acquisition et du calcul. Chaque canal (A, B) peut contrôler des opérations du moteur, quand l'un est actif l'autre est en attente (stand-by). On a opté à cette conception de deux canaux pour augmenter la fiabilité des équipements. Il comprend plusieurs connexions pneumatiques électriques.

Pour augmenter la conception de tolérance de faute, les paramètres sont échangés entre les deux canaux de EEC. Ces derniers communiquent entre eux durant toutes les opérations du moteur.

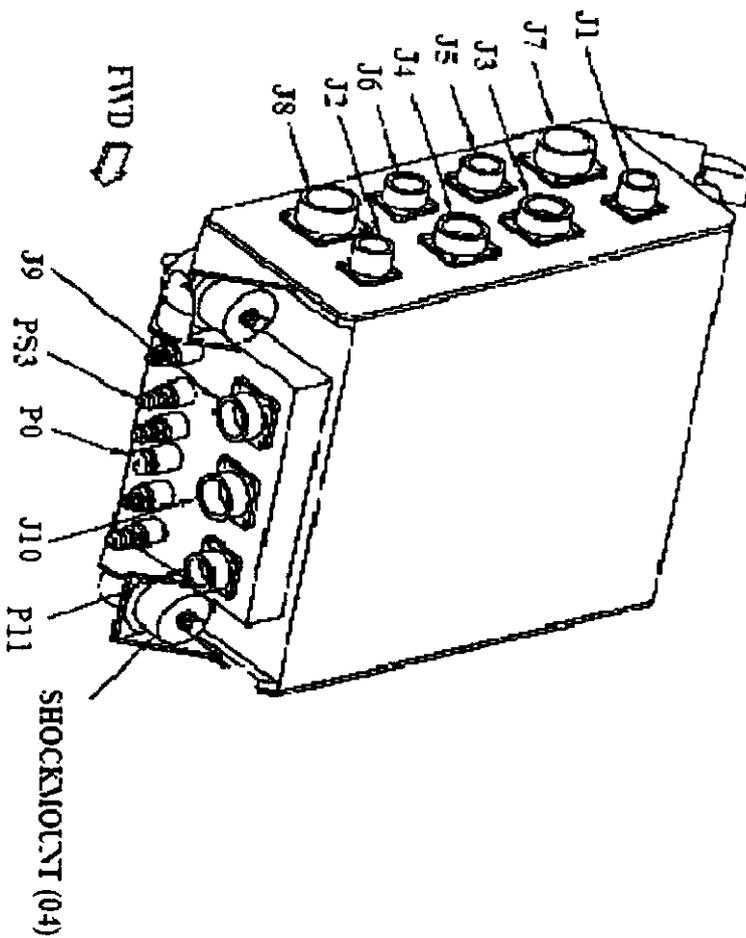
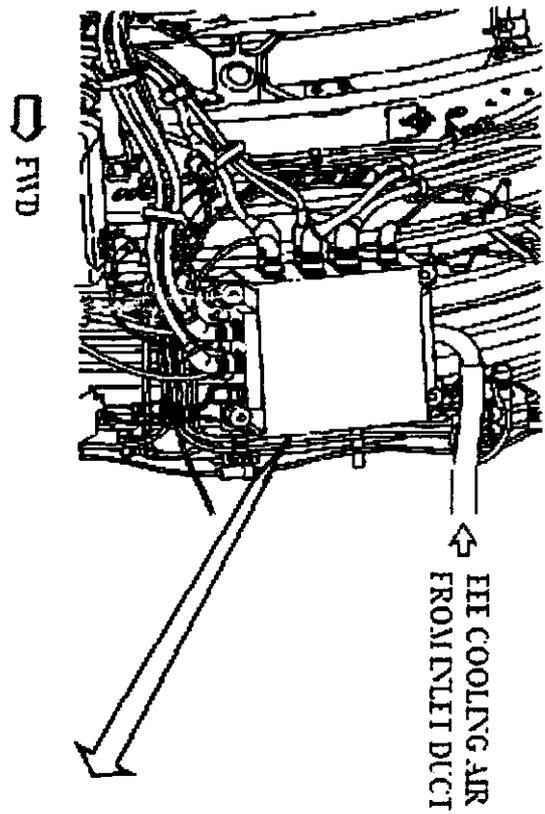
Le EEC comprend dix (10) prises électriques, il utilise ses prises pour recevoir et envoyer des données aux systèmes moteurs. Les prises sont des connecteurs (de J1 à J10). La prise d'identification moteur se relie au connecteur P11.

Le EEC a pour rôle de recevoir des données, de calculer les signaux de commande dans le canal A ou B et envoyer ces données sous forme de signaux pour opérer le moteur.

III-1-2 LES CONNEXIONS DE EEC AUX SYSTEMES AVION ET MOTEUR :**III-1-2-1 Les connexions de EEC aux systèmes moteur :**

Le EEC se relie aux systèmes et composants moteurs suivants :

- Prise d'identification.
- Le régulateur principal carburant (HMU).
- Système de contrôle d'air moteur.
- Sondes du moteur.
- Commande du carburant.
- L'alternateur de EEC.
- Circuit d'allumage.



CFM56-7B - Fig (III-1) - ELECTRONIC ENGINE CONTROL (EEC)

1. Prise d'identification :

L'unité électronique du contrôle moteur (EEC) utilise la prise d'identification pour l'estimation de la poussée et toute autres informations du moteur. La prise d'identification moteur fournit ces données au EEC :

- type de moteur (5C / 7B).
- l'équilibre de l'attelage basse pression (N1).
- L'estimation de la poussée moteur.
- Surveillance de l'état du moteur.
- Configuration de la chambre de combustion (SAC ou DAC).

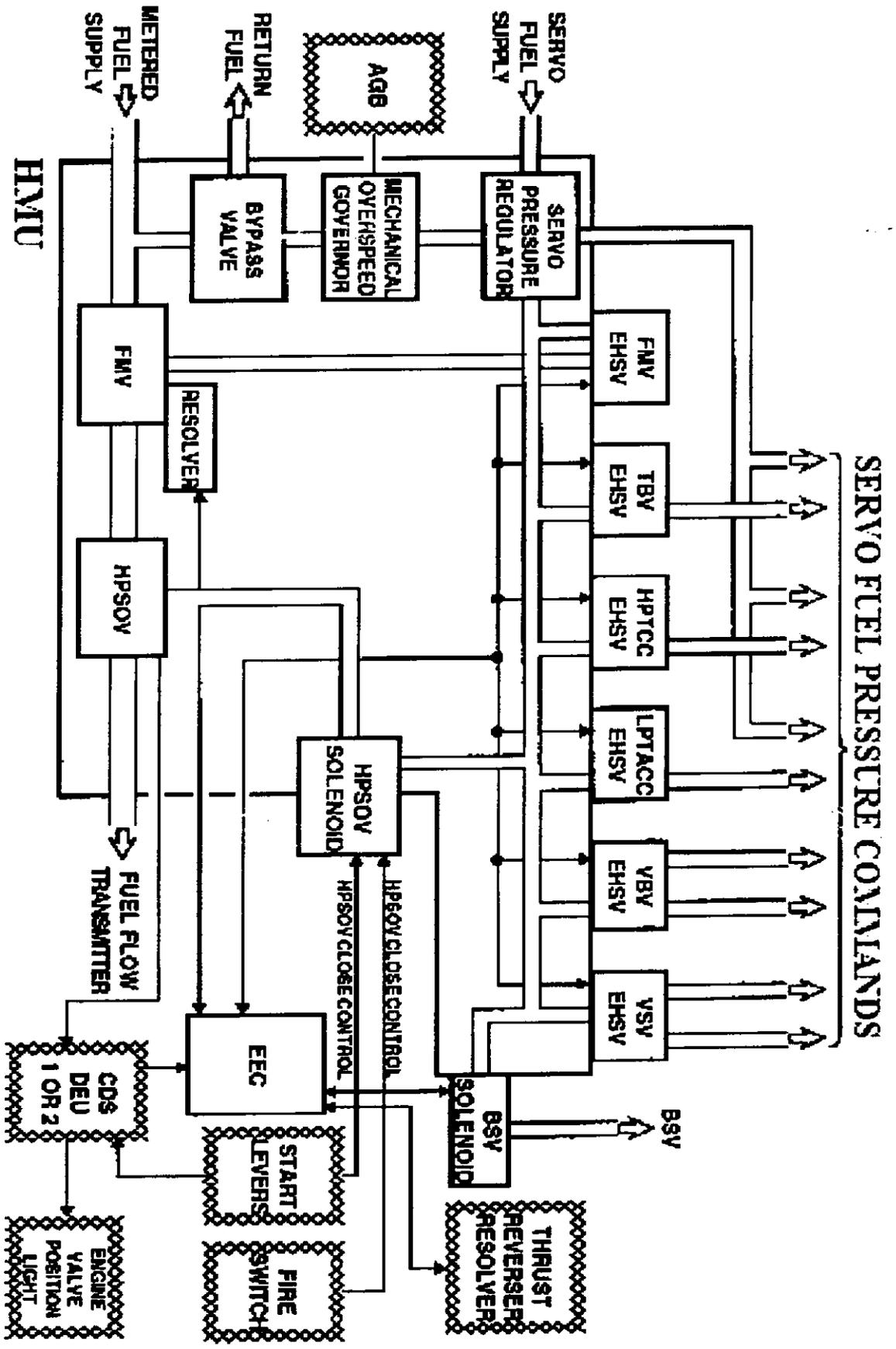
2. Le régulateur principal carburant (HMU) :

Le HMU utilise la dose de carburant pour la combustion et la pression servo carburant pour l'exploitation des systèmes du moteur. il emploie aussi des commandes électriques de sortie de EEC, et les convertit grâce à des moteur-couples et des servo-vannes en ordre hydraulique pour l'opération d'alimentation du carburant envoyé aux injecteurs et pour commander le dispositif anti-pompage et les vannes de contrôle actif des jeux turbines. Il reçoit également des commandes de la manette de démarrage de l'avion et du poigné de feu pour contrôler quelques opérations d'écoulement du carburant.

La vanne de dosage du carburant (FMV) est commandée par un moteur-couple qui pilote un petit vérin, le moteur couple a deux (02) bobines indépendantes, isolées électriquement chacune recevant ses ordres d'un canal de EEC. Le débit carburant varie proportionnellement à la position du galet doseur. 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 et transmet ce retour d'ordre au EEC pour boucler l'asservissement.

L'unité hydromécanique (HMU) comprend six (06) électro-hydrauliques servo-vannes leurs rôles est de convertir les commandes électriques provenant du EEC en signaux d'ordres hydrauliques à destination des moteurs et vérins de TBV, FMV, VBV, VSV, et les vannes de contrôles de jeux HPTACC et LPTACC. Chacun a deux (02) bobines indépendantes commandées respectivement par le canal A et le canal B de EEC.

La HMU inclut le robinet HP, qui est commandé par un solénoïde. Quand le solénoïde est excité, le robinet se ferme. Ceci est le cas lorsque le ENG MASTER LEVER (levier principale du moteur) est mis sur OFF, ce qui commande aussi la fermeture de la vanne de carburant BP.



CFM56-7B - Fig (III-2) - LE REGULATEUR PRINCIPAL CARBURANT (HMU)

Le HMU a un régulateur mécanique à masselottes qui limite le débit carburant de façon à éviter que N2 dépasse 107.2 %. Pour cela le régulateur agit sur un dispositif à ΔP constant, qui maintient 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 indépendante de EEC.

3- Système de commande d'air moteur :

Le EEC commande la circulation d'air du moteur pour la poussée et le système de contrôle actif de jeux turbines. Les systèmes servo que le EEC commande par l'HMU sont : VSV, TBV, VBV, HPTACC, LPTACC.

4- Sondes du moteur :

Le EEC emploie des données d'entrée des divers sondes du moteur pour calculer les sorties du carburant et le contrôle du moteur et l'opération de ce dernier. On compte : le capteur N1, le capteur N2, la sonde T_{49.5}, la sonde HPTACC, la sonde T₁₂, la sonde T₃, la sonde PT₂₅, la sonde P₀, la sonde PS₃.

5- Débitmètre carburant :

Le débitmètre carburant envoie l'information d'écoulement du carburant au EEC, ce dernier envoie cette information aux DEUs. Les DEUs affichent alors l'écoulement du carburant avec l'autre paramètre du moteur.

6- Alternateur de EEC :

Il permet d'alimenter électriquement le EEC.

7- Circuit d'allumage :

Le EEC contrôle l'alimentation du courant alternatif de l'avion pour fonctionner les circuits d'allumage gauche et droit sur le moteur.

III-1-2-2 Les connexions de EEC aux systèmes avion :

Le EEC se relie aux systèmes et composants avion suivants :

- système d'affichage commun (CDS) / boîte électronique d'affichage (DEUs).
- Commande d'arrêt du levier de démarrage.
- Poigner de feu moteur.
- Bus de transfert 1 et 2 à courant alternatif.

- Ordinateur automanette.
- le levier de poussée.
- Contre fiche moteur.
- Position d'inverseur de poussée.

1- Composant ARINC 429 :

Le EEC se relie par le bus ARINC 429 à ces composants :

- Système de visualisation et unité commune électronique d'affichage (CDS / DEUs).
- Calculateur automanette.
- Calculateur de gestion de vol.

1- Calculateur automanette :

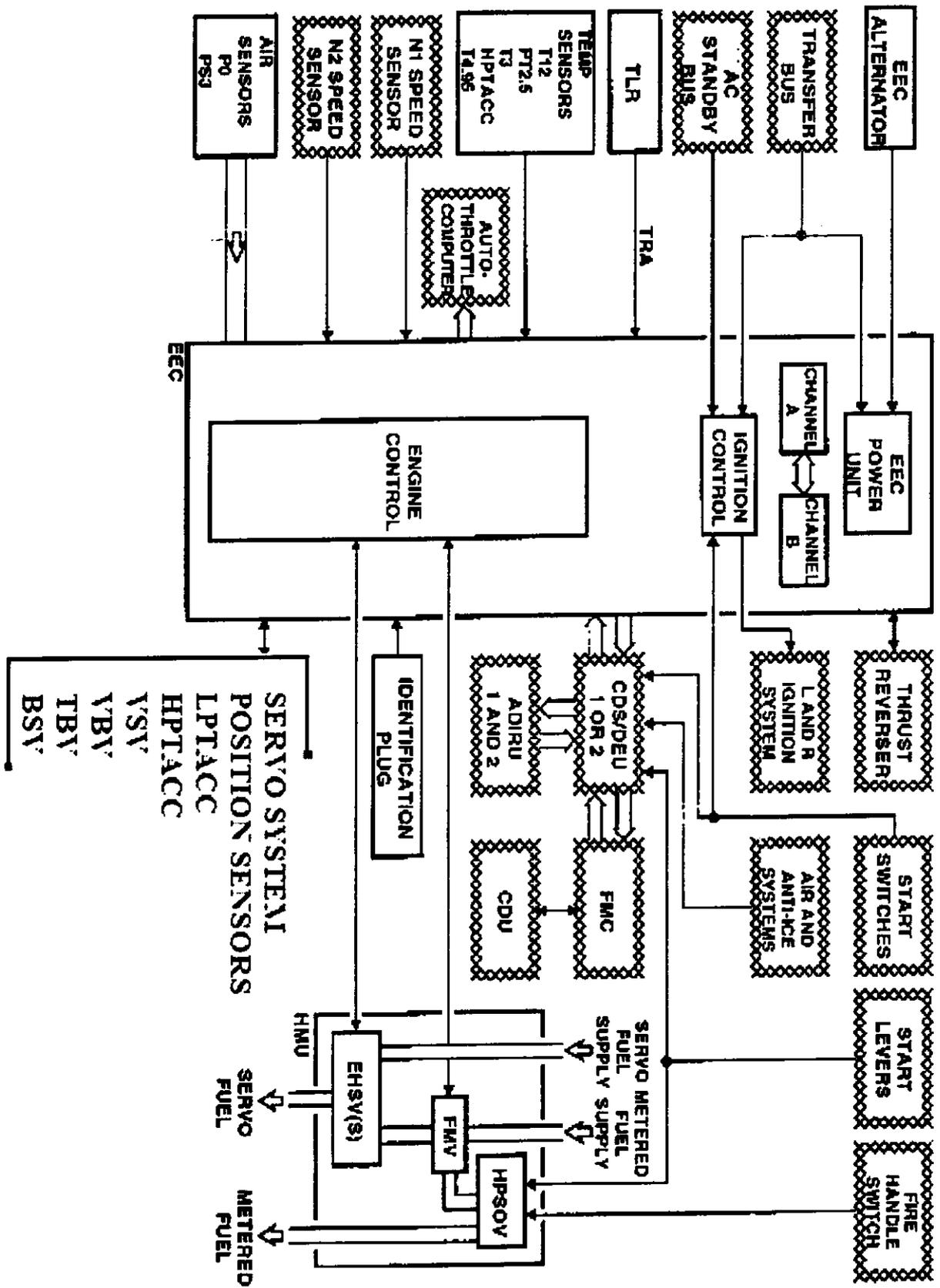
L'ordinateur automanette reçoit l'angle de la manette de poussée (TLA) et autres données du moteur qui parviennent du EEC, il emploie ces données pour commander la position de la manette de poussée. .

2 – Poigné de feu moteur :

Une fois tiré vers le haut, le poigné de feu moteur envoie une commande pour fermer le HPSOV, celui-ci arrête le carburant dosé pour la combustion.

3- Bus de transfert A .C:

Le EEC est alimenté électriquement par la transfert bus quand N2 est entre 0 et 12 %.



CFM56-7B - Fig (III-3) - FONCTIONNEMENT DE EEC

4- La manette de poussée :

Les équipages déplacent les manettes de poussée pour envoyer des commandes de poussée moteur au EEC. Le EEC obtient ses commandes.

5- Prise d'identification :

La prise d'identification donne le modèle d'avion et les données de positions du moteur. Le EEC utilise la position du moteur et de l'avion pour trouver la poussée maximale certifiée et la vitesse de référence N1. Le EEC emploie la position du moteur pour composer le nombre de messages d'entretien du moteur qui sont affichées sur le CDU.

6- Inverseur de poussée :

La surveillance de la position de l'inverseur de poussée est réalisée par un transducteur linéaire à déplacement variable (LVDT).

III-1-3 L'INSTALLATION DE EEC :

Le EEC est localisé en position 2h : 00 sur le carter fan. Il est attaché par quatre (04) poils d'attache munis d'amortisseur de vibration.

III-1-4 LE REFROIDISSEMENT DE EEC :

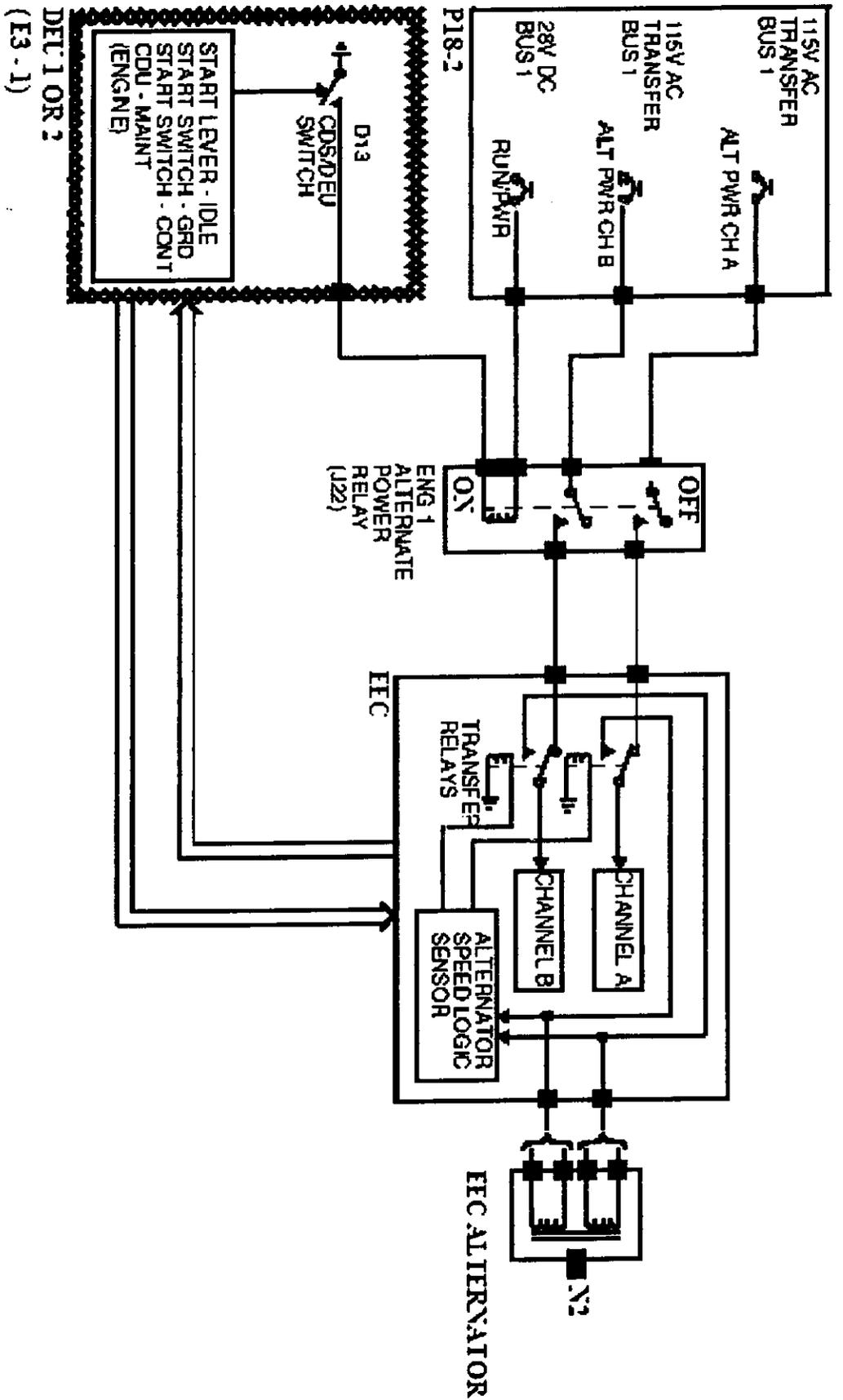
Une prise d'air dynamique localisée sur le capot d'entrée d'air permet le refroidissement du EEC.

III-1-5 L'ALIMENTATION ELECTRONIQUE DE EEC :

Le EEC est alimenté électroniquement à partir du réseau avion quand le moteur n'est pas en marche ou sa vitesse est encore faible, (au démarrage N2 inférieur à 12 %) et par son alternateur triphasé dès que le moteur tourne à plus de 12 % de N2 nominal.

III-1-6 DIMENSION ET POIDS DE EEC :

Langueur.....	505,2mm (19,92 in).
Hauteur.....	171,9 mm (6,64 in).
Largeur.....	378, 2 mm (14,96in).
Poids	21.09 mm (46,5 in).



NOTE: ENGINE 2 ELECTRICAL POWER SUPPLY IS ALMOST THE SAME AS ENGINE 1.

CFM56-7B - Fig (III-4) - L'ALIMENTATION ELECTRIQUE DE EEC

III-1-7 LES MODES DE CONTROLE DE EEC :

Les lumières de commutateur de EEC montrent trois (03) modes :

- Mode normal.
- Mode alternatif soft.
- Mode alternatif hard.

Le EEC obtient la pression totale (PT) de l'ADIRUs, ou par le calcul de la température totale (TAT) et la pression statique ambiante (P0). Le EEC obtient le P₀ de l'ADIRUs ou par des sondes de capteurs P₀, et la TAT par l'ADIRUs ou par la sonde T₁₂ sur le moteur.

Le EEC est en mode normal quand ces conditions se produisent :

- La pression totale est valide.
- Le commutateur de EEC sur le panneau P5 supérieur arrière est dans la position de fonctionnement ON.

En mode normal, le EEC calcule le nombre de Mach avec les deux valeurs de (PT) de l'ADIRUs et des P₀. le nombre de Mach est l'un des paramètres utilisés pour calculer la vitesse de référence N1. Ceci assure que la poussée moteur est satisfaisante pour l'exécution de l'avion.

Si la pression totale est inadmissible ou le commutateur de EEC est mis à la position de repos (OFF), le EEC est en un des modes alternatifs.

Le EEC active le voyant ALTN sur le panneau P5 supérieur arrière quand l'un des conditions suivantes se produisent :

- Le EEC est en mode alternatif soft pendant 15 secondes.
- Le EEC est en mode alternatif soft.
- Le commutateur de EEC est mis en position de repos (OFF). (ceci met le EEC en mode alternatif hard).

le EEC retourne en mode normal dans l'un des cas suivants :

- La PT devient valable.
- La poussée du moteur change quand le EEC change de mode.
- Les manettes de poussée sont prés au ralenti (TRA est moins de 51.6°).

En mode alternatif soft, pour que le EEC calcule le nombre de Mach il utilise les données suivantes :

- La température totale d'air.
- La température standard de jour.
- La dernière différence entre la température standard de jour et la température statique.

Le mode alternatif soft assure que la poussée moteur n'a pas de grand changement quand les données de PT sont inadmissibles.

La poussée moteur peut être moins ou plus que la normale, ceci se produit si l'état extérieur de l'air change et le EEC est en mode alternatif soft, dans ce cas le EEC calcule le nombre de Mach en utilisant la TAT et la dernière valeur de la température standard de jour, cette dernière est habituellement calculée à partir de la température standard du jour et la pression statique de l'air.

Le EEC est en mode alternatif hard quand l'un des conditions suivantes sont vérifiées :

- Le EEC est en mode alternatif soft pendant 15 secondes (le voyant ALTN est en position ON) et la manette de poussée est au moins de 19° au dessus du ralenti moteur.
- Le commutateur de EEC est dans la position de repos (OFF).

Si l'un des EEC est en mode normal et l'autre EEC est en mode alternatif soft, les deux (02) moteurs développent des niveaux de poussée différents. Quand cette condition se produit, les pilotes doivent mettre les deux (02) EEC des moteurs en mode alternatif hard.

Aux niveaux des poussées plus bas, il y a une petite différence entre les deux (02) modes alternatifs (soft et hard), tandis que pour les niveaux plus élevés, il y a un grand changement de poussée non commandée quand le EEC change de mode alternatif soft en mode alternatif hard. Ces grands changements de poussée non commandée ne sont pas acceptables, alors le EEC ne change pas de mode automatiquement.

Dans le mode alternatif hard, le EEC emploie la pression statique (P_0) afin d'obtenir le nombre de Mach.

III-1-8 DESCRIPTION FONCTIONNELLE DE EEC :

L'unité électronique du contrôle moteur (EEC) comprend deux (02) canaux, chacun peut commander le moteur. Un canal est en mode actif tandis que l'autre canal est en mode d'attente. Les deux (02) canaux se communiquent par une liaison de transmission de données à travers les canaux (CCDL).

Le canal actif peut indiquer les données d'entrées du canal A ou du canal B avec la liaison de transmission de données à travers les canaux (CCDL). Le canal actif choisit le meilleur signal ou fait la moyenne des signaux pour calculer la valeur qu'il emploie pour commander le moteur.

Si le canal actif est inadmissible, le canal de secours (d'attente), devient actif et le EEC reste en mode de canal double. Ce mode permet le canal actif d'utiliser les circuits de sens des deux (02) canaux. Si un canal est inadmissible une panne est stockée dans la mémoire BITE. Plusieurs défauts de EEC causent des voyants principaux de commande et d'alarme dans le poste de pilotage, si le voyant de commande moteur s'allume l'avion doit rester au sol jusqu'à ce que la panne soit réparée.

Le EEC est habituellement en mode de canal double. Il est en mode simple quand l'alternateur EEC fournit le courant électrique à un canal seulement. Le canal qui reçoit la puissance de l'alternateur devient le canal actif et l'autre canal est en attente et obtient la puissance de bus de transfert d'avion.

Le EEC est également en opération de canal simple quand les deux canaux ne peuvent pas communiquer entre eux, dans ce cas le canal actif (ie EEC) utilise seulement ces propres circuits pour commander le moteur.

Quand les deux canaux fonctionnent normalement, ils se changent entre eux à chaque démarrage moteur. Ce changement de commande se produit si N1 est supérieur à 76 % pendant le vol précédent.

Les fonctions principales de EEC sont :

- Validation et traitement de signaux.
- Commande de la poussée moteur.
- Indication de compartiment du vol.
- Contrôle ralenti moteur.
- Contrôle du circuit d'air.
- Contrôle du circuit de démarrage.
- Contrôle du circuit d'allumage.
- Commande de la poussée inverse.
- BITE.

III-1-8-1 VALIDATION ET TRAITEMENT DE SIGNAUX :

Le EEC obtient des données analogiques et numériques du moteur et autres systèmes d'avion. Certains de ces données ont plus d'une source pour les mêmes données, ceci améliore la fiabilité du moteur parce que si un signale de données est inopérant le EEC peut employer les autres données. Si le EEC constate que tous les signaux de données sont valides, il emploie les meilleurs donnés pour commander le moteur.

Exemple : signal d'entrée de la température des gaz d'échappement (EGT).

Chaque canal de EEC obtient deux signaux d'EGT. Si chacun des quatre (04) signaux est valide, le EEC emploie la température moyenne comme signal de l'EGT choisi.

Si un des signaux est hors la gamme, la moyenne des trois autres EGT est utilisée pour commander le moteur.

Si toutes les sources de paramètres de données sont inadmissibles, le EEC utilisera une valeur par défaut pour faire fonctionner le moteur sans risque.

Si le EEC constate qu'un signale est inadmissible, elle stockera un message dans la mémoire BITE.

III-1-8-2 COMMANDE DE LA POUSSEE MOTEUR :

Le EEC emploie la vitesse N1 pour commander la poussée moteur. Il emploie six vitesses de références N1 basé sur ces données :

- Modèle d'avion.
- Estimation de la poussée du moteur.
- La pression statique ambiant (P_0).
- Nombre de Mach (vitesse de l'air par la vitesse du son aux conditions ambiantes).

Les vitesses de références N1 correspondent à la position de la manette de poussée ainsi que les angles de la manette de démarrage.

Les angles de réajustement de la manette de poussée (TRA), les angles de la manette de poussée (TLA), et les angles de levier de poussée inverse (RLA) prennent les positions suivantes :

Note : les angles sont en degrés.

- Poussée inverse maximale (TLA à 8°, RLA à 104°).
- Ralenti inverse (TRA à 24°, LRA à 62°).
- Ralenti (TRA entre 36° et 38°, LRA entre 0 et 2.4°).
- La montée maximale (TRA à 72°, TLA à 44°).
- Décollage maximal /après atterrissage (TRA à 78°, TLA à 72°).
- La poussée maximale certifié (TRA à 82.5°, TLA à 58°).

Le EEC calcule la vitesse commandée N1 basé sur la position de la manette de poussée, en respectant la vitesse de référence N1 et l'angle de la manette de poussée qui le correspond.

Quand la manette de poussée est située entre deux vitesses de référence N1, le EEC fait une interpolation linéaire pour trouver la vitesse commandée N1.

Quand la manette de poussée est avancée, la vitesse commandée N1 est supérieure à la vitesse réelle N1. Le EEC commande le système servo pour l'accélération du moteur jusqu'à attendre la vitesse commandée N1.

Quand la manette de poussée est moins avancée, la vitesse commandée N1 est inférieure que la vitesse réelle N1.

Le EEC ajuste la valeur N1 commandée à la quantité d'air de décharge que l'avion prend du moteur. Si la décharge d'air augmente, la vitesse N1 diminue pour compenser la charge additionnelle. Ceci maintient la section chaude du moteur dans les limites pour l'estimation courante de la poussée moteur.

III-1-8-3 LES VOYANTS DE CONTROLE MOTEUR :

L'unité électronique du contrôle moteur (EEC) envoie un signal aux voyants de commande (contrôle) du moteur sur le panneau (P5) arrière supérieur par les DEUs pour quelques pannes détectées.

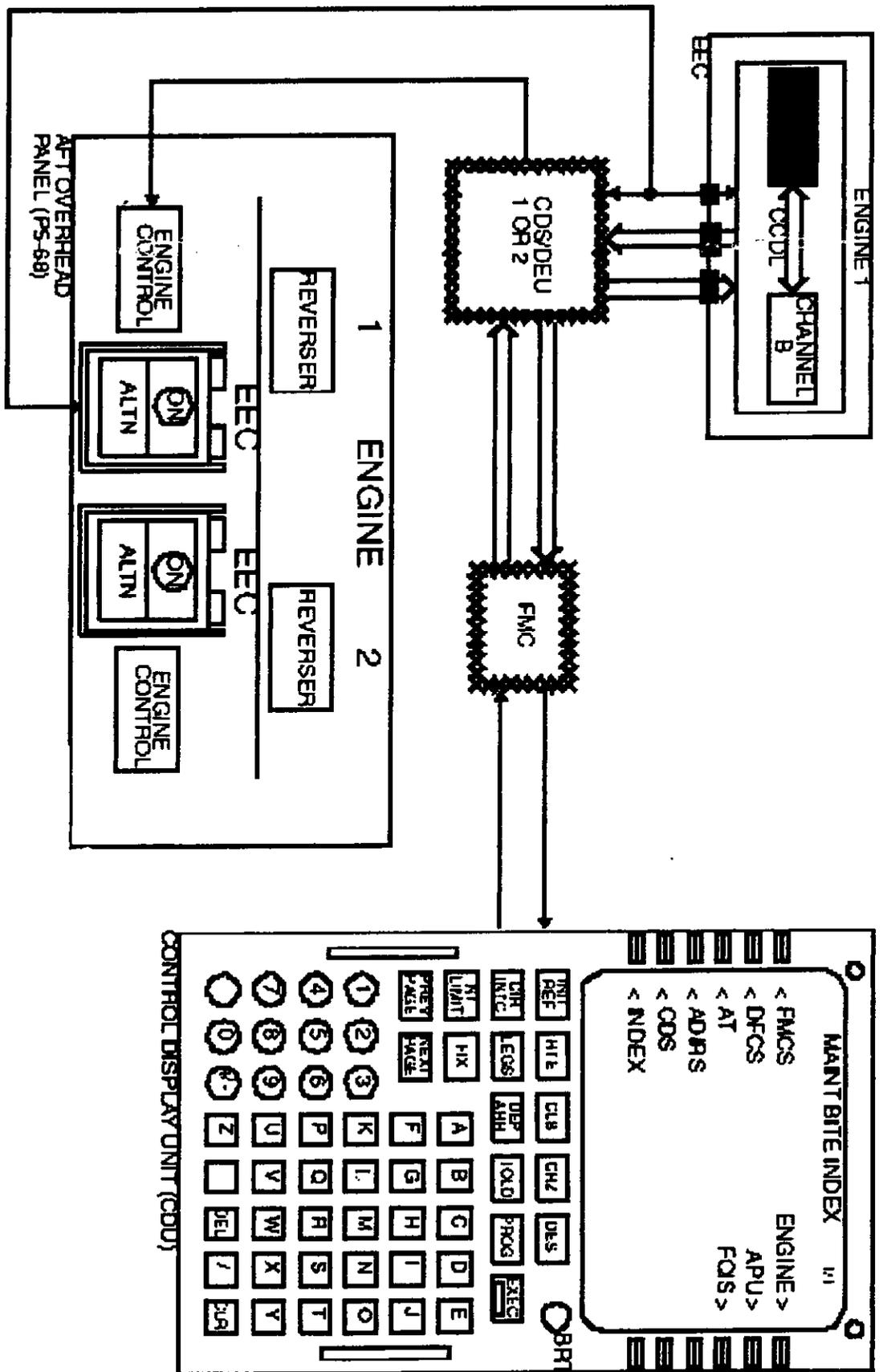
Il existe trois (03) voyants de contrôle moteur sur le panneau P5 qui montrent le statut du contrôle moteur :

- Voyant du contrôle moteur.
- Voyant ON du commutateur de EEC.
- Voyant ALTN de commande de EEC.

Le voyant ambre du contrôle moteur s'allume quand un sérieux problème de contrôle moteur se produit. Le voyant du contrôle moteur montre que le moteur ne fonctionne pas correctement et l'avion doit rester au sol jusqu'à ce que l'anomalie soit réparée. Ce voyant ne s'allume pas pendant le vol.

Le voyant blanc ON et le voyant ambre ALTN sont sur le commutateur de EEC. Ces lumière s'allume quand le EEC et en un de ces modes :

- Le mode normal (voyant blanc ON).
- Le mode alternatif soft (voyant ambre ALTN en ON et le voyant blanc ON).
- Le mode alternatif hard (le voyant ambre ALTN).



CFM56-7B - Fig (III-5) - LES VOYANTS DE CONTROL MOTEUR

III-1-8-4 CONTRÔLE RALENTI MOTEUR :

Après démarrage et au sol, le EEC contrôle la vitesse « ralenti sol » basée sur les paramètres suivants :

- La température de l'air extérieur.
- Le courant électrique.
- La demande de prise d'air (air de soutirage).
- Conditions minimales d'écoulement de carburant.

Pendant le vol, le EEC a deux modes de ralenti :

- Ralenti en vol.
- Ralenti d'approche.

Ces modes sont classés par les paramètres suivants :

- Opération anti-givrage.
- Position d'ailerons.
- Position de la vitesse.
- L'altitude.
- Les conditions d'atterrissage.

Le EEC surveille n'importe quel mode, il emploie la valeur la plus élevée de ce mode pour commander la vitesse ralenti. Tandis qu'au sol, le EEC commande le ralenti moteur pour répondre à des exigences de vitesse de ralenti. Si la vitesse n'est pas assez pour satisfaire une de ces conditions, le EEC commande le FMV pour augmenter la vitesse du moteur jusqu'à ce que toutes les conditions de vitesses au ralenti soient satisfaites.

les conditions de la vitesse de ralenti au sol sont :

- La vitesse de N2 est plus de 8500 tr/min si la TAT est moins de 125°F (52°C) pour favoriser le travail de l'IDG.
- La vitesse N2 est plus de 66 % (9500 tr/min) si la TAT est plus 125°F (52°C) pour améliorer le refroidissement d'un élément du moteur.
- Maintenir PS3 au dessus du minimum pour le système d'avion ECS (le minimum PS3 change avec l'altérateur et le modèle d'avion).
- Maintenir le débit carburant à plus de 300 lb/h (136 kg/h).

Pendant le vol, le EEC commande le ralenti moteur pour répondre à des exigences de la vitesse de ralenti. Le logiciel de EEC maintient le ralenti en vol à 72%.

Le EEC est en mode ralenti approche quand l'avion est en vol et une de ces conditions soit vérifiée :

- Le commutateur de capot thermique d'anti-givrage est en position de fonctionnement pour le moteur 1 ou le moteur 2.
- En dessous de 15500 pieds et les trains d'atterrissage (droit ou gauche) sont positionnés vers le bas est fermés.
- En dessous de 15500 pieds et les ailerons gauches et droits sont égaux ou plus de 15°.

III-1-8-5 CONTROLE DU CIRCUIT D'AIR :

Le rôle de système d'air est de contrôler le fonctionnement du moteur. Le système d'air en réalité empêche un dysfonctionnement tel que le pompage et la surpression.

Il y a des systèmes hydrauliques qui ont pour rôle de réduire les difficultés d'adaptation turbine compresseur et contribuer à éviter les problèmes de pompage, pour cela il y a des vannes sur le compresseur BP et des stators à calage variable sur le compresseur HP.

Deux dispositifs du contrôle des jeux diminuent les pertes marginales entre rotors et carters turbines, ils diminuent la consommation spécifique notamment en croisière et augmentent la durée de vie du moteur.

A- SYSTEME DE CONTROLE ACTIF DU JEU TURBINE HAUTE PRESSION :

Le système du contrôle du jeu turbine haute pression contrôle la quantité prélevée du 4^{ème} et 9^{ème} étage du compresseur haute pression et l'envoie vers la turbine haute pression pour contrôler le jeu, dans le but de réduire la consommation spécifique du carburant ainsi que la température des gaz d'échappement.

LA vanne HPTACC : voir fig (III-6)

La vanne HPTACC se compose en réalité de deux vannes, une pour le prélèvement du flux d'air du 4^{ème} étage et l'autre pour le prélèvement d'air de 9^{ème} étage, les deux vannes sont actionnées par un seul vérin qui est de type « vérin à piston ».

DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU SYSTEME DE CONTROLE DE HPTACC :

L'unité électronique du contrôle moteur (EEC) contrôle la vanne HPTACC en utilisant les données suivantes :

- La pression ambiante (P0).
- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression (N2).
- La température de l'air à la sortie du compresseur haute pression (T3).
- La température du carter de la turbine haute pression (la sonde HPTACC).

Le EEC reçoit habituellement P₀ des ADIRUs par les unités électroniques d'affichage (DEUs). Si les données des ADIRUs deviennent inadmissibles, le EEC utilise les sondes P₀ qui se trouve dans le carter de cette dernière.

Le système HPTACC fonctionne automatiquement. Le EEC utilise des données avions et moteur pour commander l'air prélevé du 4^{ème} et 9^{ème} étage du compresseur HP pour refroidir le carter turbine HP. Le EEC envoie un signal de commande à l'HMU, cette dernière envoie la pression correcte aux deux orifices de connexion hydraulique du vérin de commande de l'HPTACC, soit l'orifice de côté tige ou celui du côté tête.

Le EEC calcule la température du carter turbine HP suivant la vitesse de rotation N2, la température T3 et de l'altitude P₀.

Si la température du carter HP est très élevée, le EEC envoie un signal à l'HMU pour le refroidir. Si la température est moins élevée le EEC envoie un signal pour décroître le refroidissement.

Le vérin de l'HPTACC a deux LVDTs. Le EEC emploie ce dernier pour recevoir la position du vérin HPTACC. Un LVDT envoie un signal électrique au canal A de EEC et l'autre vers le canal B.

MODE DES OPERATIONS :

Il y a cinq (05) modes de refroidissement l'HPTACC :

Sans l'air :

Le vérin est complètement rétracté. Les deux vannes 4^{ème} et 9^{ème} étages de HPT sont fermées. C'est la position du moteur quand il est éteint ou quand il y a un disfonctionnement de EEC ou de l'HMU. Dans ce cas le jeu entre le carter haute pression de l'HPT est max.

Ecoulement bas du 9^{ème} étage :

Le EEC permet de placer le vérin à un certain pourcentage d'extension. La vanne du 9^{ème} étage n'est pas complètement ouverte, tandis que la vanne du 4^{ème} étage est entièrement fermée.

Ecoulement haut du 9^{ème} étage :

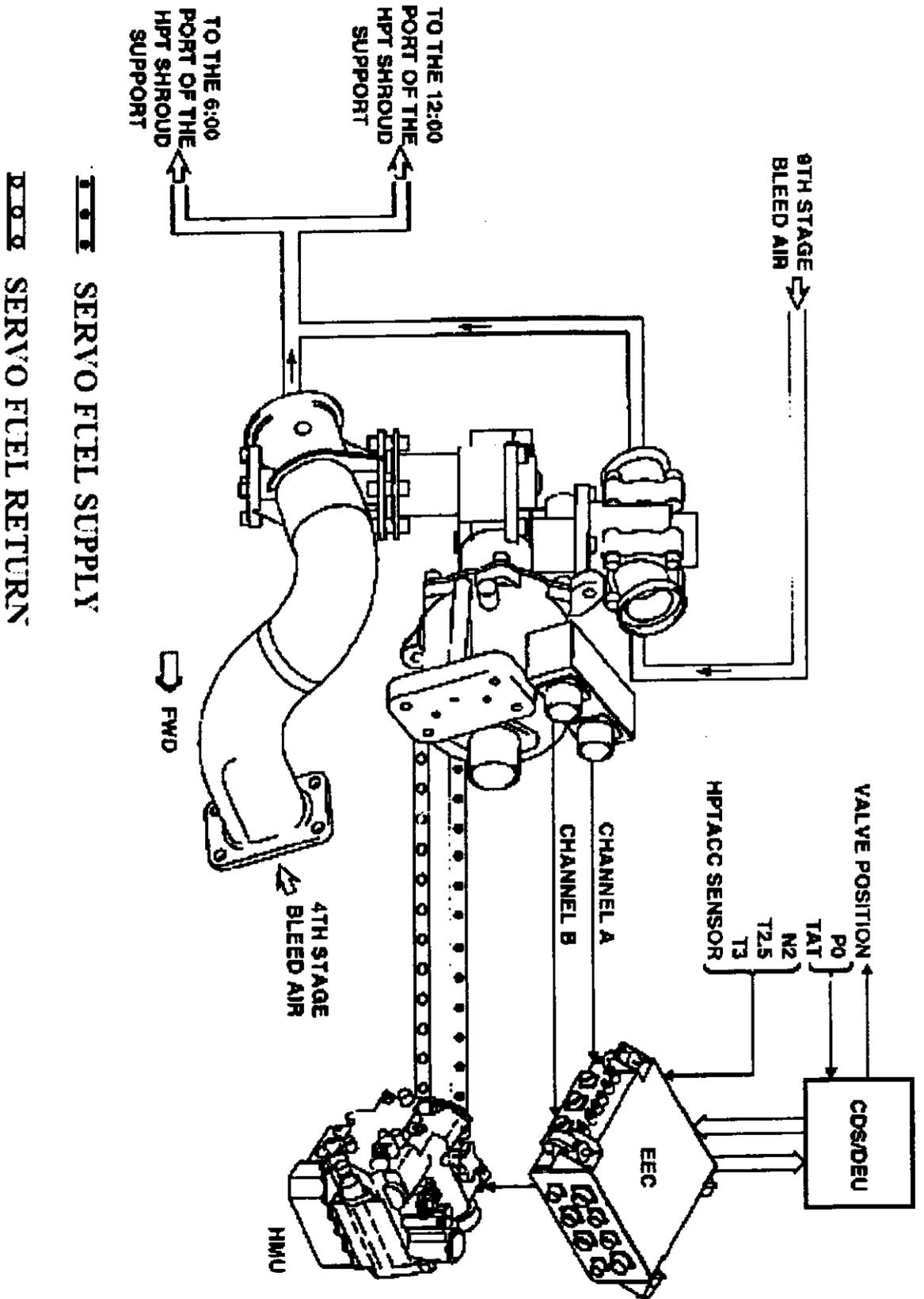
Le EEC met le vérin à 37 % de son extension, la vanne du 9^{ème} étage est entièrement ouverte tandis que celle du 4^{ème} étage est complètement fermée.

Ecoulement mixte :

Le EEC calcule la position du vérin entre 38 % et 99 % de son extension. Ceci place les valves (4^{ème} et 9^{ème} étage) dans une position qui permet un ajustement exact de la dilatation du carter HPT.

Ecoulement haut du 4^{ème} étage :

Le vérin est complètement déployé, il est à 100% de son extension, la vanne du 9^{ème} étage est complètement fermée cependant celle du 4^{ème} étage est entièrement ouverte. Ceci donne au carter de la HPT le maximum de refroidissement qui forme un jeu minimal.



CFM56-7B - Fig (III-6) - LE CONTROLE ACTIF DU JEU TURBINE HAUTE PRESSION

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

Le système de contrôle du jeu turbine basse pression (LPTACC) contrôle la quantité d'air prélevée du flux secondaire du FAN qui est dirigé vers le carter de la turbine BP pour contrôler le jeu entre le carter et l'aubage, ceci à travers la vanne LPTACC.

DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU SYSTEME DE CONTROLE DE LPTACC :

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) utilise les données ci-dessous pour contrôler la vanne LPTACC :

- la pression total atmosphérique (PT).
- La pression ambiante (P_0).
- La température totale de l'air (TAT).
- La vitesse de rotation de l'attelage basse pression (N1).
- La température des gaz d'échappement (EGT).

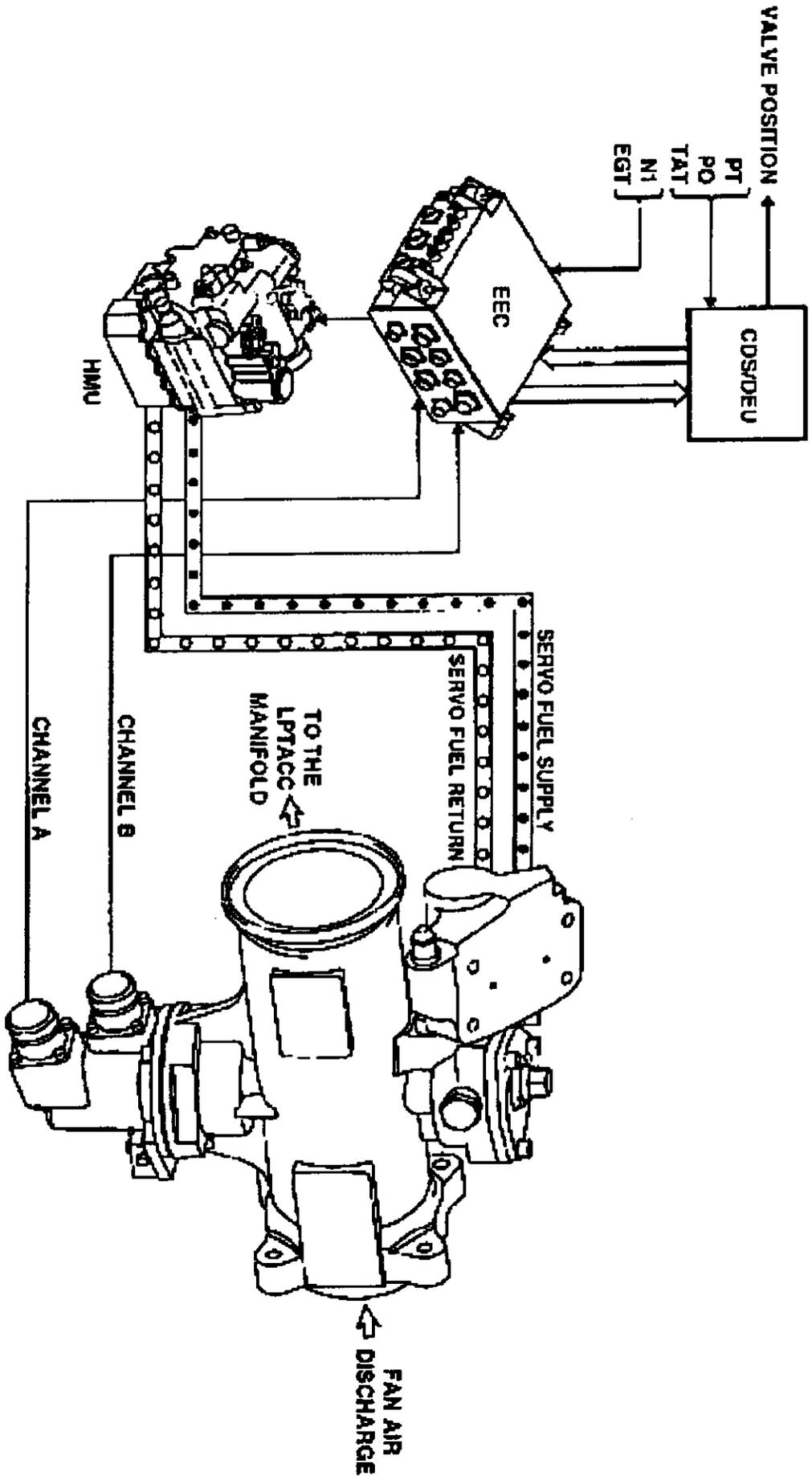
Le EEC calcule le jeu entre le carter et les aubes de la LPT suivant les données avion et moteur citées ci dessus. En général le flux d'air de LPTACC augmente quand les paramètres ci dessus augmentent.

Le système LPTACC fonctionne automatiquement. Le EEC obtient P_0 , PT, TAT de l'ADIRUs par les unités électroniques d'affichage (DEUs) et N1, EGT des sondes de moteur.

Le EEC utilise ces données pour contrôler la quantité d'air du flux secondaire qui se dirige vers le carter LPT.

Le EEC envoie un signal à l'HMU, cette dernière converti ce signal en ordre hydraulique pour délivrer une pression nécessaire afin de faire fonctionner le vérin de LPTACC, cela permet de déplacer le piston du vérin LPTACC.

La vanne LPTACC a deux RVDTs qui sont employés pour surveiller la position du vérin LPTACC. Un RVDT des vérins envoie un signal au canal A de EEC et l'autre RVDT pour le canal B.



CFM56-7B - Fig (III-7) - LE CONTROLE ACTIF DU JEU TURBINE BASSE PRESSION

C- LA VANNE DE DECHARGE TRANSITOIRE (TBV) :

Pour que le EEC contrôle la position de la vanne TBV il emploie les données suivantes :

- La température d'air à la sortie du compresseur haute pression (T_{25}).
- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression (N_2).

Le EEC emploie la vitesse N_2 et la T_{25} pour calculer la vitesse réelle de N_2 .

La TBV est commandée par le EEC qui envoie un signal électrique au moteur couple (TM). ce dernier transforme ce signal en une commande hydraulique.

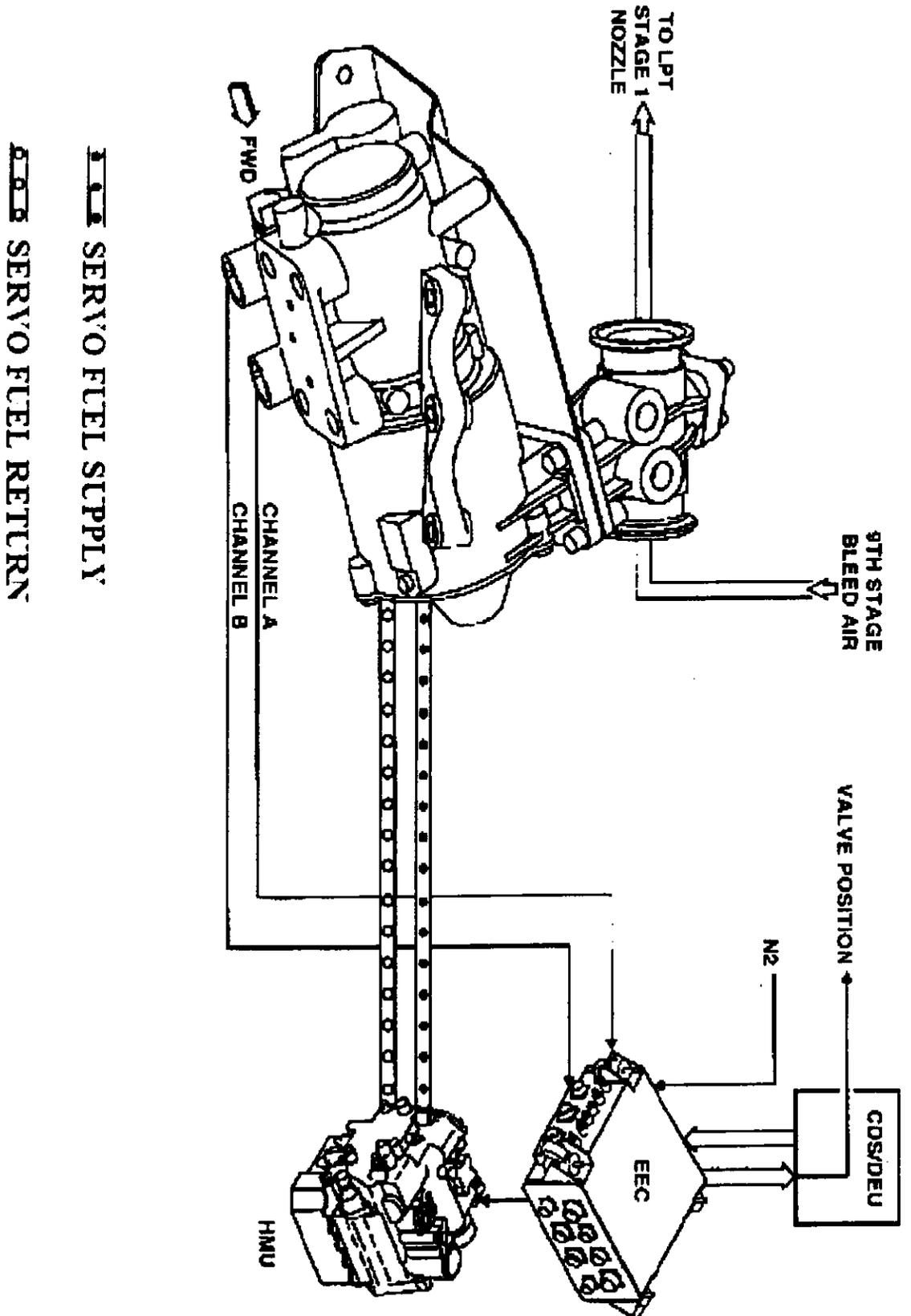
La position de la vanne est traduite par l'arbre du papillon et la trianglerie au LVDT. Ce dernier transmet un signal au EEC qui correspond à la position du papillon.

- Démarrage.....ouverte.
- Ralenti.....fermé .
- Accélération (76 %-80 % N_2).....ouverte.
- N_2 supérieur à 80 %.....fermé.

D- SYSTEME DE COMMANDE DE STATOR À CALAGE VARIABLE (VSV) :

Le système de stator à calage variable (VSV) est un dispositif qui contrôle l'écoulement d'air du compresseur HP, il assure la quantité exacte qui coule à travers le compresseur HP en ajustant l'écoulement autour des profile d'aubes à différents régimes de fonctionnement du moteur dont le but d'évité le pompage.

Les vérins de commande des VSV sont de type « vérine à piston », munis de deux connexions hydrauliques, côté tige et côté tête.



SERVO FUEL SUPPLY

SERVO FUEL RETURN

CFM56-7B - Fig (III-8) - LA VANNE DE DECHARGE TRANSITOIRE

DESCRIPTION FONCTIONNELLE DES STATORS À CALAGE VARIABLE (VSV) :

Pour calculer la position des stators à calage variable Le EEC utilise les données suivantes :

- La température totale d'air (TAT).
- La pression d'air totale (PT).
- La pression ambiante (P_0).
- La vitesse de rotation de l'attelage HP (N2).
- La vitesse de rotation de l'attelage BP (N1).
- La température d'air à la sortie du compresseur HP (T_{25}).

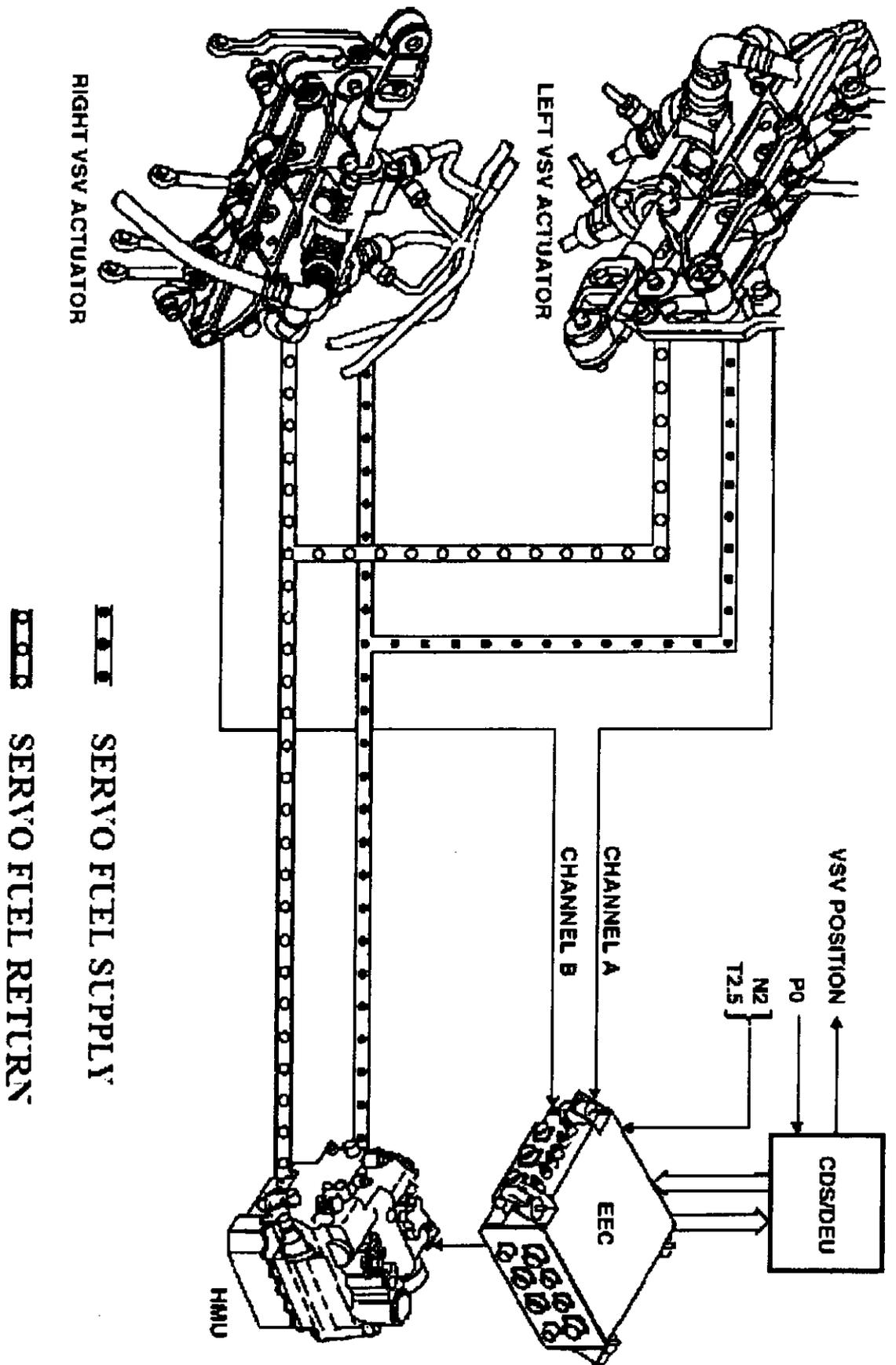
Le EEC obtient la TAT, P_0 et PT des ADIRUs par les unités électroniques d'affichage (DEUs) et les autres données par les sondes du moteur.

Le EEC calcule les commande de la position de VSVs suivant les données du moteur et de l'avion et envoie des signaux de commande au HMU qui les convertis grâce à des moteurs couples et des servo vannes en ordre hydraulique.

Les LVDTs des vérins des VSVs signal la position des VSVs aux deux canaux de EEC.

MODE DES OPERATIONS :

Les ailettes du stator à calage variable sont en position fermée quand N2 est en ralenti. Elles se déplacent à une position d'ouverture quand N2 augmente. Elles sont complètement ouvertes quand N2 est plus de 95 %.



CFM56-7B - Fig (III-9) - LES STATORS A CALAGE VARIABLE

E- VANNES DE DECHAREGE (VBV) :

Ce mécanisme est disposé en arrière du compresseur BP. Il permet d'effectuer une décharge d'air de compresseur BP vers l'écoulement secondaire. D'autre part il permet la décharge des particules non désirées durant les faibles vitesses et l'utilisation des inverseurs de poussée.

Le vérin de commande de VBV est de type « vérin à piston » munis de deux connexions hydrauliques, coté tige et coté tête. Le principe de fonctionnement des VBVs est le même que celui des VSVs.

DESCRIPTION FONCTIONNELLE DES VANNES DE DECHARGE (VBV) :

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) calcule la position des vannes de décharge en utilisant les données suivantes :

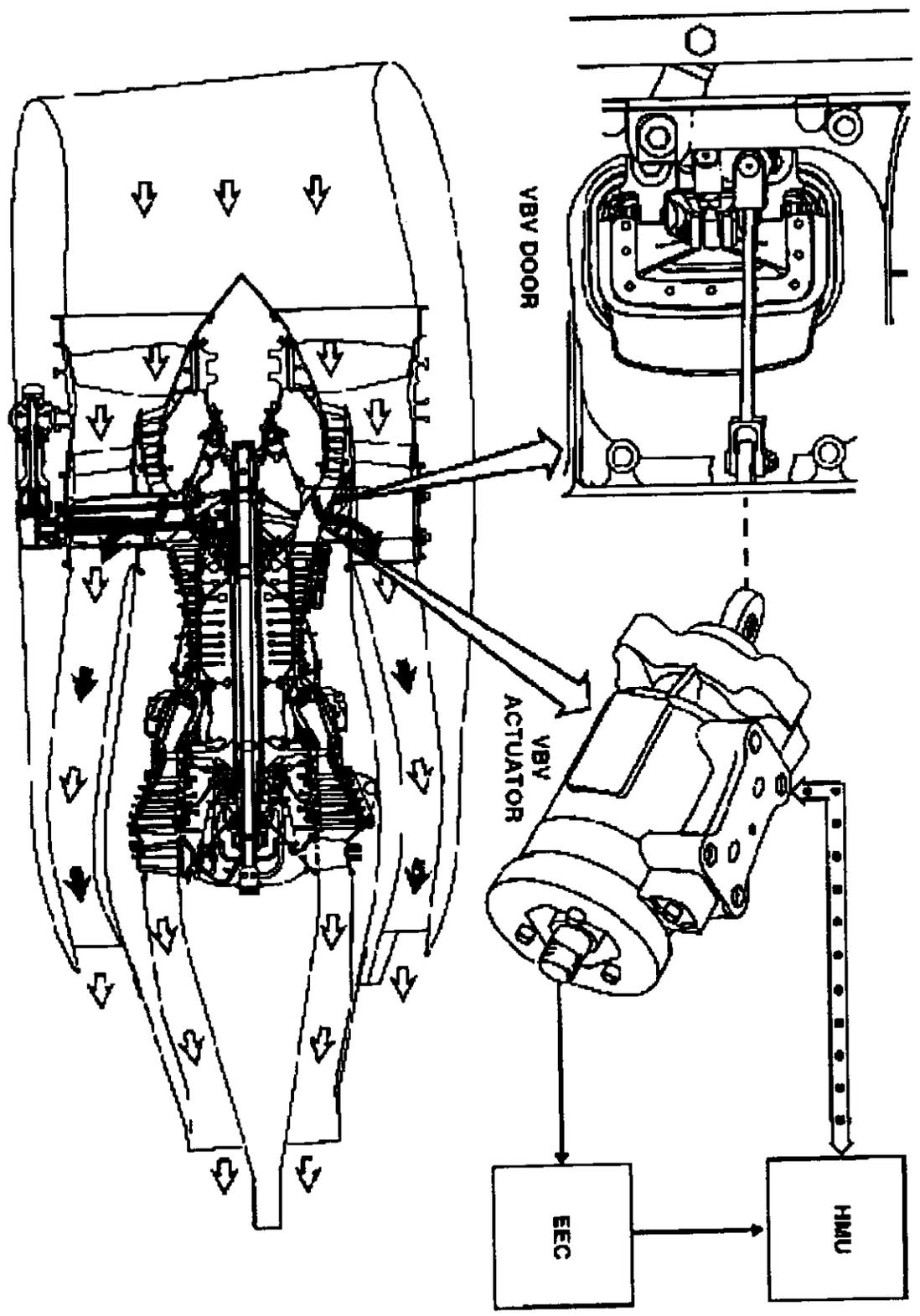
- La pression d'air statique (P_0).
- La température d'air totale de l'avion (TAT).
- La pression d'air totale de l'avion (PT).
- La température d'air à la sortie de CHP (T_{25}).
- La position des VSV.
- La vitesse de rotation de l'attelage BP (N_1).
- La vitesse de rotation de l'attelage HP (N_2).
- La position de la manette de réajustement de la poussée (TRA).

Le système du VBV fonctionne automatiquement, le EEC obtient P_0 , PT et TAT des ADIRUs par les (DEUs). les autres données N_1 , N_2 , T_{25} et la position des VSVs par les sondes du moteur et obtient aussi la position de la manette (TRA).

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

Il y a un LVDT qui se connecte avec chaque vérin, le LVDT de vérin gauche est relié au canal A de EEC et celui de vérin droit est relié au canal B. leur rôle consiste à transmettre la position des VBVs au EEC.

CFM56-7B - Fig (III-10) - LES VANNES DE DECHARGE



III-1-8-6 CONTROLE DES PARAMETRES DE CIRCUIT DE GRAISSAGE :

Les indications du système de graissage envoient les données du système à l'unité électronique d'affichage (DEUs). Le panneau primaire et le panneau secondaire affichent dans le P2 les paramètres suivants :

- La quantité d'huile.
- La pression d'huile.
- La température d'huile.
- Le colmatage du filtre de récupération.

Pour cela les composants suivants sont utilisés :

- Un transmetteur de quantité d'huile.
- Un transmetteur de pression d'huile.
- Une sonde de température d'huile.
- Un transmetteur de colmatage du filtre de récupération.

Le transmetteur de quantité d'huile envoie les données de quantité d'huile directement aux CDS / DEUs, les trois autres composants envoient leurs données au DEU à travers le EEC.

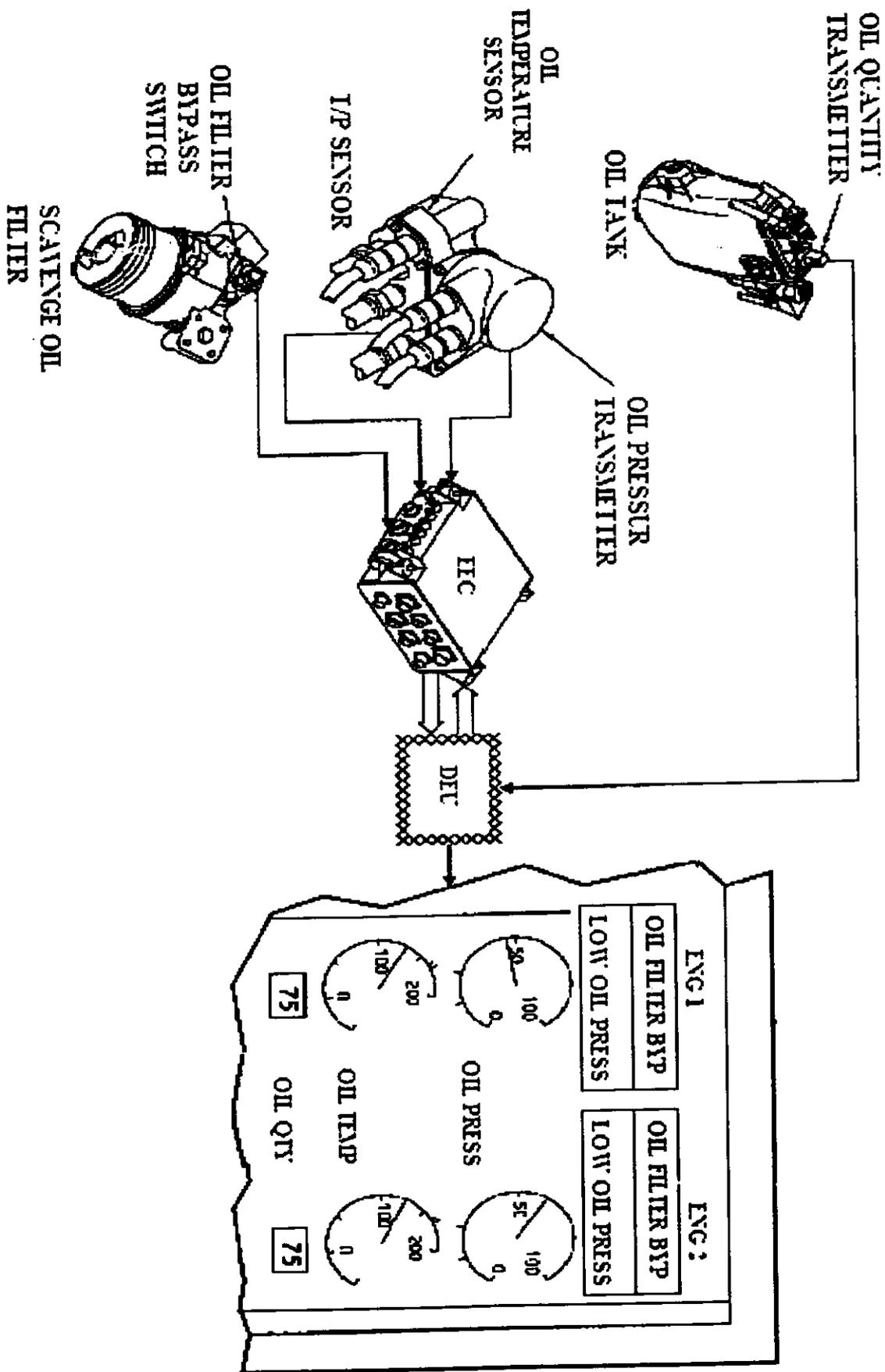
Le transmetteur de pression et la sonde de température d'huile sont localisés dans un assemblé appelé « capteur température / pression (P/T) ».

A-INDICATEUR DE PRESSION D'HUILE :

Le transmetteur de pression d'huile se compose de deux sondes, chaque sonde est connectée à un canal de EEC. Le transmetteur de pression d'huile mesure la pression différentielle entre l'entrée de la pompe de refoulement et la cavité de refoulement TGB, ce transmetteur envoie un signal électrique au EEC, cette dernière change ce signal en un signal ARINC 429 et elle envoie aux DEUs. Les DEUs affichent la pression d'huile dans l'écran secondaire.

Message de basse de pression d'huile :

Quand la pression est au-dessous de la ligne rouge, le EEC envoie un signal aux DEUs, ceci mène le CDU à afficher LOW OIL PRESSURE. Ce message ambre clignote pendant 10 secondes, et s'allume sans interruption si la pression d'huile reste inférieure à la ligne rouge (la limite).



CFM56-7B - Fig (III-11) - L'INDICATION D'HUILE

B- INDICATION DE TEMPERATURE D'HUILE :

L'indication de température d'huile utilise la sonde de température à la sortie de l'unité de lubrification. La sonde de température d'huile a deux éléments, chacun est connecté à un canal de EEC. Il y a un seul connecteur pour les deux canaux. Le capteur P/T contient la sonde de température d'huile.

La sonde de température d'huile obtient les données de température d'huile de l'avant et la tuyauterie de refoulement TGB. Elle envoie un signal électrique au EEC, cette dernière le traduit en un signal ARINC 429 et l'envoie au DEUs. Le DEUs affiche la température d'huile dans l'écran secondaire.

C- TRANSMETTEUR DE COLMATAGE DE FILTRE DE RECUPERATION :

Le transmetteur de colmatage de filtre de récupération est connecté au EEC par un seul connecteur. Le transmetteur mesure la différence de pression entre la sortie et l'entrée du filtre de récupération. Quand le transmetteur de colmatage de filtre de récupération est fermé, il envoie un signal électrique au EEC, cette dernière le traduit en un signal ARINC 429 et l'envoie au DEUs. Les DEUs affichent OIL FILTER BYP sur le CDU, ce message clignote pendant 10 secondes, puis si le message persiste il s'allume sans interruption.

III-1-8-7 CIRCUIT CARBURANT :

Dans le circuit carburant le EEC contrôle les composants suivants :

A- LE GALET DOSEUR (FMV) :

La vanne de dosage carburant (FMV) est commandée par le moteur couple qui pilote un petit vérin. Le moteur couple a deux bobines indépendantes, isolées électriquement, chacune recevant ces ordres d'un canal de EEC.

L'unité électronique du contrôle moteur (EEC) contrôle le FMV par la pression du carburant d'électro hydraulique servo vanne (EHSV) de la FMV. Le (resolver) du FMV envoie la position de cette dernière au EEC. La pression du carburant qui traverse la FMV fait ouvrir le robinet d'arrêt haute pression (HPSOV).

Le EEC peut entièrement fermer la vanne FMV au sol pendant le démarrage moteur pour les conditions suivantes :

- L'EGT dépasse la limite pendant le démarrage.
- Le moteur va au ralenti pendant le démarrage, mais N2 diminue au-dessous de 50% et l'EGT va au-dessus de la limite de démarrage.

L'unité électronique du contrôle moteur envoie un signal indiquant que l'avion ne doit pas décoller aux DEUs pour les échecs de la FMV suivants :

- Le signal de la position du galet doseur est hors sa gamme pour les deux canaux de EEC.
- Le signal de position du galet doseur est hors sa gamme et le EEC est en position du canal simple.
- Le courant de commande de l'EHSV-FMV est hors sa gamme et le EEC est en canal simple.

Les DEUs activent la lumière de commande du moteur sur le panneau P₅ supérieur arrière et les voyants principaux d'alarmes quand ces conditions sont rencontrées :

- L'avion est au sol plus de 30 seconde après de débarquement ou l'augmentation de la vitesse au sol est plus de 80 nœuds.
- Le EEC est excité (démarrage moteur, moteur en marche) pour la maintenance.
- Une panne moteur est détectée (l'avion ne doit pas décoller).

B- LE ROBINET D'ARRÊT HAUTE PRESSION (HPSOV) :

Quand le solénoïde du robinet d'arrêt (HPSOV) est excité, le robinet se ferme. Lorsque le robinet d'arrêt est en position ouverte, il laisse le carburant s'écouler du galet vers les injecteurs.

Lorsque le levier de démarrage est en position de ralenti il envoie un signal aux DEUs. Ces derniers envoient un autre signal au EEC pour l'ouverture du galet doseur (FMV), la pression du carburant du galet doseur ouvre le HPSOV.

Lorsque le levier de démarrage est en position « CUT OFF », le solénoïde est excité et le carburant d'asse-vissement ferme le robinet HPSOV. Dans ce cas la pression du carburant du galet doseur ne peut pas ouvrir le robinet HPSOV.

Lorsque le robinet HPSOV se ferme le débit carburant vers les injecteurs s'arrête.

C- LE GOUVERNEUR DE SURVITESSE (OSG) :

Le gouverneur de survitesse (OSG) assure la protection moteur au cas où le système FADEC serait perdu en empêchant la survitesse de N2.

En cas de survitesse, l'OSG ouvre un clapet de dérivation carburant pour diminuer le débit carburant envoyé aux injecteurs, cela permet de baisser le N2.

L'unité électronique du contrôle moteur (EEC) surveille le fonctionnement du gouverneur de survitesse (OSG) pendant le démarrage moteur.

D- LE DEBITMETRE CARBURANT :

Le débitmètre est monté sur le carter FAN position 2h :00, il mesure le débit carburant de 0 à 6360 kg/h avec une erreur de 45 kg/h le carburant à travers deux turbines en série liées par un ressort de rappel équilibrant le couple fourni par le passage du carburant qui fait la différence de calage des petites ailettes des deux turbines, ces dernières portent chacune un aimant d'où l'écoulement de carburant les pousse à créer deux signaux à envoyer aux canaux A et B de EEC. La différence entre les signaux est traitée par la boîte électronique d'affichage DEUs, et convertie en poids du carburant qui sera affiché sur l'écran d'affichage CDS.

E- LA VANNE DE SELECTION DES INJECTEURS (BSV) :

L'unité électronique du contrôle moteur (EEC) commande la vanne de sélection des injecteurs via un solénoïde. Elle a deux positions fermée/ouverte. La BSV est en position fermée quand N2 est entre 55 et 80 %, dans ce cas il y a seulement dix (10) injecteurs qui alimentent la chambre de combustion. La BSV est en position ouverte quand N2 est entre 25 et 55 % et au-delà de 80 % du régime N2 les vingt (20) injecteurs sont alimentés.

La vanne de sélection des injecteurs offre les avantages suivants :

- Economie du carburant.
- Augmentation de la durée de vie du moteur.
- Une meilleure pulvérisation du carburant.

III-1-8-8 CIRCUIT DE DEMARRAGE :

Pendant toute la durée de la séquence de démarrage, le EEC surveille les paramètres N1, N2, EGT et provoque l'arrêt automatique (au sol) du démarrage (fermeture du robinet HPSOV, de la vanne de démarrage et coupure de l'allumage) en cas de démarrage chaud et humide.

FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DE DEMARRAGE :

Le sélecteur de démarrage est dans la position GRD, le courant (24/28 volt) passe est arrive dans le système du contrôle de L'APU.

Le système électronique de l'APU reçoit le signal de démarrage, les vannes de l'APU dirigent l'air vers la conduite et augmentent la puissance pneumatique.

La bobine qui maintient le commutateur de démarrage à la position GRD est excitée, l'autre partie du courant va directement au DEUs pour les activer.

A ce moment, le EEC reçoit le signal de démarrage est commence à renvoyer les informations sur les paramètres du moteur, l'électro-aimant de la vanne de sa part est excitée, la vanne s'ouvre et au niveau de CDS en reçoit l'information de l'état.

L'air comprimé arrive au démarreur et enclenche l'embrayage, l'arbre tourne, la sonde de cet arbre envoie des informations au EEC et en même temps reçu par DEUs (1 et 2). Sur l'écran secondaire, on constate l'augmentation du N2 de l'ordre de 25 %.

A 25 % de N2 on bascule le levier de carburant dans le cockpit vers le haut, le carburant est activé. Un signal est envoyé au EEC qui donne l'excitation d'allumage, en parallèle la valve d'alimentation du carburant reçoit un signal d'ouverture. Le carburant dosé de l'HMU et envoyé aux injecteurs qui le pulvérisent, c'est la combustion.

Sur le cockpit on aura ces données :

- Augmentation de N1 (20 %).
- Augmentation de l'EGT (414° C).
- N2 est à l'ordre de 55 %.
- Consommation carburant (07 %).

A ce moment :

- Un signal de EEC coupe l'allumage et le signal de l'APU s'arrête.
- Le solénoïde ramène la vanne papillon à la position fermée et le signal sur la position du papillon disparaît sur l'écran.
- L'arrêt de l'air comprimé et le démarreur se désengage.

A- DEMARRAGE A CHAUD :

Les paramètres du moteur du démarrage à chaud sont :

- N2.....52 %.
- N1.....12 %.
- EGT.....725°C.
- FF.....1.4.

Quand le EEC reçoit un démarrage à chaud, l'affichage numérique de l'EGT clignote.

Le EEC arrête immédiatement le flux du carburant et coupe l'allumage, si la limite de démarrage de l'EGT est dépassée.
L'affichage numérique de l'EGT continue à clignoter jusqu'à ce que la position du levier de démarrage soit sur la position arrêt (CUT OFF).

B- DEMARRAGE A FROID :

Les paramètres du moteur au démarrage froid sont :

- N230 %.
- N1.....9.5 %.
- EGT.....21°C.
- FF..... $0.90 \cdot 10^3$ kg/h.

Quand le EEC reçoit ces paramètres, elle fait les fonctions suivantes :

Le EEC arrête le démarrage du moteur si l'EGT n'augmente pas dans 15 secondes après avoir déplacé le levier du démarrage du moteur à la position du ralenti. Le EEC arrête le débit carburant et coupe l'allumage.

III-1-8-9 CIRCUIT D'ALLUMAGE :

Le contrôle du système d'allumage se compose des éléments suivants :

- Le levier de démarrage.
- Le commutateur de démarrage.
- Le sélecteur d'allumage.
- L'unité électronique de contrôle moteur (EEC).

Le levier de démarrage contrôle l'énergie électrique du système d'allumage envoyée au EEC, le commutateur et le sélecteur d'allumage fournissent les entrées de EEC cette dernière emploie ses données pour assurer la puissance aux excitateurs d'allumage.

Le EEC et le CDS/DEU surveillent la position de ces composants du compartiment de vol.

- Sélecteur d'allumage.
- Commutateur du levier de démarrage.
- Commutateur du démarrage moteur.

Chaque CDS/DEU envoie les données sous forme de signaux numériques au EEC, avec l'information de la position de commutateur. Le EEC analyse le signal numérique de CDS/DEU et le signal analogique puis il les compare. Si le signal numérique logique de CDS/DEU 1 ou CDS/DEU 2 envoyé au EEC s'arrête, le EEC emploie le signal analogique comme entrée de compartiment de vol.

Le EEC commande quatre commutateur ON/OFF d'allumage interne de EEC. Ces commutateurs envoient 115 VAC aux excitateurs d'allumage.

Chaque canal de EEC contrôle un commutateur (ON/OFF) d'allumage à chaque excitateur d'allumage puisque un seul canal de EEC est en activité, un seul commutateur (ON/OFF) d'allumage fonctionne pour un excitateur d'allumage l'autre anal de EEC est en mode attente. Quand le levier de démarrage est mis en position ralentie, le courant alternatif 115 VAC va au EEC en passant par le commutateur du levier de démarrage qui est en position fermée.

Les excitateurs d'allumage reçoivent le courant électrique et envoient 11500 à 2000 VCC aux bougies d'allumage, cette tension passe à travers les électrodes de la bougie produisant une étincelle.

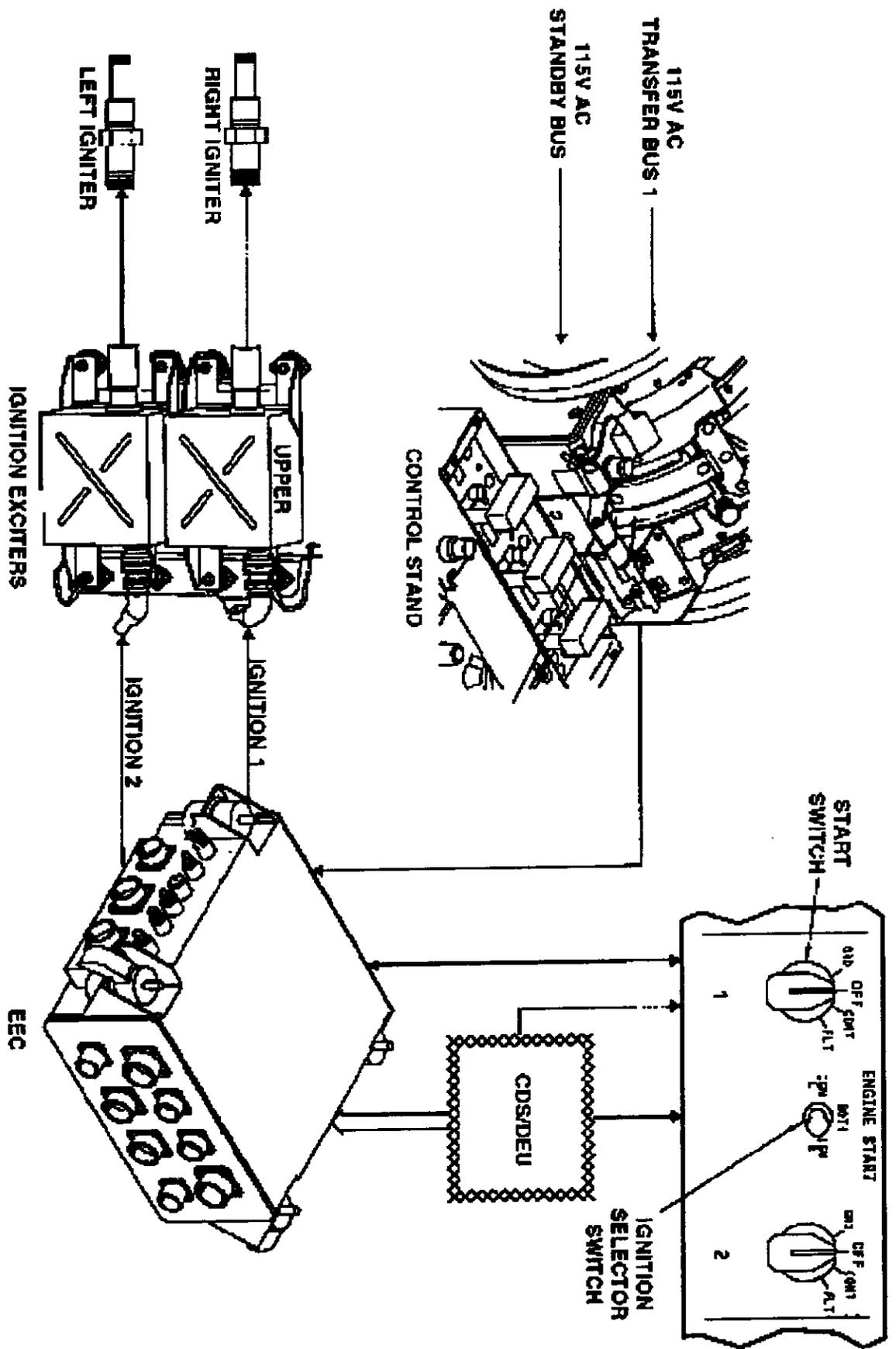
LA PROTECTION :

Le EEC allume les deux circuits d'allumage d'un moteur automatiquement si l'une de ces conditions est vérifiée :

- Le levier de démarrage étant en position de ralenti les commutateurs de démarrage est en position vol.
- Le levier de démarrage moteur est en position ralenti le commutateur est en position sol ou continue, N2 est inférieur au ralenti est en vol.
- Le levier de démarrage est en position ralenti, la vitesse diminue sans être commandé ou $50 \% < N2 < 57 \%$ pour cette condition les deux circuit d'allumage sont maintenus en activité pendant 30 seconde.
- Le levier de démarrage est en position ralenti, l'avion est en vol, le commutateur de démarrage est dans la position OFF, $5 \% < N2 < \text{vitesse de ralenti}$.

Le EEC coupe automatiquement l'allumage lorsque les conditions ci-dessous sont vérifiées :

- Les sélecteurs de démarrage ne sont pas en position correcte avec de la commande d'allumage.
- Le démarrage à froids au sol.
- Le démarrage à chaud au sol.
- Le levier de démarrage est en position ralenti (IDLE), l'avion au sol, le moteur a accompli un démarrage, la vitesse $< 50 \%$, et l'EGT dépasse la limite au démarrage.
- Le circuit d'allumage est activé pour $N2 < \text{la vitesse de ralenti}$ ou une diminution non commandée de N2 et la vitesse du moteur retourne à la normale.



CFM56-7B - Fig (III-12) - SYSTEME D'ALLUMAGE

III-1-8-10 CIRCUIT REVERSE :

Le transducteur différentiel variable linéaire (LVDT) fournit les données des positions des demi-couronnes de T/R à l'unité électronique du contrôle moteur (EEC).

Le EEC emploie le signal de LVD pour les fonctions suivantes :

- Contrôle du message REV sur le système visualisation commun (CDS).
- Isolation d'une panne par les unités de visualisation de commande (CDUs).
- Contrôle du voyant du contrôle moteur.
- Contrôle de couplage des inverseurs de poussée.
- Contrôle de la poussée inverse.

Le EEC change le signal analogique de LVDT au signal numérique. Il envoie un signal sur l'ARINC 429 à chaque unité électronique d'affichage (DEU). Les DEUs affichent le message REV sur le système de visualisation commun (CDS).

Les unités de visualisation de commande (CDUs) sont employées pour dépanner le LVDT.

Le EEC enregistre les pannes des LVDTs quand une de ces conditions se produit pendant plus de 5 secondes :

- L'entrée de LVDT au EEC et hors la gamme.
- les canaux A et B de EEC voient que les demi-couronnes sont déployées à 10 %.
- La valeur de la différence de position entre les deux demi-couronnes de T/R de canal A et B de EEC est supérieur à 12 %.

A- DESCRIPTION GENERALE :

Les données de position de demi-couronnes sont envoyées à l'unité électronique du contrôle moteur (EEC) le voyant REVERSE montre quand il y a une panne dans l'un de ces composants :

- Le système de contrôle T/R.
- Une panne mécanique qui empêche le système de fonctionner correctement.

Le voyant REVERSE vient pendant 10 secondes pour l'opération de verrouillage des T/R. le voyant reste si les T/R ne verrouillent pas. L'unité d'accessoire moteur (EAU) commande le voyant.

B- LE SYSTEME D'INDICATION DES INVERSEURS DE POUSSEE :

Le système d'indication T/R fourni les données de position de demi-couronnes du système de visualisation (CDS). Le message REV montre la position de demi-couronnes. Le système d'indication T/R utilise les voyant REVERSE pour montrer une panne sur les composants de système de contrôle de T/R le système d'indication T/R peut également apporté sur la lumière de contrôle moteur.

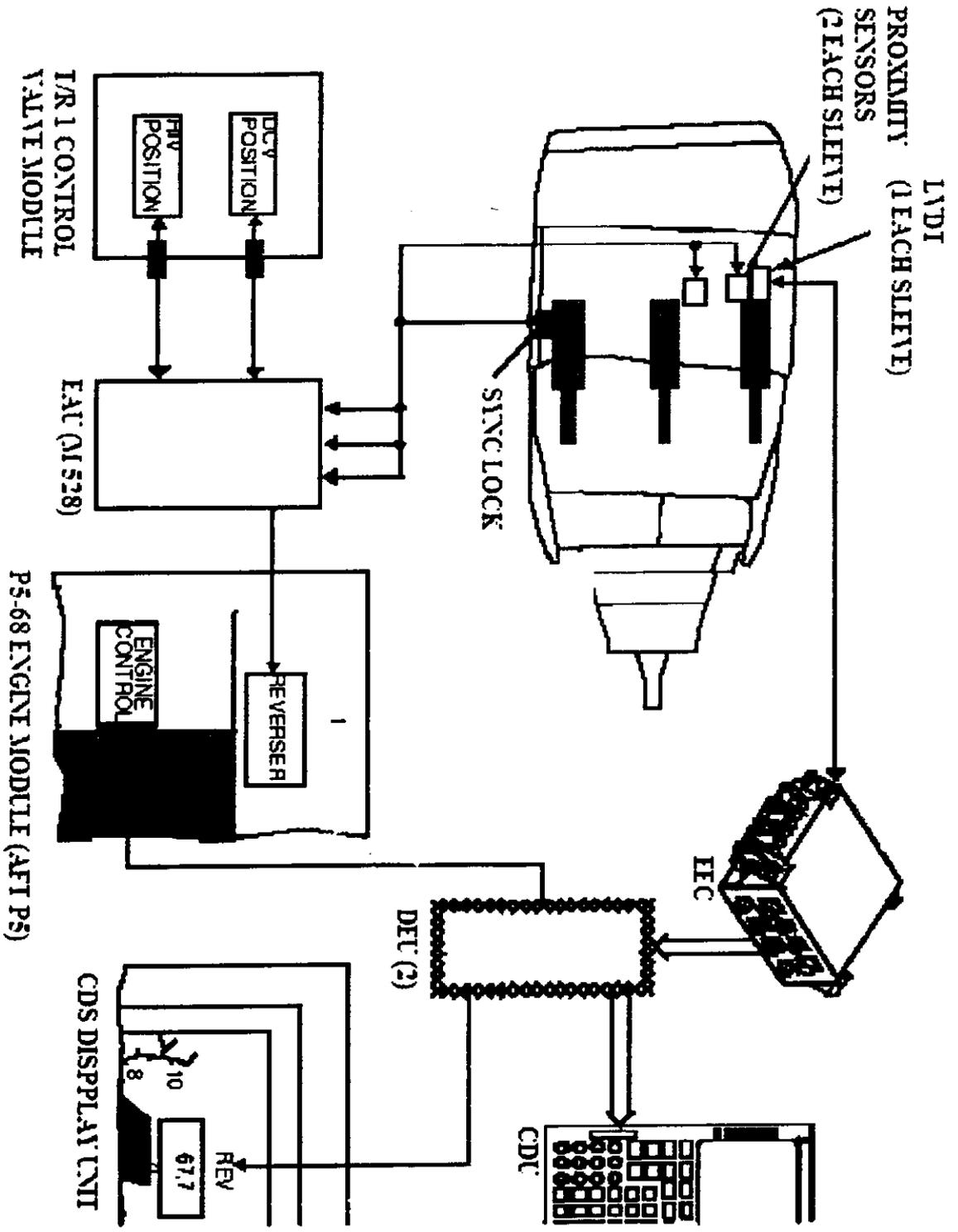
MESSAGE REV :

Les messages REV s'affichent au-dessus des indications du moteur N1 sur CDS et l'exposition d'un message se fait pour chaque T/R. le message s'affiche ambre quand un ou deux demi-couronnes soient entre 10 à 90 % qui sont parcourues dans la position de déploiement. Le message s'affiche vert lorsque les demi-couronnes sont plus 90 % qui sont parcourues de la position de déploiement.

Chaque demi-couronne à un transducteur différentiel variable linéaire (LVDT). Ce dernier fournit les données de la position des demi-couronnes de T/R à la commande électronique moteur (EEC). Le EEC et les unités électroniques d'affichage (DEUs) contiennent le logiciel nécessaire pour utiliser le message REV. Le EEC fournit un signal sur un bus d'ARINC 429 à chaque unité électronique d'affichage (DEU) ces derniers affiche alors le message sur la boite de commande et d'affichage.

LE VOYANT REVERSER :

Chaque T/R à un voyant ambre sur les panneaux d'affichage du moteur. Le voyant REVERSER peut afficher en vol. les voyant REVERSER s'affiche pendant 10.5 seconde durant l'opération normal de verrouillage et ils restent s'il y a une panne sur les composants du système de contrôle T/R. les voyants REVERSER avancent immédiatement pendant le déploiement si un composant du système de contrôle de T/R est en panne, le voyant reste jusqu'à ce que le problème de déploiement soit trouver et l'unité d'accessoire moteur (EAU) soit rétablit.



CFM56-7B - FIG (III-13) - SYSTEME D'INDICATION DES INVERSEURS DE POUSSEE

Le voyant REVERSER s'affiche pendant les verrouillages et le déploiement si aucun des composants du système de contrôle de T/R suivants ne fonctionne :

- Capteur de proximité (deux demi-couronnes de T/R).
- Syn. lock.
- La vanne de commande directionnelle (DCV).
- La vanne d'isolement hydraulique (HIV).

L'unité d'accessoire moteur (EAU) contient le logiciel nécessaire pour identifier les pannes des composants du système T/R. L'EAU contrôle les voyants REVERSER.

III-1-8-11 LE BITE :

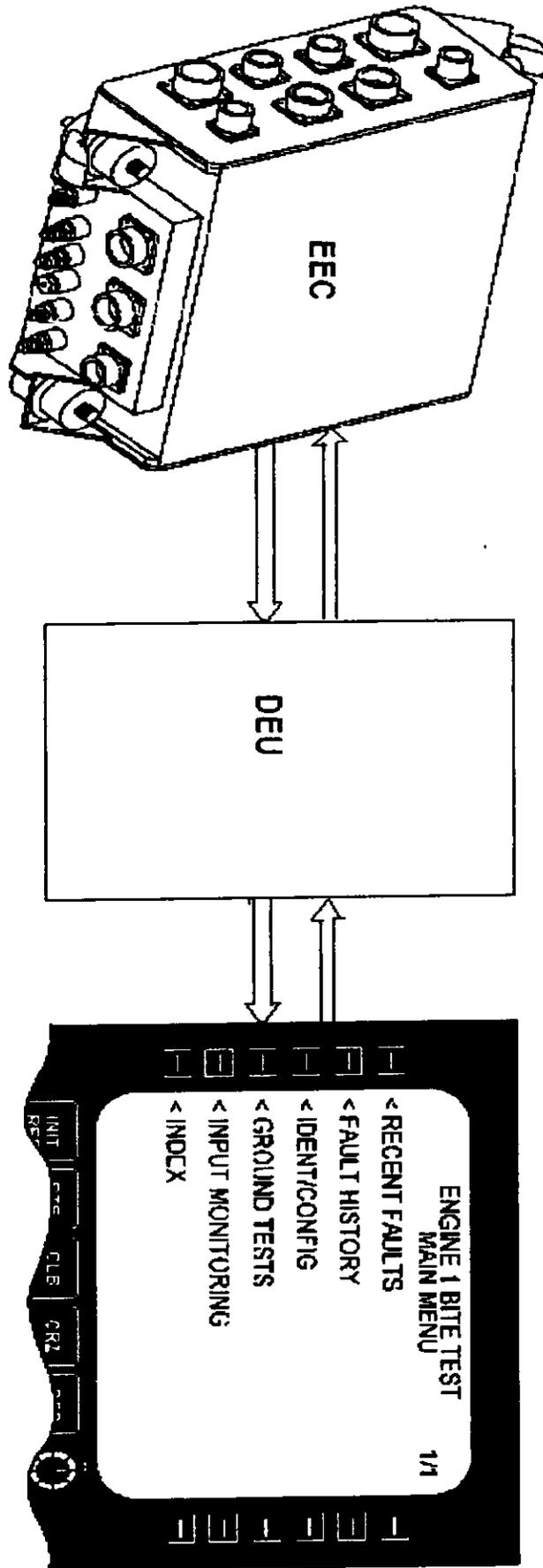
L'équipement d'essai incorporé (bite) est intégré dans le EEC, il stocke les informations dans la mémoire non volatile. Les informations sont obtenus grâce à la mémoire BITE de EEC pour faire les essais au sol avec l'unité de visualisation de commande de l'ordinateur de gestion de vol (FMC, CDU).

Le FMC/CDU envoie un signal au EEC par l'unité électronique d'affichage (DEUs) sur le bus de données ARINC 429. Le EEC envoie les données ou le résultat de FMC/CDU par les DEUs. Les pannes sont mémorisées sous forme de menu. Il comporte :

- RECENT FAULT : les pannes qui se sont produit pendant les (03) derniers vols.
- FAULT HISTORY : les pannes qui se sont produit pendant les (10) derniers vols.
- IDENT/CONFIG : données d'identification et de configuration du moteur.
- GROUND TEST : test au sol.
- INPOT MONITORING : données envoyées au EEC par les sondes de moteur et d'avion.

Le BITE de EEC permet de faire plusieurs essais au sol, l'essai au sol facilite la recherche des problèmes du système de moteur et assure l'action d'entretien pour le dépannage.

L'équipe de maintenance au sol utilise le manuel de recherche de panne (FIM) pour interpréter la panne du moteur affichée sur le CDU.



CFM56-7B - Fig (III-14) - EEC BITE - SYSTEME DE CONTROLE DES PANNES

Le EEC surveille les sondes du moteur et d'avion, les vérins et les commutateurs.

Quand le EEC trouve une panne, il la stocke dans la mémoire de BITE. Les pannes ont les 05 niveaux d'expédition suivants :

- Voyant du contrôle moteur.
- Voyant du mode alternatif.
- Temps court.
- Temps long.
- économique.

Le EEC stocke les pannes dans la mémoire par le niveau d'expédition. Il stocke jusqu'à 10 de chaque niveau par les dix vols précédents. Les pannes sont effacées au bout du 11^{ème} vol. s'il y a dix pannes stockées dans un niveau d'expédition et une nouvelle panne se produit dans le même niveau, l'ancienne panne est remplacée par la nouvelle.

III-1-9 TEST EEC :

Il permet de tester :

- Les canaux A et B de EEC.
- Les interfaces entre les paramètres et le EEC.
- Les circuits interne de EEC.
- Les voyants et les messages au niveau du cockpit.

Durant le test de EEC, le EEC allume les voyants suivants au cockpit :

- Engine contrôle s'allume ambre sur le panneau P5.
- ALTN s'allume ambre sur le panneau P5.
- FILTER BY PASS s'allume ambre sur le panneau carburant.
- OIL FILTER BY PASS s'allume ambre sur l'écran supérieur coté droit des paramètres moteur primaires.

Si le test est satisfaisant le message suivant s'affiche sur le CDU :

NO EEC TEST FAULT

Si ce n'est pas satisfaisant le message de maintenance s'affiche sur le CDU.

III-2 LES FONCTIONS DE EEC DU REACTEUR CF6-80-E1 :**III-2-1 L'UNITE ELECTRONIQUE DU CONTROLE MOTEUR (EEC) :**

L'unité électronique du contrôle moteur (EEC) est un microprocesseur électronique digital, composé de deux (02) canaux identiques (A et B). il est fixé en utilisant des isolateurs de vibration sur le coté gauche du carter fan position 8h30.

Le EEC gère les fonctions moteurs suivantes :

- Le contrôle de la poussée réacteur.
- Le contrôle du débit d'air de compresseur.
- Le refroidissement des accessoires réacteur.
- Le refroidissement des carters turbines haute et basse pression.
- L'interface réacteur / avion (ECAM...etc.).
- La protection des paramètres limites.
- Le système de test incorporé à l'équipement (BITE).
- La détection des pannes.
- Les indications statut réacteur.
- Le contrôle du circuit reverse.
- Le contrôle du circuit de démarrage.

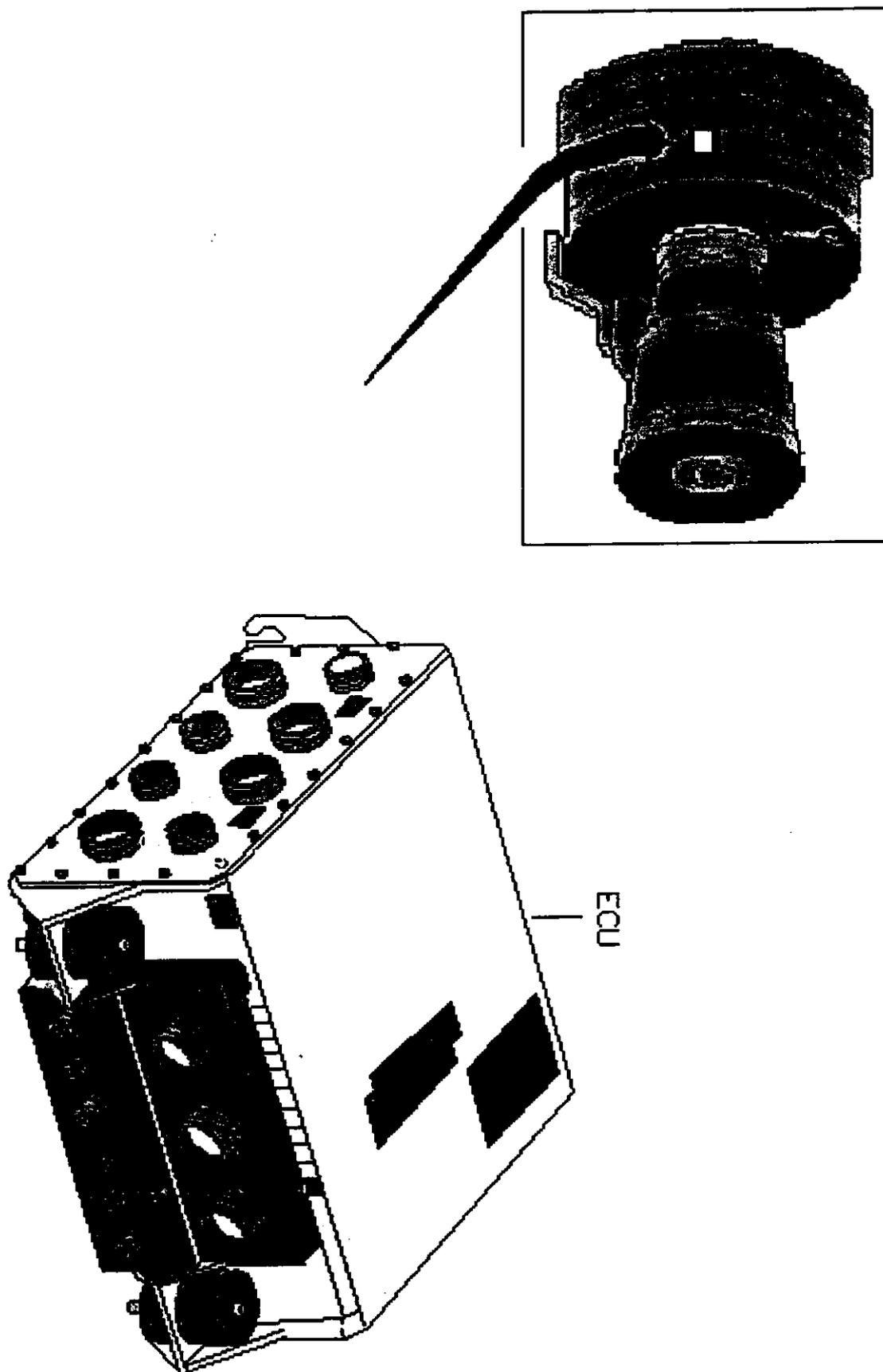
Il existe onze (11) prises électriques dans le coté face de EEC, identifiées de « J1 » à « J11 », et il existe quatre (04) connexions pour les sondes de pression dans le coté bas de l'unité. Le montage des connexions des capteurs moteurs est codé avec des couleurs pour faciliter leur identification. La prise d'identification se relie au connecteur « J11 ».

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) est refroidie par convection naturelle.

Le EEC est désigné pour supporter une variété de combinaisons avion/moteur et les différentes évaluations de la poussée.

Un bouchon d'identification dans le connecteur « J11 » programme le EEC pour les applications désirées, le bouchon est attaché au carter fan par une aiguillette et il reste sur le moteur en cas d'un changement de EEC. Il doit être connecté au EEC pour le contrôle de l'avion.

CF6-80-E1 - Fig (III-15) - L'UNITÉ DE CONTRÔLE MOTEUR



L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) a deux modes de fonctionnement :

- Le mode « contrôle » : le EEC est habituellement en mode contrôle.
- Le mode « test » : le EEC est en mode test si :
 - L'avion est au sol.
 - La manette de démarrage est en position « ARRET ».
 - Le commutateur de test au sol de EEC est en position « TEST ».

Une variété de systèmes avion et moteur communiquent avec le EEC et ils ont des connexions de redondance avec les deux canaux (A et B).

Les onze (11) prises électriques de L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) sont groupées par :

- Les interfaces avion (J1-J2-J3-J4).
- Les composants moteurs (J5-J6-J7-J8-J9-J10).
- La prise d'identification (J11).

III-2-2 LES CONNEXIONS DE EEC AUX SYSTEMES AVION ET MOTEUR :

III-2-2-1 Les connexions de EEC aux systèmes moteur :

Le EEC se relie aux systèmes et composants moteurs suivants :

- Prise d'identification.
- Le régulateur principal carburant (HMU).
- Système de contrôle d'air moteur.
- Sondes de moteur.
- Commande de carburant.
- L'alternateur de EEC.
- Circuit d'allumage.

❖ Prise d'identification :

L'unité électronique du contrôle moteur (EEC) utilise la prise d'identification pour l'estimation de la poussée et toute autres informations du moteur. La prise d'identification moteur fournit au EEC les données suivantes :

- Le type du moteur.
- l'équilibre de l'attelage basse pression (N1).
- L'estimation de la poussée moteur.
- La surveillance de l'état du moteur.
- La configuration de la chambre de combustion (SAC ou DAC).
- Les chip detector inhibé.

❖ Le régulateur principal carburant (HMU) :

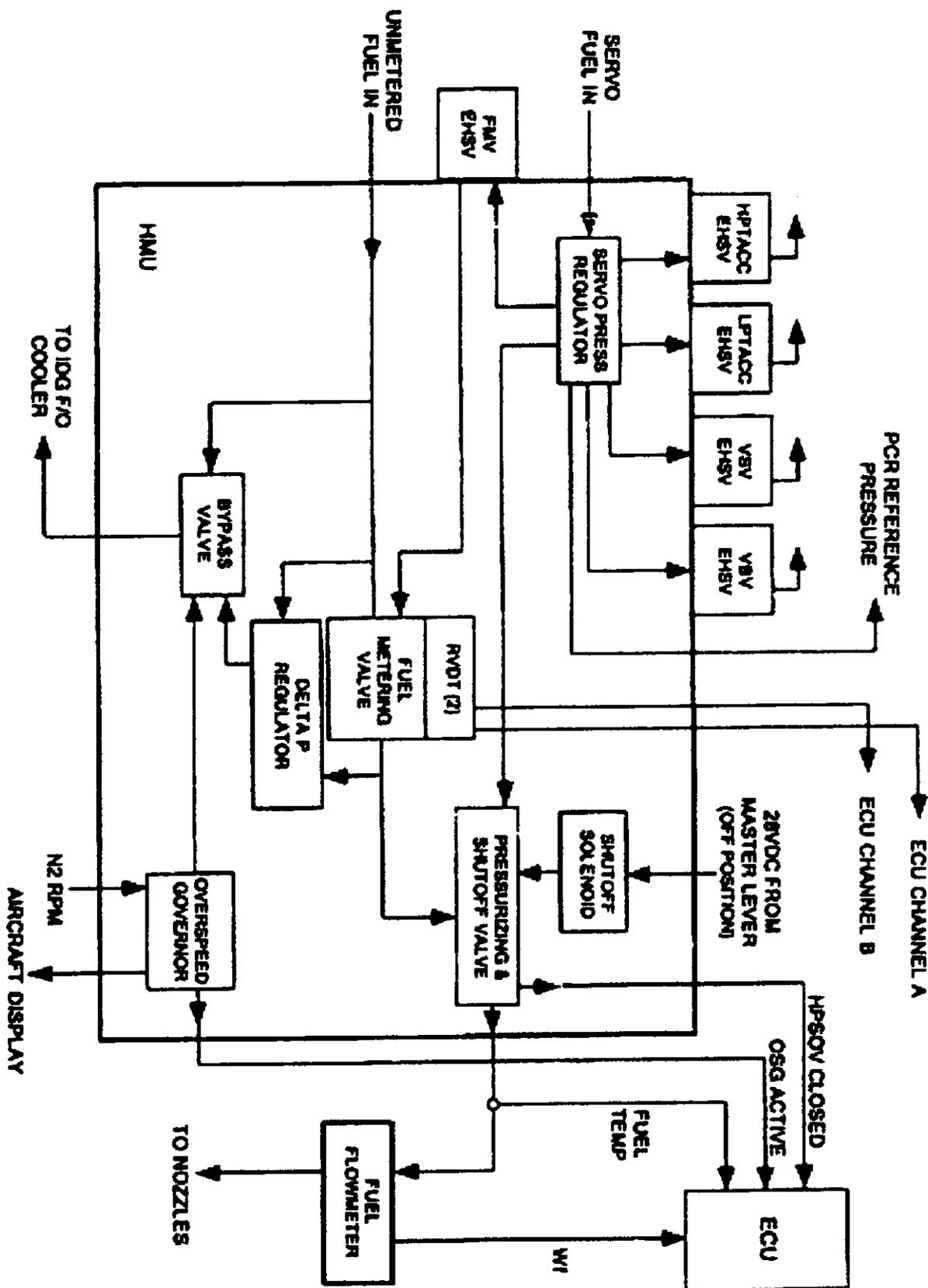
Le sub-système de carburant d'asservissement est complètement contenu dans le régulateur principal carburant (HMU). L'HMU est monté sur la face de l'AGB coté droit, Il est entraîné par la boîte d'entraînement d'accessoire (AGB).

L'HMU répond aux signaux électriques envoyés par l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) pour mesurer la quantité de carburant de la combustion et moduler la quantité de carburant d'asservissement pour opérer le système d'air moteur. L'HMU reçoit aussi des signaux de système de contrôle carburant avion pour contrôler la vanne de carburant haute pression (HPSOV).

Il existe quatre (04) prises électriques externes pour les interfaces électriques avec l'avion et l'EEC, quatre (04) tuyauteries de carburant connectent l'HMU à la pompe carburant et aux injecteurs, cinq (05) connections hydrauliques pour les interfaces de contrôle avec le carburant moteur et le système d'air moteur. Chaque interface hydraulique est contrôlée par un électro-hydraulique servo vanne (EHSV) qui varie la pression du carburant d'asservissement en répondant aux signaux du EEC.

Les connexions du carburant de l'HMU sont :

- L'entrée du carburant de la pompe carburant.
- La décharge du carburant aux injecteurs.
- La décharge du carburant de dérivation vers la pompe carburant.
- L'entrée du carburant d'asservissement.



CF6-80-E1 - Fig (III-16) - LES INTERFACES DE L'HMU

L'HMU comprend cinq (05) électro-hydrauliques servo vannes :

- Un (01) pour le galet doseur (FMV).
- Un (01) pour les vérins des vannes de décharge (VBVs).
- Un (01) pour les vérins des stators à calage variable (VSVs).
- Un (01) pour la vanne de refroidissement du carter turbine haute pression (HPTCCV).
- Un (01) pour la vanne de refroidissement du carter turbine basse pression (LPTCCV).

Les connexions électriques de l'HMU sont :

- Les signaux de canal A de EEC.
- Les signaux de canal B de EEC.
- L'entrée de solénoïde HPSOV de la vanne de contrôle carburant.

Opération :

L'HMU contient trois (03) circuits hydrauliques, un circuit de mesure de quantité de carburant, un circuit de dérivation et un circuit de contrôle d'asservissement.

Le circuit de mesure de quantité de carburant contrôle la quantité du carburant envoyée aux injecteurs, il a un galet doseur (FMV) et une vanne carburant haute pression (HPSOV).

Le galet doseur (FMV) contrôle la quantité de carburant qui sera envoyée à la vanne HPSOV.

Si la vanne HPSOV est ouverte, la quantité de carburant mesurée sera envoyée aux injecteurs de carburant.

Le circuit de dérivation est composé d'une vanne de dérivation, d'un régulateur différentiel de pression (ΔP) et d'un gouverneur de survitesse.

Si la pompe carburant refoule plus que la quantité désirée pour le galet doseur (FMV), le circuit de by-pass retourne l'excès de carburant à la pompe.

❖ Système de commande d'air moteur :

Le EEC commande la circulation d'air du moteur pour la poussée et le système de contrôle actif de jeux turbines. Ce sont les systèmes servo que le EEC commande par l'HMU : VSV, VBV, HPTACC, LPTACC.

❖ **Sondes du moteur :**

Le EEC emploie des données d'entrée des divers sondes du moteur pour calculer les sorties du carburant et de contrôle du moteur et l'opération de ce dernier. On compte : le capteur N1, le capteur N2, la sonde T₄₉, la sonde HPTACC, la sonde T₁₂, la sonde T₃, la sonde PT₂₅, la sonde PS₁₂, la sonde P₀, la sonde PS₃ et le capteur de température de carburant.

❖ **Débit mètre carburant :**

le débit mètre carburant envoie l'information d'écoulement du carburant au EEC, ce dernier envoie cette information aux DMCs. Les DMCs affichent alors l'écoulement du carburant avec l'autre paramètre du moteur.

❖ **Alternateur EEC :**

Il permet d'alimenter électriquement le EEC.

❖ **Circuit d'allumage :**

Le EEC contrôle l'alimentation du courant alternatif de l'avion pour fonctionner les circuits d'allumage gauche et droit sur le moteur.

III-2-2-2 Les connexions de EEC aux systèmes avion :

Le EEC se relie à des systèmes et composants avion suivants :

- Les systèmes d'affichage ECAM / MCDU.
- Commande d'arrêt de levier de démarrage.
- Bus de transfert 1 et 2 à courant alternatif.
- Ordinateur automanette.
- Poigner de feu moteur.
- le levier de poussée.
- Contre fiche moteur.
- Position d'inverseur de poussée.

III-2-3 LES ENTREES ET LES SORTIES DE EEC :

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) obtient les données d'entrée analogiques du moteur et de l'avion, et il reçoit aussi de l'avion les données d'entrée digitales.

Il est alimenté électriquement par :

- Son alternateur quand le moteur est en marche (PMA).
- Le réseau avion quand le moteur n'est pas en marche.

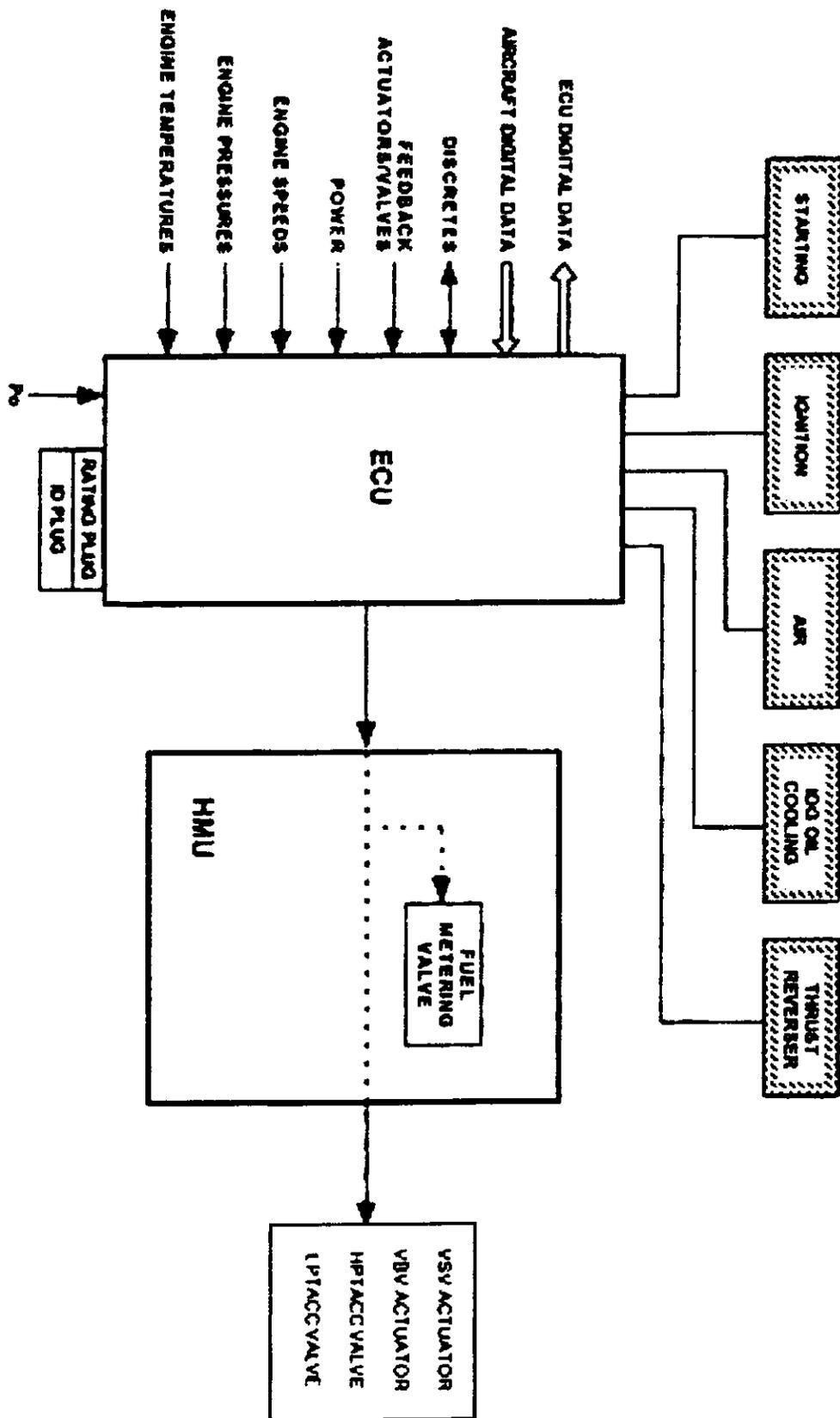
Le EEC envoie des signaux analogiques de sortie au régulateur principal carburant (HMU), système d'air moteur, déclencheur des inverseurs de poussée et le système de démarrage et d'allumage.

Le EEC envoie des signaux digitaux au système d'indication ECAM et à l'unité de surveillance de l'interface de propulsion (CMC).

Les deux canaux sont redondants et indépendants, chaque canal reçoit les mêmes entrées exceptées trois (03) signaux de pression de surveillance de comportement ; le canal A reçoit les signaux de pression P_{14} et P_{49} et le canal B reçoit le signal de pression P_{25} . Les autres signaux de pression (PS_3 , P_0 , PS_{12}) sont communs aux deux canaux A et B.

Le système est désigné de façon à ce que aucune simple défaillance ne peut causer un arrêt moteur.

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) recouvre les caractéristiques des pannes et inclue son test. Lorsque le EEC est en marche, il surveille toutes les entrées et toutes les fonctions critiques, si un signal d'entrée manque, le EEC emploie habituellement la valeur de l'entrée de l'autre canal, et si celle-ci manque (ou elle est fausse), le EEC calcule une valeur optimal de la valeur de la donnée manquante.



CF6-80-E1 - Fig (III-17) - LES INTERFACES DE EEC

III-2-4 L'INSTALLATION DE EEC :

Le EEC est localisé en position 8h : 30 sur le carter fan. Il est attaché par quatre (04) poils d'attache munis d'amortisseur de vibration.

III-2-5 LE REFROIDISSEMENT DE EEC :

L'unité électronique de contrôle (EEC) moteur est refroidie par convection naturelle.

III-2-6 L'ALIMENTATION ELECTRONIQUE DE EEC :

Le EEC est alimenté électroniquement à partir du réseau avion quand le moteur n'est pas en marche ou sa vitesse est encore faible , (au démarrage N2 inférieur à 12 %) et par son alternateur triphasé dès que le moteur tourne à plus de 12 % de N2 nominal.

III-2-7 DIMENSION ET POIDS DE EEC :

Langueur.....452 mm (17.8 in).
Hauteur.....162 mm (6.4 in).
Largeur.....372 mm (14.66 in).
Poids20.4 kg (45 ibs).

III-2-8 LES MODES DE CONTROLE DE L'UNITE ELECTRONIQUE DE CONTROLE MOTEUR (EEC) :

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) utilise la température totale d'air (T_2), la pression ambiante (P_0) et la pression totale (PT_2) pour calculer le $N1$ nécessaire employé pour avoir la poussée commandée.

Plusieurs modes de contrôle de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) sont utilisés pour commander le débit carburant afin d'assurer la poussée réacteur requise :

A- Le mode de contrôle NORMAL :

Les centrales aérodynamiques (ADIRUs) envoient TAT, P_0 et PT à chaque unité électronique de contrôle moteur (EEC) :

- L'ADIRUs 1 envoie les données au EEC des deux moteurs (canal A et B).
- L'ADIRUs 2 envoie les données au EEC des deux moteurs (canal A et B).

La sonde de température envoie la température d'air au EEC, elle a deux sorties :

- Une envoie les signaux au canal A.
- L'autre envoie les signaux au canal B.

Chaque canal de l'unité électronique de contrôle moteur a une entrée de pression ambiante P0.

Chaque canal de EEC compare les entrées de la température totale d'air (TAT ADIRUs 1, TAT ADIRUs 2, T₁₂ canal A et T₁₂ canal B) pour sélectionner la valeur de TAT qu'il va utiliser.

Les entrées de pression ambiante (P₀ ADIRUs 1, P₀ ADIRUs 2, P₀ canal A et P₀ canal B) sont employées pour sélectionner la valeur de P0.

Une valeur de PT sélectionnée est utilisée pour calculer le nombre de mach (Mn), la pression d'impact (Q) la différence entre la température journalière ambiante et standard (DTAMB) et la température ambiante (TAMB).

Toutes ces valeurs sont utilisées avec T₂, P₀ et la position de la manette de poussée (TLA) pour déterminer le N1 commandé.

B- Le mode de contrôle SOFT :

l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) est en mode de contrôle « NORMAL » si PT ADIRUs 1 et 2 sont valides, et convienne au moins de 0.437 psi, si ces conditions ne sont pas réunis, le EEC entre automatiquement en mode de contrôle « SOFT ».

Si le N2 est supérieur à 50 % quand l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) commute en mode de control « SOFT », le voyant ALTN de switch de EEC s'allume et le message ECAM de niveau C : L (R) ENG EEC MODE s'affiche .

La valeur la plus récente de la (DTAMB) est utilisée dans le mode de contrôle « SOFT », cela permet la transition de mode de contrôle « NORMAL » au mode de contrôle « SOFT »

La valeur de la différence entre la température journalière standard et ambiante (DTAMB) fixée et utilisée pour calculer :

- La température ambiante (TAMB).
- Le nombre de mach (Mn).
- La pression d'impact (Q).

Le N1 commandé est calculé en utilisant les valeurs de Mn, Q, TAMB, DTAMB, P₀, T₂ et T_{I.A.}

Si les conditions requises pour le mode de contrôle « NORMAL » sont réunies de niveau tendis que l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) est en mode de contrôle « SOFT », le EEC retourne en mode de contrôle « NORMAL » à condition que le nombre de mach (Mn) calculé est moins de 0.1 du nombre de mach (Mn) réel, (ceci signifie que le changement de mode de contrôle n'a pas causé un changement important de N1).

C- Le mode de contrôle HARD :

Si un EEC reste dans le mode de contrôle « SOFT » pendant un temps prolongé, les deux moteurs vont développer des poussées différentes.

Le mode de contrôle « HARD » est sélectionné manuellement. Il permet à l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) de s'assurer que les deux moteurs fournissent la même poussée à la même position de la manette de poussée TLA.

Ce mode est sélectionné en mettant les deux switchs des EEC sur la position « OFF », le voyant ALTN dans les switchs EEC s'allume et le message ECAM de niveau C : L ENG EEC MODE et R ENG EEC MODE s'affiche.

Ce mode va simplement donner une consommation carburant excessive par rapport au mode de contrôle « NORMAL ».

III-2-9 LE CONTROLE DE RALENTI MOTEUR :

Le réacteur CF6-80-E1 a deux ralenti moteurs :

- Ralenti minimum.
- Ralenti d'approche.

Le ralenti minimum est généralement utilisé en vol.

Le ralenti d'approche est utilisé pendant la procédure d'approche et d'atterrissage. Il est aussi utilisé en vol quand le système anti-givrage est allumé.

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) commande le ralenti d'approche lorsque une de ces conditions soit vérifiées :

- L'avion est en vol et les ailerons sont sortis (procédure d'approche).
- L'avion est en vol et le système anti-givrage est allumé.

III-2-10 L'ALTERNATEUR EEC (PMA) :

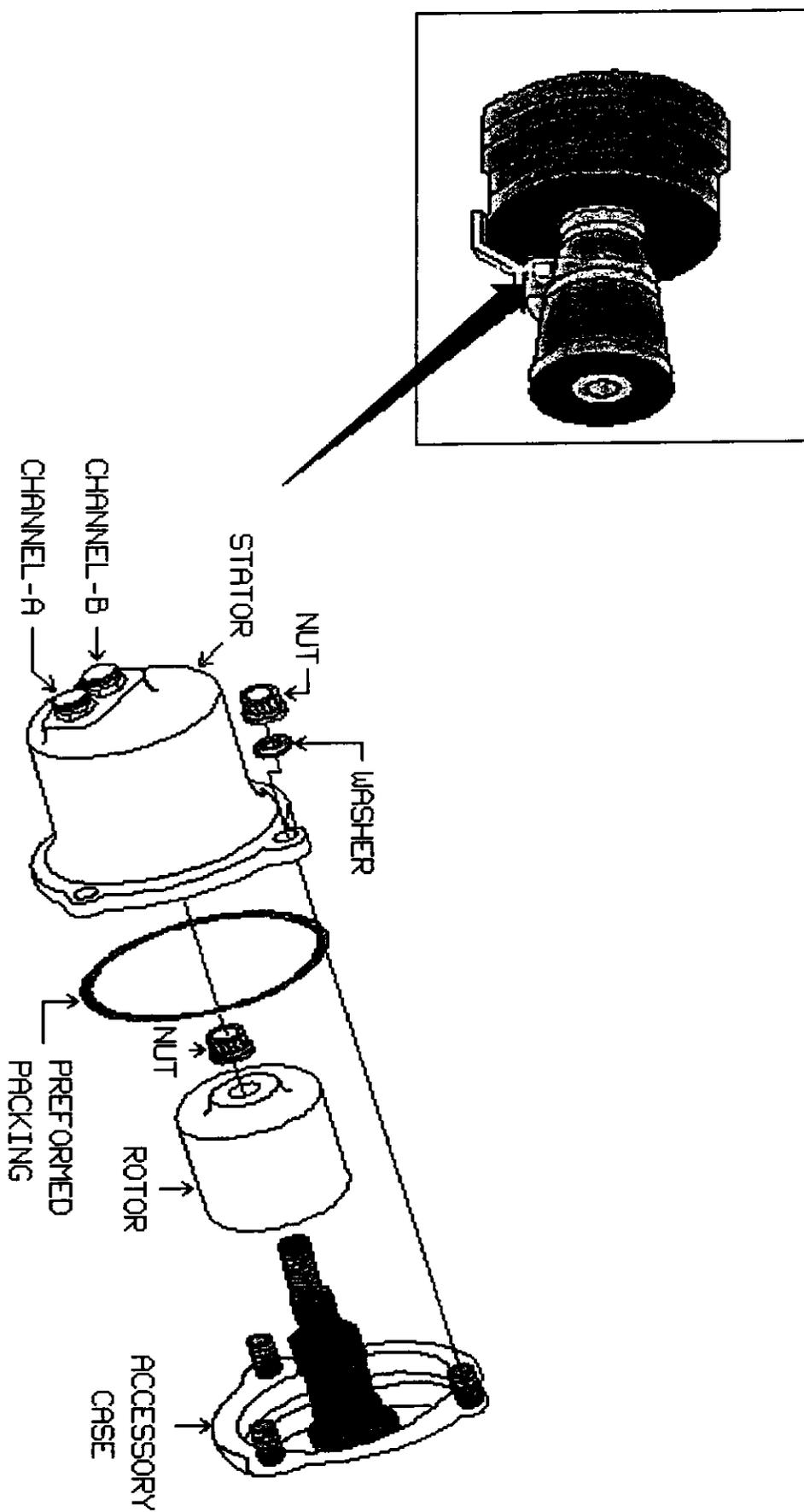
L'alternateur EEC est un alternateur triphasé qui fournit de l'énergie électrique au EEC. Il est monté dans le côté face gauche de l'AGB.

L'alternateur a deux composants principaux ; le rotor et le stator.

Le rotor est monté au bout d'un arbre d'entraînement muni de dents horizontales en trois faces. Il contient des aimants permanents et il est fixé sur un arbre à l'aide d'un écrou.

Le stator est attaché à l'AGB en couvrant le rotor, il a des bobinages triphasés, chaque bobinage fournit de l'énergie électrique triphasée à un des deux connecteurs situés dans l'arrière de stator. Chaque connecteur alimente un canal de EEC.

L'alternateur de EEC (PMA) satisfait la puissance au EEC quand $N2 > 12 \%$.



CF6-80-E1 - Fig (III-18) - L'ALTERNATEUR DE EEC (PMA)

III-2-11 LE CIRCUIT D'AIR :

Le circuit d'air du réacteur CF6-80-E1 contrôle le débit d'air à travers le compresseur et assure le refroidissement du réacteur et des accessoires.

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) et le régulateur principal carburant (HMU) assurent le contrôle de ces systèmes.

III-2-11-1 LE CONTROLE DU DEBIT D'AIR :

Le contrôle du débit d'air à travers le compresseur du réacteur CF6-80-E1 est réalisé par le dispositif anti-pompage.

Le dispositif anti-pompage évite le pompage et améliore l'efficacité du réacteur.

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) utilise les signaux des capteurs moteurs (N1, N2, TAT, P₀, P₂₅) pour contrôler les électro-hydrauliques servo vannes du régulateur principal carburant (HMU).

Les électro-hydrauliques servo vannes utilisent la pression du carburant pour actionner les vérins :

- Des stators à calage variable (VSVs).
- Des vannes de décharge (VBVs).

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) augmente le courant électrique vers les électro-hydrauliques servo vannes proportionnellement au régime de compartiment haute pression N2.

Les électro-hydrauliques servo vannes dirigent la pression carburant vers les vérins des VSVs et VBVs pour les mettre dans la position commandée par le EEC.

A- fonctionnement des stators à calage variable (VSVs) :

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) emploie les données des signaux des capteurs moteurs (N1, N2, TAT, P₀, T₂₅, PT, PS₃) pour envoyer un signal électrique de l'ordre de milliampère à l'HMU.

Suivant le signal envoyé par le EEC le régulateur principal carburant (HMU) contrôle la position des stators à calage variable en réglant les vérins des VSVs dans les positions désirées :

➤ les VSVs sont en position ouverte :

Au régime élevé le compresseur fonctionne à un régime d'adaptation qui lui assure un rendement optimum.

➤ les VSVs sont en position fermée :

À bas régime le compresseur s'éloigne de son régime d'adaptation, l'angle d'incidence des aubes augmente progressivement pour conserver l'angle d'incidence rotor constante. Pour un régime inférieur au ralenti les VSVs sont dites en position fermée.

Un connecteur électrique dans chaque vérin prévoit le signal d'un transducteur linéaire différentiel variable qui se trouve à l'intérieur du vérin au EEC.

Le transducteur de vérin gauche des VSVs est excité et il envoie un signal de position de canal A de EEC.

Le transducteur de vérin droit des VSVs est excité et il envoie un signal de position de canal B de EEC.

B- fonctionnement des vannes de décharge (VBVs) :

Le EEC détermine en fonction de la position instantanée des aubes de stators à calage variable (VSVs) le fonctionnement des vannes de décharge (VBVs), donc elle dépend aussi au régime N2 et des données des capteurs moteurs (N1, TAT, P₀, T₂₅, PT, PS₃).

Les VBVs diminuent les risques de pompage du compresseur lorsque celui-ci travaille en dehors des conditions optimales de fonctionnement :

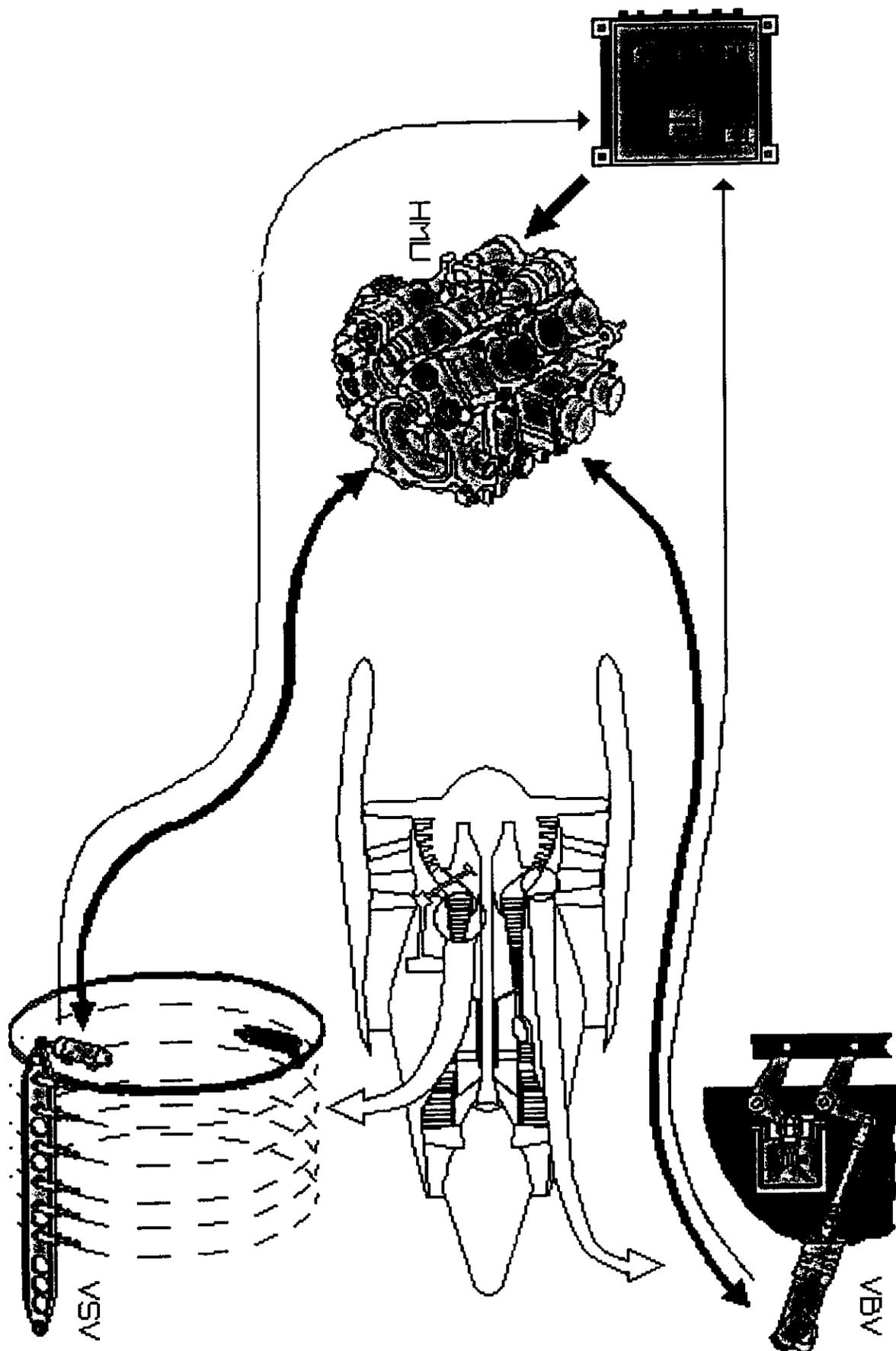
- à bas régime.
- En accélération rapide.
- En décélération rapide.

Dans ces conditions le EEC commande l'ouverture progressive des VBVs. Via les électro-hydrauliques servo vannes (EHSV) du régulateur principale carburant (HMU), cela entraîne une augmentation du débit compresseur donc les risques du pompage sont ainsi réduites.

Au régime élevé et stabilisé en conditions standard, le réacteur fonctionne à son régime d'adaptation, le EEC commande la fermeture des VBVs.

Le transducteur linéaire différentiel variable du vérin droit s'excite et il envoie un signal de position au canal B de EEC.

CF6-80-E1 - Fig (III-19) - LE CONTROLE DU DEBIT D'AIR



III-2-11-2 REGULATION DU DEBIT D'AIR DE REFROIDISSEMENT :

Du flux d'air primaire on extrait un débit d'air servant au refroidissement et à la pressurisation des puisards, ce débit est appelé « débit d'air parasite ».

Le débit d'air parasite du CF6-80-E1 sert au refroidissement interne du moteur, son contrôle est assuré par :

- trois (03) vannes de refroidissement BCV (BORE COOLING VALVE).
- Une (01) vanne de refroidissement du 7^{ème} étage.
- Une (01) vanne de refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV).

A- Fonctionnement des vannes de refroidissement BCV :

Les vannes de refroidissement sont contrôlées par des solénoïdes. Chaque solénoïde est équipé de deux prises électriques ; une est connecté au canal A de EEC et l'autre au canal B.

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) contient un circuit d'engagement et de désengagement qui reçoit les informations N1 et P₀ qui servent à calculer quand l'avion est en configuration croisière.

La configuration croisière est définie comme suit :

- N1 ≥ 82 %.
- P₀ < 7.95 psi (approximativement 17 000 pieds d'altitude).

Afin de calculer la température moteur le EEC reçoit :

- la pression ambiante P₀.
- La température d'entrée compresseur haute pression (T25).
- La température de la sortie du compresseur haute pression (T3).
- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression (N2).

Selon la température moteur calculée le EEC commande l'ouverture ou la fermeture de vannes. Le EEC contrôle les trois vannes individuellement, et il peut les positionner en quatre configurations :

1. une ouverte.
2. deux ouverte.
3. toutes ouvertes.
4. toutes fermées.

Les vannes de refroidissement seront fermées lorsque l'avion est en configuration croisière.

Elles seront ouvertes lorsque :

- N1 chute à 81 %.
- P0 augmente à 8.20 psi.

Les vannes de refroidissement (BCV) sont conçues de façon qu'en cas de panne elles prennent la position ouverte.

B- Fonctionnement de la vanne de refroidissement du 7^{ème} étage :

La vanne de refroidissement du 7^{ème} étage compresseur haute pression est contrôlée par deux switches, elle est actionnée selon la valeur de différence de pression qui va à son tour actionner les switches pour envoyer des signaux au EEC.

Si jamais les conduites du 7^{ème} étage sont défectueuses les fuites seront contrôlées par les SW/ Δ P.

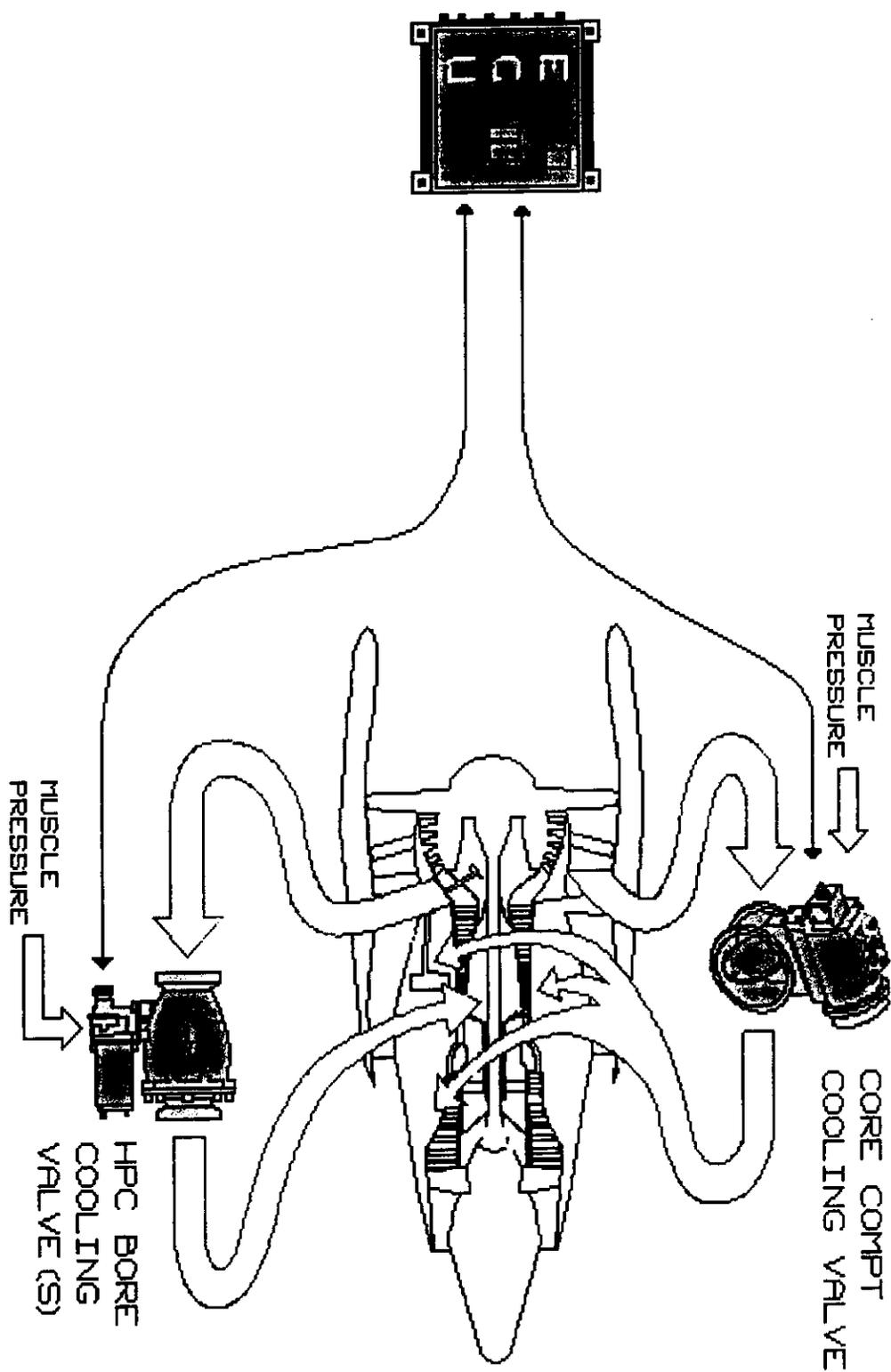
III-2-11-3 REFROIDISSEMENT DU MOTEUR ET DES ACCESSOIRES :

La vanne de refroidissement du moteur et accessoires CCCV (CORE COMPARTMENT COOLING VALVE) est une vanne de type papillon.

Le carter du: compresseur haute pression, l'alternateur, les pompes hydrauliques, la pompe carburant et accessoires sont refroidis grâce à l'air en provenance du fan commandée par celle-ci.

Fonctionnement de la vanne de refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV) :

Le système de refroidissement du moteur et des accessoires utilise de l'air frais en provenance du fan pour refroidir le carter du compresseur haute pression, l'alternateur et accessoires.



CF6-80-E1 - Fig (III-20) - SYSTEME DE REFROIDISSEMENT

La vanne de refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV) est ouverte au sol et à basse altitude pour permettre un maximum de refroidissement elle est fermée à haute altitude et en croisière.

La position de La vanne de refroidissement du moteur et des accessoires est contrôlée par L'unité électronique de contrôle moteur (EEC)

III-2-11-4 DISPOSITIF ACTIF DE CONTROLE DES JEUX DES TURBINES HAUTE ET BASSE PRESSION :

Les vannes de refroidissement sont actionnées par des vérins hydrauliques, et leur modulation est commandée par le carburant sous pression en provenance du régulateur principal carburant (HMU) à travers les électro-hydrauliques servo vannes (EHSV).

Une vanne de refroidissement du carter turbine comprend deux transducteurs linéaires différentiels variables (LVDT) qui envoie un signal de position de la vanne vers le EEC, un LVDT est connecté au canal A de EEC et l'autre au canal B.

Les composants du logiciel du contrôle actif des jeux turbine de l'unité électronique de contrôle moteur sont :

- les calculateurs dimensionnels.
- Les calculateurs de commande.
- Les calculateurs de demande.
- Les vannes de commande.

Les calculateurs dimensionnels envoient un signal de la valeur de l'erreur à chaque fois qu'ils déterminent que le jeu entre le carter turbine et les ailettes est incorrect.

Pour faire ses calculs le calculateur dimensionnel utilise plusieurs paramètres :

- Les températures (TAT, T25, T3, EGT).
- Les pressions (P0, PT0, PS3).
- Les vitesses de rotation (N1 réel et N2 réel).

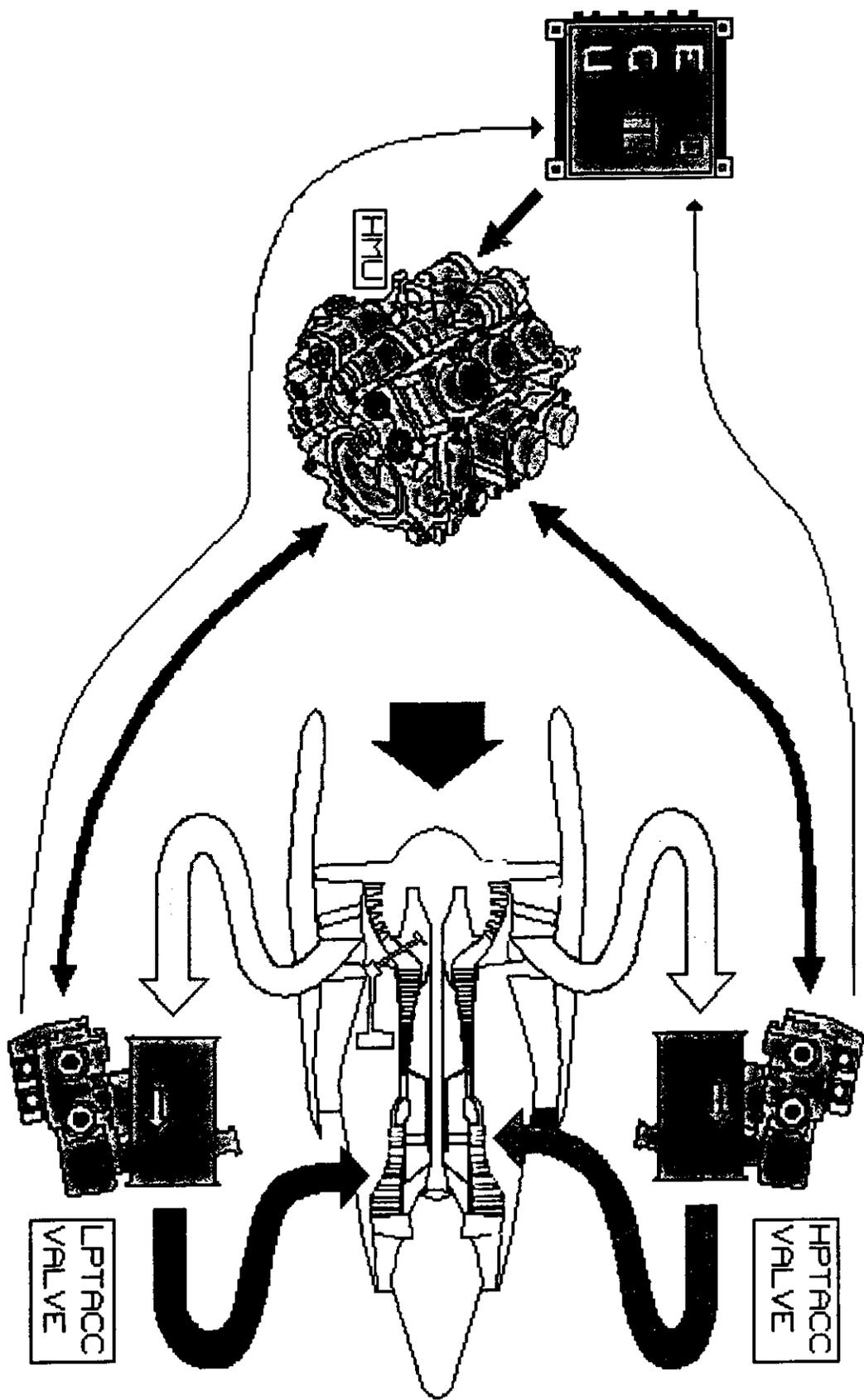
Les calculateurs de commande reçoivent les signaux de la valeur de l'erreur et les convertissent en signaux de commande de la position de la vanne de refroidissement qui est donnée en pourcentage.

- 0 % : la vanne de refroidissement est complètement fermée.
- 100 % : la vanne de refroidissement est complètement ouverte.

Les calculateurs de demande utilisent les signaux de retour d'asservissement pour déterminer l'erreur entre les commandes de la position de la vanne de refroidissement et génèrent des signaux égaux à la valeur de l'erreur.

Les signaux de la valeur de l'erreur sont envoyés aux vérins de commande de la vanne de refroidissement qui convertissent les signaux digitaux en signaux électriques (courant continu). Ces signaux électriques vont aux électro-hydrauliques servo vannes du régulateur principal carburant (HMU) pour contrôler les positions des vannes de refroidissement des carters des turbines haute et basse pression.

CH6-80-E1 - Fig (III-21) - LE CONTROLE DU JEU TURBINE



III-2-12 LE CIRCUIT DE GRAISSAGE :

Les indications de système de graissage incluent :

- La quantité d'huile.
- La température d'huile.
- La pression d'huile.
- Le colmatage du filtre.

Toutes ces indications apparaissent dans l'ECAM.

La majorité des signaux envoyés par les différents capteurs, sont reçus par le EEC puis envoyés par cette dernière vers l'ECAM, tandis que le signal concernant le capteur de colmatage de filtre est reçu directement par l'ECAM.

Les températures envoyées sous forme de signaux par le capteur de température au EEC sont comprises entre (-63 et 175°C).

III-2-13 LE CIRCUIT CARBURANT :

Le système carburant moteur inclue trois parties :

- La distribution.
- Le contrôle.
- L'indication.

A- la distribution :

Le système de distribution reçoit le carburant des réservoirs et il le pressurise

Le carburant est chauffé par le système d'huile moteur dans l'échangeur de chaleur principal (huile /carburant) puis il sera filtré et réchauffé dans l'échangeur thermique d'huile /carburant de l'alternateur IDG et distribué à travers la tuyauterie carburant vers les injecteurs.

B- le contrôle :

Le régulateur principal carburant (HMU) fournit du carburant sous pression mesurée et il assure les fonctions du système d'air moteur.

Le galet doseur (FMV) qui se trouve à l'intérieur de la HMU contrôle la quantité du carburant envoyée aux injecteurs.

Le vérin hydraulique du galet doseur est contrôlé par l'électro-hydraulique servo vanne (EHSV) du galet doseur.

L'EHSV a deux enroulements, un pour chaque canal de EEC.

Le canal actif de EEC augmente un courant électrique de l'ordre de milliampère vers un enroulement de EHSV pour ouvrir hydrauliquement le galet doseur, si les deux enroulements ne sont pas excités, le galet doseur sera fermé.

Le galet doseur a deux résolveurs qui indiquent sa position, l'un fournit un signal de position au canal A de EEC et l'autre au canal B.

C- indication :

La pression entre les deux étages de pompe carburant est affichée dans l'ECAM en utilisant un transmetteur de pression.

Le colmatage du filtre carburant est indiqué sur l'ECAM.

Une mesure de débit carburant est affichée dans l'ECAM via l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) en utilisant le débitmètre carburant.

Le débitmètre carburant mesure la quantité de carburant envoyée aux injecteurs. Il est situé sur la face droite de la boîte d'entraînement d'accessoires (AGB) au dessous de la HMU.

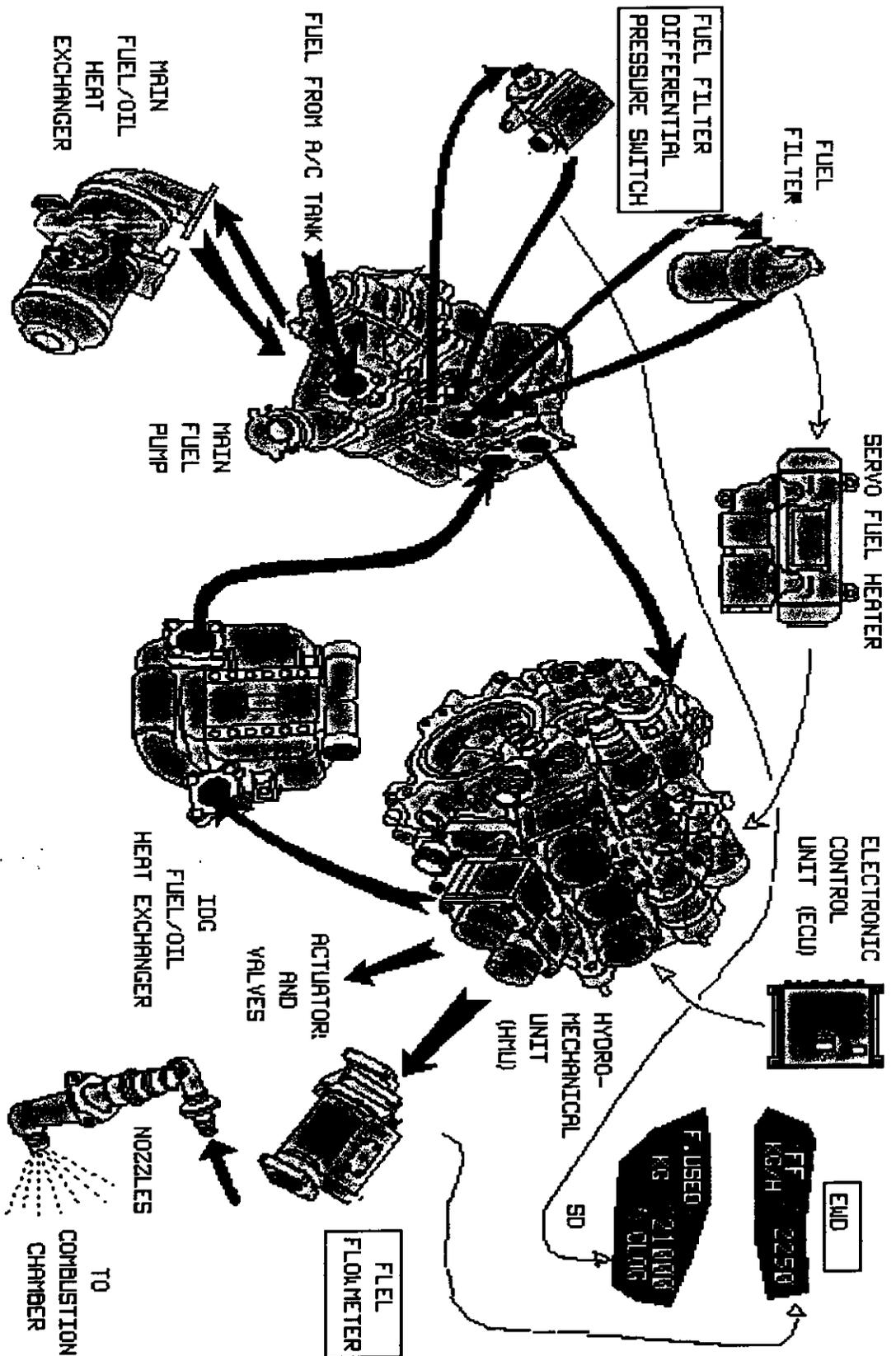
Mode opératoire :

Le transmetteur a un générateur de tourbillons, un rotor et une turbine.

Le rotor tourne librement, et il a deux aimants qui servent à engendrer des pulsations dans les deux enroulements (l'enroulement de démarrage et de l'arrêt).

La turbine est prévue de tourner par un ressort restrictif.

Le carburant entrant arrive au générateur de tourbillons où il va recevoir une vitesse angulaire en tournant le rotor. Un des aimant de rotor génère un signal dans l'enroulement de démarrage, et l'autre aimant génère un signal dans l'enroulement d'arrêt.



CF6-80-E1 - Fig (III-22) - LE SYSTEME CARBURANT

En passant sous une ailette attachée à la turbine. Le temps entre le signal de démarrage et le signal d'arrêt varie proportionnellement avec la quantité de carburant fournie.

Les pulsations de démarrage et d'arrêt sont reçues par l'unité électronique de contrôle moteur (EEC), qui calcule la quantité de carburant fournie, et elle envoie un signal digital à l'ECAM pour l'indication.

III-2-14 LE CIRCUIT D'ALLUMAGE ET DE DEMARRAGE :

Le canal actif de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) contrôle le système de démarrage et d'allumage selon la position de sélecteur de démarrage (CRANK, NORM, IGN START) et celle de sélecteur d'allumage.

Quand la source pneumatique est disponible, l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) excite le solénoïde de la vanne de démarrage pour l'ouvrir permettant ainsi l'alimentation pneumatique du démarreur.

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) fournit 115 volts courant alternatif à un ou deux exciteurs d'allumage suivant le système de commande d'allumage.

III-2-15 LE CIRCUIT REVERSE :

Un transducteur de signal de position de l'unité centrale d'entraînement (CDU) est monté à la garniture auxiliaire supérieur sur chaque CDU, chaque transducteur a deux prises électriques ; l'une est connectée au canal A de EEC et l'autre est connectée au canal B.

Le transducteur a un arbre d'entraînement monté par roulement, un réducteur de vitesse et deux transducteur différentiels variables rotatifs (RVDTs).

Lorsque l'inverseur de poussée se déploie et se verrouille, le CDU fait tourner l'arbre d'entraînement. La sortie d'arbre d'entraînement est réduite par la boîte à vitesse, ceci est appliquée à un arbre rotor simple et commun aux deux RVDTs. L'arbre rotor tourne d'un certain angle pour déployer complètement la demi-couronne mobile, et il revient à sa position initiale quand cette dernière est verrouillée.

Une fenêtre de visionnement sur l'extrémité opposée du transducteur permet de caler la sonde en position de verrouillage.

Les RVDTs converrent la position angulaire de l'arbre de rotor en signaux électriques qui seront lus par le EEC. Chaque RVDT reçoit une excitation de EEC et renvoie deux signaux de position, un pour chaque canal.

Le EEC lit les signaux de retour en terme de pourcentage de déploiement :

- Une lecture de 100 % indique le plein déploiement (l'arbre de rotor est déplacé de 77 degrés).
- Une lecture de 0 % indique que la demi-couronne mobile est complètement verrouillée et que l'arbre de rotor est au point d'installation.

Indication :

Le EEC envoie l'information de position d'inverseur de poussée à l'ECAM. L'information apparaît sur la page moteur de l'ECAM. Si le EEC ne peut pas sentir la position d'inverseur de poussée à cause d'une panne dans le transducteur de signal de position de MCDU, le statut ECAM et le message d'entretien L (R) ENG REV POS apparaît.

III-2-16 LE CMC :

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) du réacteur CF6-80-E1 envoie les pannes moteur et celle de EEC vers le CMC. Il y a un CMC pour chaque moteur.

Le CMC est un calculateur localisé dans la saute électronique principal, son rôle est de garder en mémoire les anomalies du réacteur. Il affiche les pannes lors du test.

Les anomalies sont affichées sur la face frontale du CMC sous forme de codes.

Si un message de panne est présent dans l'un des systèmes, le CMC copie et mémorise le BITE dans le rapport correspondant.

Les pannes avion / réacteur qui sont mémorisées sont classées en trois catégories selon le degré d'importance :

- Panne classe 1 : c'est une panne a une conséquence opérationnelle pour le prochain vol, elle est affichée comme un message d'alerte dans l'ECAM.
- Panne classe 2 : elle n'a pas des conséquences opérationnelles pour le prochain vol. les systèmes touchés sont affichés dans l'ECAM STATUS page.
- Panne classe 3 : elle n'a pas des conséquences opérationnelles et n'a pas touché la sécurité des passagers. Elle est affichée seulement au sol dans le MCDU.

- Les CMCs regroupent tous les messages de panne d'avion envoyé par le système BITE respectif.

Chapitre IV
Comparaison des fonctions de EEC des deux
réacteurs

CFM56-7B	CF6-80-E1
<p>Dimensions et poids :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Longueur : 505.2 mm. ▪ Hauteur : 171.9 mm. ▪ Largeur : 378.2 mm. ▪ Poids : 21.09 kg. 	<p>Dimensions et poids :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Longueur : 452 mm. ▪ Hauteur : 162 mm. ▪ Largeur : 372 mm. ▪ Poids : 20.4 kg. <p><i>Commentaire :</i></p> <p>Le EEC du réacteur CF6-80-E1 est relativement petit et léger par rapport à celui du CFM56-7B.</p>
<p>Localisation :</p> <p>Le EEC est localisé sur le carter fan position 2h : 00. Il est refroidi par l'air ambiant grâce à la prise dynamique qui se trouve l'entrée d'air.</p> <p><i>Commentaire :</i></p> <p>Le EEC de CFM56-7B est mieux refroidit que celui du CF6-80-E1.</p>	<p>Localisation :</p> <p>Le EEC est localisé sur le carter fan position 8h : 30. Il est refroidi par convection grâce à l'air du fan.</p>
<p>Composition :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Il est composé de deux canaux identiques A et B. ▪ Il comprend 10 prises électriques. 	<p>Composition :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Il est composé de deux canaux identiques A et B. ▪ Il comprend 11 prises électriques.

CFM56-7B	CF6-80-E1
<p>Fonctions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Assure la poussée moteur. ▪ Assure le débit d'air à travers le compresseur. ▪ Assure le refroidissement des carters turbines haute et basse pression. ▪ Assure l'indication des paramètres moteurs sur le système DEU. ▪ Contrôle le circuit carburant. ▪ Contrôle le circuit de graissage. ▪ Contrôle le circuit de démarrage. ▪ Contrôle le circuit reverse. ▪ Contrôle le voyant ALTN. ▪ Envoie des données moteur aux calculateurs : <ul style="list-style-type: none"> - TMC. - FMC. - Module de vibration. - Enregistreur de vol. 	<p>Fonctions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Assure la poussée moteur. ▪ Assure le débit d'air à travers le compresseur. ▪ Assure le refroidissement des carters turbines haute et basse pression. ▪ Assure l'indication des paramètres moteurs sur le système DEU. ▪ Contrôle le circuit carburant. ▪ Contrôle le circuit de graissage. ▪ Contrôle le circuit de démarrage. ▪ Contrôle le circuit reverse. ▪ Contrôle le voyant ALTN. ▪ Assure le refroidissement du moteur et des accessoires.
<p>Modes de contrôle :</p> <p>Le EEC a trois modes de contrôle :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mode NORMAL. ▪ Mode SOFT. ▪ Mode HARD. <p>Le EEC gère le voyant ENGINE CONTROLE, quand le EEC juge q'une anomalie moteur et très sévère il allume le voyant ENGINE CONTROLE.</p> <p>On ne peut pas aligner l'avion sans avoir réparer la panne.</p>	<p>Modes de contrôle :</p> <p>Le EEC a trois modes de contrôle :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mode NORMAL. ▪ Mode SOFT. ▪ Mode HARD.

CFM56-7B	CF6-80-E1
<p>Circuit carburant :</p> <p>Le EEC contrôle :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le débit carburant. ▪ Le colmatage du filtre carburant. ▪ Position du galet doseur. ▪ Solénoïde de BSV. 	<p>Circuit carburant :</p> <p>Le EEC contrôle :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le colmatage du filtre carburant. ▪ Le débit carburant. ▪ La vanne de survitesse OSG. ▪ La température de carburant. ▪ La pompe carburant. ▪ Position du galet doseur.
<p>Le circuit de graissage :</p> <p>Le EEC gère :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La pression d'huile. ▪ La température d'huile. ▪ Le colmatage du filtre de récupération d'huile. ▪ La baisse pression d'huile. ▪ Détection de limailles (DMS) au niveau des pompes de récupération. 	<p>Le circuit de graissage :</p> <p>Le EEC gère :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La température d'huile. ▪ Les transmetteurs de pression d'huile. ▪ Le colmatage du filtre de récupération d'huile. ▪ La baisse pression d'huile. ▪ La quantité d'huile.
<p>Circuit de démarrage et d'allumage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le EEC contrôle la vanne SOV. ▪ Contrôle l'allumage. ▪ Assure l'indication. ▪ Le EEC assure la protection au sol en cas : <ul style="list-style-type: none"> - de démarrage à chaud. - De démarrage à froid. ▪ Il assure la protection de l'extinction de la flamme en vol. 	<p>Circuit de démarrage et d'allumage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le EEC contrôle la vanne SOV. ▪ Contrôle l'allumage. ▪ Assure l'indication. ▪ Il assure la protection de l'extinction de la flamme : <ul style="list-style-type: none"> - quand l'entée d'air se dégivre. - Quand les volets sont sortis. ▪ Le EEC assure la protection au sol en cas : <ul style="list-style-type: none"> - de démarrage à chaud. - De démarrage à froid.

CFM56-7B	CF6-80-E1
<p>Circuit reverse : Le EEC assure :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La poussée inverse. ▪ Gère le LVDT. ▪ Gère le voyant REV : <ul style="list-style-type: none"> - voyant REV ambre pour reverse en transit. - Voyant REV vert pour reverse sortie et verrouillée. 	<p>Circuit reverse : Le EEC assure :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gère le RVDT. ▪ Assure La poussée inverse. ▪ Gère le TRPV. ▪ Gère le voyant REV : <ul style="list-style-type: none"> - voyant REV ambre pour reverse en transit. - Voyant REV vert pour reverse sortie et verrouillée.
<p>Contrôle du circuit d'air :</p> <p><i>1-les stators à calage variable (VSV) :</i> Le EEC gère les stators à calage variable en utilisant les signaux suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - N1. - N2. - TAT. - P₀. - T₂₅. - PT. 	<p>Contrôle du circuit d'air :</p> <p><i>1-les stators à calage variable (VSV) :</i> Le EEC gère les stators à calage variable en utilisant les signaux suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - N1. - N2. - TAT. - P₀. - PT. - PS₃. - T₂₅.
<p><i>2- Les vannes de décharge (VBV) :</i> Le EEC gère les vannes de décharge en utilisant les signaux suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - N1. - N2. - TAT. - P₀. - T₂₅. - Position des VSVs. - PT. - La position de la manette TRA. 	<p><i>2- Les vannes de décharge (VBV) :</i> Le EEC gère les vannes de décharge en utilisant les signaux suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - N1. - N2. - TAT. - P₀. - T₂₅. - Position des VSVs. - PT. - PS₃

CFM56-7B	CF6-80-E1
Ce moteur ne contient pas les vannes de refroidissement (BCV).	<p>3- les vannes de refroidissement (BCV) :</p> <p>Le EEC gère les BCV en utilisant les données suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ N1. ▪ N2. ▪ T₃. ▪ T₂₅. ▪ P₀.
Ce moteur ne contient pas la vanne de refroidissement du 7 ^{ème} étage.	<p>4- la vanne de refroidissement du 7^{ème} étage :</p> <p>Le EEC gère la vanne du 7^{ème} étage en utilisant les données suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ N1. ▪ N2. ▪ TAT. ▪ T₃. ▪ T₂₅. ▪ P₀.
Ce moteur ne contient pas la vanne de refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV).	<p>5- la vanne de refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV) :</p> <p>Le EEC contrôle la vanne de refroidissement du moteur et des accessoires en selon les signaux suivants.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ TAT. ▪ P₀. ▪ EGT. ▪ N1. ▪ N2 commandé et réel.

CFM56-7B	CF6-80-E1
<p>6- La vanne de décharge transitoire (TBV) : le EEC utilise les données suivantes pour contrôler la position de la vanne de décharge transitoire (TBV) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - N2. - T₂₅. 	<p>Ce moteur ne contient pas la vanne de décharge transitoire (TBV).</p>
<p>7- Dispositif actif de contrôle du jeu turbine haute pression (HPTACC) :</p> <p>Pour contrôler le jeu entre les aubes et le carter turbine haute pression, le EEC a besoin des données suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - T₃. - N2. - P₀. - La température du carter turbine haute pression (la sonde HPTACC). 	<p>7- Dispositif actif de contrôle du jeu turbine haute pression (HPTACC) :</p> <p>Pour contrôler le jeu entre les aubes et le carter turbine haute pression, le EEC a besoin des données suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - P₀. - PT. - PS₃. - TAT. - T₂₅. - T₃. - EGT. - N1 réel. - N2 réel.
<p>8- Dispositif actif de contrôle du jeu turbine basse pression (LPTACC) :</p> <p>Pour contrôler le jeu entre les aubes et le carter turbine basse pression, le EEC a besoin des données suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - TAT. - EGT. - P₀. - PT. - N1. 	<p>8- Dispositif actif de contrôle du jeu turbine basse pression (LPTACC) :</p> <p>Pour contrôler le jeu entre les aubes et le carter turbine basse pression, le EEC a besoin des données suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - P₀. - PT. - PS₃. - TAT. - N1 réel. - N2 réel. - T₂₅. - T₃. - EGT.

CFM56-7B	CF6-80-E1
<p>Le régulateur principal carburant (HMU) : Le EEC gère le régulateur principal carburant (HMU) à travers six (06) électro-hydrauliques servo vannes (EHSV) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ EHSV- FMV. ▪ EHSV- VBV. ▪ EHSV- VSV. ▪ EHSV- HPTACC. ▪ EHSV- LPTACC. ▪ EHSV- TBV. <p>- Et le solénoïde de la vanne de sélection des injecteurs (BSV). - Le EEC contrôle trois modes de ralenti :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ralenti sol. ▪ Ralenti vol. ▪ Ralenti d'approche. 	<p>Le régulateur principal carburant (HMU) : Le EEC gère le régulateur principal carburant (HMU) à travers cinq (05) électro-hydrauliques servo vannes (EHSV) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ EHSV- FMV. ▪ EHSV- VBV. ▪ EHSV- VSV. ▪ EHSV- HPTACC. ▪ EHSV- LPTACC. <p>- Le EEC contrôle deux modes de ralenti :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ralenti sol. ▪ Ralenti vol.
<p>Maintenance :</p> <p>Le EEC a la capacité de mémoriser les pannes de 10 derniers vols et il les affiche au niveau de CDU.</p> <p>Le menu de maintenance comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pannes récentes. ▪ Historique de panne. ▪ Identification / configuration. ▪ Suivie de donnée. ▪ Test au sol. 	<p>Maintenance :</p> <p>Le EEC affiche les messages de maintenance au niveau du l'écran ECAM et il envoie les anomalies moteur au CMC qui les mémorise et affiche lors de son test.</p> <p>- le EEC a deux pages de maintenance qui comprennent :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le rapport de dernier vol. ▪ L'état des instruments de bord. ▪ Système rapport / test. ▪ Les pannes classe 3. ▪ Le rapport de la programmation ▪ Le rapport de l'état de filtre en vol. ▪ Les rapports après le vol.

Conclusion

A l'issue de cette étude ainsi qu'au stage pratique qui s'est déroulé au niveau installations techniques de la compagnie AIR ALGERIE, nous avons pu constater que la nouvelle technologie des moteurs nouvelle génération comme le CFM56-7B et le CF6-80-E1 ne cesse de nous propulser vers un monde qui approche la perfection avec de nouvelles inventions efficaces et surtout économiques.

Toutefois une invention qui ne passe pas inaperçu dans ces moteurs nouvelle génération, l'unité électronique de contrôle moteur qui de plus en plus joue un rôle primordial dans le contrôle des circuits et de la transmission des données de tous les paramètres avion et moteur.

Cependant dans cette étude basée sur la comparaison des fonctions de EEC des deux réacteurs CFM56-7B et CF6-80-E1, nous avons constaté une nette amélioration des fonctions de EEC du réacteur CF6-80-E1 par rapport à celles du réacteur CFM56-7B, dont les principales améliorations sont :

- Le FADEC II.
- L'auto régulation.
- Le système d'air.

Bibliographie

Ouvrages :

- 1- Training manuel CFM56-7b.
- 2- Training manuel CF6-80-E1.
- 3- Manuel de maintenance Airbus 330-200.
- 4- Dictionnaire technique de l'aéronautique (English – French).

Thèses :

- 1- système anti-pompage du réacteur CFM56-7B «2002 ».
- 2- circuit d'air du CFM56-7B « 2002 ».
- 3- contrôle et maintenance des systèmes du réacteur CFM56-7B « 2002 ».

CD-ROM :

- 1- Boieng 737/ 600 – 700 – 800 configuration différence computer base training.
- 2- Airbus 330 maintenance course.

Sites Internet :

- 1- www.snecma-motor.com.
- 2- www.GE.com.

ملخص

إن دراستنا تركز أساسا على المقارنة بين وظائف علبة التحكم الإلكترونية للمحركين النفاثين (CFM56-7B) و (CF6-80-E1) و هما من محركات الجيل الجديد، و هذا مرورا بوصف كامل للمحركين النفاثين، و دراسة معمقة لدارات كل محرك ثم التعرض لوصف وظائف كل من العلبتين .

و نتيجة هذا العمل تعطينا إمكانية الاحتكاك بالمحرك الجديد النفاث (CF6-80-E1) وآخر التطورات.

Résumé

Notre étude est basée essentiellement sur une comparaison entre les fonctions de l'unité électronique du contrôle moteur (EEC) des deux réacteurs nouvelle génération ; le CFM56-7B et le CF6-80-E1, en passant par une description générale des deux réacteurs et une étude approfondie de leurs circuits ainsi que l'étude des fonctions des deux EEC.

Toutefois, le fruit de ce travail nous donne la possibilité d'avoir un petit aperçu du nouveau moteur le CF6-80-E1 et les dernières améliorations.

Summary

Our study is based essentially on a comparison between the two engines controls units functions of the CFM56-7B and the CF6-80-E1 new generation.

And also we studied a general description of the two engines and their circuits respectively and the study of the engine ECU functions.

However, the result of our work gives us the possibility to have a small idea of the new engine CF6-80-E1 and the last creations.