

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB - BLIDA
FACULTE DES SCIENCES DE
L'INGENIEUR

DEPARTEMENT D'AERONAUTIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DES ETUDES UNIVERSITAIRES
APPLIQUEES (D.E.U.A) EN AERONAUTIQUE

OPTION : PROPULSION

THEME

ETUDE COMPARATIVE DES FONCTIONS DE EEC
DES DEUX REACTEURS
CFM56-7B ET CF6-80-C2 FADEC

Suivi par :

Mr : BENOMAR ABDELKADER
Mr : KBAB HAKIM

Réalisé par :

BELKAID KARIM
BAHMED MOHAMED



PROMOTION : 2002/2003

REMERCIEMENTS

Nous remercions DIEU, le tout puissant pour nous avoir aider accomplir ce modeste travail .

Nous tenons à remercier notre promoteur M^r BENOMARE et co-promoteur M^r KEBAB pour leur encadrement , leurs conseils, et leurs encouragements .

Nous adressons notre gratitude à tout les membre de jury qui nous ont honoré par leur présence .

Nos vifs remerciements à nos parents enseignants ainsi qu'à ceux qui nous ont soutenus et encouragé pour réalisé ce mémoire .

Mohamed et karim .

DEDICACE

Je dédie ce présent travail à celui qui est mon fondateur par son exemple d'éducation, et celle qui s'inquiétait toujours pour moi ; mes chers parents qui sont toujours avec moi en toutes circonstances .

Je le dédie aussi à mes grands parents qui ont pas cessé de m'encourager durant le cycle de mes études

Je le dédie de même :

A mes frères :BRAHIM , KARIM, AHCENE et NASSER .

A mes sœurs : DALILA et MALIKA .

A mes oncles paternels et maternels ainsi que leurs familles .

A mes cousins et cousines surtout notre STAR LOUNIS .

A mes neveux : SOFLANE et MIKIBSA .

A toute la famille BAHMED .

A mes tentes ainsi que leurs familles.

A mon binôme et sa famille.

A tous mes amis (es): SAIDI, BOUALEM, TOUFIK, MERZEK, ZAHIR, SAID, FARID, HAKIM, SMAIL, KAMEL et à tous les autres sans exception

MOHAMED



DEDICACE

Je dédie ce présent travail à celui qui est mon fondateur par son exemple d'éducation, et celle qui s'inquiète toujours pour moi ; mes chers parents qui sont toujours avec moi en toutes circonstances .

A mes chers frères et sœurs: MOHAMED et sa femme, ALI, DJEMAA, FATMA ,ZOHRA et FATIMA.

A mes cousins et cousines .

A mes neveux : ADEL, MOHAMED,AHMED ,IMANE, AISSA (zoubir).

A toute la famille BELKAID.

A mon binôme et sa famille.

A tous mes amis :NAIM, NOUAR ,TAIAB , FAROUK, CHAOUKI, SMAIL, BOUALEM, MOUSSA, BRAHIM, AMINE, MOH, HOUCINE, DAHIM, OMAR, EL-HADJ, FERHAT, WANIDI(BMW),KARIM,AHMED, ABDELKADER, RABEII et tous les autres sans exception.

A toute la promotion 2003 de l'institut d'aéronautique de BLIDA .

B. KARIM



RESUME

Ce travail a fait l'objet d'une étude approfondie des deux réacteurs et leurs différents circuits, ainsi qu'une comparaison détaillée des fonctions de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) des deux réacteurs CFM56-7B et CF6-80-C2 FADEC qui sont des moteurs de nouvelle génération. Le EEC est l'un des composants principaux de système FADEC, qui a pour rôle de contrôler tous les circuits des réacteurs et de faciliter leurs maintenance. On a étudié les fonctions de EEC sur les différents circuits relatif à ces moteur .

Il résulte de ce qui procède des commentaires qui ont suivi, nous avons montrer les améliorations apportées notamment au CFM56-7B qui le dernier né de CFMI.

SUMMARY

This study has as subject a study of two engines and their various circuits, as well as a detailed comparison of the functions of the electronic engine control (EEC) of two engines ; CFM56-7B and CF6-80-C2 FADEC which are engines of new generation. The EEC is one of the principal components of system FADEC, which has as a role to control all the engine circuits and to facilitate their maintenance. we studied the functions of EEC on the various circuits relating to these engine.

It results from what proceeds of the comments which followed, we have to show the improvements made in particular to the CFM56-7B which it last born from CFMI.

ملخص

كان نشاطنا موضوع دراسة مزدوجة و مفصلة بين وظائف علبة التحكم الالكتروني في المحركين CFM56-7B و C2FADEC - CF6-80، وهذين المحركين هما من النوع العصري. علبة التحكم الالكتروني هي العنصر الأساسي لدارة التحكم التي تتحكم في جميع انظمة المحرك. كان موضوع دراستنا وظائف العلبة الالكترونية في مختلف انظمة المحرك.

كانت نتيجة دراستنا أن وظائف العلبة الالكترونية لها تطورات في المحرك 56-7B CFM الذي يعتبر احدث محرك في عالم الطيران.

Lexiques Anglais / Français :

Engine - general description	Le moteur - description générale
Engine - engine aerodynamic stations	Le moteur - stations aérodynamiques
Engine - accessory drive - component locations	Le moteur - localisation des composants de la boîte d'entraînement des accessoires
Engine fuel and control - distribution - functional description	Circuit carburant et commande- distribution - fonctionnement
Engine fuel and control - fuel indicating - general description	Circuit carburant et commande- système d'indication - description générale
Engine fuel and control - distribution - general description	Circuit carburant et commande- distribution - description générale
Engine oil - indicating - general description	Circuit de graissage- système d'indication - description générale
Engine oil - distribution - general description	Circuit de graissage- distribution - fonctionnement
Engine starting - introduction	Circuit de démarrage - introduction
Engine starting - general description	Circuit de démarrage - description générale
Engine exhaust system - general description	Le système d'échappement - description générale

LEXIQUES ANGLAIS / FRANÇAIS

Thrust reverser indicating system - general description	Système d'indication des inverseurs de poussée - description générale
Engine controls - general description	Commande moteur - description générale
Engine air - general description	Circuit d'air - description générale
Engine fuel and control - engine control - electronic engine control	Circuit carburant et commande - unité électronique du contrôle moteur
Engine fuel and control - engine control - functional description	Circuit carburant et commande - contrôle du moteur - fonctionnement
Engine tachometer system - general description	Le système du tachymètre du moteur - description générale
HMU fuel metering opération .	Opération de système de carburant dosé de l'HMU.
Bore cooling valve control	Contrôle des vannes de refroidissement .
Engine fuel system opération .	Système carburant – opération .
Engine air system component locations	Système d'air moteur – localisation des composants.
Starting and ignition system	Système de démarrage et d'allumage .
Thrust reverser général opération .	Circuit reverse – opération général .

LEXIQUES ANGLAIS / FRANÇAIS

Engine indicating sensors	Capteurs d'indication moteur .
Engine control – idle control – functional description .	Control moteur – control ralenti –description fonctionnelle .
Engine control – engine control light and EEC switches	Contrôle moteur – voyants moteur et switches EEC .
EEC input/ outputs	Les sorties et les entrées de EEC .
EEC opération – control modes .	Opération EEC – les modes de contrôles .
Control alternator.	Alternateur EEC .
ESCV and CCCV control	Contrôle de ESCV et CCCV .
Turbine case cooling control .	Contrôle de jeu turbine .
Fuel flow transmitter .	Débit mètre carburant.
Propulsion interface monitor unit (PIMU) system .	Unité de surveillance des interfaces de propulsion .

ABREVIATIONS :

AC	: Courant alternatif.
A/C.A/P	: Avion
ACARS	: système de transmission des données numériques entre l'avion en vol et le sol et inversement .
ADIRU	: Centrale de référence inertielle de données aériennes.
AGB	: boîte de commande d'accessoires.
ALTN	: dégagement.
AOG	: appareil immobilisé.
APU	: unité de puissance auxiliaire.
ARINC	: organisme de gestion des télécommunications aéronautique.
A/T	: auto manette.
BCV	: vanne de refroidissement palier et roulement .
BITE	: équipement d'essai incorporé – contrôleur intégré.
BSI	: inspection endoscopique (sans démontage du moteur).
BSV	: vérin d'ouverture des clapets de décharge.
°C	: degré celsius.
CCCV	: vanne de refroidissement de moteur et d'accessoires .
CDS	: système de visualisation commune.
CDU	: boîte de commande et d'affichage.
CFMI	: CFM international.
CIP	: pression d'entrée compresseur.
CIT	: température d'entrée compresseur.
CSD	: entraînement à vitesse constante.
DAC	: moteur à chambre de combustion annulaire double.
DUE	: unité d'affichage électronique.
DOD	: dégât causé par un phénomène naturel.
DMS	: système de détection (surveillance) débris.
EAU	: unité d'accessoire moteur .
ECAM	: electronic centralized aircraft monitor.
EEC	: unité de contrôle électronique.
ECU	: dispositif de régulation numérique du moteur.
EICAS	: système de contrôle des paramètres moteur et d'alerte équipage.
EGT	: température de sortie des gaz d'échappements.
ESCV	: vanne de refroidissement du 11 ^{ème} étage .
FAA	: bureau fédéral de l'aéronautique (USA).
FADEC	: système de régulation électronique numérique à pleine autorité du Moteur.
FMV	: vanne de dosage carburant.
FMC	: ordinateur de gestion du vol.
FOD	: dégât causé par des corps étrangers.
FDAU	: boîtier de détection des données de vol.

FDR	: band magnétique du vol.
FAR	: réglementation fédérale de l'aviation civile.
HMU	: dispositif de regulation du moteur.
HPC	: compresseur haute pression.
HPT	: turbine haute pression.
HPTCC	: contrôle de jeu HPT.
HPTCCV	: valve de HPTCC.
HPSOV	: robinet d'arrêt HP.
IDG	: generateur d'entraînement intégré.
IGB	: boîtier du dispositif d'admission.
LPC	: compresseur basse pression.
LPT	: turbine basse pression.
LPTACC	: contrôle du jeux turbine BP.
LVDT	: transformateur différentiel variable linéaire.
N1	: vitesse de rotation de l'attelage basse pression.
N2	: vitesse de rotation l'attelage haute pression.
OGV	: aubage directeur de sortie.
OSG	: gouverneur de survitesse .
P0	: pression ambiante.
PN	: référence de pièce.
PS3	: pression de décharge compresseur.
PS12	: pression de l'air statique de l'entrée fan.
PS13	: pression de l'air statique de la sortie fan.
TAT	: température totale de l'air.
VBV	: vanne de décharge .
VSV	: stator à calage variable .

FEET = pied = 30.48 cm .

INCH = pouce = 2.54 cm .

Pound = livre = 453.6 grammes .

QUARTE = ¼ de gallon = 0.945 litres .

PSI = livre / (pouce)² .

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : Description des deux réacteurs CFM56-7B et CF6-80-C2 FADEC :	
I-1 DESCRIPTION DU REACTEUR CFM56-7B.....	3
I-1-1 MODULE FAN ET BOOSTER	3
I-1-2 MODULE CORE	3
I-1-3 MODULE TURBINE BASSE PRESSION.....	3
I-1-4 BOITE D'ENTRAINEMENT DES ACCESSOIRES	5
I-1-5 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU REACTEUR CFM56-7B.....	5
I-1-6 REPERAGE DES DIFFERENTES STATIONS	7
I-1-6-1 FLUX PRIMAIRE	7
I-1-6-2 FLUX SECONDAIRE	7
I-1-7 CAPOTAGES.....	7
I-1-8 LES REGIMES.....	7
I-1-8-1 REGIME N1.....	7
I-1-8-2 REGIME N2.....	7
I-1-9 EGT.....	7
I-2 DESCRIPTION DU REACTEUR CF6-80-C2 FADEC.....	9
I-2-1 INTRODUCTION.....	9
I-2-2 MODULE FAN.....	9
I-2-3 MODULE CORE.....	9
I-2-4 MODULE TURBINE HAUTE PRESSION.....	9
I-2-5 MODULE TURBINE BASSE PRESSION.....	9
I-2-6 MODULE D'ENTRAINEMENT D'ACCESSOIRES.....	11
I-2-7 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU CF6-80C2 FADEC.....	11
I-2-8 CAPOTAGES.....	13
I-2-9 REPERAGE DES DIFFERENTES STATIONS REACTEUR.....	14
CHAPITRE II : Les différents circuits des deux réacteurs :	
II-1 DIFFERENTS CIRCUITS DU REACTEUR CFM 56-7B.....	16
II-1-1 CIRCUIT CARBURANT.....	16
II-1-1-1 ROLE DU CIRCUIT CARBURANT.....	16
II-1-1-2 COMPOSITION DU CIRCUIT CARBURANT.....	16
II-1-1-3 CONTROLE DU CIRCUIT CARBURANT.....	18
II-1-1-4 FONCTIONNEMENT DU CIRCUIT CARBURANT.....	18
II-1-2 CIRCUIT DE GRAISSAGE.....	20
II-1-2-1 ROLE DU CIRCUIT DE GRAISSAGE.....	20
II-1-2-2 COMPOSITION DU CIRCUIT GRAISSAGE.....	20
II-1-2-3 CONTROLE DU CIRCUIT DE GRAISSAGE.....	20
II-1-3 CIRCUIT DE DEMARRAGE ET ALLUMAGE.....	22
II-1-3-1 CIRCUIT DE DEMARRAGE.....	22
II-1-3-2 CIRCUIT D'ALLUMAGE.....	22
II-1-3-3 COMMANDES ET CONTROLE.....	22
II-1-4 CIRCUIT REVERSE.....	24
II-1-4-1 PRINCIPE.....	24

SOMMAIRE

II-1-4-2 INVERSION DE POUSSEE.....	25
II-1-5 CIRCUIT DE COMMANDE.....	27
II-1-6 DISPOSITIF ANTI POMPAGE.....	27
II-1-7 SYSTEME D'INDICATION.....	30
II-2 LES DIFFERENTS CIRCUITS DU REACTEUR CF6-80-C2 FADEC.....	32
II-2-1 CIRCUIT CARBURANT.....	32
II-2-1-1 LES FONCTIONS DE CIRCUIT CARBURANT.....	32
II-2-1-2 COMPOSITION DU CIRCUIT CARBURANT.....	32
II-2-1-3 CONTROLE DU CIRCUIT CARBURANT.....	32
II-2-2 CIRCUIT DE GRAISSAGE.....	34
II-2-2-1 COMPOSITION DU CIRCUIT DE GRAISSAGE.....	34
II-2-2-2 CONTROLE DE CIRCUIT DE GRAISSAGE.....	34
II-2-3 CIRCUIT D'AIR.....	36
II-2-3-1 LE CONTROLE DU DEBIT D'AIR.....	36
<i>A- les aubes stator à calage variable.....</i>	<i>36</i>
<i>B- les vannes de décharge.....</i>	<i>36</i>
II-2-3-2 REGULATION DU DEBIT D'AIR DE REFROIDISSEMENT	37
<i>A- les vannes de refroidissement (BCV).....</i>	<i>37</i>
<i>B- la vanne solénoïde de refroidissement de 11^{ème} étage.....</i>	<i>37</i>
<i>C- les vannes de refroidissement du 11^{ème} étage.....</i>	<i>37</i>
II-2-3-3 REFROIDISSEMENT DE MOTEUR ET ACCESSOIRES.....	39
II-2-3-4 CONTROLE DE JEU TURBINES HAUTE ET BASSE PESSION.....	39
II-2-4 CIRCUIT DE DEMARRAGE.....	40
II-2-4-1 DEMARRAGE REACTEUR.....	40
II-2-4-2 ALLUMAGE REACTEUR.....	40
II-2-4-3 COMMANDE ET CONTROLES.....	40
<i>A- PANNAEU DE DEMARRAGE.....</i>	<i>40</i>
<i>B- SELECTEUR DE DEMARRAGE.....</i>	<i>40</i>
II-2-5 CIRCUIT REVERSE.....	42
II-2-5-1 DISPOSITIFS D'EJECTION.....	42
II-2-5-2 PRINCIPE.....	42
II-2-5-3 INVERSION DE POUSSEE.....	42
II-2-5-4 SIGNALISATION.....	44
II-2-5-5 CIRCUIT DE COMMANDE DE LA REVERSE.....	44
II-2-5 CIRCUIT DE CONTROLE.....	44

CHAPITRE III : Les fonctions de EEC des deux réacteurs :

III-LES FONCTIONS DE EEC DU REACTEUR CFM56-7B.....	46
III-1 L'UNITE ELECTRONIQUE DE CONTROLE MOTEUR (EEC).....	46
III-1-1 LES CONNEXIONS DE EEC AUX SYSTEME AVION ET MOTEUR.....	46
<i>III-1-1-1 Les Connexions de EEC aux systèmes moteur.....</i>	<i>46</i>
<i>III-1-1-2 Les Connexions de EEC aux systèmes avion.....</i>	<i>50</i>
III-1-2 L'INSTALLATION DE EEC.....	53
III-1-4 ALIMENTATION ELECTRIQUE DE EEC.....	53
III-1-5 DIMENSIONS ET POIDS DE EEC.....	53
III-1-6 LES MODES DE CONTRÔLE DE EEC.....	53
III-1-7 DESCRIPTION FONCTIONNELLE DE EEC.....	56

SOMMAIRE

<i>III-1-7-1 VALIDATION ET TRAITEMENT DE SIGNAUX</i>	57
<i>III-1-7-2 COMMANDE DE LA POUSSEE MOTEUR</i>	57
<i>III-1-7-3 LES VOYANTS DE CONTRÔLE MOTEUR</i>	59
<i>III-1-7-4 CONTRÔLE RALENTI MOTEUR</i>	61
<i>III-1-7-5 CONTROLE LE CIRCUIT D'AIR</i>	63
A-SYTEME DE CONTROLE ACTIF DU JEU TURBINE HAUTE PRESSION.....	63
B- SYSTEME DE CONTROLE ACTIF DU JEU TURBINE BASSE BASSEPRESSION(LPTACC).....	66
C- LA VANNE DE DECHARGE TRANSITOIRE (TBV).....	68
D- SYSTEME DE COMMANDE DE STATOR A CALAGE VARIABLE (VSV).....	70
E- VANNE DE DECHARGE (VBV).....	72
<i>III-1-7-6 CONTROLE DES PARAMETRES DE CIRCUIT DE GRAISSAGE</i>	74
A- INDICATEUR DE PRESSION DE HUILE.....	74
B- INDICATION DE TEMPÉRATURE D'HUILE.....	76
C- TRANSMETTEUR DE COLMATAGE DE FILTRE DE RECUPERATION..	76
<i>III-1-7-7 CIRCUIT CARBURANT</i>	76
A- LE GALET DOSEUR (FMV).....	76
B- LE ROBINET D'ARRÊT HAUTE PRESSION (HPSOV).....	77
C- LE GOUVERNEUR DE SURVITESSE (OSG).....	77
D- LE DEBIT METRE CARBURANT.....	78
E- LA VANNE DE SÉLECTION DES INJECTEURS (BSV).....	78
<i>III-1-7-8 CIRCUIT DE DEMARRAGE</i>	78
A- DEMARRAGE A CHAUD.....	79
B- DEMARRAGE A FROID.....	80
<i>III-1-7-9 CERCUIT D'ALLUMAGE</i>	80
<i>III-1-7-10 CIRCUIT REVERSE</i>	83
A- DESCRIPTION GÉNÉRALE.....	83
B-LE SYSTÈME D'INDICATION DES INVERSEUR DE POUSSÉE.....	84
<i>III-1-7-11 LE BITE</i>	86
<i>III-1-8 TEST EEC</i>	89
<i>III- LES FONCTIONS DES EEC DU CF6-80-C2 FADEC</i>	90
<i>III -2-1 L'UNITE ELECTRONIQUE DE CONTROLE MOTEUR (EEC)</i> ..	90
<i>III-2-1-1 Les interfaces avion</i>	91
<i>III-2-1-2 Les composants moteurs</i>	91
<i>III-2-1-3 Les prises d'identification</i>	92
<i>III-2-1-4 Les entrées de pression</i>	92
<i>III-2-1-5 LES ENTREES ET LES SORTIE DE EEC</i>	94
<i>III-2-2 LES MODES DE CONTROLE DE L'UNITE ELECTRIQUE DE CONTROLE MOTEUR(EEC)</i>	96
<i>III-2-2-1 le mode de contrôle NORMAL</i>	96
<i>III-2-2-2 le mode de contrôle SOFT</i>	96
<i>III-2-2-3 le mode de contrôle HARD</i>	99
<i>III-2-3 LE CONTRÔLE DE RALENTI MOTEUR</i>	99.
<i>III-2-4 L'ALTERNATEUR EEC</i>	100
<i>III-2-5 LE REGULATEUR PRINCIPAL CARBURANT (HMU)</i>	102

SOMMAIRE

III-2-6 LE CIRCUIT D'AIR.....	105
III-2-6-1 LE CONTROLE DU DEBIT D'AIR.....	105
<i>A- Fonctionnement des stators à calage variable (VSVs).....</i>	<i>105</i>
<i>B- Fonctionnement des vannes de décharges (VBVs).....</i>	<i>107</i>
III-2-6-2 REGULATION DU DEBIT D'AIR DE REFROIDISSEMENT.....	109
<i>A- Fonctionnement des vannes de refroidissement (BCV).....</i>	<i>109</i>
<i>B- Fonctionnement de la vanne solénoïde de refroidissement du 11^{ème} étage (ESCV solénoïde)</i>	<i>111</i>
<i>C- Fonctionnement des vannes de refroidissement du 11^{ème} étage(ESCV).....</i>	<i>112</i>
III-2-6-3 REFROIDISSEMENT DE MOTEUR ET DES ACCESSOIRES..	113
A- FONCTIONNEMENT DE LA VANNE DE REFROIDISSEMENT DU MOTEUR ET DES ACCESSOIRES (CCCV).....	113
III-6-4 DISPOSITIF ACTIF DE CONTORLE DES JEUX DES TURBINES HAUTE PRESSION ET BASSE PRESSION.....	115
III-2-7 LE CIRCUIT DE GRAISSAGE.....	117
III-2-8 LE CIRCUIT CARBURANT.....	117
III-2-8-1 LA DISTRIBUTION.....	117
III-2-8-2 LE CONTROLE.....	119
III-2-8-3 L'INDICATION.....	119
III-2-9 LE CIRCUIT D'ALLUMAGE ET DE DEMARRAGE	121
III-2-10 LE CIRCUIT REVERSE.....	122
III-2-11 LE PIMU.....	123
CHAPITRE IV : Comparaison des fonctions de EEC des deux réacteurs :	
COMPARAISON.....	125
CONCLUSION.....	131

LISTE DES FIGURES

ENGINE-GENERAL DESCRIPTION.....	4
ENGINE-ACCESSORY DRIVE-COMPONENT LOCATIONS.....	6
ENGINE-ENGINE AERODYNAMIC STATIONS.....	8
LES DIFFERENTS MODULES.....	10
ACCESSORY GEARBOX.....	12
CAPOTAGE MOTEUR.....	13
LES DIFFERENTS STATIONS DU REACTEUR.....	15
ENGINE FUEL AND CONTROL-DISTRIBUTION-GENERAL DESCRIPTION...17	
ENGINE FUEL AND CONTROL-DISTRIBUTION-FUNCTIONAL DESCRIPTION.....	19
ENGINE OIL-DISTRIBUTION- GENERAL DESCRIPTION.....	21
ENGINE STARTING-INTRODUCTION.....	23
ENGINE EXHAUSTSYSTEM- GENERAL DESCRIPTION.....	26
ENGINE CONTROL- GENERAL DESCRIPTION.....	28
ENGINE AIR- GENERAL DESCRIPTION.....	29
ENGINE TACHOMETER SYSTEM- GENERAL DESCRIPTION.....	31
ENGINE FUEL SYSTEM OPERATION.....	33
DISTRIBUTION SYSTEM OPERATION.....	35
ENGINE AIR SYSTEM COMPONENT LOCATIONS.....	38
STARTING AND IGNITION SYSTEMS.....	41
THRUST REVERSER GENERAL OPERATION.....	43
ENGINE INDICATING SENSORS.....	45
ENGINE FUEL AND CONTROL-ENGINE CONTROL-EEC.....	47
ENGINE CONTROL-HMU-FUNCTIONAL DESCRIPTION.....	49
ENGINE CONTROL- FUNCTIONAL DESCRIPTION.....	52
ENGINE CONTROL-EEC ELECTRICAL POWER SUPPLY.....	54
ENGINE CONTROL-THRUSTCONTROL- FUNCTIONAL DESCRIPTION.....	58
ENGINE CONTROL LIGHT AND EEC SWITCHES.....	60
ENGINE CONTROL-IDLE CONTROL- FUNCTIONAL DESCRIPTION.....	62
ENGINE AIR-HPTACC- FUNCTIONAL DESCRIPTION.....	65
ENGINE AIR-LPTACC- FUNCTIONAL DESCRIPTION.....	67
ENGINE AIR-TBV- FUNCTIONAL DESCRIPTION.....	69
ENGINE AIR-VSV SYSTEM- FUNCTIONAL DESCRIPTION.....	71
ENGINE AIR-VBV SYSTEM- FUNCTIONAL DESCRIPTION.....	73
ENGINE OIL-INDICATING- GENERAL DESCRIPTION.....	75
IGNITION-GENERAL DESCRIPTION.....	82
THRUSTREVERSER INDICATING SYSTEM- GENERAL DESCRIPTION.....	85
TRAINING INFORMATION POINT-EEC BITE-GENERAL.....	87
TRAINING INFORMATION POINT-EEC BITE-SIGNALS.....	88

ELECTRONIC ENGINE CONTROLE.....	93
EEC INPUTS/OUTPUTS.....	95
EECOOPERATION-CONTROL MODES.....	98
CONTROL ALTERNATOR.....	101
HMU FUEL METERING OPERATION.....	104
VSV SYSTEM COMPONENTS.....	106
VBV SYSTEM COMPONENTS.....	108
BORECOOLING VALVE CONTROL.....	110
ESCV AND CCCV CONTROL.....	114
TURBINE CASECOOLING CONTROL.....	116
OIL INDICATING SYSTEM.....	118
FUEL FLOW TRANSMITER.....	120
PROPULSION INTERFACE MONITOR UNIT SYSTEM.....	124

Introduction :

Après le ballon, le chemin de fer, l'automobile, le dirigeable, l'aéroplane viendra clore une série déjà longue d'invention majeurs. La locomotion aérienne n'est plus un miracle. Mais il fallait tout de même à croire à ces improbable machines. L'altitude est normale pour un inventeur. Les pilotes et les ingénieurs de ces années là sont d'ailleurs, restés, pour la plupart, célèbres pour leur conviction .

Près d'un an après sa naissance, l'avion reste un objet d'exception. Une dynamique propre à fait de lui un produit si couteux et si complexe que même les plus grands pays industriels doivent aujourd'hui unir leur efforts pour oser innover. Un mouvement qui remet en cause, sans la rivalité persistance entre l'ancien et le nouveau monde .

Grace à l'évaluation remarquable de l'industrie aéronautique, et l'apparition des différentes entreprises dans le domaine, cherchant toujours à améliorer l'appareil de vol en tenant en compte différentes normes; La sécurité, le confort et l'économie.

Afin d'aboutir aux précédentes normes, les aéronauticiens ont fait des études approfondies sur l'avion, concernant sa propulsion, sa structure et son avionique tout en respectant les tâches pour lesquelles il était conçu (transport, cargo, défense, etc.....) .

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 opérationnelles bien précis en étant efficace, économique, facile d'utilisation et de maintenance, et bien souvent il est le fruit de compromis entre les différentes aspects.

À l'avancée de la technologie, il est indispensable à chaque instant de contrôler tout les système de moteur, pour cela le système FADEC qui est un système digital à microprocesseur est conçu pour contrôler la gestion du turbo réacteur ainsi qu'un appareil de sécurité pour prévenir des dégats sérieux sur le moteur.

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) est l'un des composants principaux de système FADEC. Le EEC contrôle le moteur en utilisant les entrées électroniques pour calculer les sorties de carburant et de commande pour faire fonctionner le moteur. Le EEC fournit également des données numériques à d'autre système d'avion, ces données donnent le statut de moteur.

Afin de comprendre les fonctions de EEC, nous avons effectué **une étude comparative des fonctions EEC des deux réacteurs CFM56-7B et CF6-80-C2 FADEC** comme projet de fin d'études.

Notre travail est répartie en quatre chapitre:

Chapitre I : Description deux réacteurs CFM56-7B et CF6-80-C2 FADEC .

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

Chapitre III : Les fonctions EEC des deux réacteurs CFM56-7B et CF6-80-C2 FADEC.

Chapitre IV : Comparaison entre les fonctions de EEC des deux réacteurs CFM56-7B et CF6-80-C2 FADEC .

CHAPITRE I:

Description des deux réacteurs

CFM56-7B et CF6-80-C2 FADEC

I-1 DESCRIPTION DU REACTEUR CFM56-7B :

Le réacteur CFM 56-7B équipe le Boeing 737-800 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 :

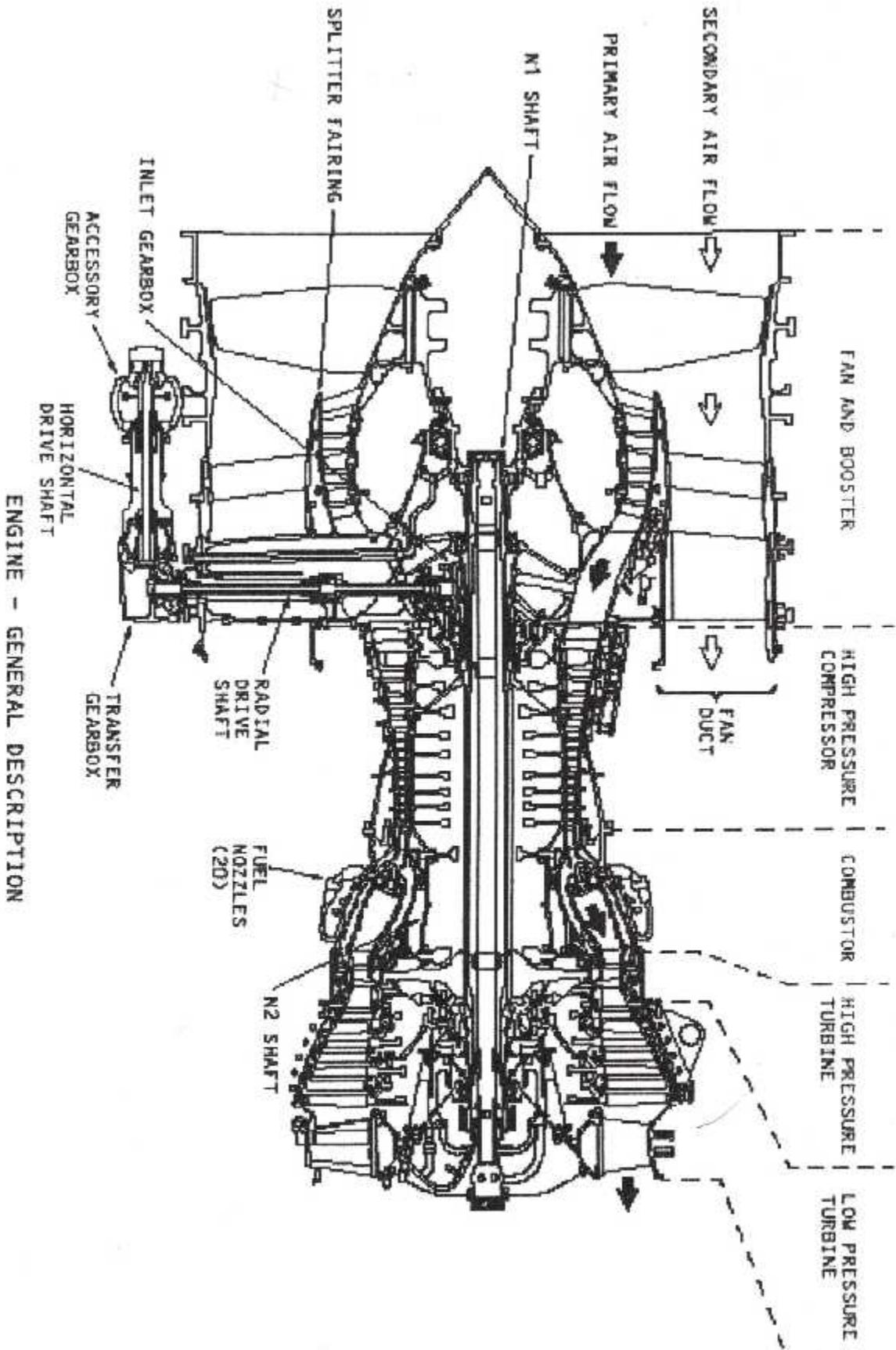
- Neuf (09) étages compresseur haute pression.
- Une (01) chambre de combustion annulaire, équipée de vingt (20) injecteurs et deux (02) allumeurs.
- Une (01) turbine haute pression à un étage. La turbine haute pression entraîne le compresseur haute pression et la boîte d'entraînement des accessoires.

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.



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) :

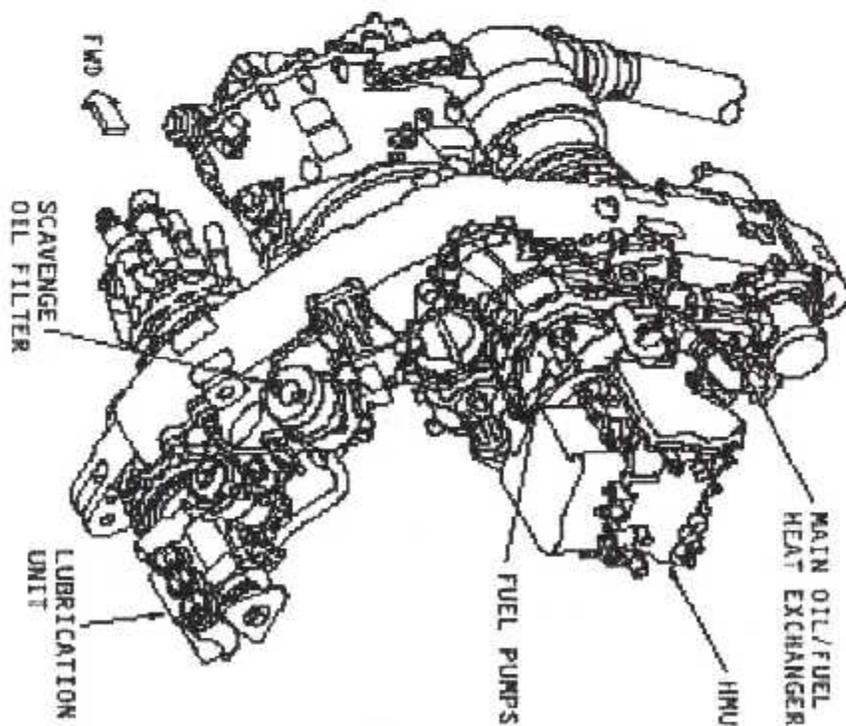
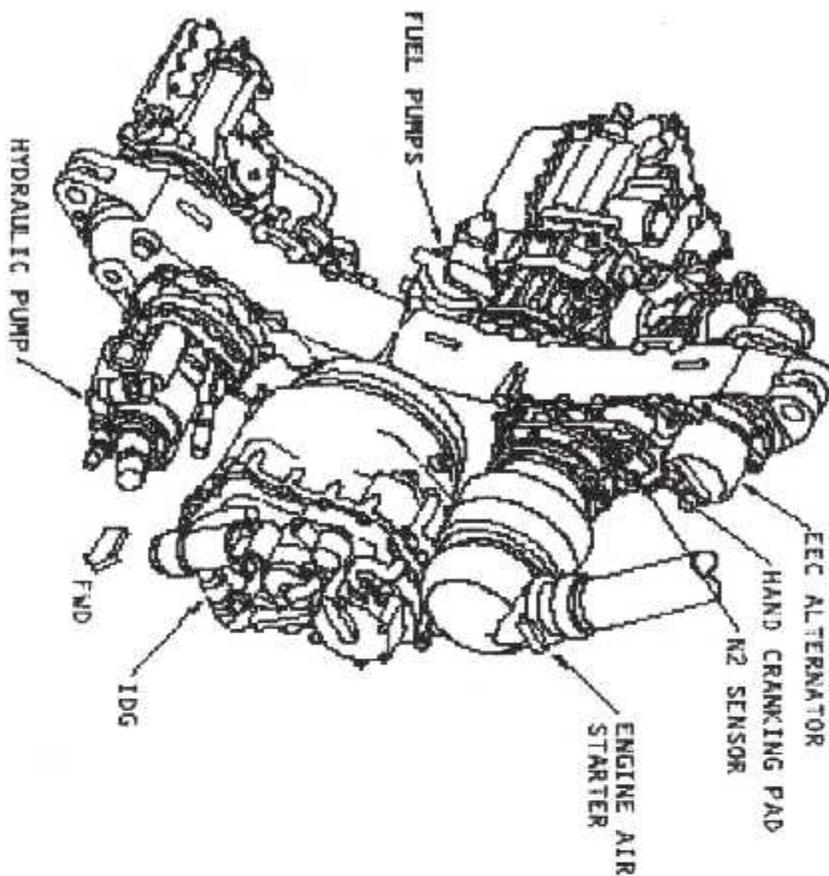
CFM 56-7B 27	27300 lbs
CFM 56-7B 26	26300 lbs
CFM 56-7B 24	24200 lbs
CFM 56-7B 22	22700 lbs
CFM 56-7B 20	20600 lbs
CFM 56-7B 18	19500 lbs

- La poussée assurée par le flux primaire est de 20 % de la poussée totale .
- La poussée assurée par le flux secondaire est de 80 % de la poussée totale .
- La consommation spécifique au ralenti pour tous les CFM 56-7B est de 0.752 lb/h/lb (kg/h/kN) .

- La consommation spécifique en croisière :

CFM 56-7B 27 . 7B 26 . 7B 24 est de 0.344 lb/h/lb.
CFM 56-7B 22 . 7B 20 . 7B 18 est de 0.343 lb/h/lb.

- La masse du réacteur est de 2361 kg.
- Le diamètre de l'entrée d'air est de 1.55 m.
- Taux de dilution est de 5.6/1.



ENGINE - ACCESSORY DRIVE - COMPONENT LOCATIONS

I-1-6 REPERAGE DES DIFFERENTES STATIONS :

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

I-1-6-1 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.

I-1-6-2 FLUX SECONDAIRE :

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

I-1-7 CAPOTAGES :

- Capot FAN.
- Capot REVERSE.

I-1-8 LES REGIMES :**I-1-8-1 REGIME N1 :**

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

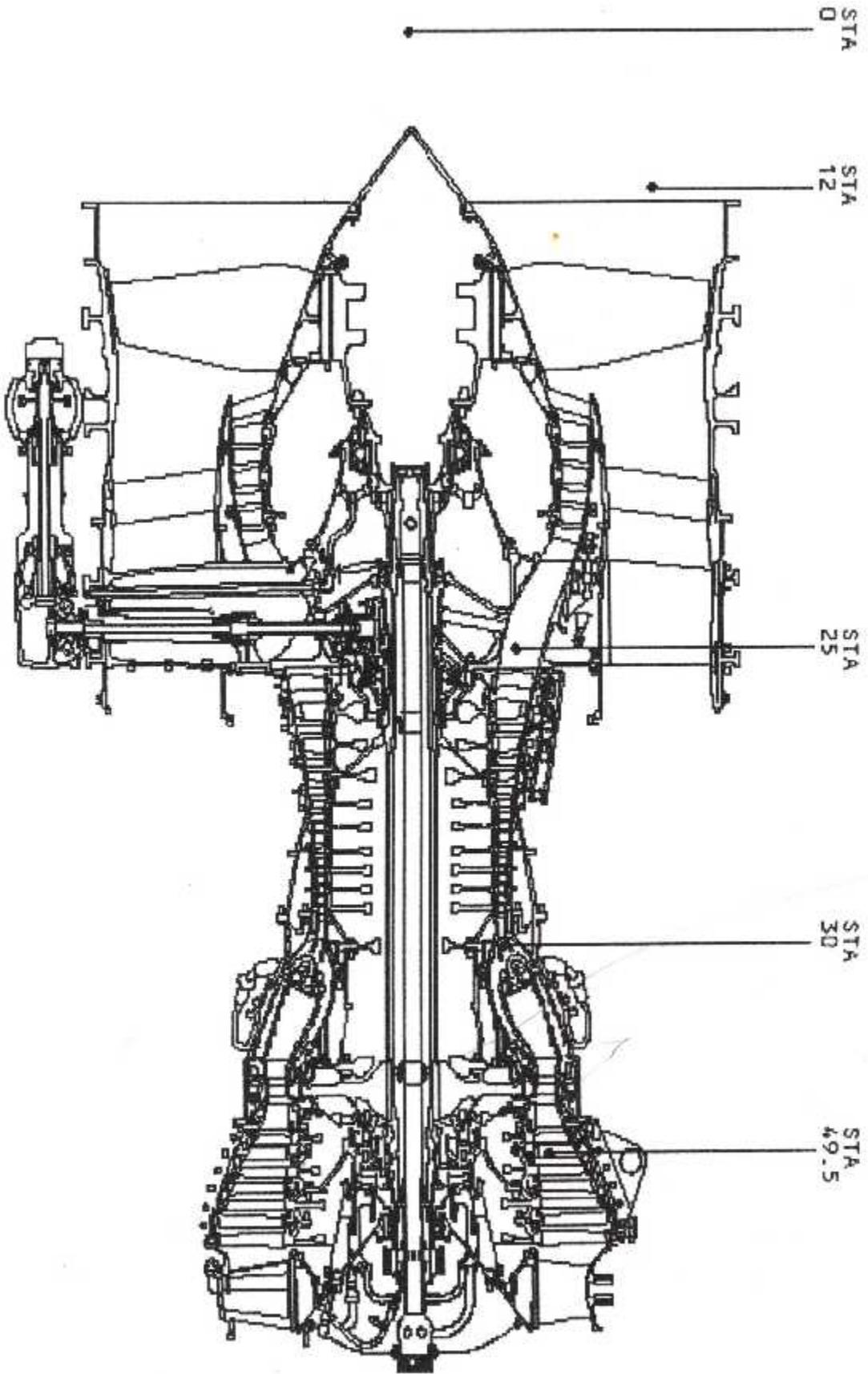
I-1-8-2 REGIME N2 :

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

I-1-9 EGT :

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

ENGINE - ENGINE AERODYNAMIC STATIONS



I-2 DESCRIPTION DU REACTEUR CF6-80-C2 FADEC :

I-2-1 INTRODUCTION :

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

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

I-2-2 MODULE FAN :

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

Le module fan est entraîné par la turbine basse pression.

I-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 allumeurs à haute tension position 3h30, 5h30 et de premier étage statorique de la turbine haute pression.

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

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

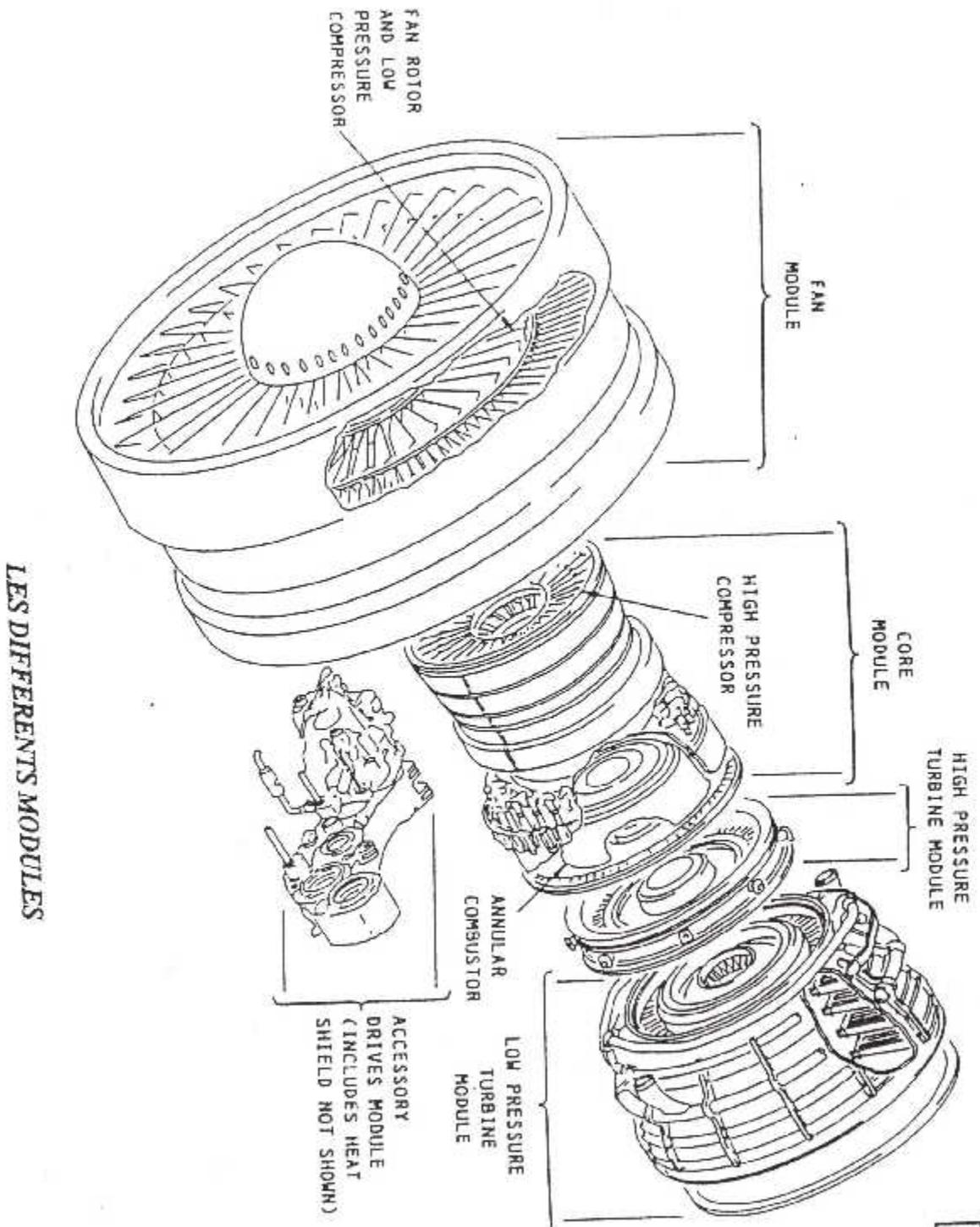
L'ensemble des aubes de prérotation et des stator à calage variable constitue le dispositif anti-pompage du compresseur haute pression. Le compresseur haute pression est entraîné par la turbine haute pression.

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.

I-2-5 MODULE TURBINE BASSE PRESSION :

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



LES DIFFERENTS MODULES

CF6-80C2F
FADEC

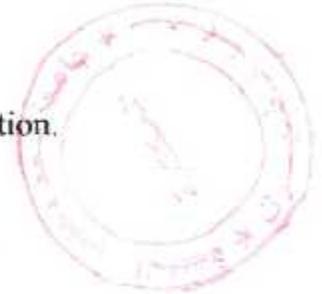
I-2-6 MODULE D'ENTRAÎNEMENT D'ACCESSOIRES :

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 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 CF6-80C2 FADEC :

Le CF6-80-C2 FADEC présente les caractéristiques suivantes :

- ❖ Poussée statique maximale (F) à température ambiante < 32.2 °C **F=23134 DAN.**
- ❖ Poussée assurée par le flux primaire : **20%** de la poussée totale.
- ❖ Poussée assurée par le flux secondaire : **80%** de la poussée totale.
- ❖ Poussée inverse : **40%** de la poussée directe du fan.
- ❖ Masse du réacteur nu : **4216 Kg.**
- ❖ Diamètre de l'entrée d'air : **2,46 m.**
- ❖ Rapport manométrique de compression : **29,9.**

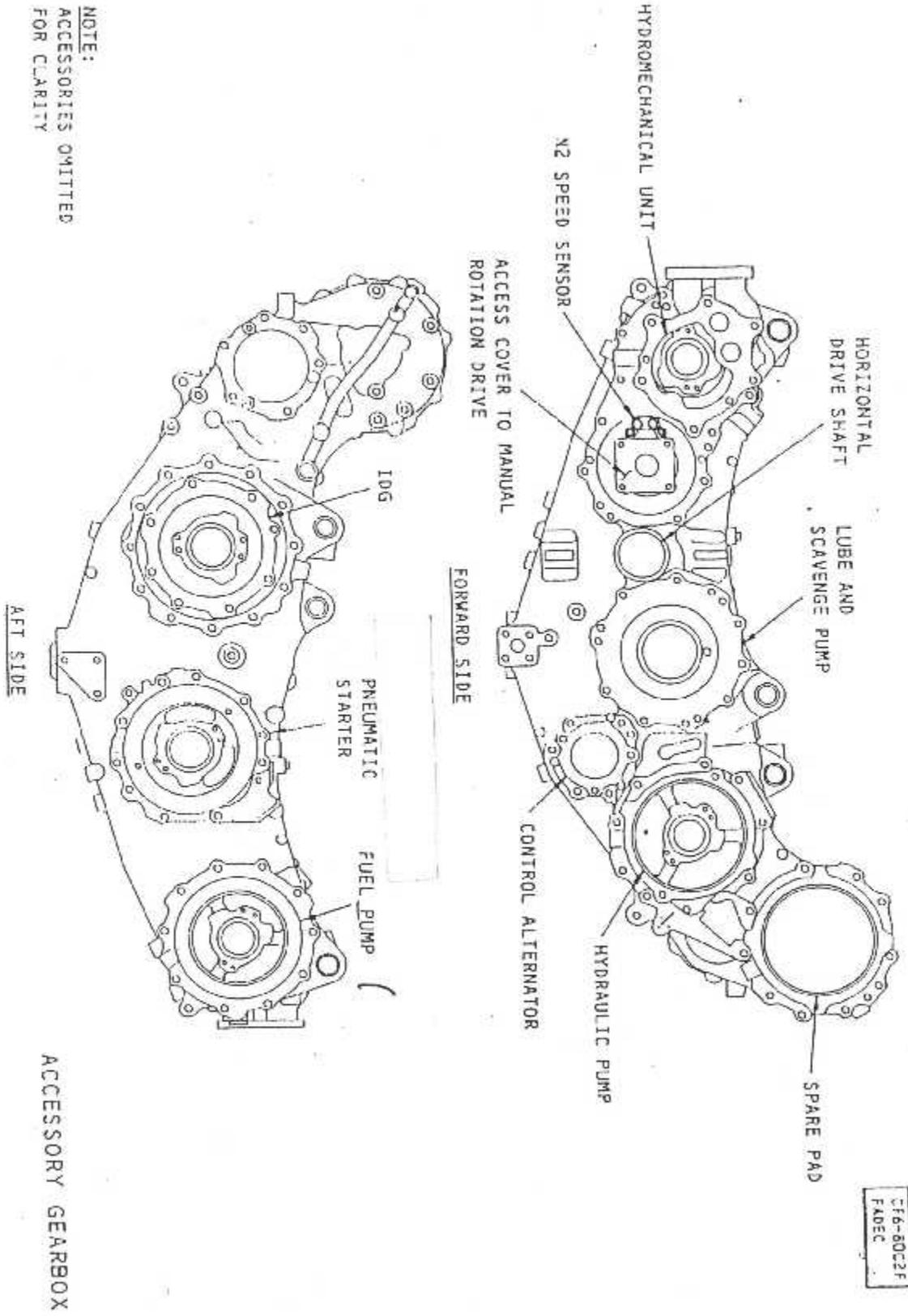
❖ Le régime N1

100%=3280 tr/mn
117.5%=3854 tr/mn

❖ Le régime N2

100%=9827 tr/mn
122.5%=11055 tr/mn

- ❖ EGT 960°C Maximum .



NOTE:
ACCESSORIES OMITTED
FOR CLARITY

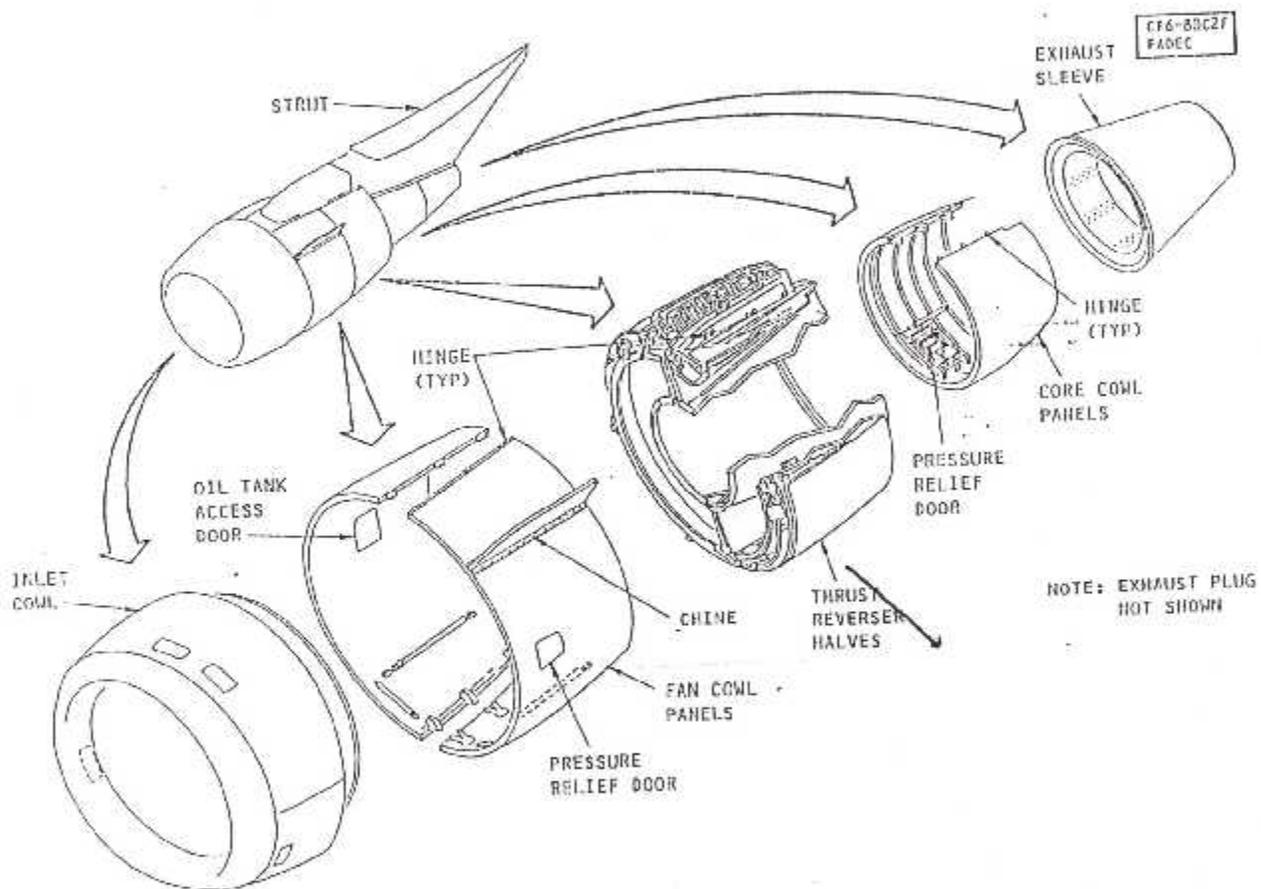
CF6-80C2F
FADEC

ACCESSORY GEARBOX

I-2-8 CAPOTAGES :

Le réacteur **CF6-80-C2 FADEC** est équipé de trois capots suivants :

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

**CAPOTAGE MOTEUR**

1-2-9 REPERAGE DES DIFFERENTES STATIONS REACTEUR :

- ◆ station 0 : condition ambiante
- ◆ station 1.2 : entrée d'air.

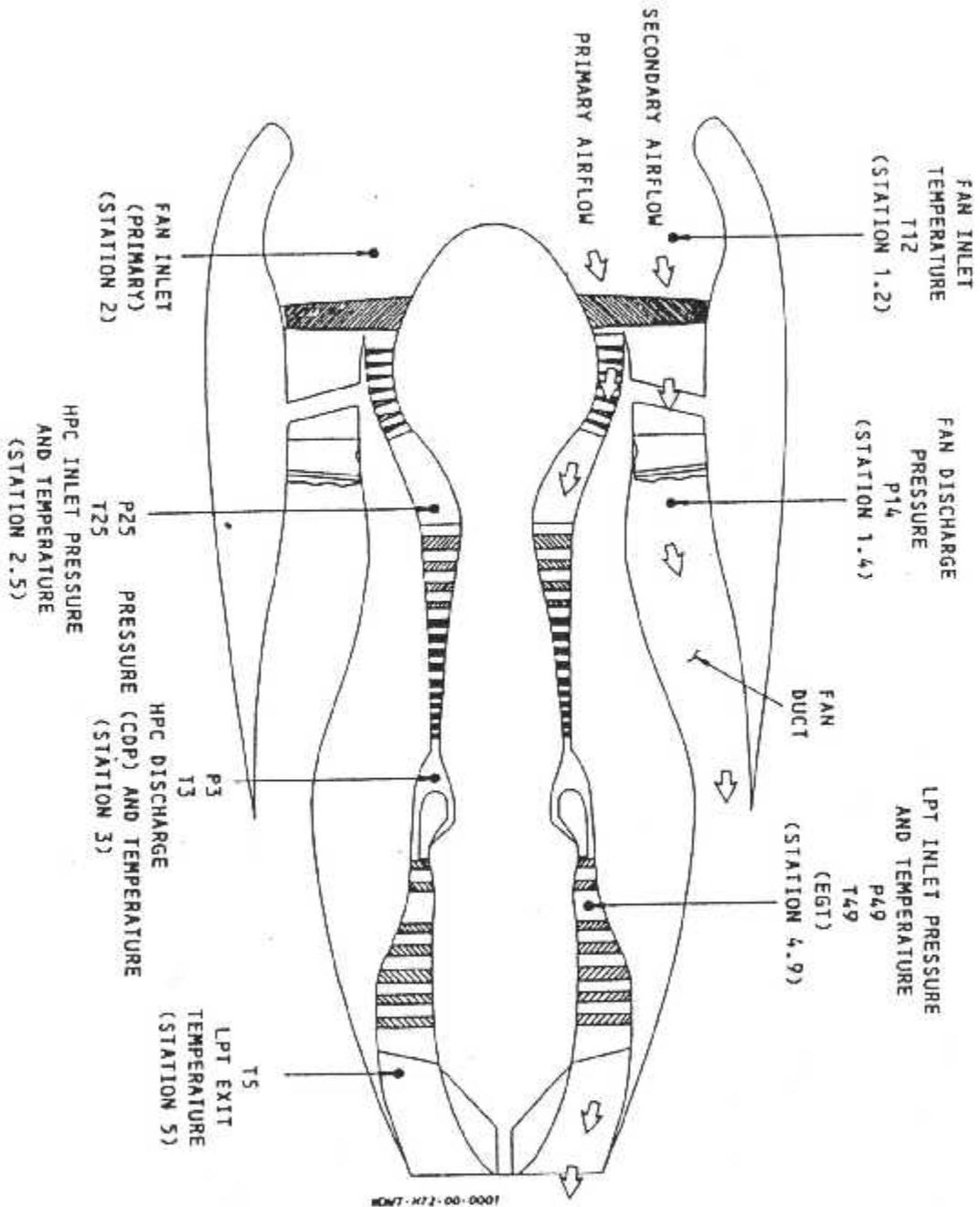
Flux primaire :

- ◆ 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.
-

LES DIFFERENTES STATIONS DU REACTEUR



CFR-80C2F
FADEC

CHAPITRE II:

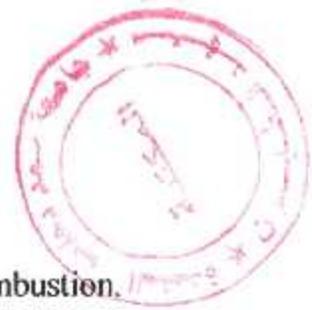
Les différents circuits des deux réacteurs

CFM56-7B et CF6-80-C2 FADEC

II-1 DIFFERENTS CIRCUITS DU REACTEUR CFM 56-7B :**II-1-1 CIRCUIT CARBURANT :****II-1-1-1 ROLE DU CIRCUIT CARBURANT :**

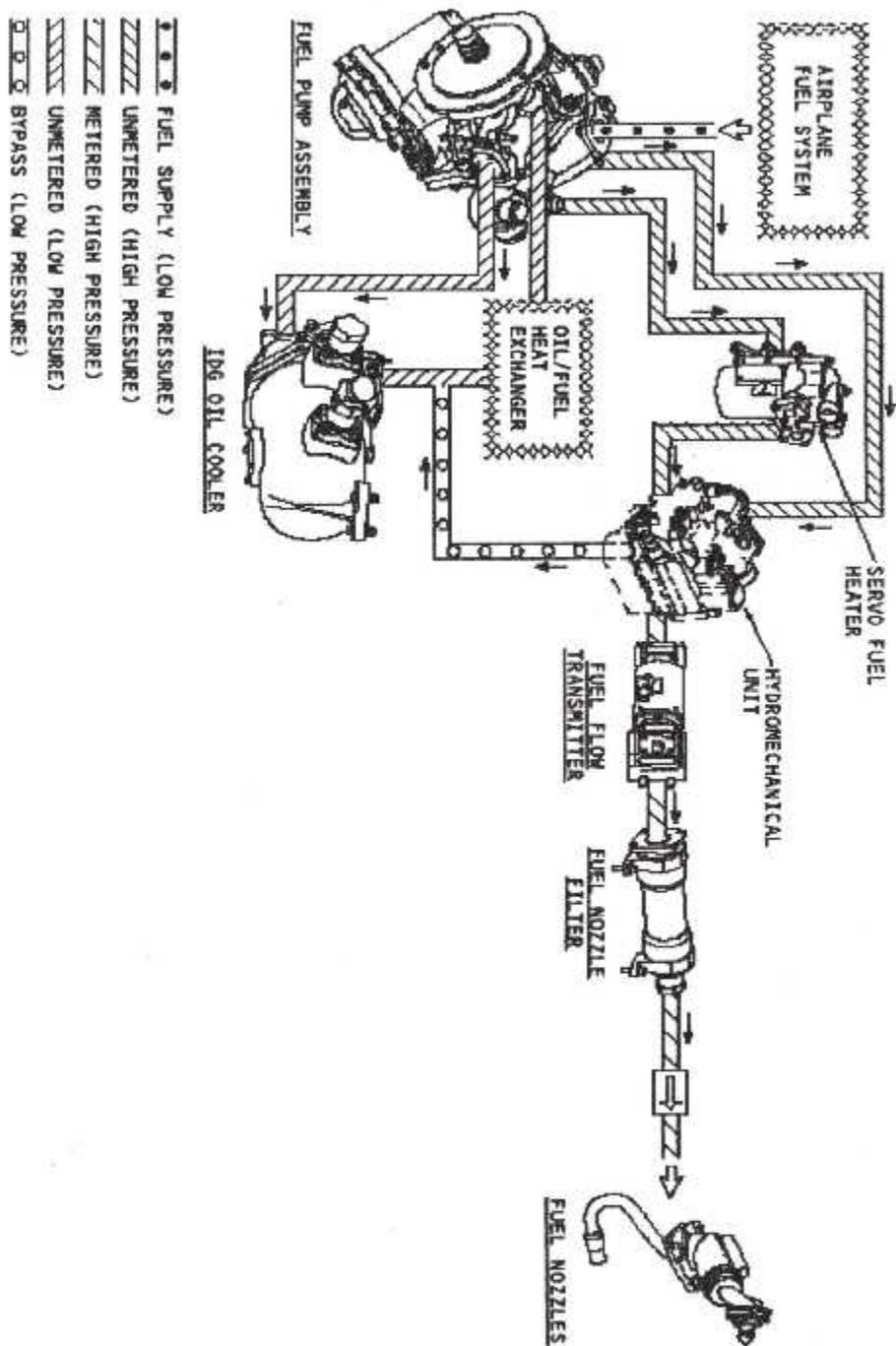
Le rôle du circuit de carburant est d'assurer :

- L'alimentation des vingt (20) injecteurs de la chambre de combustion.
- L'alimentation de deux (02) vérins des vannes de décharge.
- L'alimentation des deux (02) vérins des stators à calage variable.
- L'alimentation de la vanne de refroidissement du carter turbine haute pression.
- L'alimentation de la vanne de refroidissement du carter turbine basse pression.
- L'alimentation de la vanne de décharge transitoire.
- Le refroidissement 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) alternateur (IDG).
- Un (01) échangeur thermique principal (huile / carburant) réacteur.
- Un (01) filtre principal carburant.
- Un (01) régulateur principal carburant (HMU).
- Un (01) servo réchauffeur carburant.
- Un (01) transmetteur de débit carburant.
- Un (01) filtre injecteurs.
- Une (01) vanne de sélection injecteurs.
- Une (01) rampe injecteurs.
- Vingt (20) injecteurs.



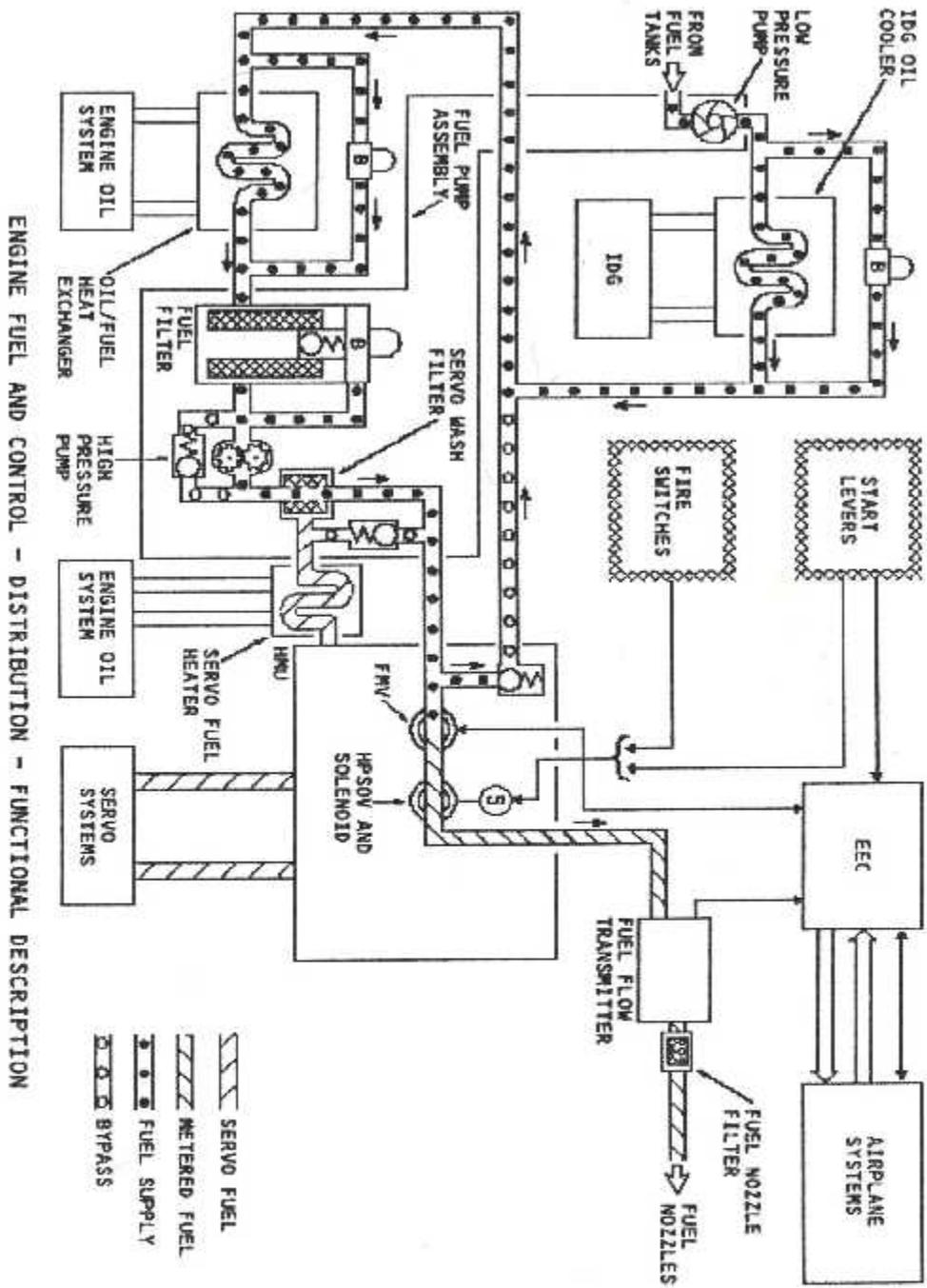
II-1-1-3 CONTROLE DU CIRCUIT CARBURANT :

La surveillance du circuit carburant est réalisée à partir :

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

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

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

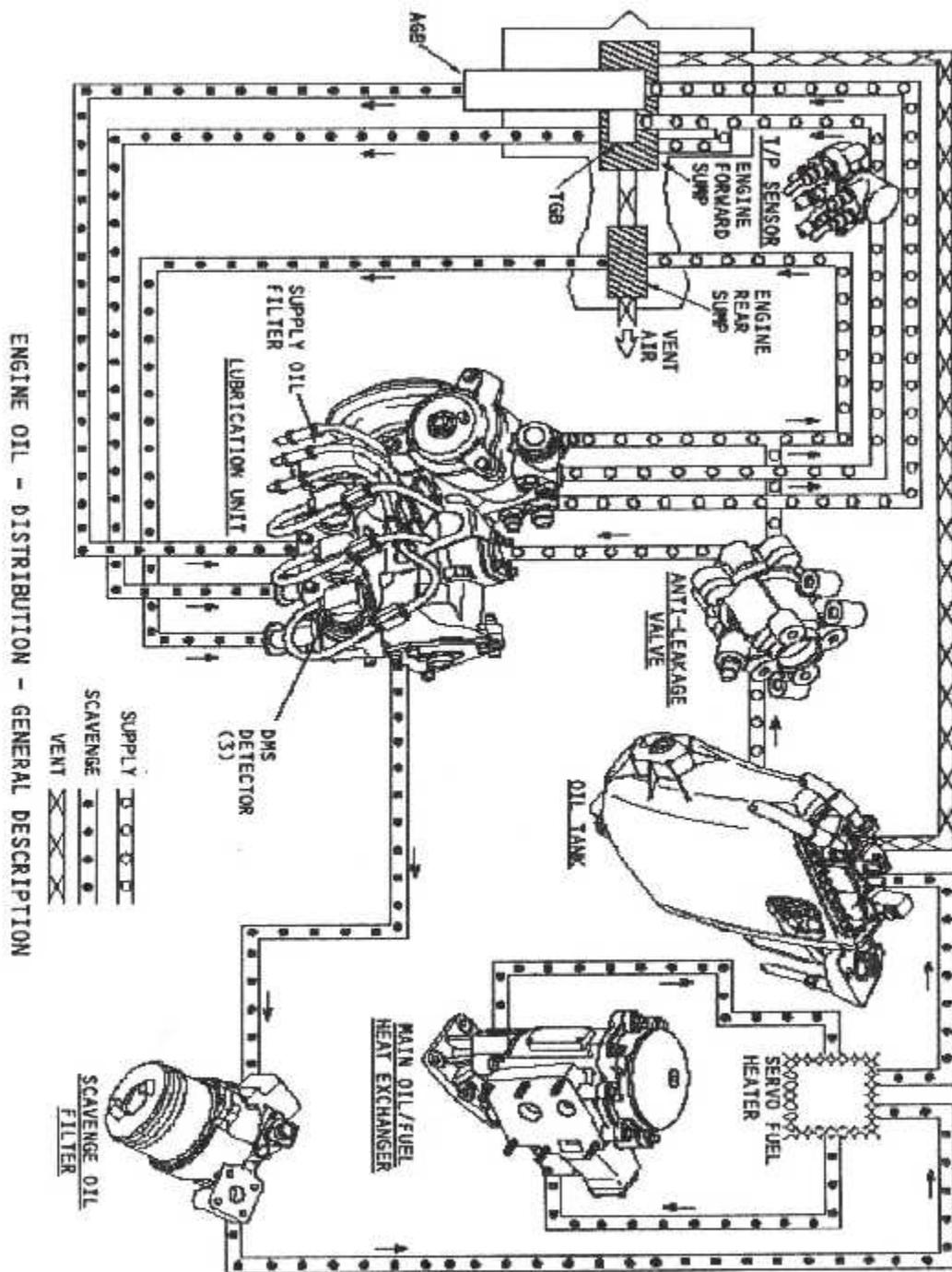
La surveillance du circuit de graissage est réalisée à partir

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.
-



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) boite 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 :

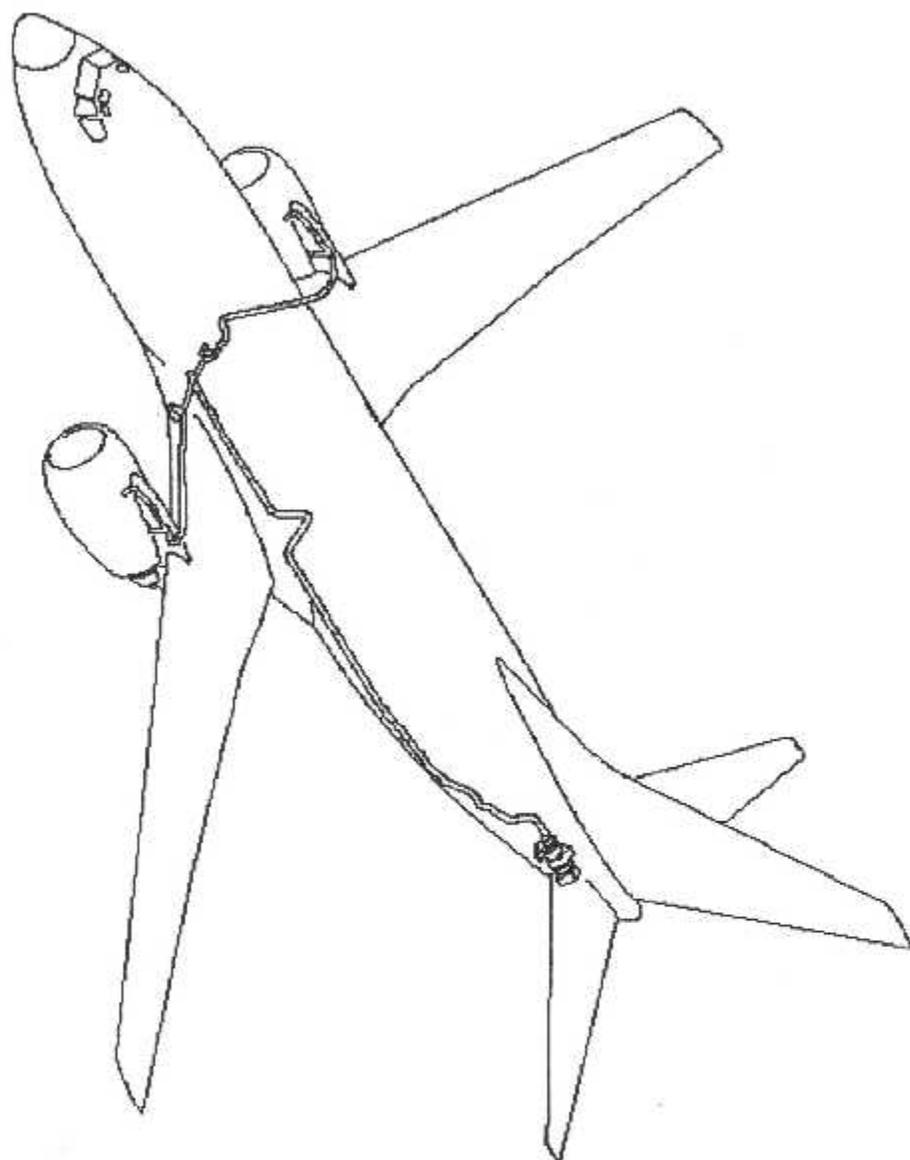
- Une (01) boite d'allumage.
- Une (01) bougie.

Circuit droit :

Il comprend :

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

ENGINE STARTING - INTRODUCTION



II-1-3-3 COMMANDES ET CONTROLE :

Panneau de démarrage :

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

- Un (01) sélecteur de démarrage.
- Un (01) sélecteur d'allumage.

a- Sélecteur de démarrage :

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

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

b- Sélecteur d'allumage :

Le sélecteur d'allumage permet la sélection du programme de fonctionnement des circuits d'allumages. 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 poussé 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-conrannes. En configuration normale la détente du flux secondaire assure 80 % de la poussée totale.

En inversion de poussée la partie extérieure des deux demi-conrannes mobiles d'éjection se déplacent vers l'arrière. Ce déplacement entraîne

l'obstruction de la vanne secondaire et démasque des grilles d'éjections latérales. La totalité du flux secondaire est alors déviée et développe vers l'avant une poussée inverse.

II-1-4-2 INVERSION DE POUSSEE :

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

Le circuit Hydraulique B alimente l'inverseur de pousser du moteur n°2 (droite). Néanmoins un circuit hydraulique secours peut alimenter l'inverseur de pousser de n'importe quel moteur en cas de panne hydraulique des circuits A ou B.

Le système d'inversion de poussée comprend :

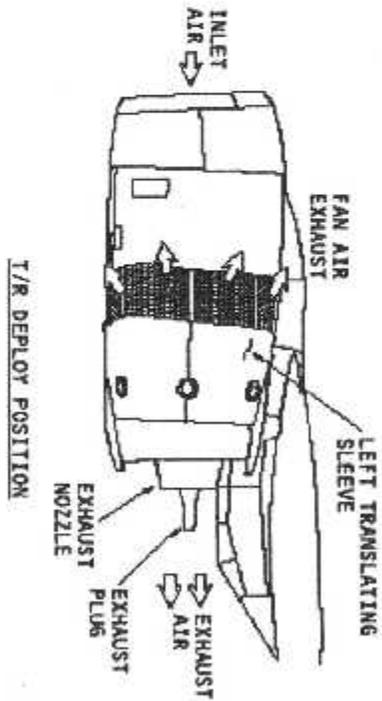
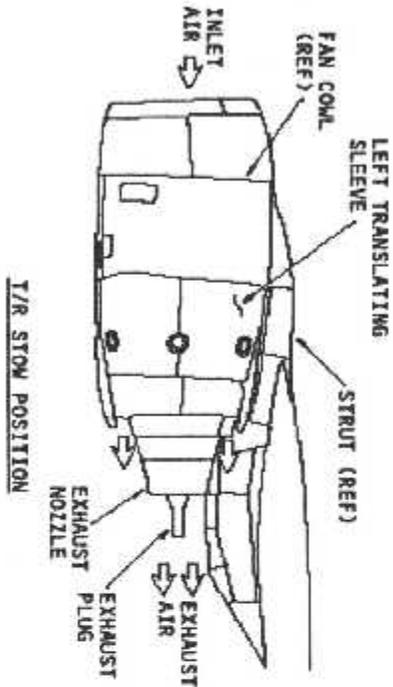
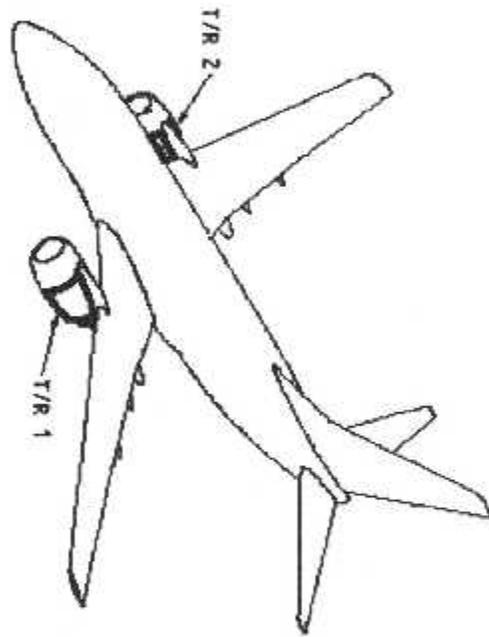
- Un (01) ensemble de commandes, contrôles et retour d'asservissement.
- Six (06) vérins hydrauliques.
- Deux (02) syn lock.
- Une (01) vanne d'isolement carburant.
- Une (01) valve de sélection du sens de rotation.
- Deux (02) demi couronnes (gauche et droite).
- Dix (10) portes.
- Douze (12) cascades.

Le contrôle de la reverse se fait par :

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

SIGNALISATION :

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



ENGINE EXHAUST SYSTEM - GENERAL DESCRIPTION

II-1-5 CIRCUIT DE COMMANDE :

Chaque réacteur est équipé de :

- Une (01) manette de poussée.
- Une (01) manette de démarrage.
- Une (01) manette reverse.

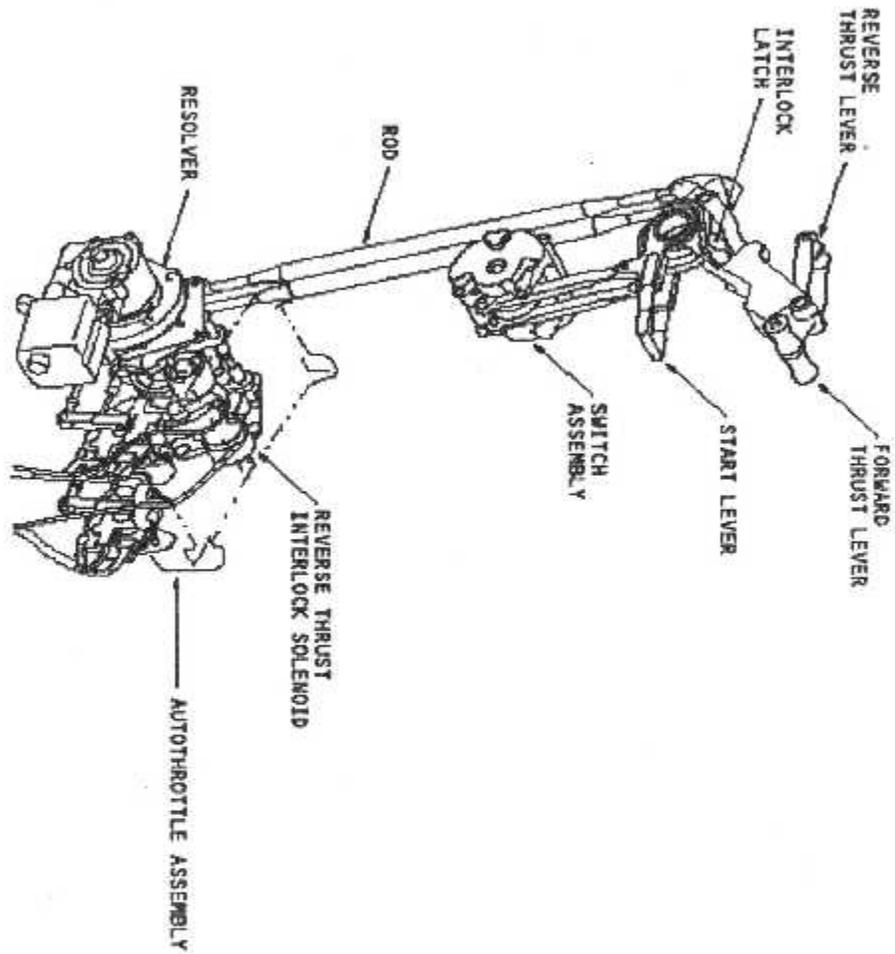
- Une (01) manette poignée coupe feu.
- La commande de la poussée par l'automanette.

II-1-6 DISPOSITIF ANTI POMPAGE :

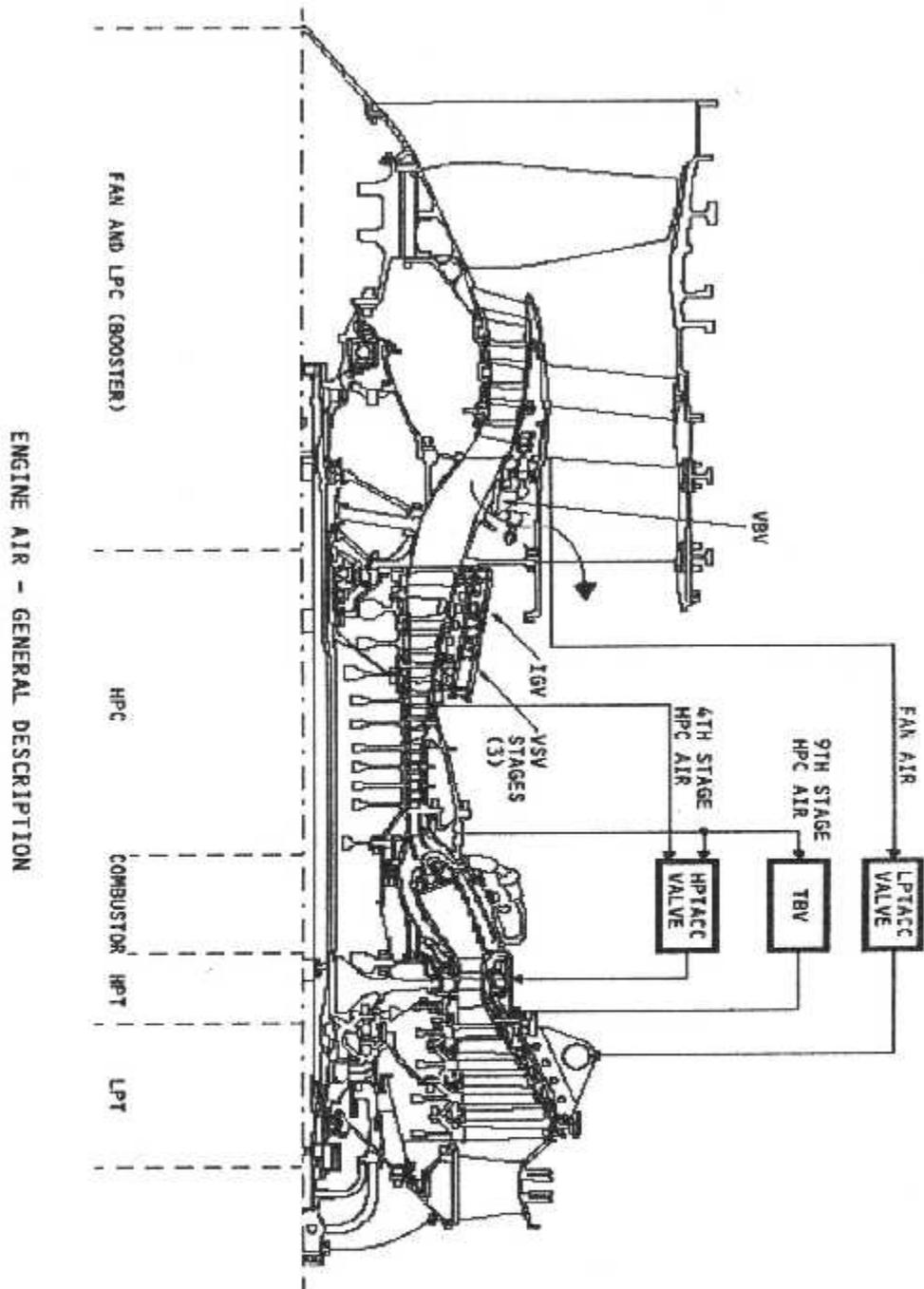
La protection anti-pompage du réacteur CFM 56-7B est assurée par une variation de l'angle de calage :

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



ENGINE CONTROLS - GENERAL DESCRIPTION



II-1-7 SYSTEME D'INDICATION :

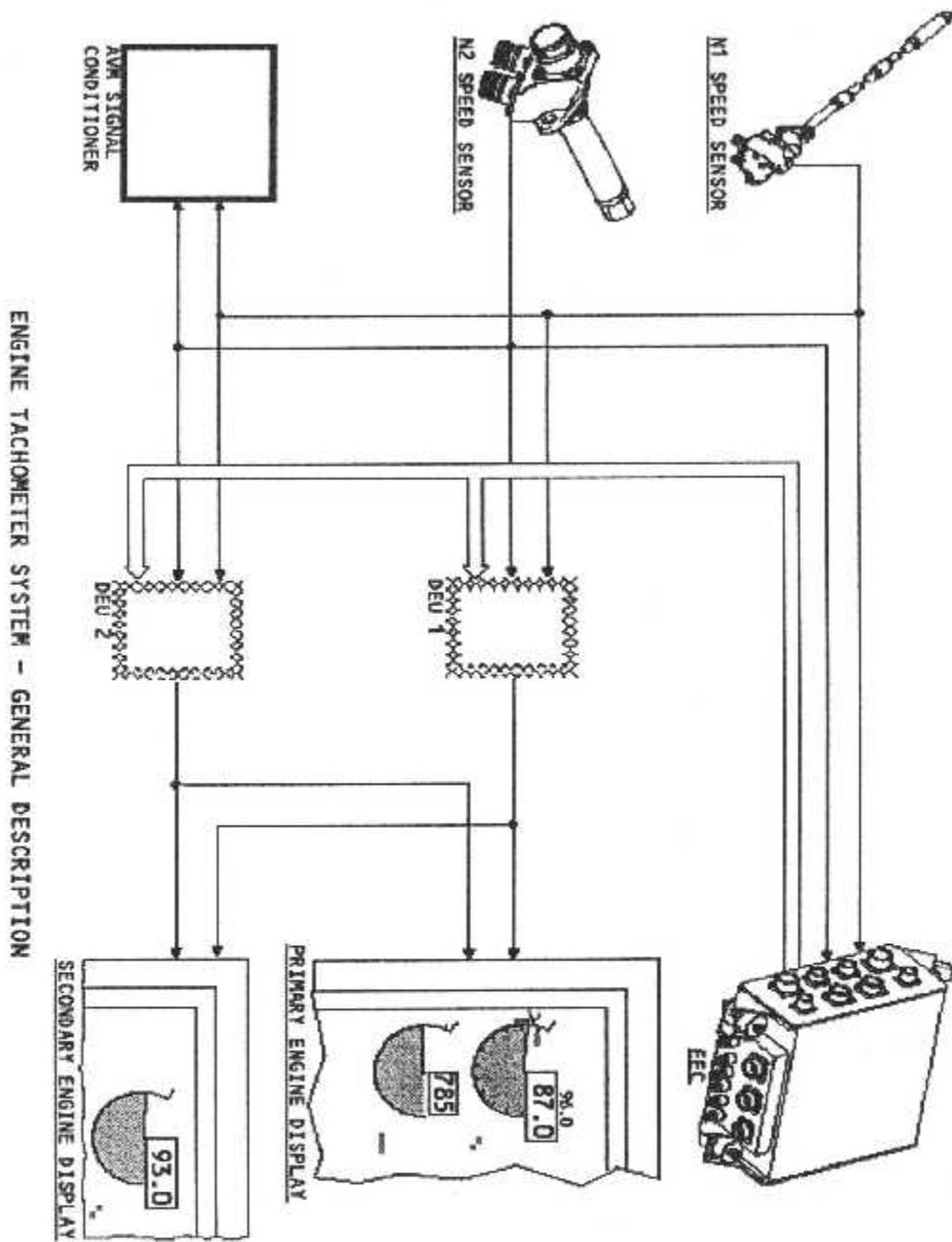
- ❖ La surveillance du fonctionnement des réacteurs est effectuée à partir :
 - D'indicateurs situés sur l'écran supérieur et inférieur au panneau P2 du cockpit.
 - N1.
 - EGT.
 - N2.
 - Mesure du débit de carburant.
 - Pression d'huile.
 - Température d'huile.
 - Quantité d'huile.
 - Vibrations.

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

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

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

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



II-2 LES DIFFERENTS CIRCUITS DU REACTEUR CF6-80-C2 FADEC

II-2-1 CIRCUIT CARBURANT :

II-2-1-1 LES FONCTIONS DE CIRCUIT CARBURANT :

Le rôle du circuit carburant est d'assurer :

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

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

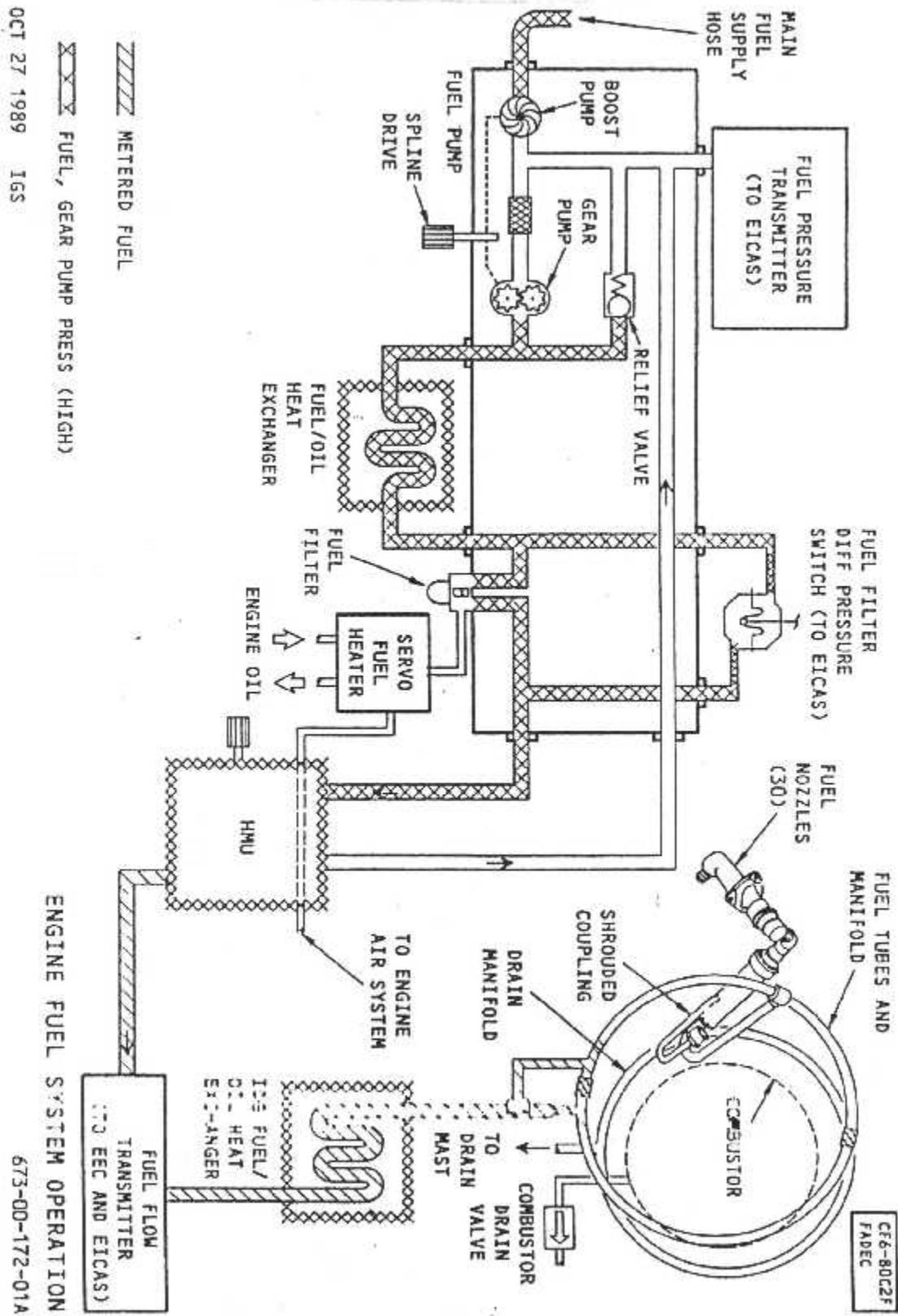
Le circuit carburant est entièrement intégré dans la nacelle réacteur il comprend :

- 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) alternateur (IDG).
- Une (01) rampe d'injection carburant.
- Trente (30) injecteurs.

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

La surveillance du circuit carburant est réalisée à partir :

- D'une indication du débit carburant situé sur l'écran inférieur EICAS page **ENGINE** et page **PERF/APU**.
- D'une indication de pression carburant pompe 1^{er} étage sur l'écran EICAS Page **PERF/APU**.
- D'une indication de colmatage filtre principal carburant sous forme de message d'alarme couleur sur l'écran EICAS supérieur en du côté gauche.



OCT 27 1989 IGS

673-00-172-01A

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 boîtiers 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 :

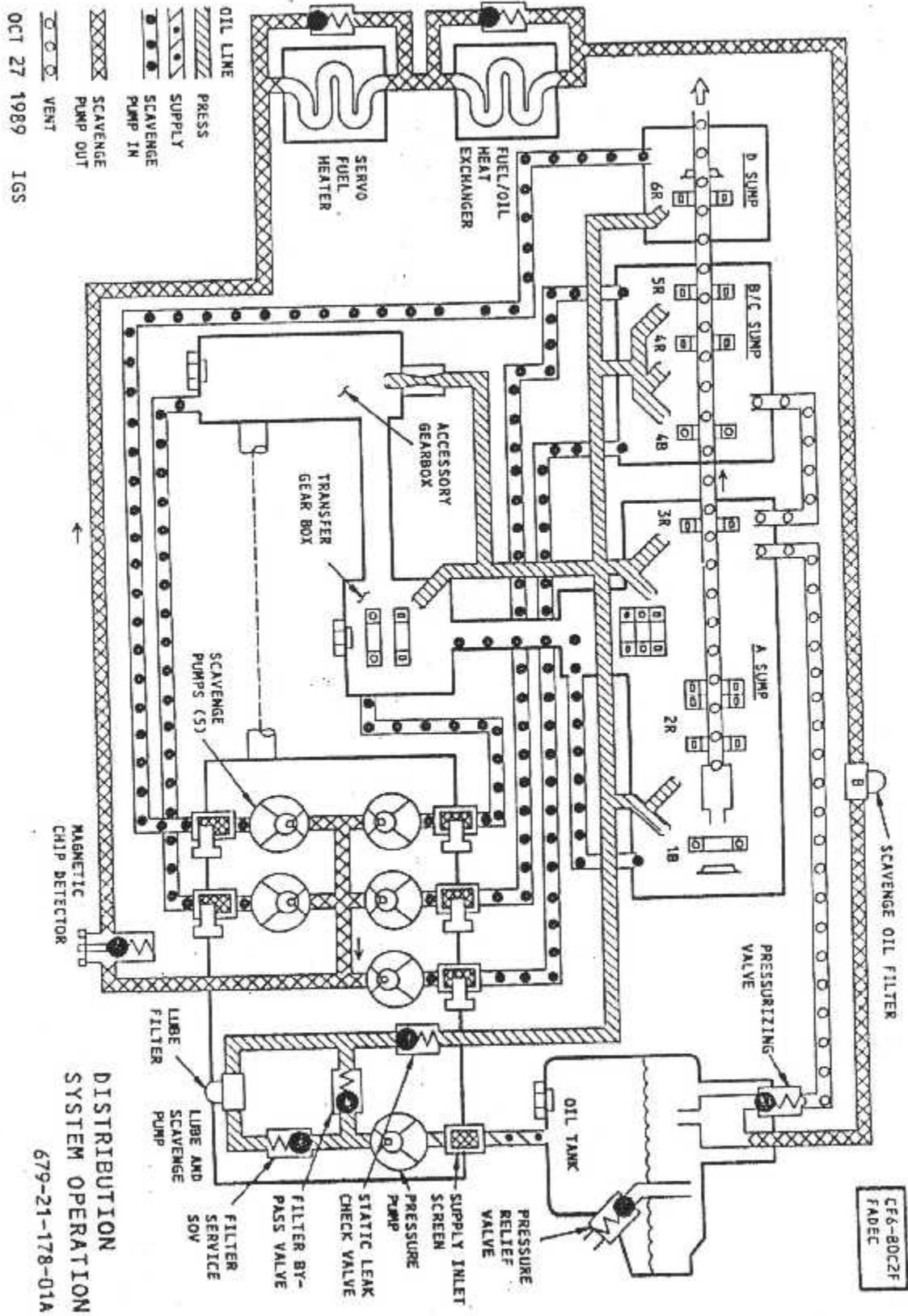
- Un (01) réservoir.
- Une (01) pompe d'huile
- Cinq (05) pompes de récupération.
- Un (01) filtre principal équipé d'une BY-PASS.
- Un (01) transmetteur de pression d'huile.
- Un (01) monocontact de baisse de pression d'huile.
- Un (01) détecteur magnétique principal de limaille.
- Une (01) sonde de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

Toutes les indications de circuit de graissage apparaissent sur l'EICAS.



II-2-3 CIRCUIT D'AIR :

Le circuit d'air du réacteur CF6-80-C2 FADEC 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 principale 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-C2 FADEC est réalisé par un dispositif anti-pompage.

La protection anti-pompage est assuré 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) .

II-2-3-1-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'aubes sont reliés à un anneau de commande, les six (06) anneaux de commande des VSV sont entraînés par deux (02) barres de commande disposées symétriquement de chaque côté du compresseur haute pression.

II-2-3-1-b) les vannes de décharge :

La décharge du compresseur basse pression est réalisé par l'ouverture d'une série de douze (12) vannes. Ces vannes sont appelées vannes 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 vérins de commande des vannes de décharge sont montés sur la partie arrière du carter Fan, chaque tige de position de vérin 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 :

De 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).
- Deux (02) vannes de refroidissement du 11^{ème} étage.
- Une (01) vanne solénoïde de refroidissement du 11^{ème} étage.

II-2-3-2-a) les vannes de refroidissement (BCV) :

Les BCV sont en nombre de trois (03) disposées autour du carter fan. Elle sont montées en position 2h00, 5h30 et 11h00. Elle sont commandée par l'unité électronique de 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.

II-2-3-2-b) la vanne solénoïde de refroidissement de 11^{ème} étage :

La vanne solénoïde de refroidissement du 11^{ème} étage est localisée sur le coté avant gauche de la boîte d'entraînement d'accessoires (AGB), elle convertie les signaux électriques de commande de position des vannes de refroidissement du 11^{ème} étage en signaux pneumatiques pour les actionner (ouverture/fermeture).

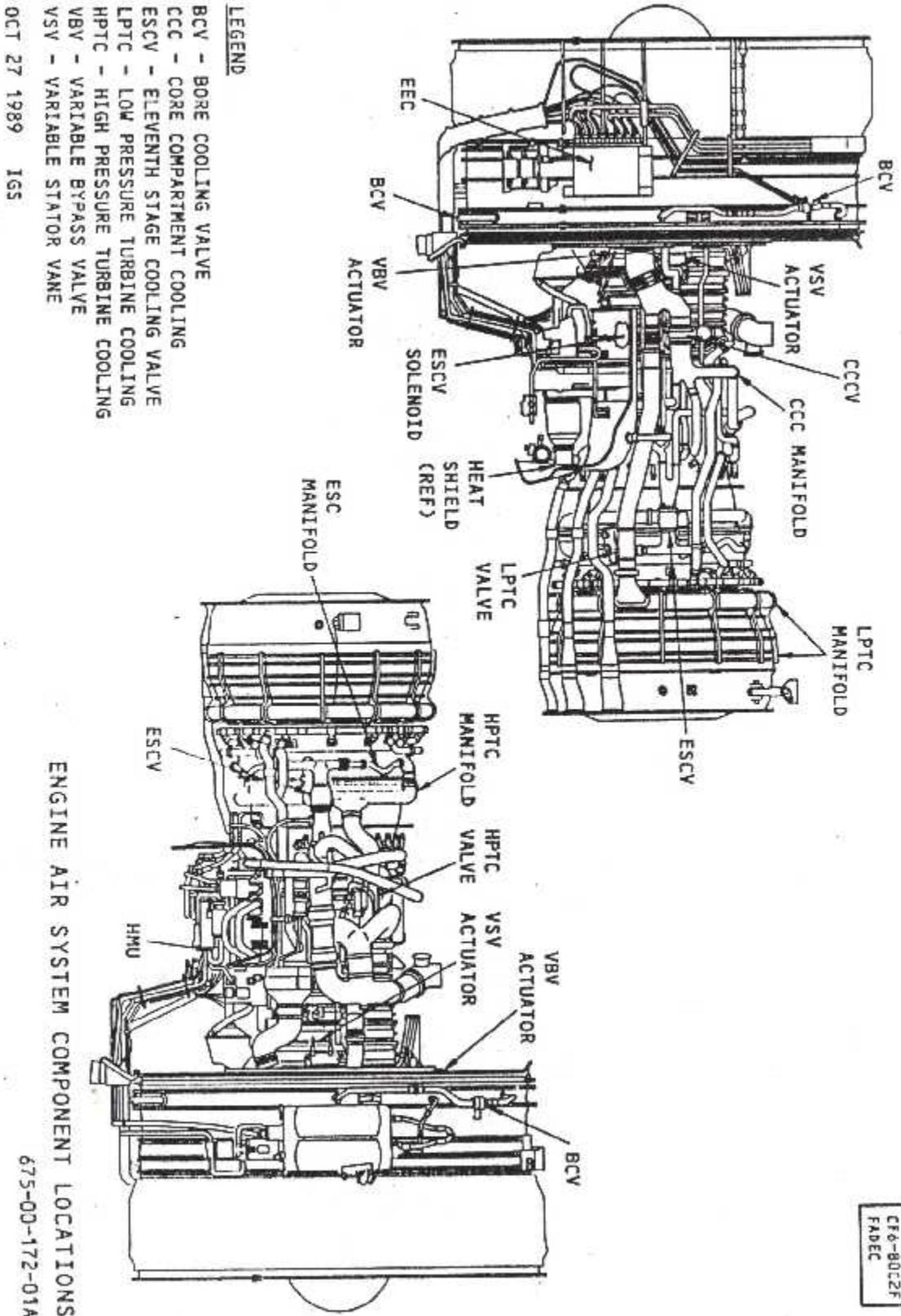
II-2-3-2-c) les vannes de refroidissement du 11^{ème} étage

Les vannes de refroidissement du 11^{ème} étage sont au nombre de deux et elles sont montées sur le carter turbine haute pression en position 3h et 9h. Ce sont des vannes à deux positions (ouverte/fermée).

Les vannes de refroidissement du 11^{ème} étage refroidissent les ailettes statorique du 2^{ème} étage turbine haute pression et elles sont actionnées pneumatiquement.

LEGEND

- BCV - BORE COOLING VALVE
- CCC - CORE COMPARTMENT COOLING
- ESCV - ELEVENTH STAGE COOLING VALVE
- LPTC - LOW PRESSURE TURBINE COOLING
- HPTC - HIGH PRESSURE TURBINE COOLING
- VBV - VARIABLE BYPASS VALVE
- VSV - VARIABLE STATOR VANE



ENGINE AIR SYSTEM COMPONENT LOCATIONS

675-00-172-01A

CFA-8002F
FADEC

II-2-3-3 REFROIDISSEMENT DE MOTEUR ET ACCESSOIRES :

La vanne de refroidissement du moteur et accessoires (CCCV) est une vanne de type papillon. Elle est montée sur le carter du 4^{ème} étage compresseur haute pression à 10 h.

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 PESSION :

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 turbines haute pression et basse pression par l'injections 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 vannes de refroidissement identique :

- une vanne pour le refroidissement du carter turbine haute pression localisée sur le coté droit du moteur en position 1 h.
- une vanne de refroidissement du carter turbine basse pression localisée sur le cote gauche du moteur en position 8 h près de la chambre de combustion.

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

II-2-4 CIRCUIT DE DEMARRAGE :

II-2-4-1 DEMARRAGE REACTEUR :

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

- L'APU.
- Un des réacteur déjà en fonctionnement.
- Un ou deux groupes de parc pneumatique (pression comprise entre 25 et 55 psi).

Chaque réacteur est équipé d'un démarreur pneumatique à turbine qui entraîne l'attelage haute pression. L'alimentation du démarreur est commandé 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.

II-2-4-3 COMMANDE ET CONTROLES :

II-2-4-3-a) PANNAEU DE DEMARRAGE :

Il est situé dans le panneau supérieur pilote P5.

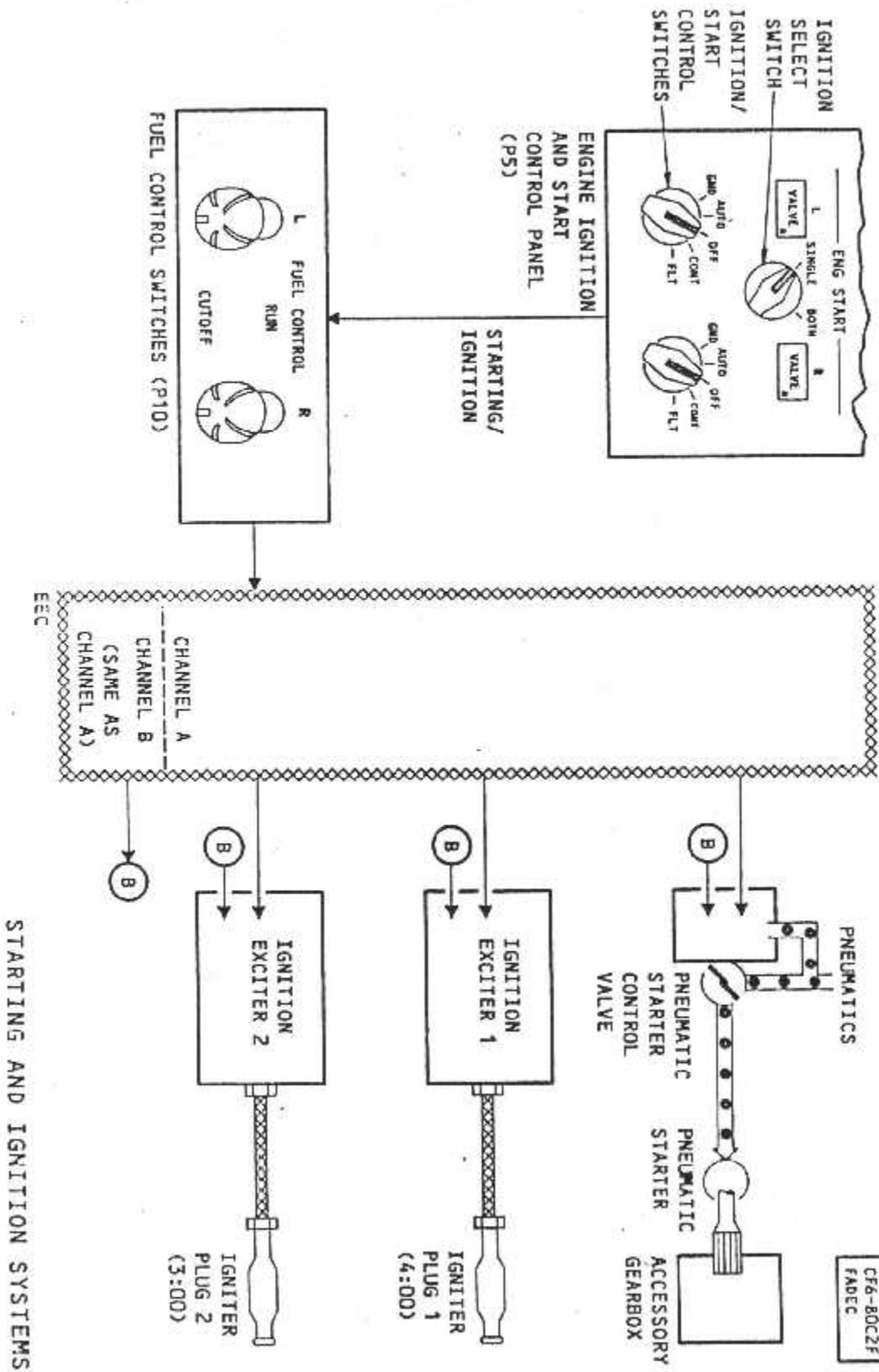
II-2-4-3-b) SELECTEUR DE DEMARRAGE :

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

- **ARRET.**
- **AUTO.**
- **SOL.**
- **ALLUMAGE CONTINUE.**
- **REALLUMAGE EN VOL.**

Un sélecteur d'allumage à deux (02) positions :

- **BOTH** (deux boites d'allumage).
 - **SINGLE** (une seule boite d'allumage).
-



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 constitué 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 déplacent vers l'arrière.

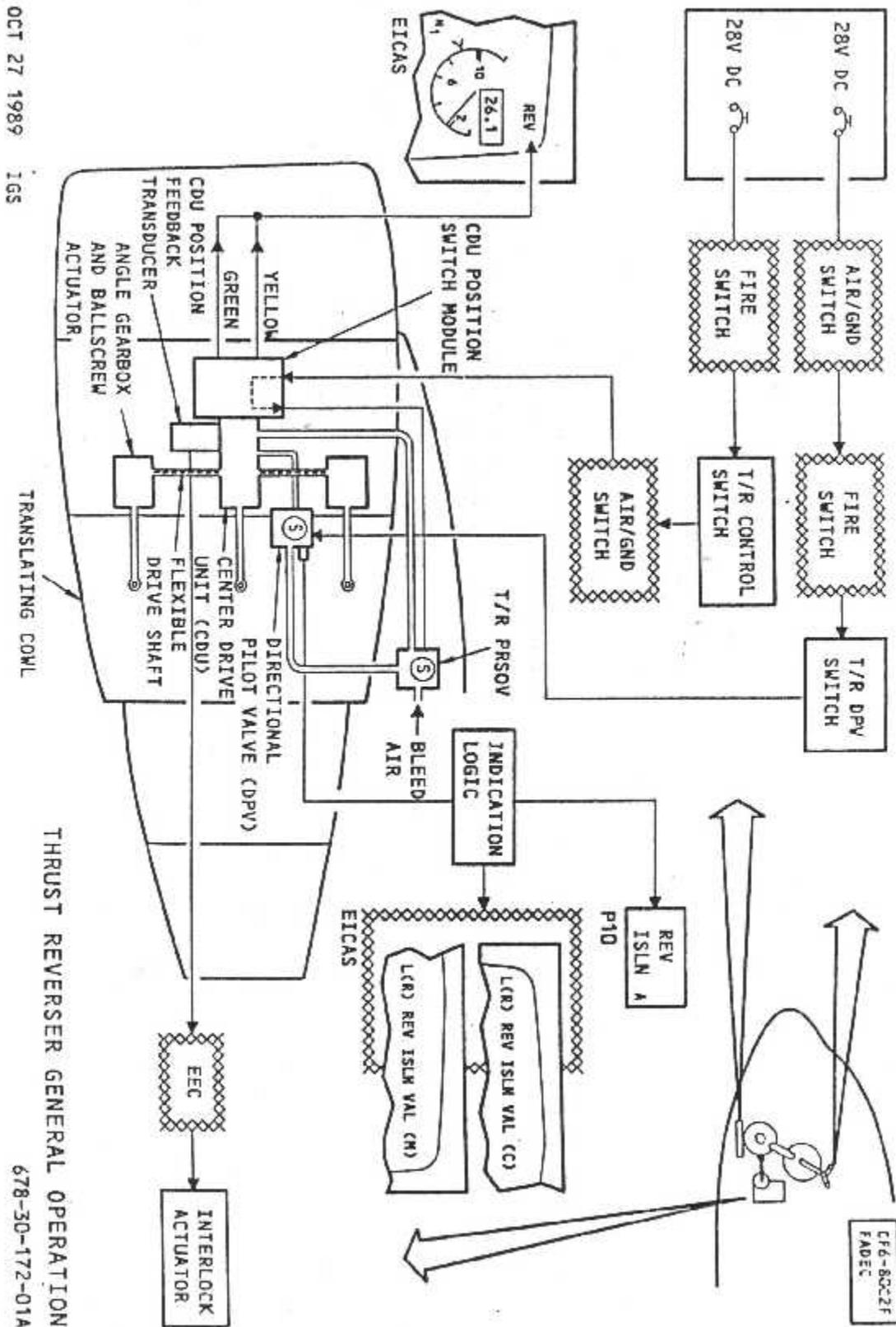
Ce déplacement entraîne l'obstruction de la veine secondaire et démasque les grilles d'éjection latérales. La totalité du flux secondaire est alors déviée et se développe vers l'avant, une poussée inversée égale à 40 % de la poussée décollage.

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 (au 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) ensemble de commandes, contrôles et retour d'asservissement.
- Un (01) régulateur de pression et d'arrêt.
- Deux (02) moteurs pneumatiques munis chacun d'une (01) vanne de sélection du sens de rotation.
- Une (01) vanne électropneumatique de commande du sens de rotation.
- Six (06) vérins à vis sans fin, deux (02) centraux entraînés par moteur pneumatique. Et quatre (04) autres alimentés par un moteur pneumatique à l'intermédiaire d'un arbre flexible.



OCT 27 1989 IGS

678-30-172-01A

CF6-80C2F
FADEC

II-2-5-4 SIGNALISATION :

La signalisation se compose de :

- un (01) voyant disposé au-dessus de l'indication N1 sur l'EICAS.
- un (01) voyant ambre repéré « REV » reverse déverrouillée (en transit).
- Un (01) voyant vert repéré « REV » reverse sortie et verrouillée.

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-2-5 CIRCUIT DE CONTROLE :

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'EICAS .

➤ Tachymètre N1 :

Cet équipement assure une indication du régime N1 sur l'EICAS .
100 % = 3280 tours/minute .

➤ Tachymètre N2 :

Cet équipement assure une indication du régime N1 sur l'EICAS .
100 % = 9827 tours/minute .

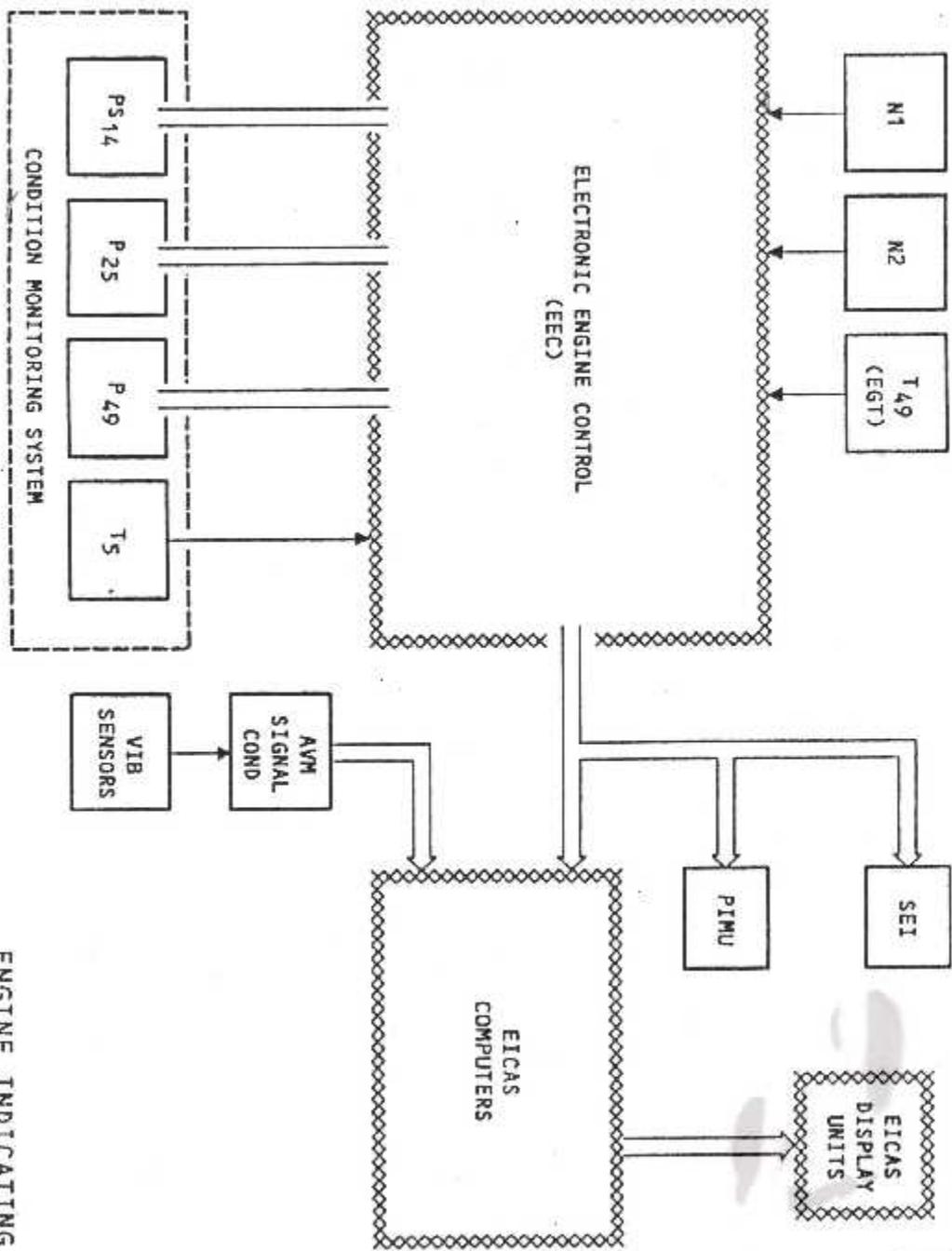
➤ Indicateur EGT :

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 vibration 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'EICAS , le niveau de vibration est donnée entre 0 et 10 pour chaque réacteur .



CF6-80C2F
FADEC

NOV 20 1989 IGS

ENGINE INDICATING SENSORS

677-00-173-01A

CHAPITRE III:

Les fonctions de EEC des deux réacteurs

CFM56-7B et CF6-80-C2 FADEC

III-LES FONCTIONS DE EEC DU REACTEUR CFM56-7B

III-1 L'UNITE ELECTRONIQUE DE CONTROLE MOTEUR (EEC) :

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) est un microprocesseur qui comprend deux canaux (A, B) d'acquisition et de calcul. Chaque canal (A ou B) peut contrôler les opérations de 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 et 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 de moteur.

Le EEC comprend dix (10) prises électriques, il utilise ces 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 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-1-1 LES CONNEXIONS DE EEC AUX SYSTEME AVION ET MOTEUR :

III-1-1-1 Les Connexions de EEC aux systèmes moteur :

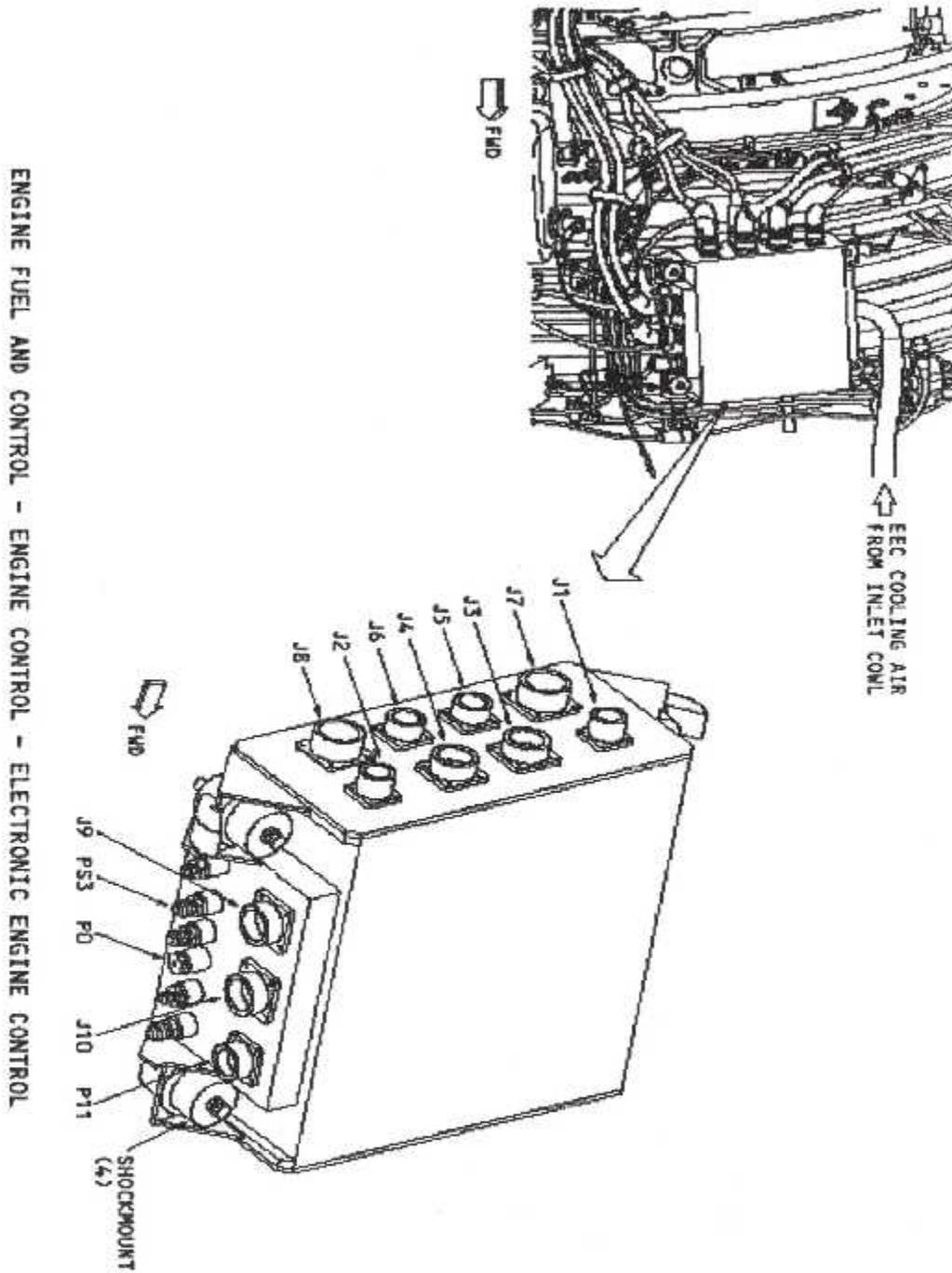
Le EEC se relie à ces systèmes et composants moteur :

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

a. prise d'identification :

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

- type de moteur (5C- 7B).
 - L'équilibre N1.
 - Estimation de poussée moteur.
 - Surveillance l'état de moteur.
 - Configuration de la chambre de combustion (SAC ou DAC).
-



b. Le régulateur principal carburant (HMU) :

La HMU utilise la dose de carburant pour la combustion et la pression servo carburant pour l'exploitation des systèmes de moteur. Elle emploie aussi des commandes électriques d'entrée de EEC, et les convertit grâce à des moteurs-couple et des servo-vanne, en ordre hydraulique pour l'opération d'alimentation du carburant envoyé aux injecteurs et pour commander les dispositifs anti-pompage et les vannes de contrôle actif des jeux turbine. Elle reçoit également des commandes de la manette de démarrage de l'avion et de poignée de feu pour contrôler quelques opérations d'écoulement de carburant.

- la vanne de dosage carburant (FMV) est commandée par un moteur-couple qui pilote un petit vérin. Le moteur couple à deux bobines indépendantes, isolées électriquement chacune recevant ses ordres d'un canal de EEC. Le débit carburant varie proportionnellement à la position de 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 envoyés vers la pompe BP et à la FRV et transmettent ce retour d'ordre au EEC pour boucler l'asservissement.

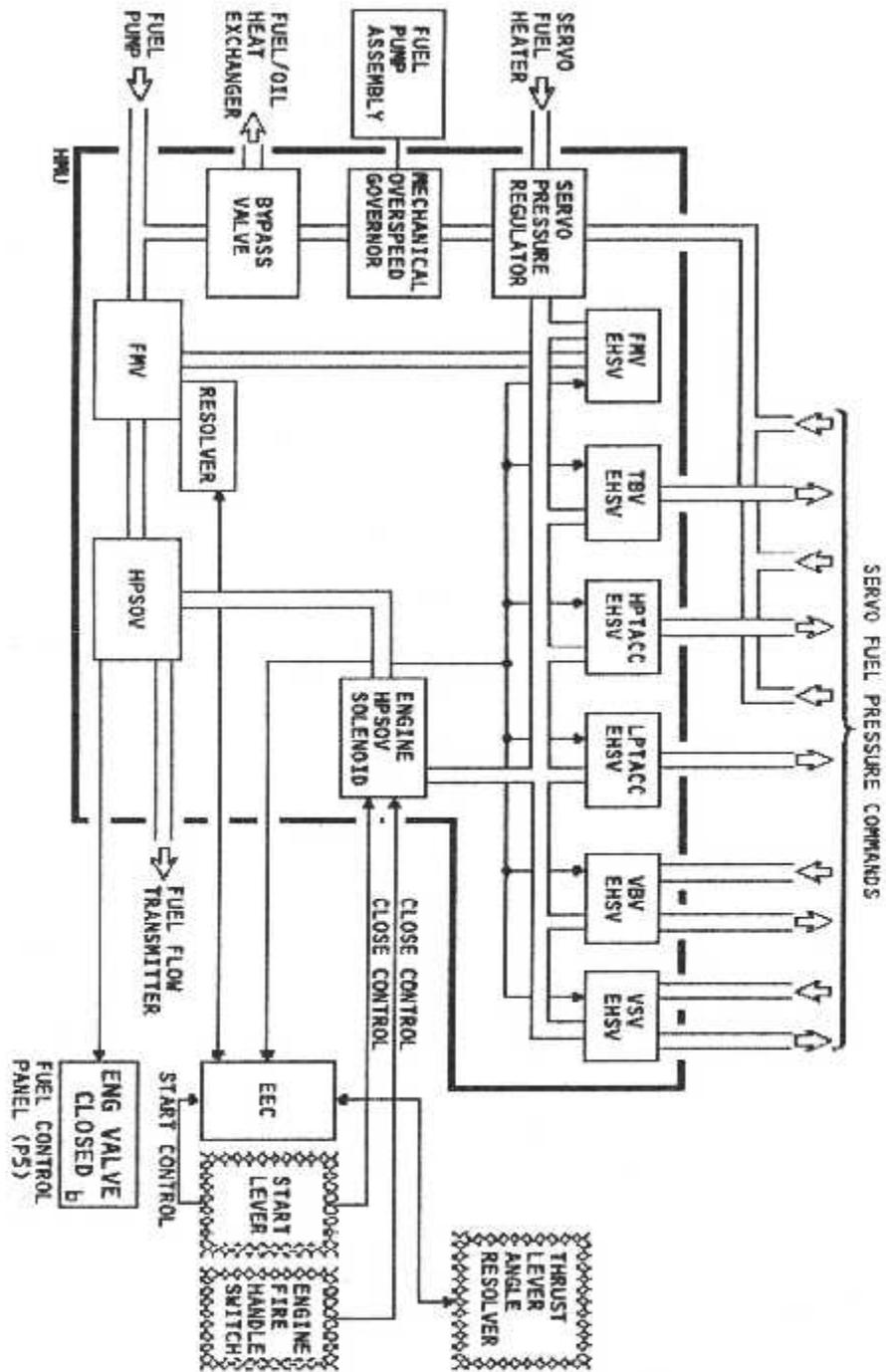
- l'unité hydromécanique (HMU) comprend six (06) électro-hydraulique servo vannes, leurs rôles et de convertir les commandes électriques provenant du EEC en signaux d'ordres hydrauliques à destination des moteurs et vérins de TBV, FMV, VBV, VSV, et les vannes de contrôle de jeux HRTACC et LPTACC. Chacun à 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 principal du moteur) est mis sur OFF, ce qui commande aussi la fermeture de la vanne de carburant BP.

- 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 constante la différence de pression entre l'amont et l'aval de la FMV et dérive le carburant en excès vers le circuit BP de la pompe. Ce régulateur fournit donc une protection indépendante de EEC.

c. système de commande d'air moteur :

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



ENGINE FUEL AND CONTROL - ENGINE CONTROL - HMU - FUNCTIONAL DESCRIPTION

d. sondes du moteur :

Le EEC emploie des données d'entrée des divers sondes de moteur pour calculer les sorties de carburant et de contrôle de moteur pour l'opération de ce dernier. En compte : le capteur N1, le capteur N2, la sonde T49.5, la sonde HPTACC, la sonde T12, la sonde T3, la sonde PT25, la sonde Po, la sonde PS3.

e. débit mètre carburant :

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

f. alternateur EEC :

il permet d'alimenter électriquement le EEC .

g. circuit d'allumage :

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

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

Le EEC se relie à des système et composants avion suivant :

- système d'affichage commun (CDS)/ boîte électronique d'affichage (DEUs).
- Commande d'arrêt de levier de démarrage.
- poignée 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.

a. composant ARINC 429 :

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

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

DEUs :

L'ADIRUs envoie la pression atmosphérique et la pression totale et les données de la température totale au EEC. Ce dernier emploie ces données pour commander la poussée de moteur. le FMC commande le CDU. Le FMC obtient et envoie les commandes de CDU au EEC par les DEUs, il fournit également quelques données d'avion. le CDU affiche des données d'entretien de EEC et envoie des commandes au EEC pour faire les essais de BITE.

Le FDAU rassemble des données de paramètres de moteur. Il envoie ces données à l'enregistrement sur la bande magnétique de vol (FRD).

a. calculateur automanette :

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

b. poignée de feu moteur :

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

c. bus de transfert A.C :

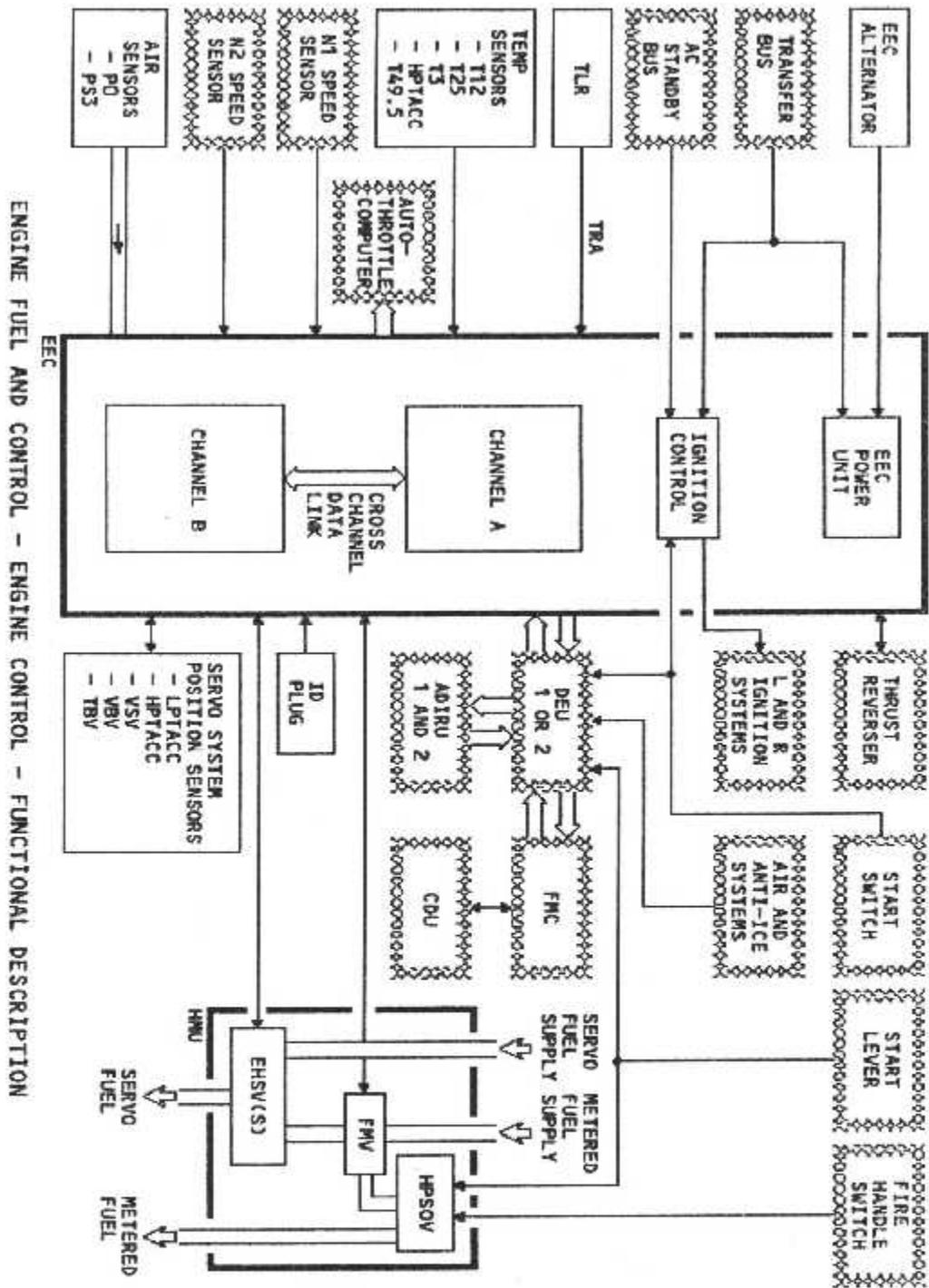
le EEC est alimenté électriquement par la transfert bus pour N2 entre 0 et 12 % .

d. 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.

e. Prise d'identification :

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



f. inverseur de poussée :

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

III-1-2 L'INSTALLATION DE EEC :

Le EEC est localisé en position 2h:00 sur le carter Fan. il est attachée par quatre poils d'attache munis d'amortisseurs de vibration.

III-1-3 LE REFROISSEMENT DE EEC :

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

III-1-4 ALIMENTATION ELECTRIQUE DE EEC :

Le EEC est alimenté électriquement à partir du réseau avion quand le moteur n'ai 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 15% de N2 nominal.

III-1-5 DIMENSIONS ET POIDS DE EEC :

Langueur.....	505,2mm (19,92 inch).
Hauteur.....	171,9mm (6,64 inch).
Largeur.....	378,2mm (14,96 inch).
Poids.....	21,09 Kg (46,5 lbs).

III-1-6 LES MODES DE CONTRÔLE DE EEC:

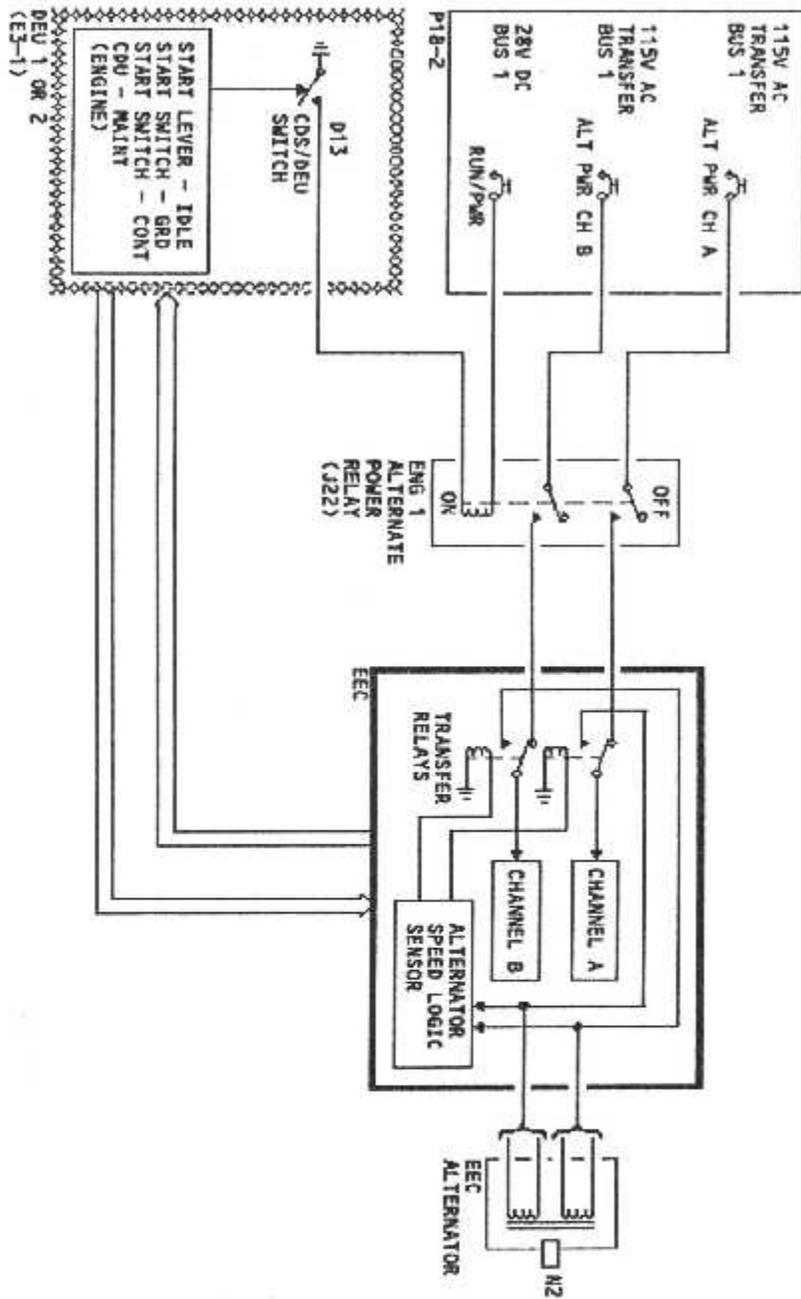
Les lumières de commutateurs de la EEC montrent 03 modes:

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

Le EEC obtient la pression total (PT) de l'ADIRUs, ou par le calcule de la température total (TAT) et la pression statique ambiante (P0). le EEC obtient P0 de l'ADIRUs ou par des sondes des capteurs P0, et la TAT par 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.



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

ENGINE FUEL AND CONTROL - ENGINE CONTROL - EEC ELECTRICAL POWER SUPPLY - FUNCTIONAL DESCRIPTION

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 NI. 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 met 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 ces conditions se produisent:

- le EEC est 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).

Dans ce cas le EEC retourne en mode normal quand:

- la PT devient valable
- la poussée de moteur change quand le EEC change de mode.
- Les manettes de poussée sont près au ralenti (TRA est moins de 51.6 degrés).

En mode alternatif soft, le EEC utilise ces données pour calculer le nombre de Mach :

- la température total 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 inadmissible.

La poussée moteur peut être moins ou dépassée au normal, ceci se produit si l'état extérieure de l'air change quand 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 de jour et la pression statique d'air.

Le EEC est en mode alternatif hard quand ces condition 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 de 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, le les deux moteurs développent des niveaux de poussée différents . Quand cette condition se produit, les pilotes doivent mettre les deux EEC des moteurs en mode alternatif hard.

Aux niveaux des poussées plus bas, il y a une petite différence entre les deux 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 acceptable, alors le EEC ne change pas de mode automatiquement.

Dans le mode alternatif hard, le EEC emploie la pression statique (P0) afin d'obtenir le nombre de Mach.

III-1-7 DESCRIPTION FONCTIONNELLE DE EEC :

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

Le canal actif peut indiquer des données d'entrée 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 laisse le canal actif utiliser les circuits de sens des deux canaux. Si un canal est inadmissible une panne est stocké dans la mémoire BITE. Plusieurs de ces 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 sera 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 de EEC utilise seulement ces propres circuits pour commander le moteur.

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

Ce sont les fonctions principales de EEC :

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

III-1-7-1 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 de moteur parce que si un signal de donnée est inopérant le EEC peut employer les autres données. Si le EEC constate que tous les signaux de données sont valides, il emploie les meilleures données 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 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 inadmissible, le EEC utilisera une valeur par défaut pour faire fonctionner le moteur sans risque.

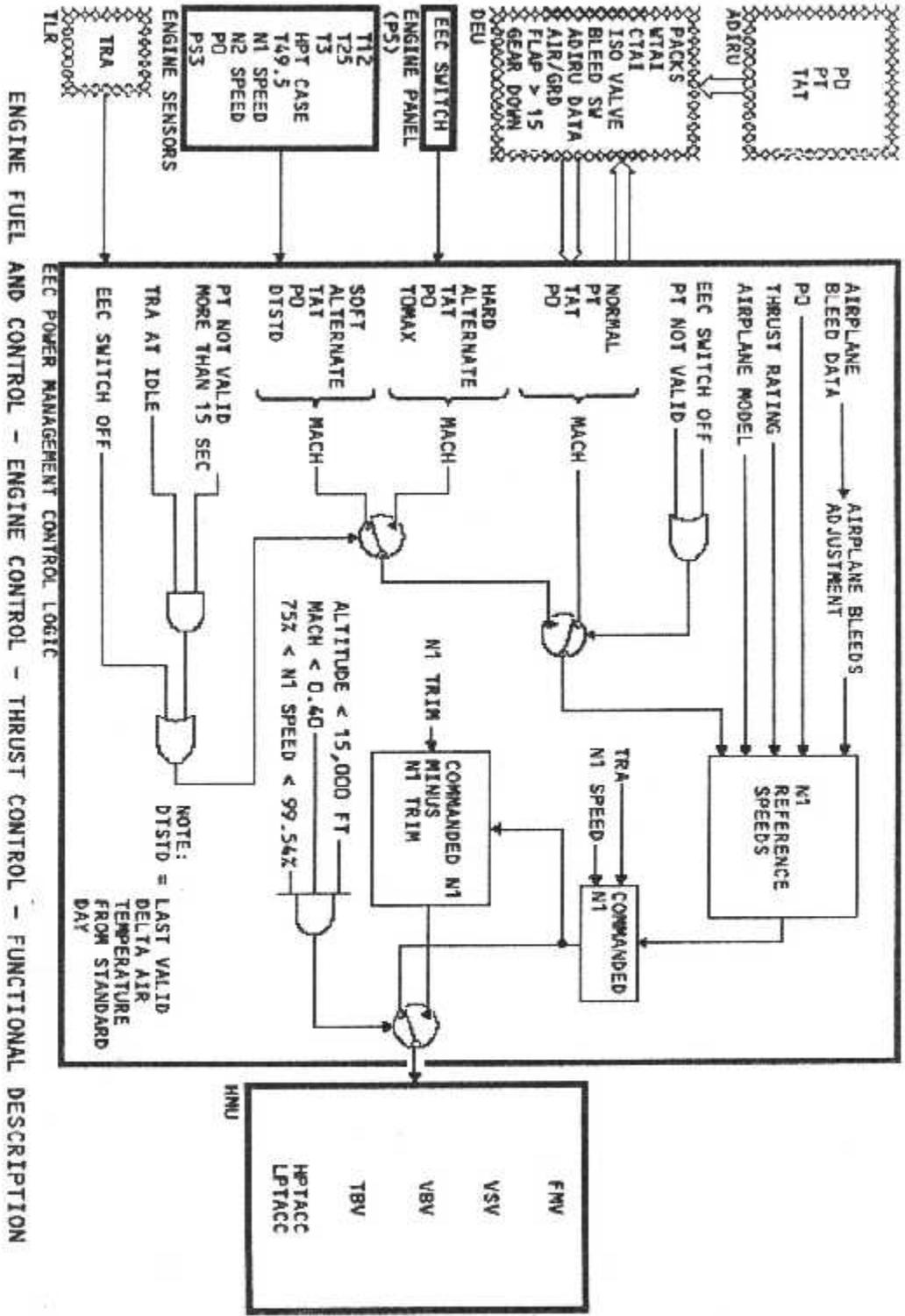
Si le EEC constate qu'un signal est inadmissible, elle stockera un message dans la mémoire BITE.

III-1-7-2 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 de moteur.
- La pression statique ambiante (P0).
- Nombre de Mach (vitesse de l'air par la vitesse de sens au condition ambiante courante).

Les vitesses de référence N1 sont les même avec la manette de poussée et les angles de la manette de démarrage. Ce sont les noms de vitesse de référence N1.



ENGINE FUEL AND CONTROL - ENGINE CONTROL - THRUST CONTROL - FUNCTIONAL DESCRIPTION

Les angles de séparateur de la manette de poussée (TRA), les angles de la manette de poussée (TLA), et les angles de levier de poussée inverse (RLA).

Note: les angles sont en degrés.

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

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 situé entre deux vitesse de référence N1, le EEC fait une interpolation linéaire pour trouver la vitesse commandée N1.

Quand la manette de poussée est avancé, la vitesse commandée N1 est plus que la vitesse réelle N1. le EEC commande le système servo pour l'accélération de moteur jusqu' a atteindre la vitesse commandée N1.

Quand la manette de poussée est moins avancé, la vitesse commandée N1 est que la vitesse N1 réelle . Le EEC commande le système servo pour ralentir le moteur à la vitesse commandée N1.

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

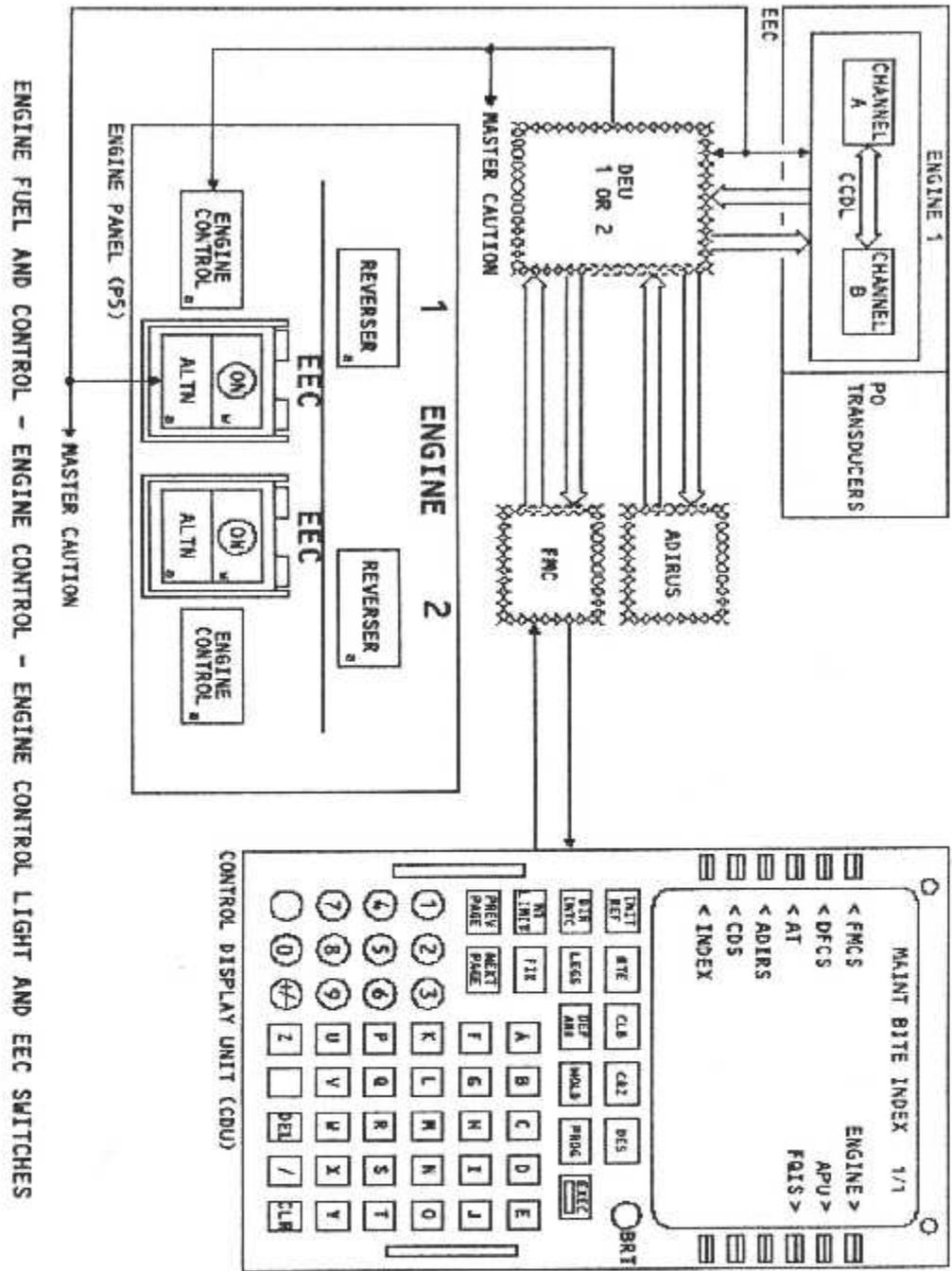
III-1-7-3 LES VOYANTS DE CONTRÔLE MOTEUR:

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

Il existe 03 voyants de contrôle moteur sur le panneau P5 qui montrent le statut de contrôle moteur:

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

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



ENGINE FUEL AND CONTROL - ENGINE CONTROL - ENGINE CONTROL LIGHT AND EEC SWITCHES

Le voyant blanc ON et le voyant ambre ALTN sont sur le commutateur de EEC. Ces lumières s'allument quand le EEC est 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).

III-1-7-4 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 extérieurs.
- le courant électrique .
- la demande de prise d'air (air de décharge).
- Conditions minimum d'écoulement de carburant.

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

- ralenti au sol
- ralenti d'approche .

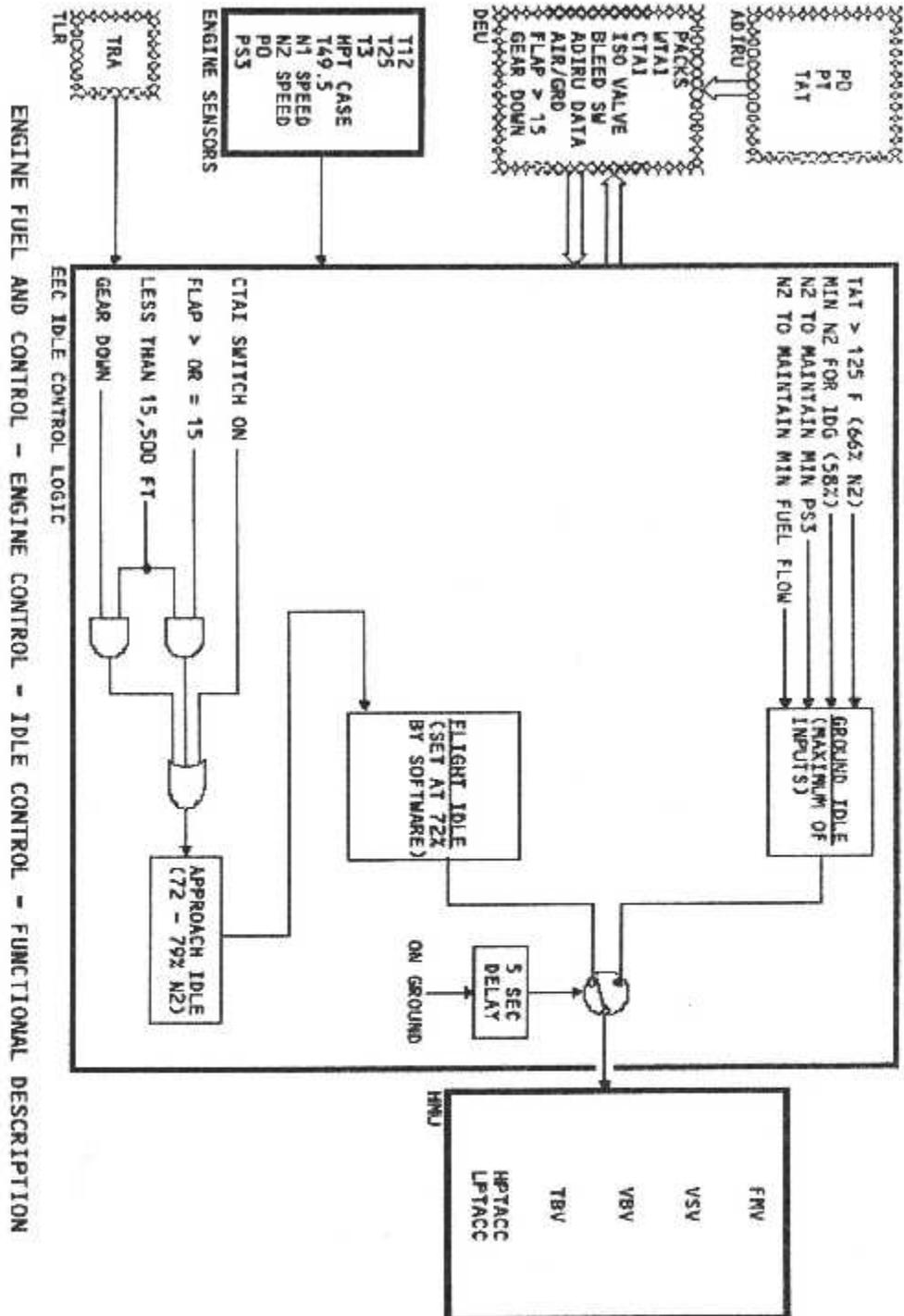
Ces modes sont classés par les paramètres suivants:

- opération anti-givrage .
- Position d'aileron.
- 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 de ralenti n'est pas assez pour satisfaire une des ces conditions, le EEC commande le FMV pour augmenter la vitesse de moteur jusqu'à ce que toutes les conditions de vitesse au ralenti soient satisfaites.

Ce sont les conditions de la vitesse de ralenti au sol :

- la vitesse de N2 est plus de 8500 tr/min si la TAT est moins de 125°F (52°C) pour garder la vitesse N2 moins pour l'opération d'IDG.
 - la vitesse N2 est plus de 66% (9500 tr/min) si la TAT est plus de 125°F (52°C) pour améliorer le refroidissement d'un élément de moteur.
 - Maintenir PS3 au dessus de minimum pour le système d'avion ECS (le minimum PS3 change avec l'altitude et le modèle d'avion).
 - Maintenir l'écoulement de carburant à ou plus de 300livres/heures (136kg/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 au 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 gauche et droit sont égaux ou plus de 15°.

III-1-7-5 CONTROLE LE CIRCUIT D'AIR :

Le rôle de système d'air est de contrôler le fonctionnement de moteur. Le système d'air en réalité empêche de présenter un dysfonctionnement au pompage et surpression.

Il y a des systèmes hydromécaniques 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 augmente la durée de vie du moteur.

A-SYTEMME 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 de compresseur haute pression et envoyé vers la turbine haute pression pour contrôler le jeu , dans le but de réduire la consommation spécifique de carburant ainsi que la température des gaz d'échappement.

LA VANNE HPTACC :

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 DE SYSTEME DE CONTROL DE HPTACC :

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) utilise ces données pour contrôler la vanne HPTACC :

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

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

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

Le EEC calcule la température de 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 élevé, le EEC envoie un signal à l'HMU pour le refroidir. Si la température est moins élevé le EEC envoie un signal pour décroître le refroidissement .

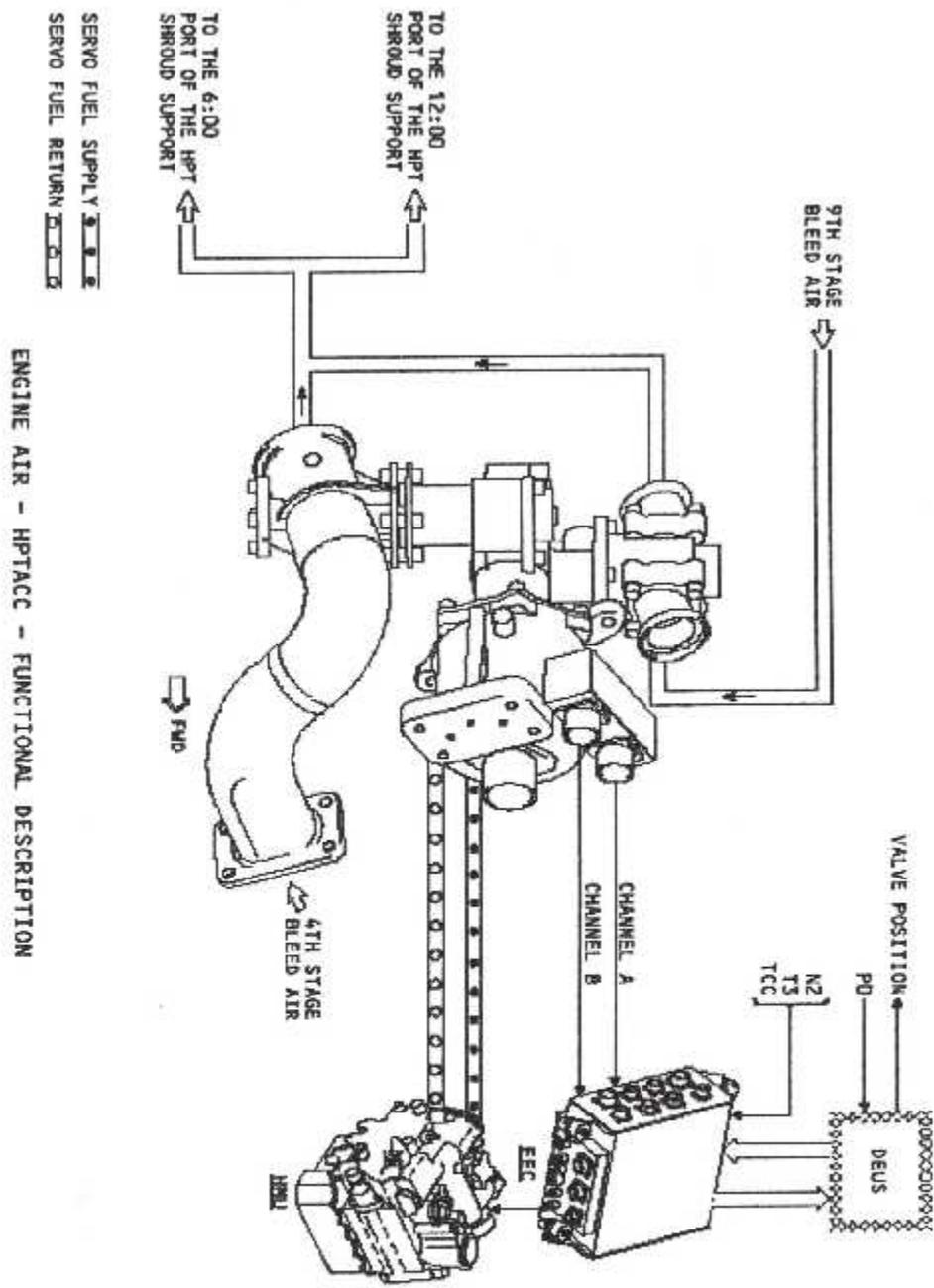
Le vérin de HPTACC à deux LVDTs . Le EEC emploie ce dernier pour recevoir la position de vérin HPTACC. Un LVDT envoie un signal électrique au canal A de EEC et l'autre ver le canal B .

MODE DES OPERATIONS :

Il y a cinq (05) modes de fonctionnement de HPTACC :

Pas d'air :

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



Ecoulement bas de 9^{ème} étage :

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

Ecoulement haut de 9^{ème} étage :

Le EEC met le vérin à 37% de son extension, la vanne de 9^{ème} étage est entièrement ouverte tandis que celle de 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 valve (4^{ème} et 9^{ème} étage) dans une position qui permet un ajustement exacte de la dilatation de carter HPT.

Ecoulement haut de 4^{ème} étage :

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

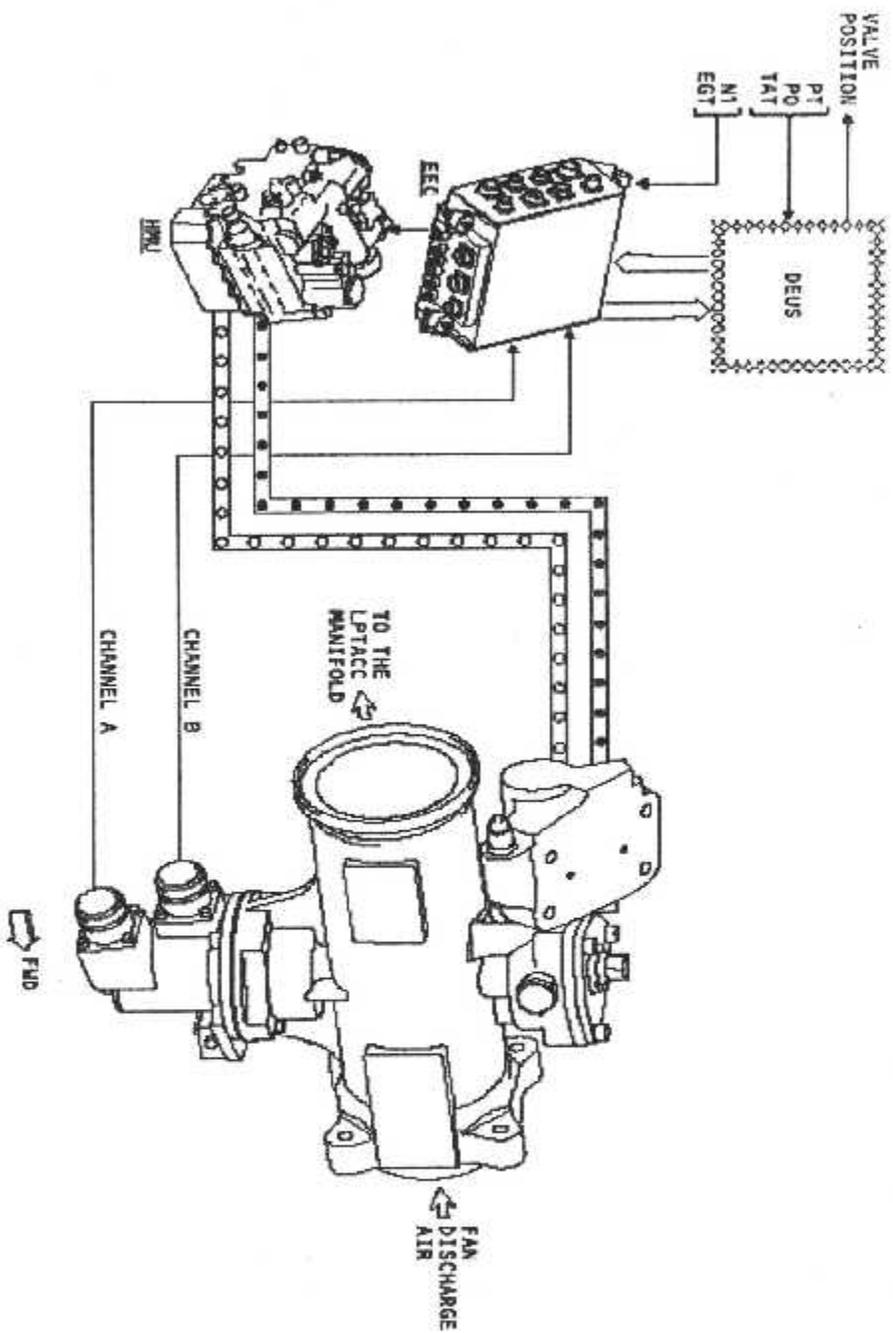
B- SYSTEME DE CONTROLE ACTIF DU JEU TURBINE BASSE PRESSION (LPTACC) :

Le système de contrôle du jeu turbine basse pression (LPTACC) contrôle la quantité d'air prélevée du flux secondaire du fan et 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 DE SYTEME DE CONTROLE DE LPTACC :

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

- La pression total atmosphérique (PT).
 - La pression ambiante (P0).
 - La température total de l'air (TAT).
 - La vitesse de rotation de l'attelage basse pression (N1).
 - La température des gaz d'échappement (EGT).
-



SERVO FUEL SUPPLY 
 SERVO FUEL RETURN 

ENGINE AIR - LPTACC - FUNCTIONAL DESCRIPTION

Le EEC calcule le jeu entre le carter et le aubes de la BPT 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 P0, PT , TAT de l'ADIRUS par les unités électronique d'affichage (DEUs) et NI, 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 TBP

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

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

C- LA VANNE DE DECHARGE TRANSITOIRE (TBV) :

C'est un dispositif qui contrôle la quantité d'air soutiré du 9^{ème} étage de compresseur HP et envoyé au distributeur (aube stator) du premier étage de la turbine BP. Son rôle est de faciliter le démarrage et l'accélération

DESCRIPTION FONCTIONNELLE DE LA VALVE TBV :

Le EEC emploie ces données pour contrôler la position de la valve TBV :

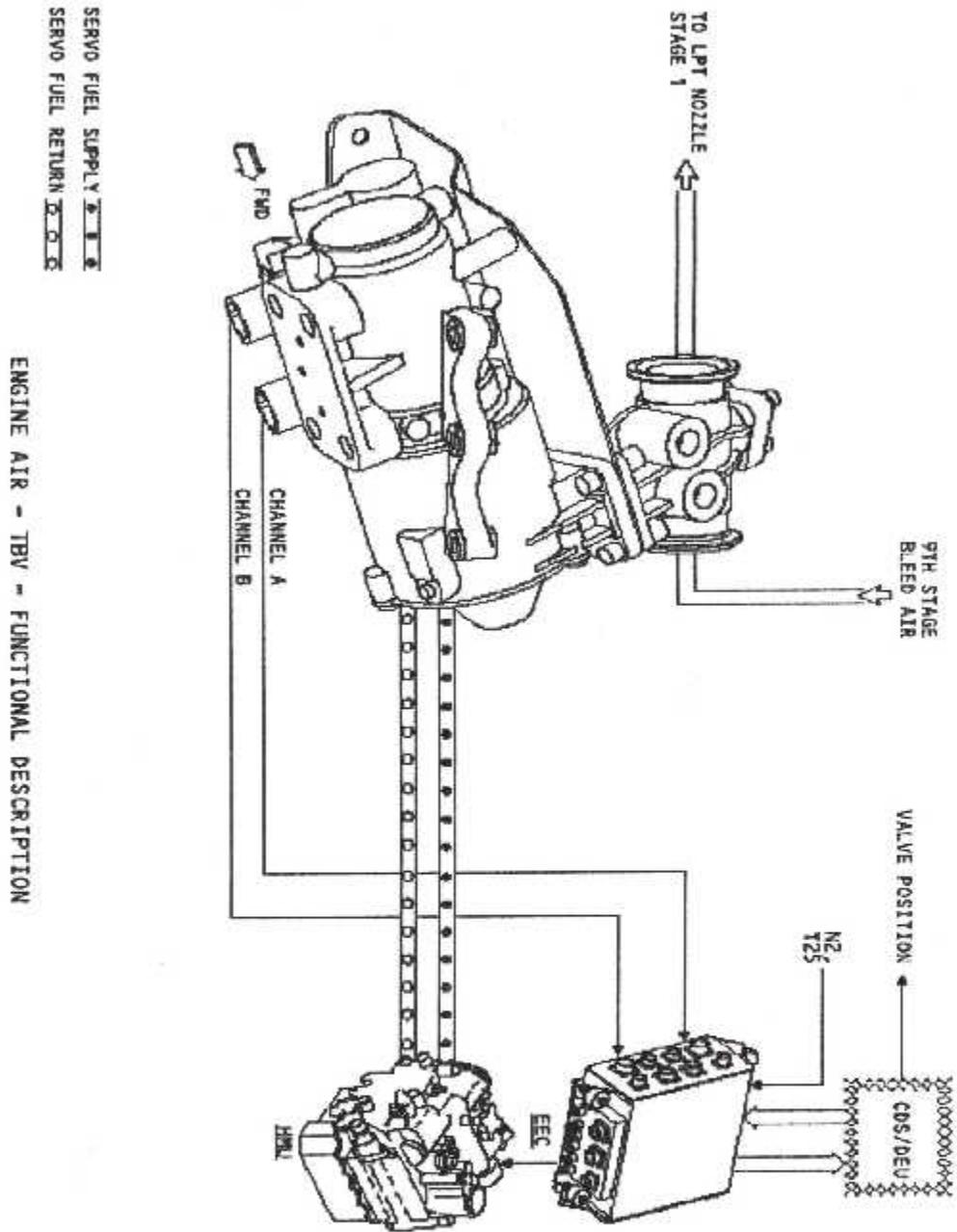
- La température d'air à la sortie de compresseur haut pression (T25).
- La vitesse de rotation de l'attelage haut pression (N2).

Le EEC emploie la vitesse N2 et la T25 pour calculer la vitesse réelle de N2.

La TBV est commander 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 valve est traduite par l'arbre du papillon et la trianglerie au LVDT. Le LVDT transmet un signal au EEC qui correspond à la position de papillon.

- Démarrage.....ouverte.
 - Ralenti..... fermé.
 - Accélération (76%- 80% N2)ouverte.
 - N2 supérieur à 80% fermé..
-



D- SYSTEME DE COMMANDE DE STATOR A 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 d'air exacte qui coule à travers le compresseur HP en ajustant l'écoulement autour des profils d'aubes à différent régime de fonctionnement de moteur dans le but d'éviter le pompage.

Les vérins de commande des VSV sont de type « vérin à piston », menus de deux connexions hydraulique, coté tige et coté tête.

DESCRIPTION FONCTIONNELLE DES STATORS A CALAGE VARIABLE (VSV) :

Le EEC utilise ces données pour calculer la position des stators à calage variable :

- La température total d'air (TAT).
- La pression d'air total (PT).
- La pression ambiante (P0).
- 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 de compresseur HP (T25).

Le EEC obtient la TAT, P0 et PT des ADIRUs par les unités électronique d'affichage (DEUs) et les autres données par les sondes de moteur.

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

Les LVDTs des vérin des VSVs signal la position des VSV au deux canaux de EEC.

MODE DES OPERATIONS :

Les ailettes du stator à calage variable sont en position fermé quand N2 est en ralenti. Il se déplacent à une position d'ouverture quand N2 augmente. Il sont complètement ouvertes quand N2 est plus de 95%. Les VSVs sont commandés dans une position fermés (plus) aux basse altitudes.

E- VANNES DE DECHARGE (VBV) :

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

Le vérin de commande de VBV est de type « vérin a piston » munie de deux connexions hydraulique ,côté tige et côté tête .le principe de fonctionnement des VBV est le même que celui des VSVs .

DESCRIPTION FONCTIONNELLE DES VANNES DE DECHARGE (VBV) :

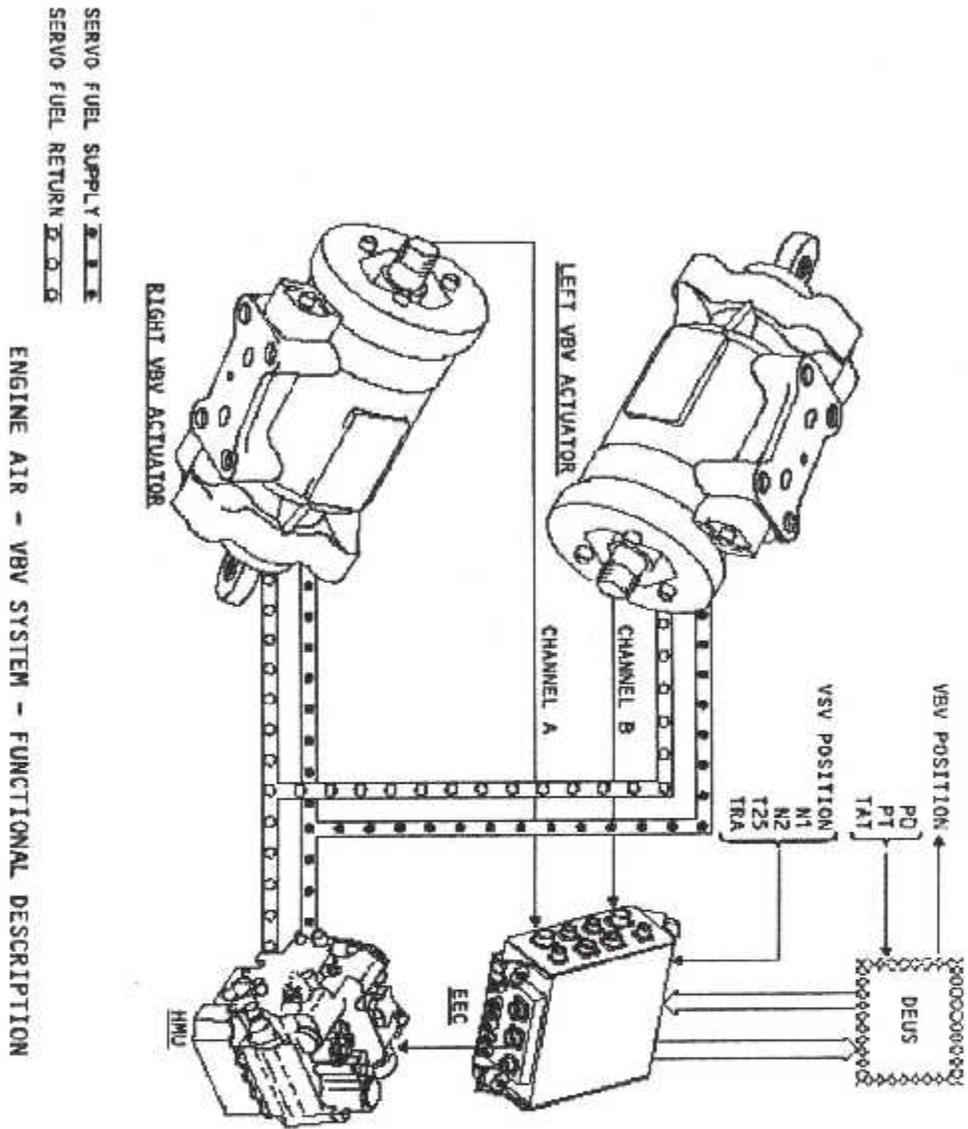
L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) utilise les données suivantes pour calculer la position des vannes de décharge :

- La pression d'air statique (PO).
- La température d'air total de l'avion (TAT).
- La pression d'air total de l'avion (PT).
- La température d'air à la sortie de CHP(T25).
- La position des VSV .
- La vitesse de rotation de l'attelage HP(N1).
- La vitesse de rotation de l'attelage BP(N2).
- La position de manette des gaz (TRA).

Le système du VBV fonctionne automatiquement , le EEC obtient P0,P1 et TAT des ADIRUs par les (DEUs) .les autres données N1,N2,T25 et la position des VSVs par les sondes de moteur et le TRA de séparateur de levier de poussée .

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 moteur 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 relie au canal A de EEC et celui de vérin droit est relie au canal B. leur rôle consiste à transmettre la position des VBV au EEC .



SERVO FUEL SUPPLY 
 SERVO FUEL RETURN 

ENGINE AIR - VBV SYSTEM - FUNCTIONAL DESCRIPTION

III-1-7-6 CONTROLE DES PARAMETRES DE CIRCUIT DE GRAISSAGE :

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

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

Pour cela les composants suivant sont utilisés :

- un transmetteur de quantité d'huile .
- un transmetteur de pression d'huile .
- une sonde de température d'huile .
- un transmetteur de colmatage de filtre de récupération .

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

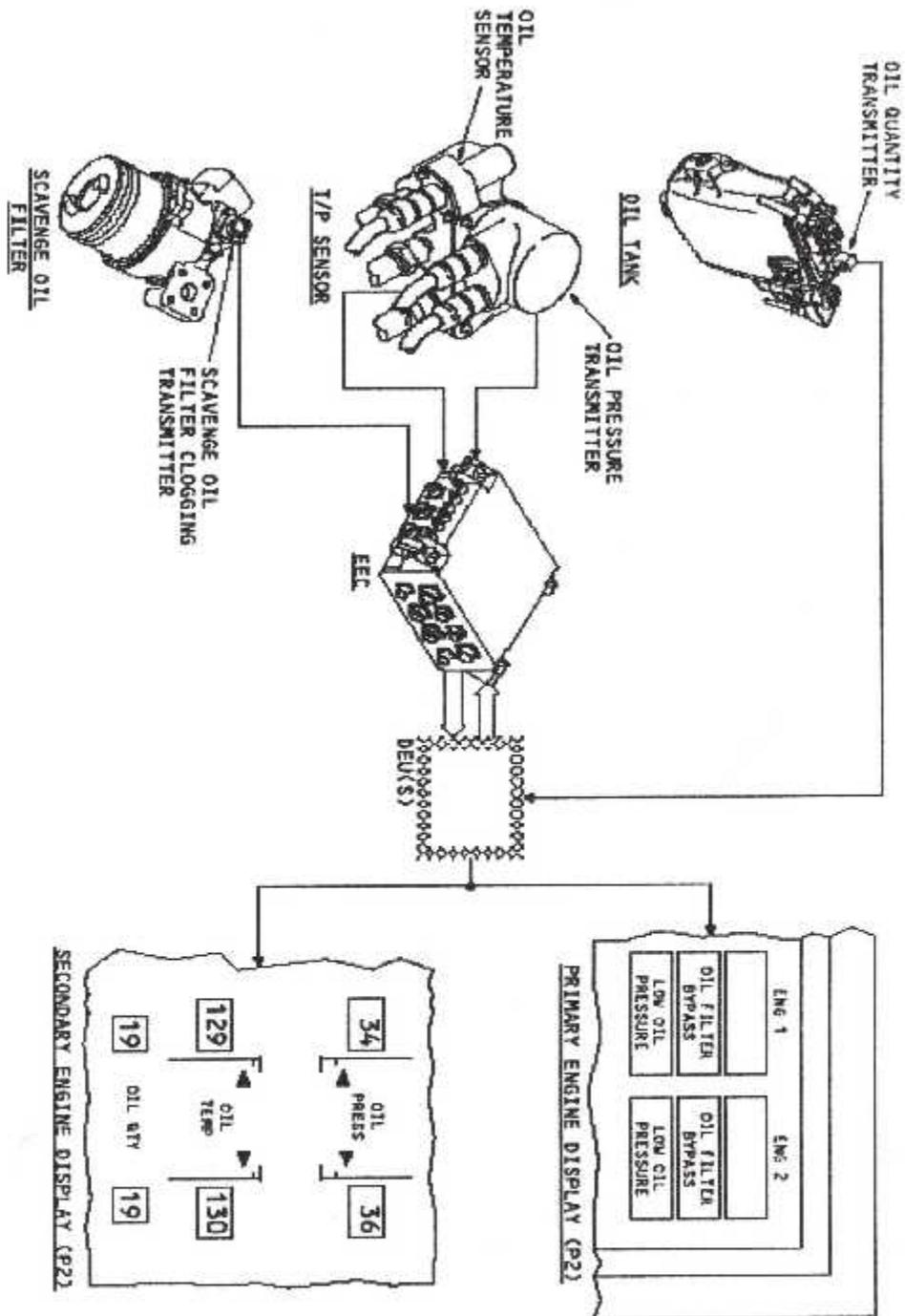
Le transmetteur de pression et le sonde de température d'huile sont localisés dans un assemblé appelé « capteur température/pression (T/P) » .

A- INDICATEUR DE PRESSION DE 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 mesure la pression différentiel 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 l'envoie aux DEUs. Les DEUs affichent la pression d'huile dans l'écran secondaire .

message de basse pression d'huile :

Quand la pression est au-dessus 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 inférieur à la ligne rouge (la limite).



ENGINE OIL - INDICATING - GENERAL DESCRIPTION

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 élément , chacun est connecté a 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 :

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 de filtre de récupération .quand 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 FILTRE BYP sur le CDU, ce message clignote pendant 10 seconde ,puis si le message persiste il s'allume sans interruption .

III-1-7-7 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 pilot un petit vérin . le moteur couple a deux bobines indépendantes , isolées électriquement , chacune recevant ces ordres d'un canal de EEC .

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

Le EEC peut entièrement fermer la valve FMV sur le sol pendant le démarrage moteur pour ces conditions :

- 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 limite de démarrage .

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

- le signal de position de galet doseur est hors sa gamme pour les deux canaux de EEC.
- le signal de position de galet doseur est hors sa gamme et le EEC est en position de 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 de 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 secondes après le débarquement ou l'augmentation de la vitesse au sol est plus de 80 nœuds .
- le EEC est excité (démarrage moteur, moteur en marche, le EEC est excité pour la maintenance) .
- Une panne moteur est détectée (l'avion ne doit pas décollée) .

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

Quand le solénoïde de robinet d'arrêt HP (HPSOV) est excité , le robinet se ferme . lorsque le robinet d'arrêt est position ouverte , il laisse le carburant s'écoule de galet doseur 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 de galet doseur (FMV) , la pression de carburant de galet doseur ouvre le HPSOV .

Lorsque le levier de démarrage est en position « CUTOFF », le solénoïde est excité et le carburant d'asservissement ferme le robinet HPSOV. dans ce cas la pression de carburant de galet doseur peut pas ouvrir le robinet HPSOV.

Lorsque le robinet HPSOV se ferme l'écoulement de 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 de contrôle moteur (EEC) surveille le fonctionnement du gouverneur de vitesse (OSG) pendant le démarrage moteur .

D- LE DEBIT METRE CARBURANT :

Le débit mètre est monté sur le carter fan position 2h00, il mesure le débit carburant de 0 à 6360 kg/h avec une erreur de 45 kg/h le carburant travers deux turbines en série lié par un ressort de rappel équilibrant le couple fourni par le passage de 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 envoyés aux canaux A et B de EEC . la différence entre les deux signaux est traitée par la boîte électronique d'affichage DEUs, et convertie en poids de carburant qui sera affiche sur l'écran d'affichage CDS .

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

L'unité électronique de 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 alimente la chambre de combustion. La BSV est en position ouverte quand N2 est entre 25 et 55 % et de là de 80 % de régime N2 les vingt (20) injecteurs sont alimentés .

La vanne de sélection des injecteurs offre les avantages suivants ;

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

III-1-7-8 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 DE SYSTEME DE DEMARRAGE :

Le sélecteur de démarrage est dans la position GRD, le courant continue (24/28v) passe et arrive dans le système de 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 augmente la puissance pneumatique.

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

A ce moment, le EEC reçoit le signal de démarrage et commence à renvoyer les informations sur les paramètres du moteur. L'électro-aimant de la valve de sa part est excitée. La valve 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 N2 tourne, la sonde de cet arbre renvoie des informations au EEC et en même temps reçus 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 de carburant reçoit un signal d'ouverture, le carburant dosé de l'HMU est envoyé aux injecteurs qui le pulvérisent, C'est la combustion.

Sur la cockpit on aura ces données:

- augmentation de	N1 (20%)
- augmentation de l'EGT	414°C
- N2 est à l'ordre de	55%
- consommation carburant	0.7 %

a ce moment:

- un signal de EEC coupe l'allumage et le signal de la l'APU s'arrête.
- le solénoïde ramène la valve papillon à la position fermé, 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 au démarrage à chaud sont:

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

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

Si la limite de démarrage à chaud de l'EGT est dépassée, le EEC arrête immédiatement l'écoulement de carburant et coupe l'allumage.

Le EEC arrête immédiatement le flux de 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 de levier de démarrage est sur la position arrêt (CUT OFF).

B- DEMARRAGE A FROID :

Les paramètres du moteur au démarrage froid sont:

- N2 30%
- N1 9.5
- EGT 21°C
- FF 0.90 *1000 KG/H

quand le EEC perçoit ses paramètres, elle fait les fonctions suivantes:

le EEC arrête le démarrage du moteur si l'EGT n'augmente pas dans 15 secondes après avoir déplacer le levier de démarrage du moteur à la position de ralenti.

Le EEC arrête l'écoulement de carburant et coupe l'allumage.

III-1-7-9 CERCUIT D'ALLUMAGE :

Le contrôle de système d'allumage se compose des éléments suivant :

- 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 de système d'allumage envoyée au EEC .le commutateur de démarrage et le sélecteur d'allumage fournissent les entrées de EEC . cette dernière emploie ses données pour assurer la puissance aux excitateur d'allumage.

Le EEC et les CDS / DEU surveille la position de ces composants de compartiments de vol.

- sélecteur d'allumage .
- commutateur de levier de démarrage .
- commutateur de démarrage moteur .

Chaque CDS/DEU envoie le données sous forme de signaux numérique 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 de CDS/DEU 2 envoyé au EEC s'arrête, le EEC emploie le signal analogique comme entrée de compartiment de vol .

Le EEC emploie les données de position de commutateur pour commander quatre commutateurs ON/OFF d'allumage interne de EEC .Ces commande 115 VAC aux excitateur 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 canal de EEC et en mode attente .quand le levier de démarrage et met en

position ralenti, le courant alternatif 115 VAC va au EEC en passant par le commutateur de levier de démarrage qui sont en position fermée.

Les excitateur d'allumage reçoivent le courant électrique et envoie 15.000 à 20.000 VCC au bougies d'allumage, cette tension passe à travers les électrodes de la bougie produisant une étincelle.

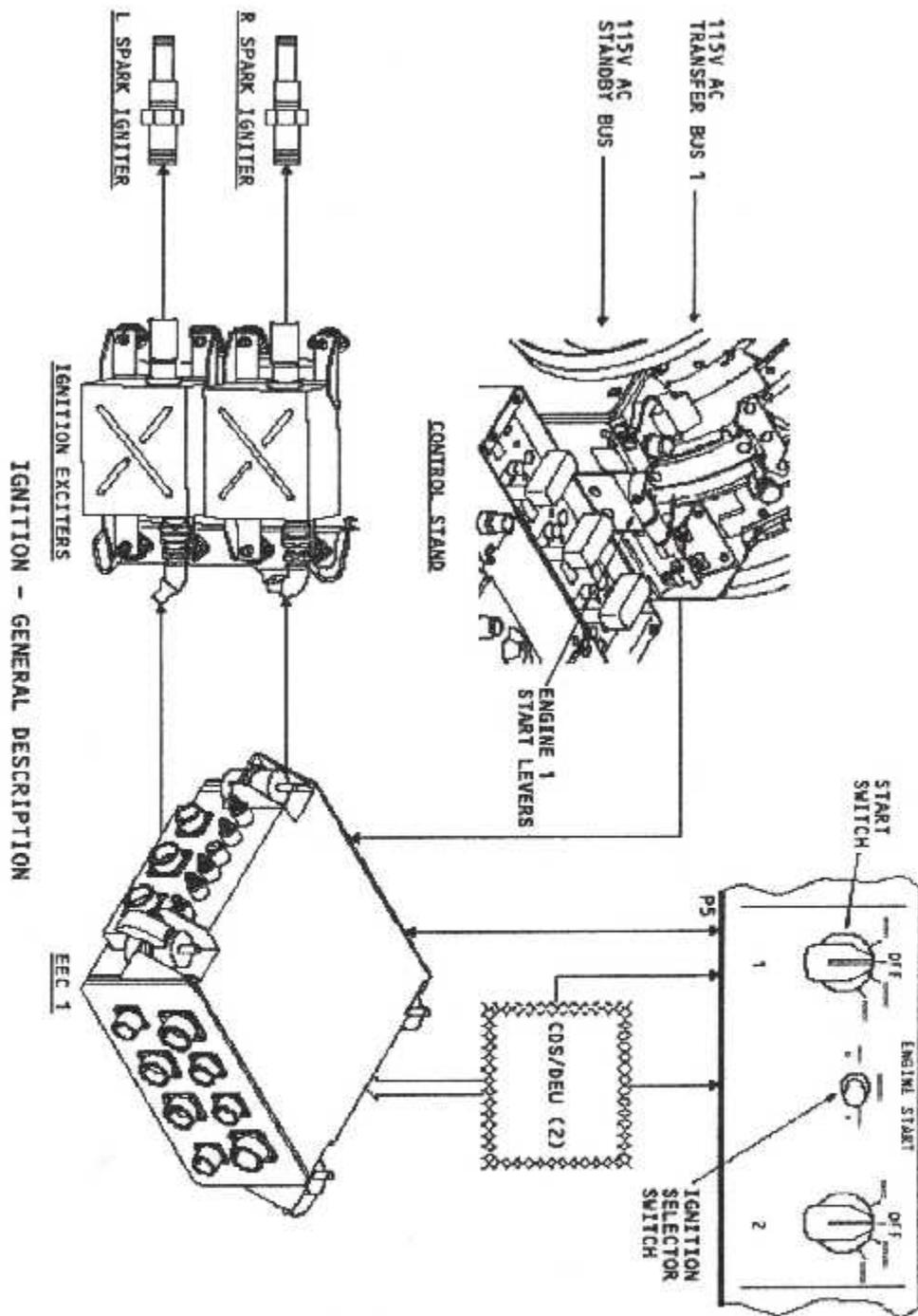
LA PROTECTION :

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

- le levier de démarrage est en position ralenti, les commutateur de démarrage et en position vol
- le levier de démarrage moteur en position ralenti, le commutateur de démarrage est en position sol ou continu, N2 et inférieur au ralenti et l'avion 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 maintenue 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-dessus sont vérifiées :

- les sélecteurs de démarrage ne sont pas en position correcte avec celle 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 est au sol, le moteur a accompli un démarrage, la vitesse N2 inférieur à 50%, et l'EGT dépasse la limite au démarrage.
- le circuit d'allumage est activé pour N2 inférieur à la vitesse de ralenti ou une diminution non commandée de N2 et la vitesse de moteur retourne à la normale.



III-1-7-10 CIRCUIT REVERSE :

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

Le EEC emploie le signal de LVDT pour ces fonctions :

- contrôle le message REV sur le système visualisation commun (CDS) .
- isolation d'une panne par les unités de visualisation de commande (CDUs).
- Contrôle de voyant de 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 (DUS) sont employées pour dépanner le LVDT .

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

- L'entrée de LVDT au EEC est 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 positions des demi-couronnes sont envoyées à l'unité électronique de 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 contrôle 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 verrouille pas .L'unité d'accessoire moteur (EAU) commande le voyant .

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

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

MESSAGE REV :

Les messages REV montrent au dessus des indications du moteur NI sur CDS, l'exposition d'un message pour chaque T/R. le message montre ambre quand un ou deux demi-couronne de T/R entre 10 à 90 % de parcourir dans la position de déploiement. Le message montre vert lorsque les demi-couronne T/R sont plus de 90% de parcourir dans la position de déploiement.

Chaque demi-couronne a un transducteur différentiel variable linéaire (LVDT). Le LVDT fournit les données de la position de demi-couronne de T/R à la commande électronique moteur (EEC). Le EEC et les unités électroniques d'affichage (DEUs) contiennent le logique nécessaire pour utiliser le message REV. Le EEC fournit un signal sur un bus d'ARINC 429 à chaque unité électronique d'affichage (DEU). Les DEUs montre alors le message sur la boîte de commande et d'affichage.

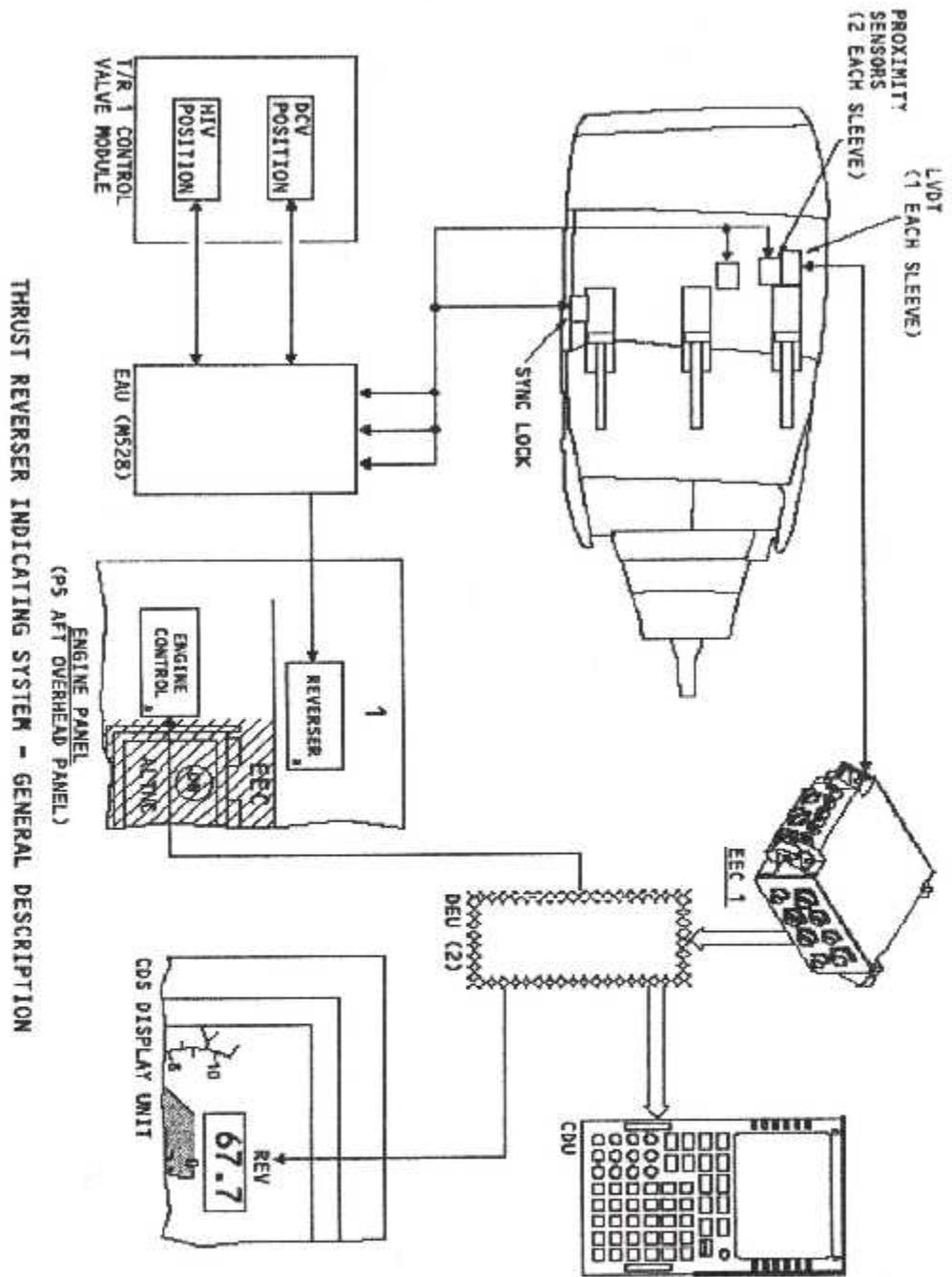
LE VOYANT REVERSE :

Chaque T/R a un voyant ambre sur le panneau d'affichage de moteur. Le voyant REVERSE peut montrer en vol. les voyants REVERSE montre pendant 10.5 seconde durant l'opération normale de verrouillage et il reste s'il y a une panne sur les composants de système de contrôle T/R. les voyants REVERSE avancent immédiatement pendant le déploiement si un composant le système de contrôle de T/R est en panne, le voyant reste jusqu'à ce que trouver le problème de déploiement et rétablir l'unité d'accessoire moteur (EAU).

Le voyant REVERSE affiche si aucun de ces composants de système de contrôle de T/R ne fonctionne pas pendant les verrouillages et le déploiement :

- Capteur de proximité (deux demi-couronne de T/R).
- Sync lock.
- La valve de commande directionnelle (DCV) a l'intérieur du module de valve de contrôle T/R.
- La valve d'isolement hydraulique (HIV) a l'intérieur du module de valve de contrôle T/R.

L'unité d'accessoire moteur (EAU) contient le logique nécessaire pour identifier les pannes des composants de système T/R. l'EAU contrôle les voyants REVERSE.



III-1-7-11 LE BITE :

L'équipement d'essai incorporé (BITE) est intégré dans le EEC, il stock les informations dans la mémoire non volatile. Les informations sont obtenus de la mémoire BITE de EEC et faire les essais au sol avec l'unité de visualisation de commande de l'ordinateur de gestion de vol (FMC , CDU) . La sélection des essais des données au les essais avec le CDU .

Le FMC CDU envoient 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 de moteur .
- GROUND TEST : test au sol .
- INPUT MONITORING : données envoyées au EEC par les sondes de moteur et d'avion .

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

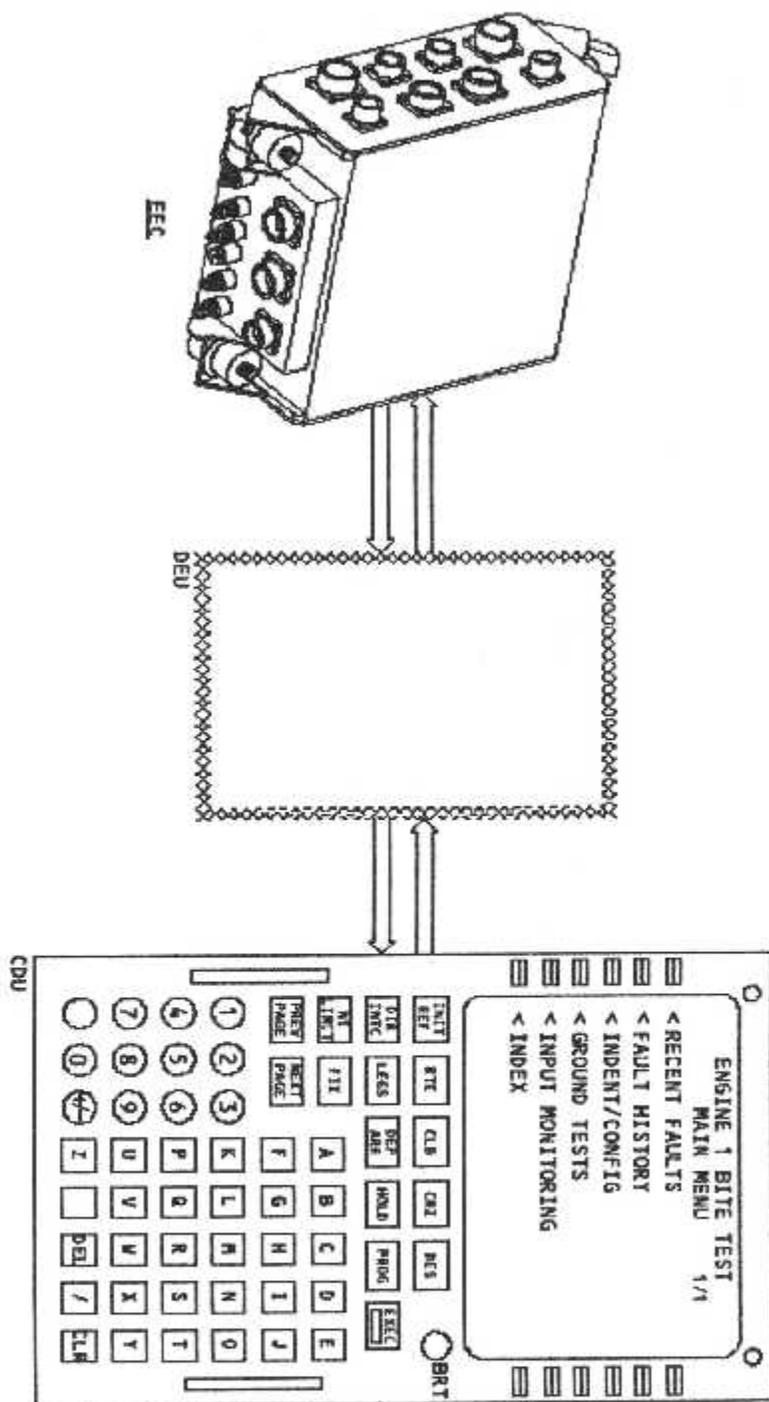
L'équipe de maintenance au sol utilise le manuel de recherche de panne (FIM) pour interpréter la panne de moteur affichée sur le CDU .

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

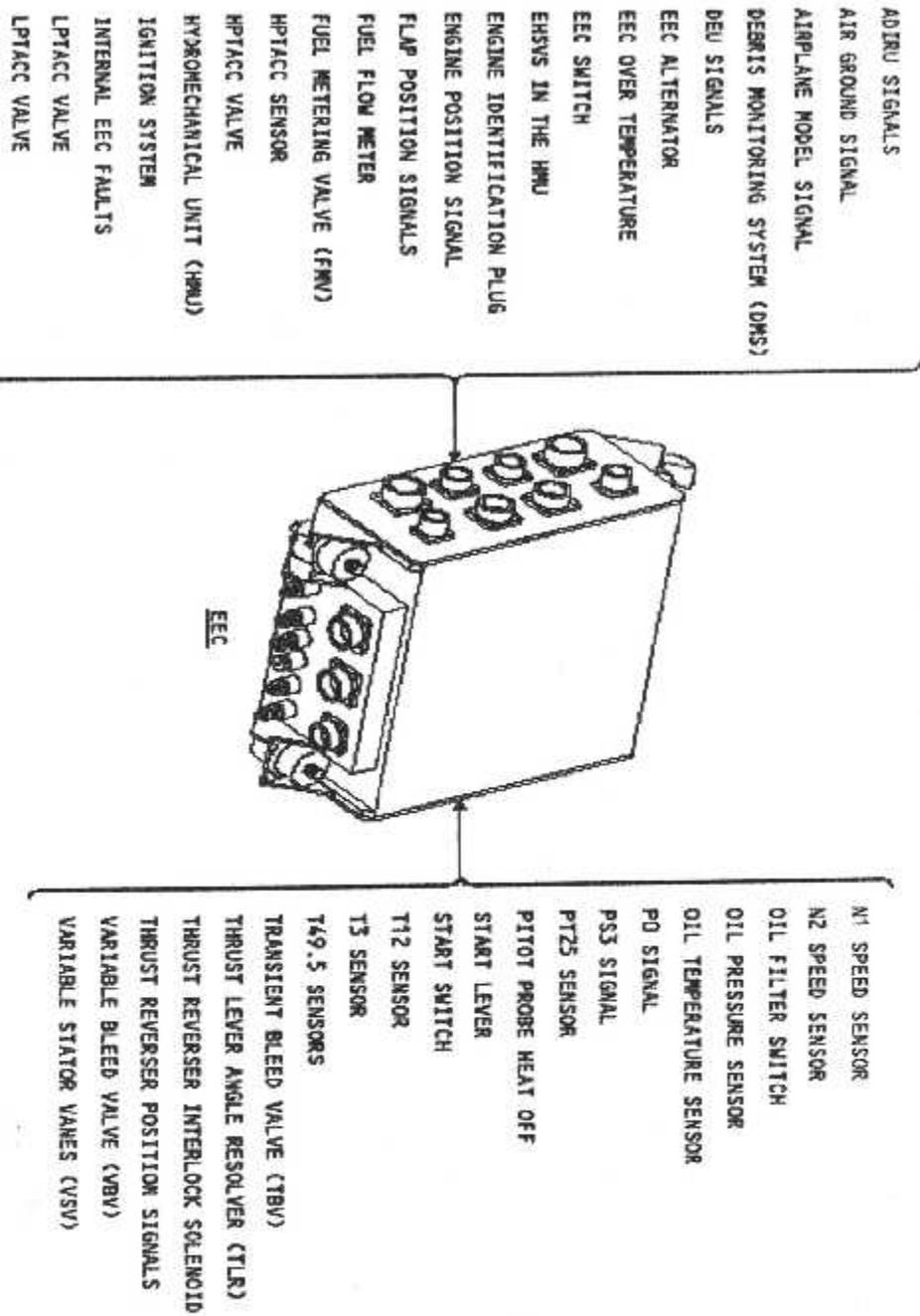
Quand le EEC trouve une panne , il la stock dans la mémoire de BITE . Les pannes ont ces 05 niveaux d'expédition :

- ENGINE CONTROLE LIGHT .
- INTERNATE MODE LIGHT .
- SHORT TIME .
- LONG TIME .
- ECONOMIC .

Le EEC stocke les pannes dans la mémoire par le niveau d'expédition .IL stock jusqu'à 10 de chaque niveau pour les 10 vol précédents. Les pannes sont effacées le 11^{ème} vol .S'il y a 10 pannes stockées dans un niveau d'expédition et une nouvelle panne se produit dans le ce même niveau , le EEC efface la panne le plus ancienne et enregistre la nouvelle panne .



ENGINE FUEL AND CONTROL - ENGINE CONTROL - TRAINING INFORMATION POINT - EEC BITE - GENERAL



ENGINE FUEL AND CONTROL - ENGINE CONTROL - TRAINING INFORMATION POINT - EEC BITE - SIGNALS

III-1-8 TEST EEC :

Ce test permet de tester :

- Les canaux A et B de EEC.
- Les interfaces entre les paramètres et le EEC.
- Les circuits internes de EEC.
- Les voyants et les messages de niveaux de 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 paramètre moteur primaires

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

NO EEC TEST FAULT

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

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

Les 15 prises électriques de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) sont groupées par :

- Les interfaces avion (J1-J6).
- Les composants moteur (J7-J13).
- Les prises d'identification (J14-J15).

III-2-1-1 Les interfaces avion :

J1 : excitateur d'allumage 1 entrée/sortie .
Ch A.

J2 : excitateur d'allumage 2 entrée/sortie .
Ch B.

J3 : ouverture de galet doseur , ouverture de la valve de démarrage , pannes EEC , bus des données digital (ADC , TMC) entrée/sortie .

J4 : allumage simple/double .

J5 : type d'avion, position moteur (gauche ou droit) , ch A position des inverseurs .

J6 : déconnexion TMC , sélection de mode d'opérations (contrôle ou test) , ch B position des inverseur de poussée .

III-2-1-2 Les composants moteurs :

J7 noir ch A .

J8 marron ch B .

Capteur N2 , solénoïde ESCV , positions des commutateurs ESCV , BCV 1 , HMU.

J9 rouge ch A .

J10 orange ch B .

Alternateur EEC , valve de démarrage , capteur N1 , T12 , BCV 2 .

J11 jaune ch A .

J12 vert ch B .

T25 , la valve LPTC , la valve HPTC , les vérins des VBV, BCV 3 .

J 13 bleu ch A et ch B .

T3 , T49 , T5 , capteur de température d'huile moteur , débitmètre carburant .

III-2-1-3 Les prises d'identification :

J 14 bouchon de nombre de série moteur .

J 15 bouchon d'estimation des paramètres moteurs .

III-2-1-4 Les entrées de pression :

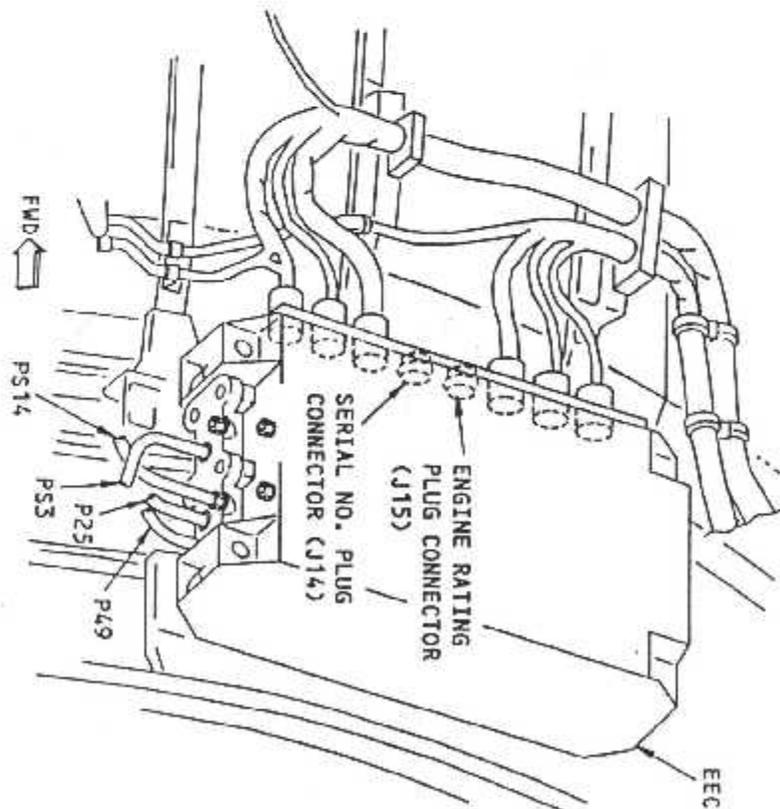
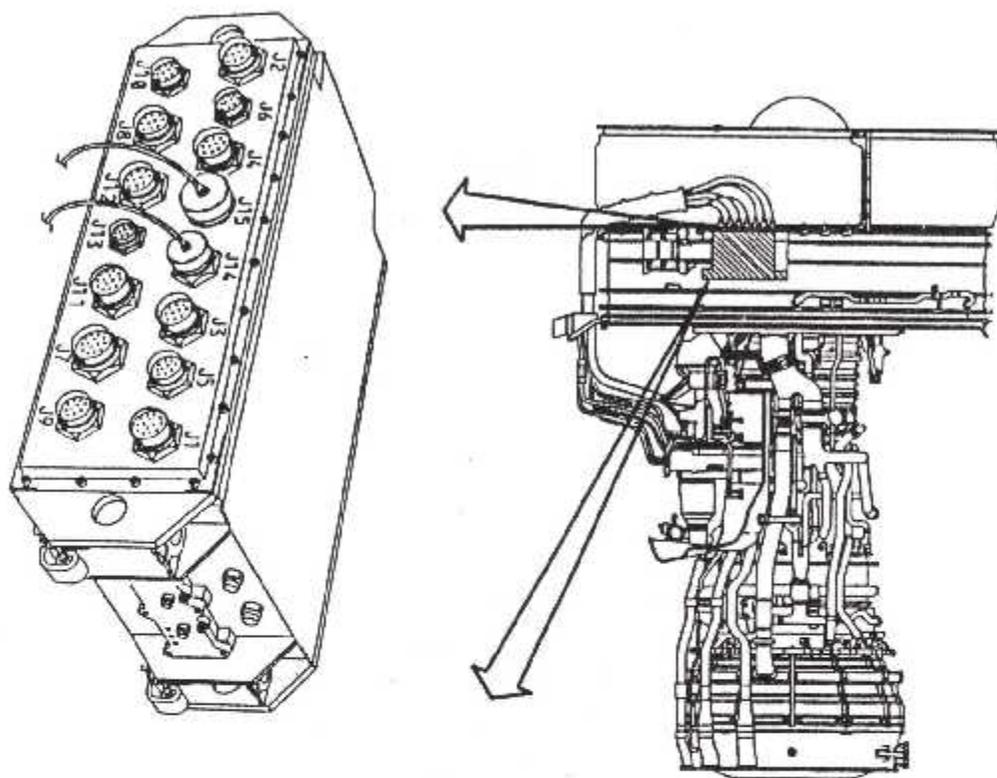
les pressions mesurées sont :

- la pression ambiante (P0) .
- la pression de décharge compresseur (PS3) .
- la pression de sortie fan (PS14) .
- La pression d'entrée compresseur IIP (P25) .
- La pression des gaz d'échappement (P49) .

Un transducteur pour chaque canal mesure P0 à travers un petit trou dans le carter de EEC . Un tube pour PS3 va au EEC .

PS14 , P25 et P49 sont des sondes optionnelles utilisées pour la surveillance de comportement .

Les deux canaux échangent les données entre eux par une bielle électronique .



ELECTRONIC ENGINE CONTROL

CF6-80C2F
FADEC

III-2-1-5 LES ENTREES ET LES SORTIE DE EEC :

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) obtient les données d'entrée analogiques de 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 .
- 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 , déclencheurs des inverseur de poussée et le système de démarrage et d'allumage .

Le EEC envoie des signaux digitaux au système d'indication EICAS et a l'unité de surveillance de l'interface de propulsion (PIMU) .

Les deux canaux sont redondant et indépendant , chaque canal reçoit les même entrées excepté trois (03) signaux de pression de surveillance de comportement ; le canal A reçoit les signaux de pression P14 et P4.9 et le canal B reçoit le signal de pression P25 .

Le système est désigné de façon à ce que aucune simple défaillance 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 .

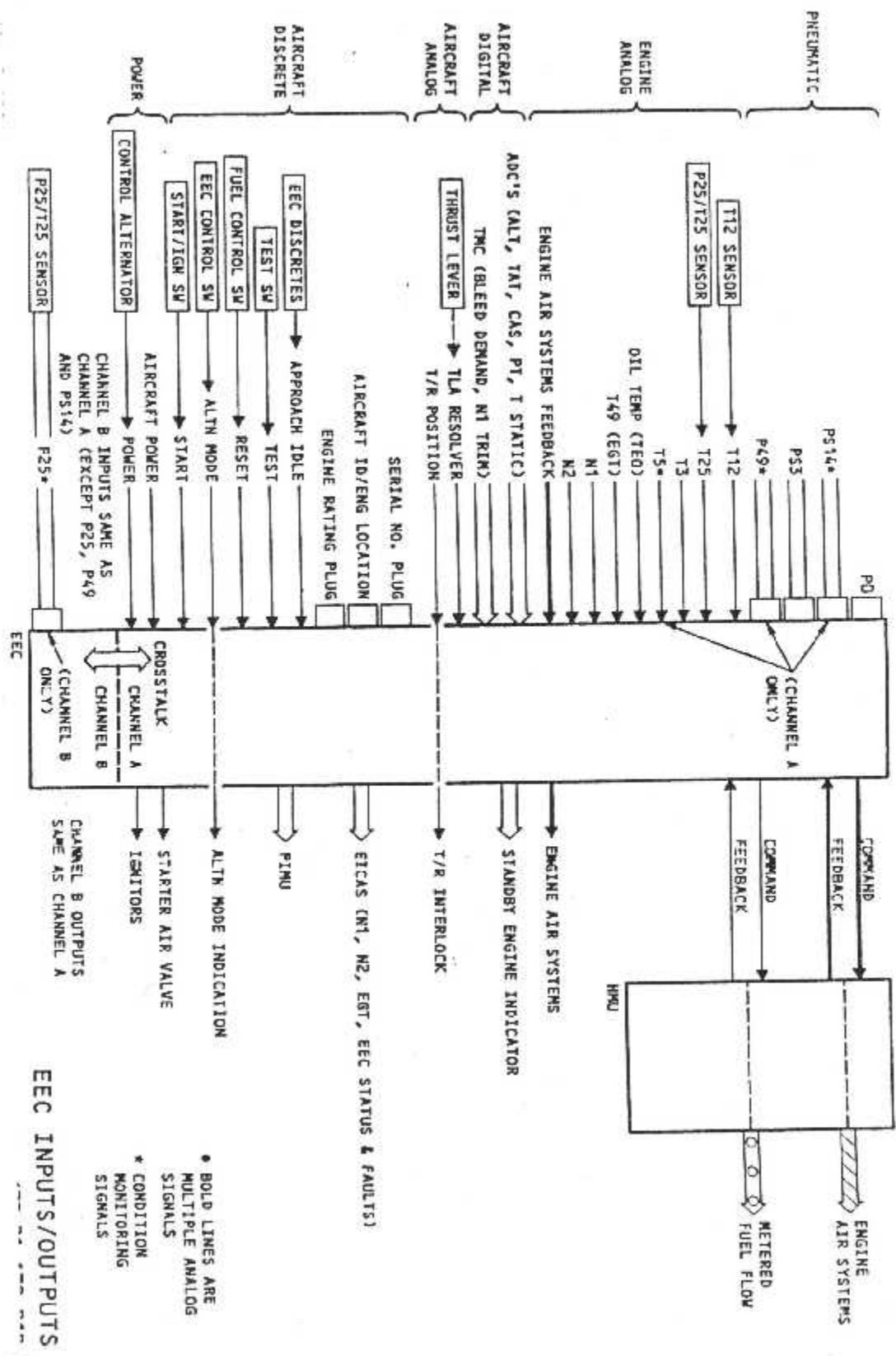
Lorsque une donnée d'entrée est fausse (ou manque) le EEC utilise les actions suivantes :

- les données des capteurs moteur sont utilisées pour soutenir les centrales aérodynamiques (ADC) .
- le EEC calcule le nombre de MACH si ce dernier n'est pas données par l'ADC .
- la bielle électronique est utilisé si les données des capteurs T12 ou P0 sont invalides .

Si la bielle est invalide , le EEC manœuvre en mode de contrôle soft .

- des comparaisons sont effectués entre les données des entrées des capteurs N1 , N2 , P3 et T25 en utilisant la bielle électronique .

dans le cas où les données d'un capteur diffèrent ou les données des deux capteurs sont perdus (ou invalide) , le EEC calcule les valeurs qu'il utilise.



- Des comparaisons sont effectués entre les données d'entrées de la manette de poussée (TLA) en utilisant la bielle électronique , si les deux entrées sont perdus (ou invalide) la valeur précédente de TLA est utilisée durant le décollage , autrement la TLA sera réduite au ralenti .
- Le EEC calcule les valeurs de courant électrique envoyé à l'HMU pour le contrôle de galet doseur (FMV) ,des vérins des VSVs et des vérins des VBV's si les signaux de position de ces derniers sont invalides .
- Les valves HPTC , LPTC, ESCV , CCC et les inverseurs de poussée seront dans leurs positions de sécurité (ouvertes ou fermé) .
- Le EEC utilise 28 volts dc de système de l'avion si l'alternateur EEC n'est pas disponible .

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

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) utilise la température total d'air (T2), la pression ambiante (P0) et la pression totale (PT2) pour calculer le N1 nécessaire employé pour avoir la poussée commandée .

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

III-2-2-1 le mode de contrôle NORMAL :

Les centrales aérodynamiques (ADCs) envoient TAT , P0 et PT à chaque unité de électronique contrôle moteur (EEC) :

- L'ADC 1 envoie les données au EEC de moteur 1 (canal A et B).
- L'ADC 2 envoie les données au EEC de moteur 2 (canal A et B).

Les sondes de température moteur envoient les température d'air au EEC :

- La sonde de température T12 gauche envoie des signaux au canal A .
- La sonde de température T12 droite envoie des signaux au canal B .

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

En utilisant la bielle électronique , les données des deux centrale aérodynamiques (ADCs), les données des deux sondes (T12) et les données des deux entrées de pression (P0) sont disponible pour chaque canal de l'unité électronique de contrôle moteur .

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

Les entrées de pression ambiante (P0 ADC 1 , P0 ADC 2 , P0 ch A et P0 ch 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 .

III-2-2-2 le mode de contrôle SOFT :

L'unité électronique de contrôle moteur est en mode de contrôle « NORMAL » si PT ADC 1 et PT ADC 2 sont valides , et convienne à moins de 0.437 psia , 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 contrôle « SOFT » , le voyant ALTN de switch de EEC s'allume , et le message EICAS de niveau C : L (R) ENG EEC MODE s'affiche .

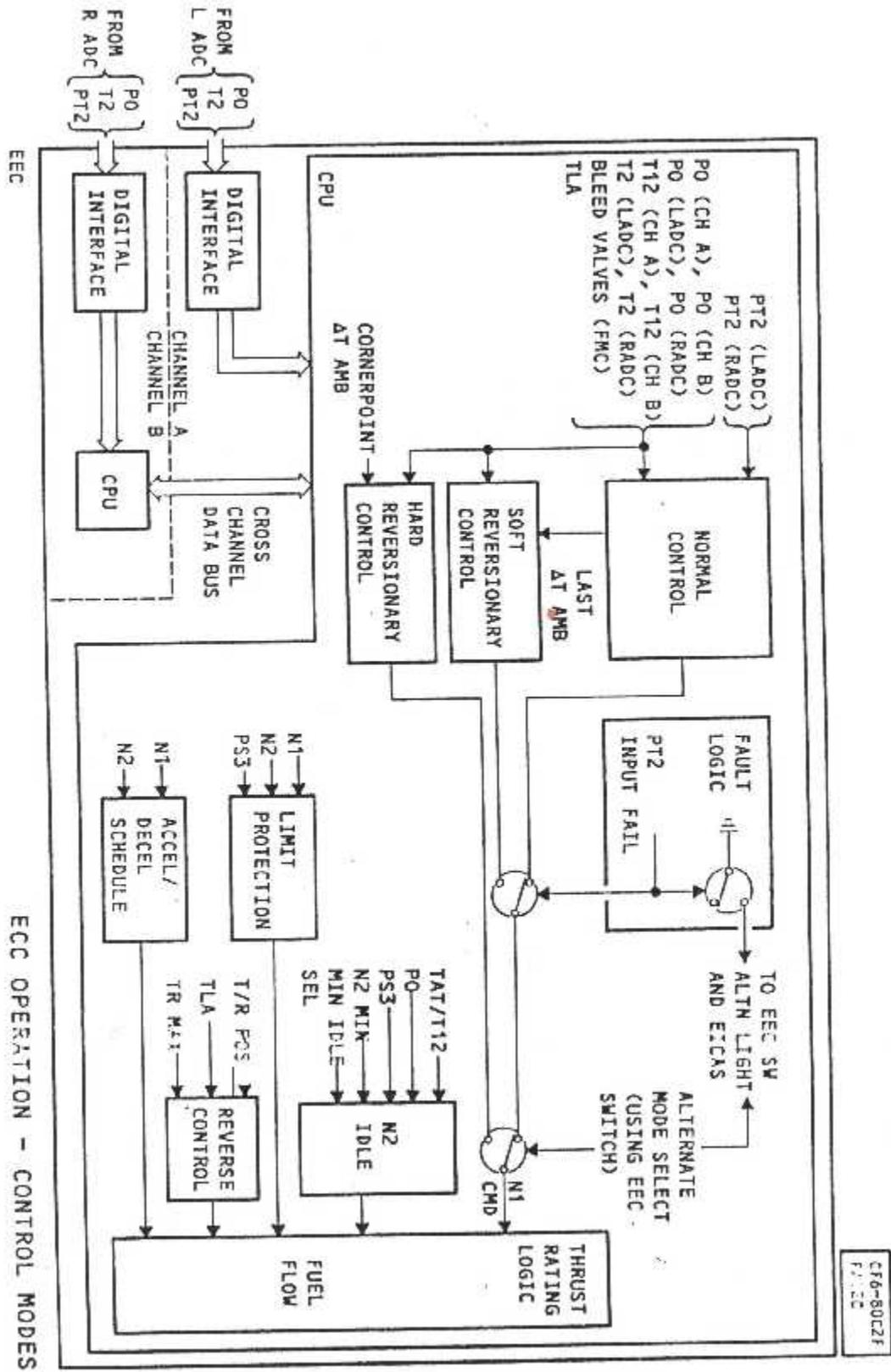
La valeur la plus récente de la (DTAMB) est utilisée dans le mode de contrôle « SOFT » , cela permet la transition de mode de contrôle « NORMAL » au mode de contrôle « SOFT » .

La valeur de la différence entre la température journalière standard et ambiante (DTAMB) fixé est 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 TLA.

Si les conditions requises pour le mode de contrôle « NORMAL » sont réunies de nouveau tandis 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) .



III-2-2-3 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 différents .

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 switches des EEC sur la position « OFF », le voyant ALTN dans les switches EEC s'allume et le message EICAS 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-2-3 le contrôle de ralenti moteur :

Le réacteur CF6-80-C2 FADEC à deux ralenti moteur :

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

III-2-4 L'ALTERNATEUR EEC :

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

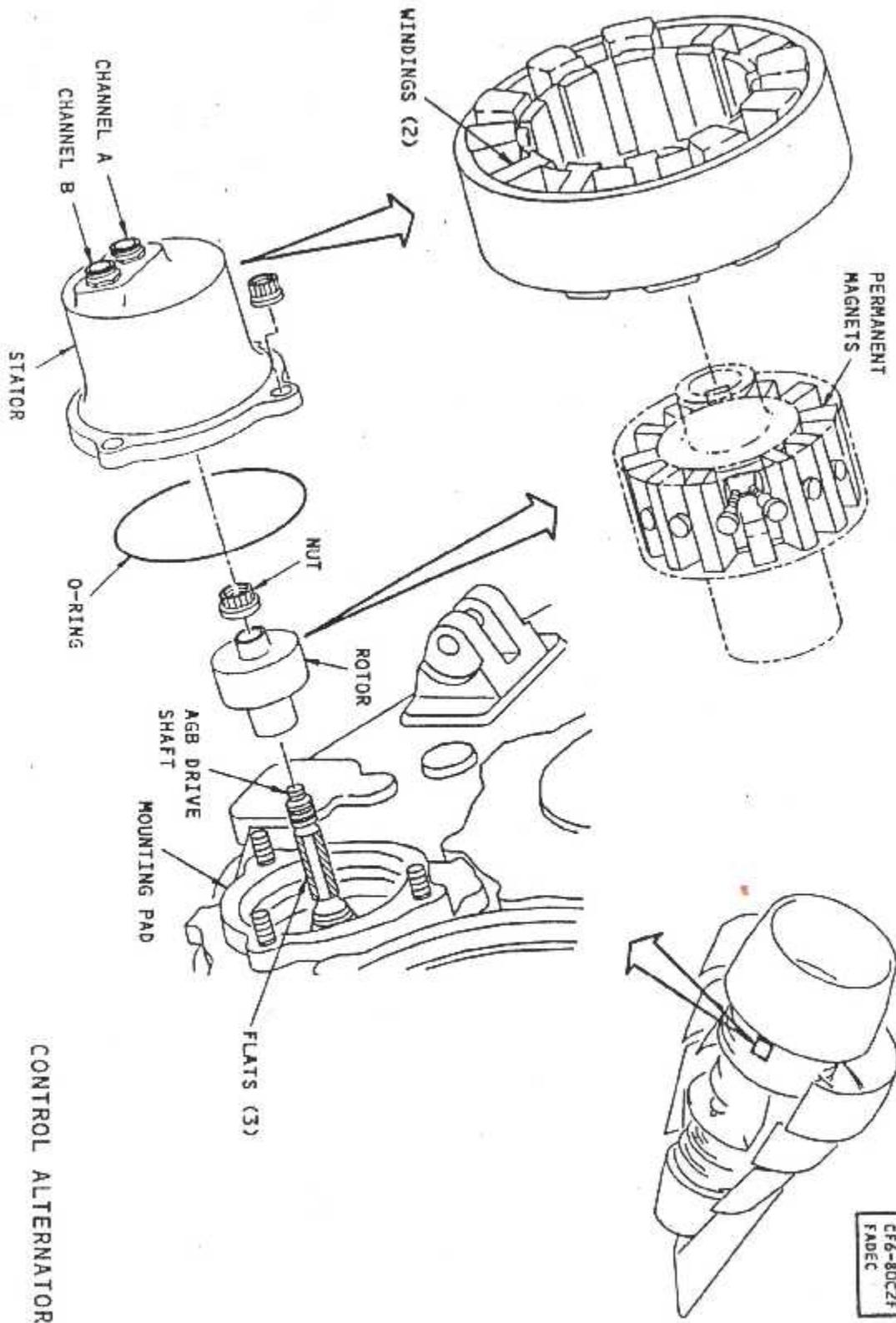
L'alternateur a deux composants principaux ; le rotor et le stator .

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 un bobinages triphasés , chaque bobinage fournit de l'énergie électrique triphasé à un des deux connecteurs situés dans l'arrière de stator . Chaque connecteurs alimente un canal de EEC .

L'alternateur EEC satisfait toutes les exigences de puissance de EEC lorsque $N2 > 11 \%$,et il continue à les satisfaire jusqu' un $N2 = 9 \%$.

Si un bobinage d'une phase ou les deux bobinages défont , l'alternateur continue a alimenter le EEC à condition que $N2$ sera supérieur a 45% ($N2 > 45 \%$).



III-2-5 LE REGULATEUR 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 cté droit , elle 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 carburant haute pression (HPSOV) .

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

Les connexions de carburant de l'HMU sont :

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

L'HMU comprend cinq(05) électro-hydraulique servo vanne :

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

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 valve de contrôle carburant .
-

OPERATION :

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 de carburant envoyé aux injecteurs , il a un galet doseur (FMV) et une vanne carburant haute pression (HPSOV) .

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

Si la valve HPSOV est ouverte , la quantité de carburant mesuré sera envoyée aux injecteurs de carburants .

Le circuit de dérivation est composée d'une valve de dérivation , d'un régulateur différentiel de pression (ΔP) et 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 .

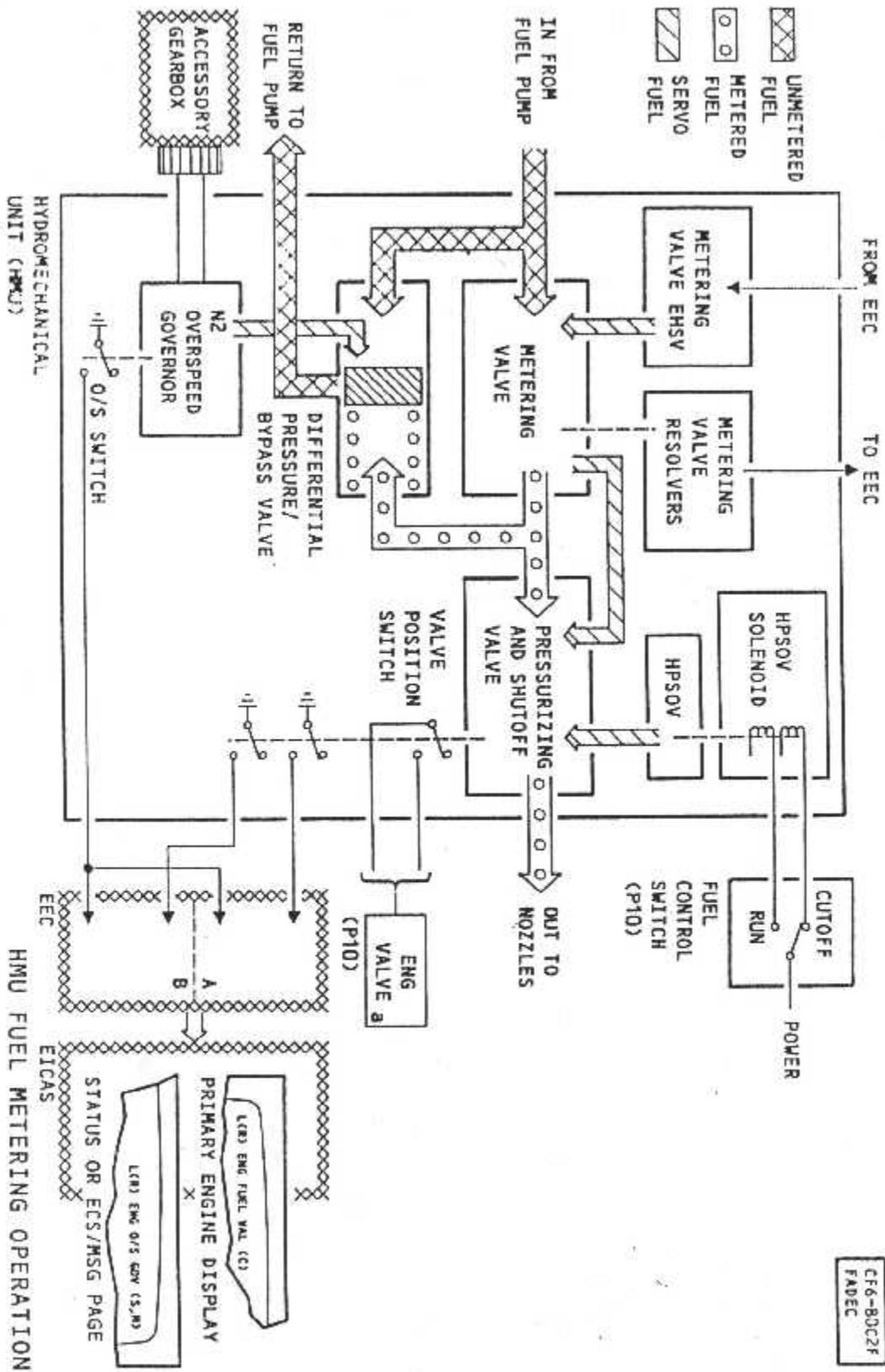
Le circuit de contrôle d'asservissement divise le carburant refoulé de servo-réchauffeur carburant en en deux (02) quantités :

- ◆ Une quantité de carburant d'asservissement régulé .
- ◆ Une quantité de carburant d'asservissement non-régulé .

Ces deux quantités opèrent les vérins internes et externes de l'HMU .

Le circuit à un régulateur d'asservissement , une section de distribution et cinq (05) EHSV, un de ces EHSV envoie de carburant sous pression au FMV (galet doseur),

Les autre contrôlent les pressions envoyés aux vérins de système d'air moteur (VBV, VSV, LPTACC, HPTACC) .



III-2-6 LE CIRCUIT D'AIR :

Le circuit d'air du CF6-80-C2 FADEC 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-2-6-1 LE CONTROLE DU DEBIT D'AIR :

Le contrôle du débit d'air à travers le compresseur du réacteur CF6-80-C2 FADEC 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 moteur (N1, N2 , TAT, P0, P25) pour contrôler les électro-hydraulique servo vannes du régulateur principale carburant (HMU) .

Les électro-hydraulique servo vannes utilisent de la pression carburant pour actionner les vérins :

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

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

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

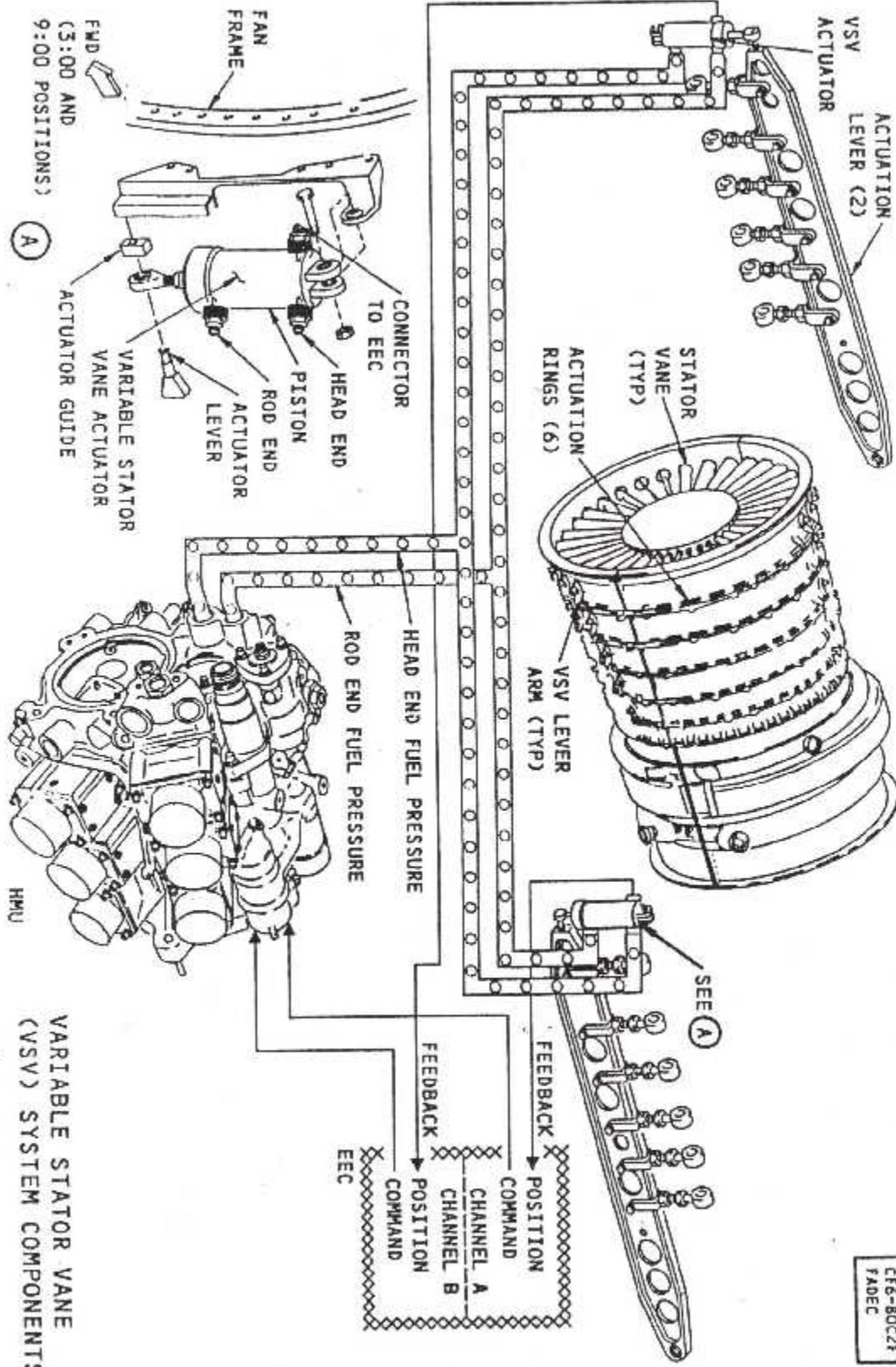
A- Fonctionnement des stators à calage variable (VSVs) :

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

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

- Les VSVs sont en position ouvertes :

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



CF6-80C2F
FADEC

- *Les VSVs sont en position fermés :*

A 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 dits en position fermée .

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

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

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

B- Fonctionnement des vannes de décharges (VBVs) :

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

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

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

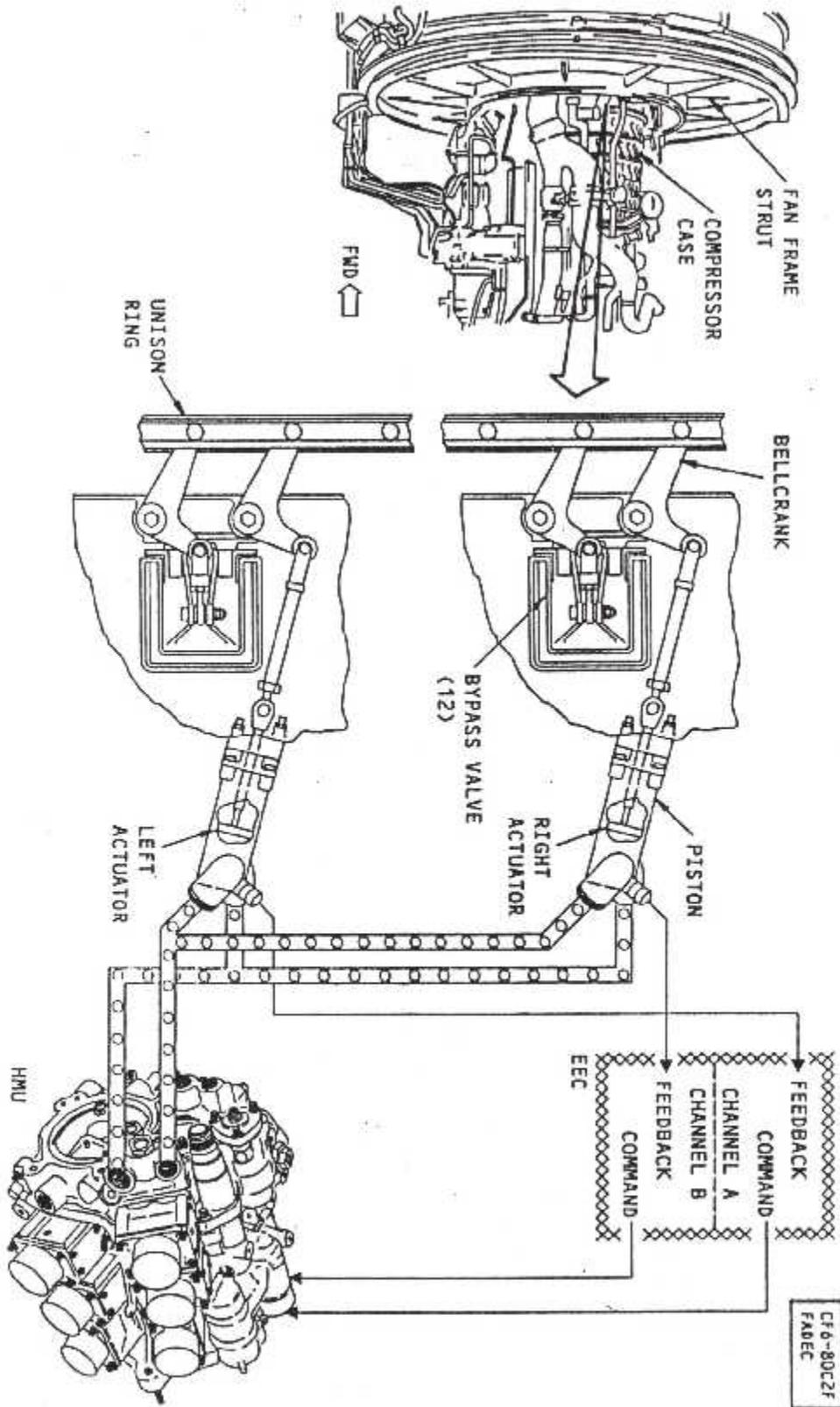
Dans ces conditions le EEC commande l'ouverture progressive des VBVs via les électro-hydraulique servo vannes (EHSV) de régulateur principal carburant(HMU), cela entraîne une augmentation du débit compresseur donc les risques de pompage sont ainsi réduites .

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

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

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

VARIABLE BYPASS VALVE (VBV) SYSTEM COMPONENTS



III-2-6-2 REGULATION DU DEBIT D'AIR DE REFROIDISSEMENT :

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

Le débit d'air parasite du CF6-80-C2 FADEC sert au refroidissement interne du moteur , son contrôle est assuré par :

- Trois (03) vannes de refroidissement (BORE COOLING VALVE = BCV).
- Une vanne solénoïde de refroidissement du 11^{ème} étage (ESCV solénoïde).
- Deux (02) vannes de refroidissement du 11^{ème} étage (ESCV).

A- Fonctionnement des vannes de refroidissement (BCV) :

Les vannes de refroidissement sont contrôlées par des solénoïde . 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 suite :

- $N1 \geq 86 \%$.
- $P0 < 7.95 \text{ psi}$ (approximativement 17 000 pieds d'altitude).

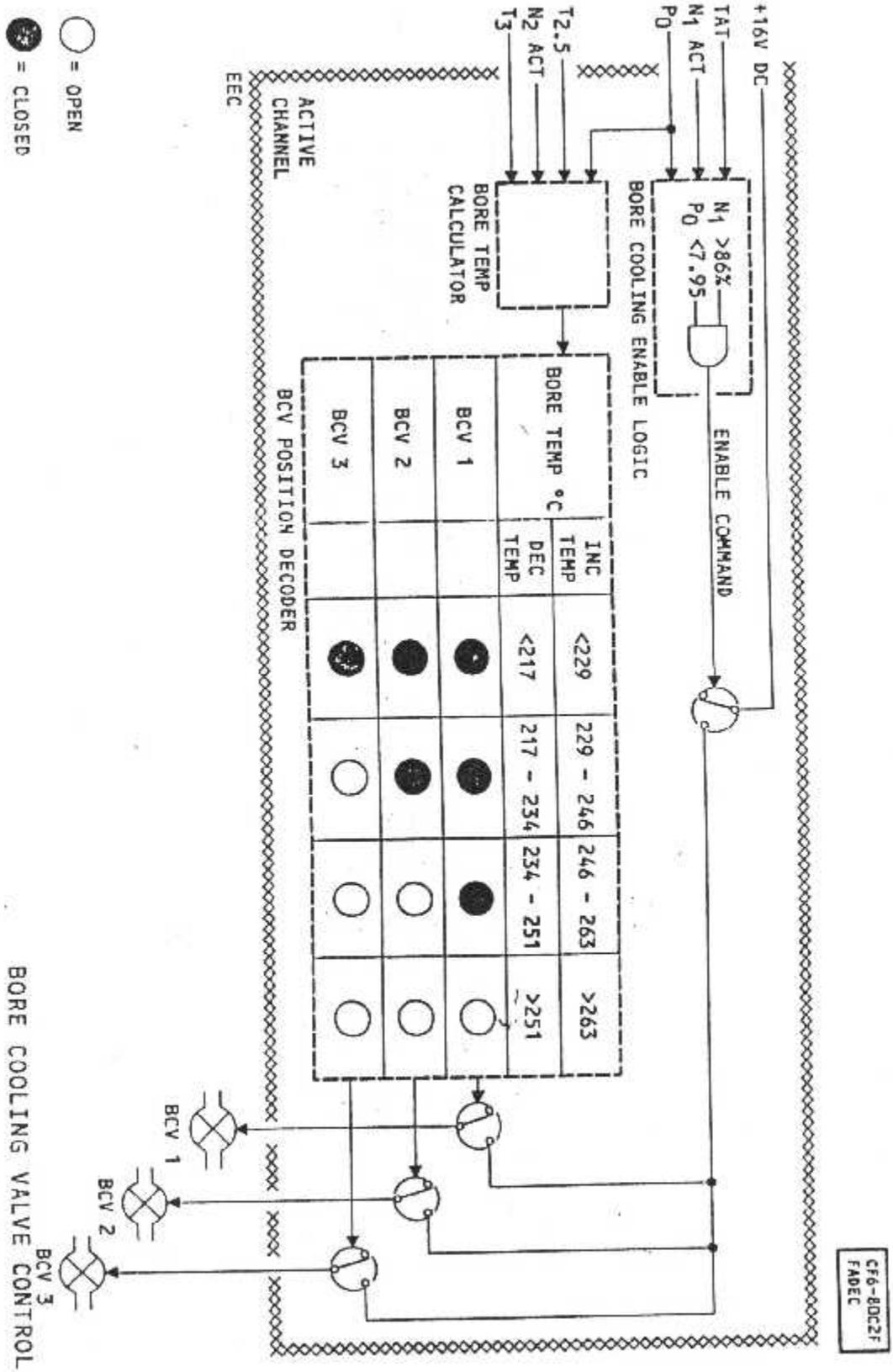
Afin de calculer la température moteur le EEC reçoit :

- 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 calculé le EEC commande l'ouverture ou la fermeture des vannes .

Le EEC contrôle les trois vannes individuellement , et elle peut les positionner dans quatre configurations :

1. Une ouverte .
2. Deux ouvertes .
3. Toutes ouvertes .
4. Toutes fermés .



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

- $N1 \geq 86 \%$.
- $P0 < 7.95 \text{ psi}$ (approximativement 17 000pieds d'altitude) .

Et elle seront ouvertes lorsque ces deux conditions seront satisfaites :

- $N1$ chute à 85 % .
- $P0$ augmente à 8.20 psi .

Les vannes de refroidissement (BCV) sont conçus de façon qu'en cas de panne , elles prennent la position ouvertes (FAIL-SAFE OPEN) .

B- Fonctionnement de la vanne solénoïde de refroidissement du 11^{ème} étage (ESCV solénoïde) :

La vanne solénoïde de refroidissement du 11^{ème} étage (ESCV solénoïde) convertit les signaux électriques de commande de position des vannes de refroidissement en signaux pneumatiques .

La vanne solénoïde comprend deux prises électriques :

- Une prise électrique de pression d'entrée .
- Une prise électrique de pression de sortie .

Les deux prises électriques sont connectées au EEC, une au canal A et l'autre au canal B.

Une quantité d'air soutirée du 11^{ème} étage compresseur haute pression passe à travers une conduite vers la prise de pression d'entrée , la prise de pression de sortie dirige l'air soutiré de 11^{ème} étage vers :

- Les deux vannes de refroidissement du 11^{ème} étage .
- La vanne de refroidissement du moteur et des accessoires .

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) excite la vanne solénoïde de refroidissement du 11^{ème} étage pour fermé les deux vannes de refroidissement du 11^{ème} étage et la vanne de refroidissement du moteur et des accessoires lorsque les conditions citées ci-dessous existent :

- $N1 \geq 86 \%$.
 - $P0 < 7.95 \text{ psi}$ (approximativement 17 000pieds d'altitude) .
 - $EGT < 699^\circ \text{ C}$.
 - Le taux d'accélération moteur $< 70 \text{ RPM / seconde}$.
 - La vitesse de rotation de l'attelage haute pression $N2$ commandé n'est pas supérieur au $N2$ réel de 5 % .
-

C- Fonctionnement des vannes de refroidissement du 11^{ème} étage(ESCV) :

les vannes de refroidissement du 11^{ème} étage sont en nombre de deux et elles refroidissent les ailettes statoriques du 2^{ème} étage turbine haute pression aux régimes élevés et aux basses altitudes .

elles sont actionnées pneumatiquement et elles s'ouvrent et se ferment simultanément , chaque vanne comprend :

- Deux prises électriques ; une est connectée au canal A et l'autre est connectée au canal B de EEC .
- Un switch qui indique la position de la vanne (ouvert / fermée) au EEC

Pour assurer le contrôle des deux vannes , le EEC reçoit les signaux des données des capteurs moteur TAT, N1, N2 , P0 et EGT .

Le EEC ferme les vannes de refroidissement du 11^{ème} étage quand les conditions suivantes sont réunies :

- $N1 \geq 86 \%$.
- $P0 < 7.95 \text{ psi}$ (approximativement 17 000pieds d'altitude) .
- $EGT < 699^\circ \text{ C}$.
- Le taux d'accélération moteur $< 70 \text{ RPM / seconde}$.
- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression N2 commandé n'est pas supérieur au N2 réel de 5 % .

Et il les ouvre lorsque les conditions suivantes seront vérifiées :

- N1 chute à 85 % .
- P0 augmente à 8.2 psi .
- EGT augmente à 704.4 ° C .
- Le taux d'accélération $\Delta N2$ doit être : $70 < \Delta N2 < 150 \text{ RPM / seconde}$ pour une période supérieur à 1.2 seconde , ou $\Delta N2 \geq 150 \text{ RPM / seconde}$.
- N2 commandé dépasse de 5 % la valeur de N2 réel .

Le switch de position de chaque vanne signale la position de la vanne au EEC .

III-2-6-3 REFROIDISSEMENT DE MOTEUR ET DES ACCESSOIRES :**A- 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 , les pompes hydrauliques, la pompe carburant, et autres accessoires .

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

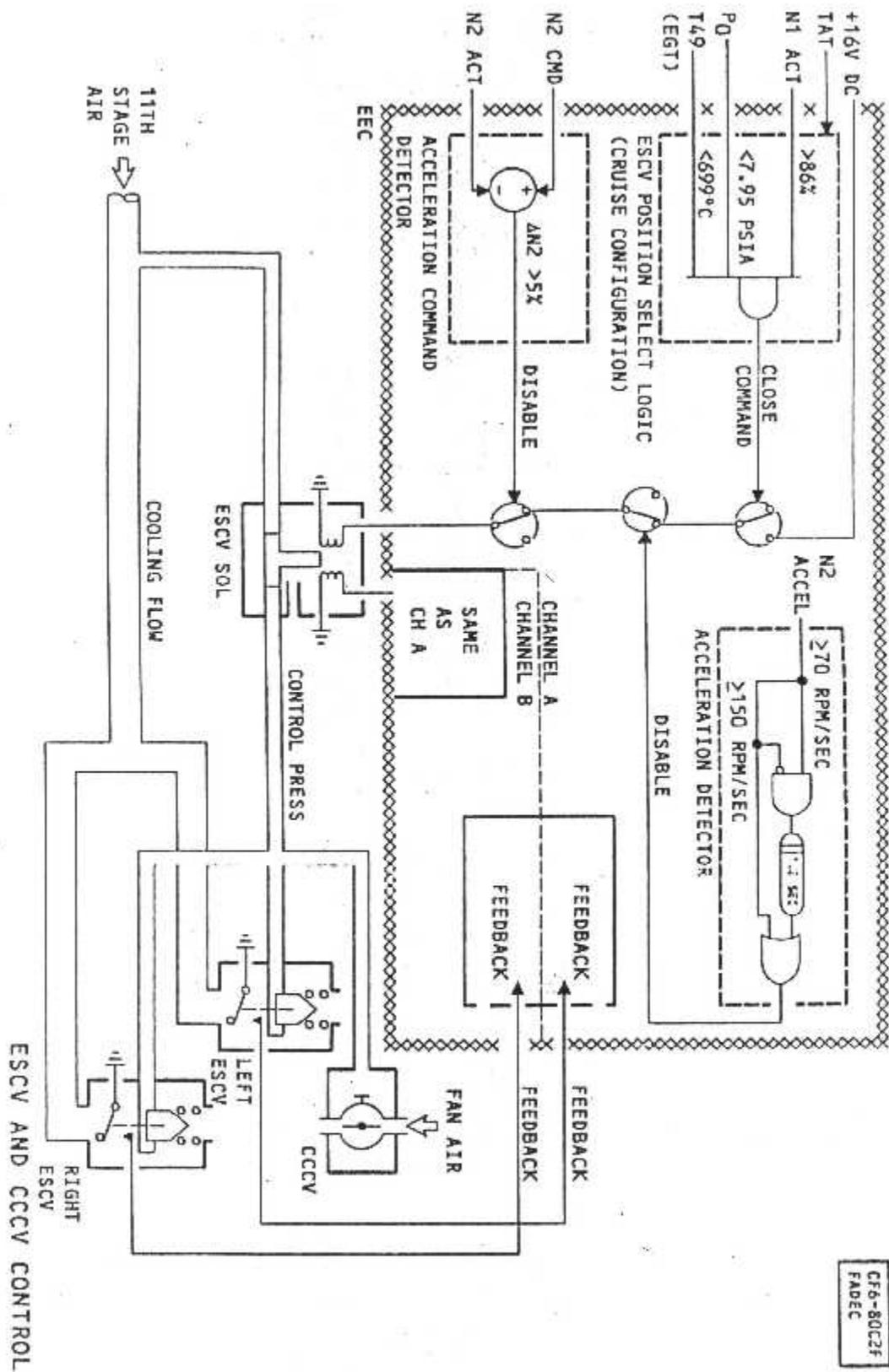
l'unité électronique de contrôle moteur (EEC)contrôle la position de la vanne de refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV) dans les conditions suivantes :

- $N1 \geq 86 \%$.
- $P0 < 7.95 \text{ psi}$ (approximativement 17 000 pieds d'altitude) .
- $EGT < 699 ^\circ \text{C}$.
- Le taux d'accélération $< 70 \text{ RPM / seconde}$.
- $N2$ commandé ne doit pas dépasser de 5 % la valeur de $N2$ réel .

Et il l'ouvre lorsque :

- $N1$ chute à 85 % .
- $P0$ augmente à 8.2 psi .
- EGT augmente à 704.4 ° C .
- Le taux d'accélération $\Delta N2$ doit être : $70 < \Delta N2 < 150 \text{ RPM / seconde}$ pour une période supérieur à 1.2 seconde , ou $\Delta N2 \geq 150 \text{ RPM / seconde}$.
- $N2$ commandé dépasser de 5 % la valeur de $N2$ réel .

La vanne est conçus de façon qu'en cas de panne , elle tombe en position ouverte (FAIL-SAFE OPEN) .



III-6-4 DISPOSITIF ACTIF DE CONTORLE DES JEUX DES TURBINES HAUTE PRESSION ET BASSE PRESSION :

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

Une vanne de refroidissement du carter turbine comprend deux transducteurs linéaire différentiel variable (LVDT = Linear variable différentiel transformer) qui envoient 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'il déterminent que le jeu entre le carter turbine et les ailettes est incorrect .

Pour faire ses calculs le calculateur dimensionnel utilise plusieurs paramètres :

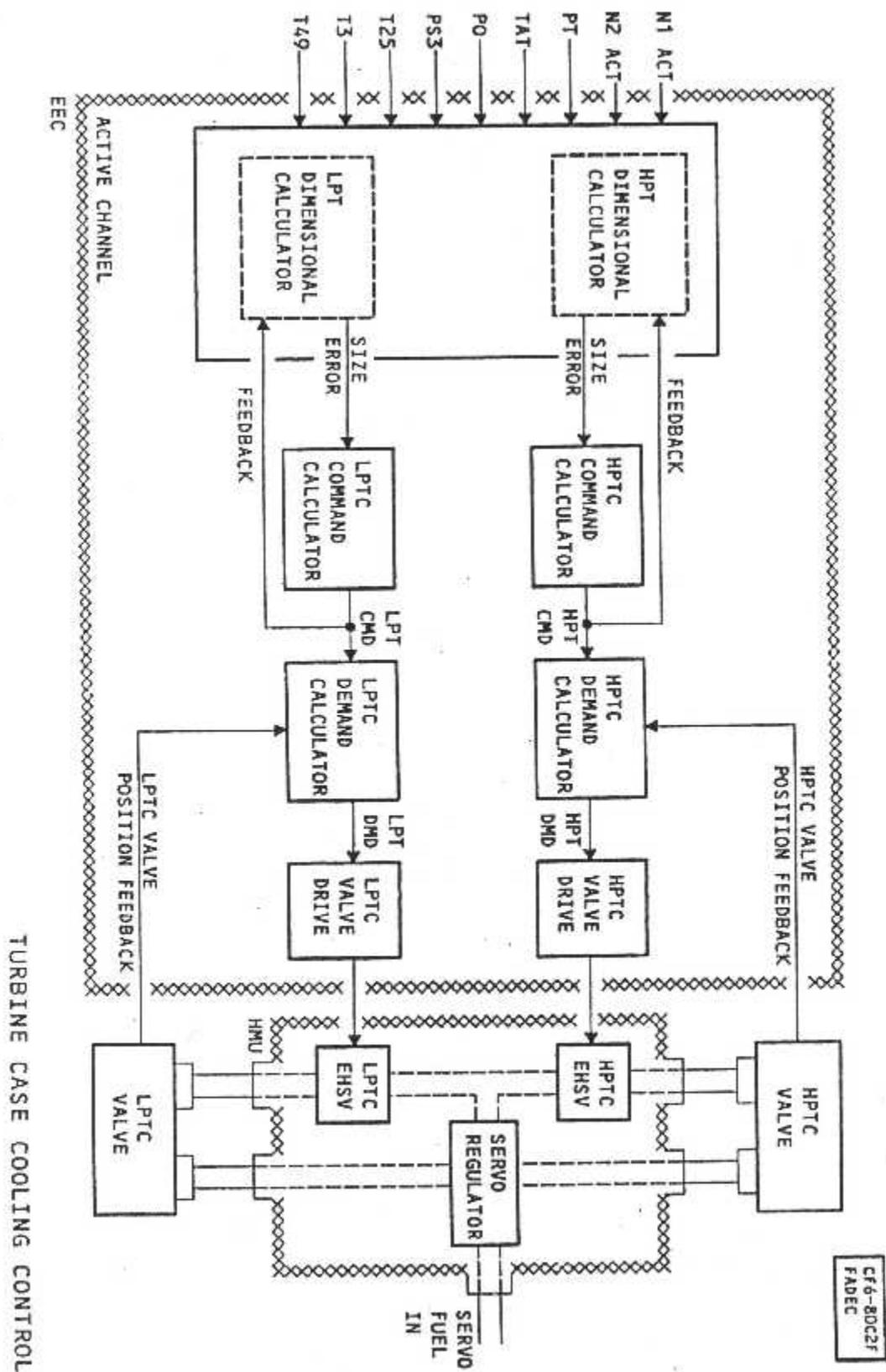
- Les température (TAT, T2.5, T3, EGT) .
- Les pressions (P0, PT0, PS3) .
- Les vitesses de rotations (N1 réel et N2 réel) .

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

- 0 % ; la vanne de refroidissement est complètement fermé .
- 100 % ; la vanne de refroidissement est complètement ouverte .

les calculateurs de demande utilisent les signaux de retour d'asservissement pour déterminer l'erreur entre la commande 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 drivers (vérins de commande) de la vanne de refroidissement qui convertissent les signaux digitaux en signaux électriques (courant continu) . Ces signaux électriques vont aux électro-hydraulique servo-vannes du régulateur principale carburant (HMU) pour contrôler les positions des vannes de refroidissement des carters des turbines haute et basse pression.



TURBINE CASE COOLING CONTROL

III-2-7 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 filtre .

Toutes ces indications apparaissent dans l' EICAS .

La majorité des signaux envoyés par les différents capteurs, sont reçus directement par l'EICAS, tandis que le signal concernant le capteur de la température d'huile (TEO) est reçu par le EEC qui , à son tour, envoie un signal numérique à l' EICAS pour l'affichage de la température d'huile .

Les températures envoyés sous forme de signaux par le capteur « TEO » au EEC sont comprises entre « -81 » et « 352°F » (-63 et 178°C) .

III-2-8 LE CIRCUIT CARBURANT :

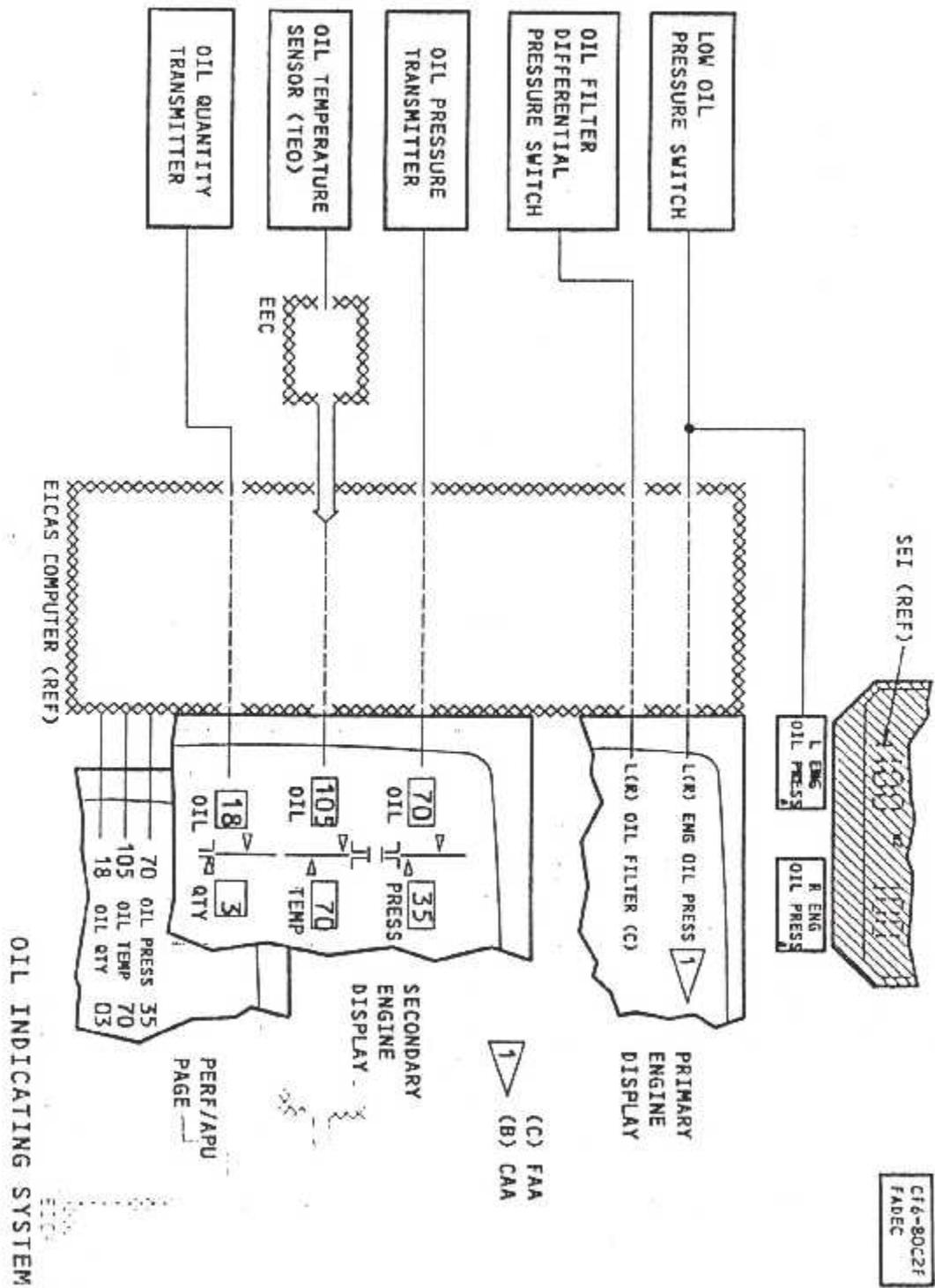
Le système carburant moteur inclue trois parties :

- la distribution .
- le contrôle .
- l'indication .

III-2-8-1 LA DISTRIBUTION :

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

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



III-2-8-2 LE CONTROLE :

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

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

Le vérin hydraulique de galet doseur est contrôlé par l'électro-hydraulique servo-vanne (EHSV) de 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 l'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 séparateurs qui indiquent sa position, l'un fournit un signal de position au canal A de EEC et l'autre au canal B.

III-2-8-3 L'INDICATION :

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

Le colmatage filtre carburant est indiqué par l'EICAS.

Une mesure de débit carburant est affichée dans l'EICAS 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'accessoire (AGB) au-dessous de la pompe carburant.

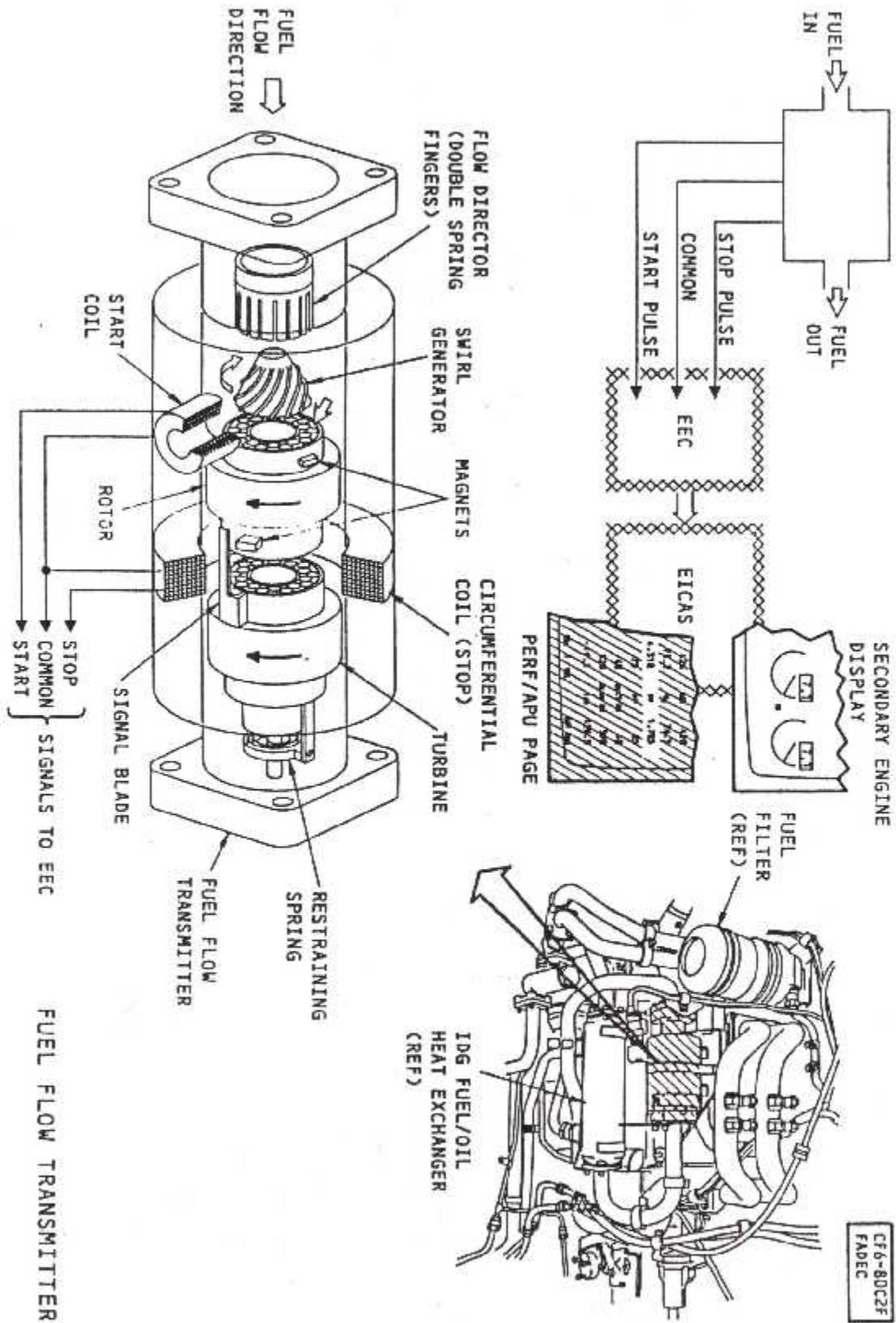
Mode opératoire :

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 l'enroulement d'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 aimants de rotor génère un signal dans l'enroulement de démarrage, et l'autre aimant génère un signal dans l'enroulement d'arrêt.



en passant sous une ailette attaché 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'EICAS pour l'indication .

III-2-9 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 (OFF, SOL, AUTO, CONT, FLT) et celle de sélecteur d'allumage (SINGLE ,BOTH).

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

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

AU SOL :

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) affiche :

- un trait mauve sur l'indicateur N2 lorsque ce dernier est équivalent à 15 % RPM.
- un trait mauve sur l'indicateur EGT lorsque cette dernière est équivalente à 725°.

EN VOL :

Lorsque le sélecteur d'allumage est sur la position (AUTO) , l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) excite les deux bougies d'allumage à conditions que :

- on dégivre l'entrée d'air moteur .
 - les volets sont sortis
-

III-2-10 LE CIRCUIT REVERSE :

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

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

lorsque l'inverseur de poussé se déploie et se verrouille le CDU tourne l'arbre d'entraînement . la sortie de l'arbre d'entraînement est réduite par la boîte à vitesse et appliqué à un arbre rotor simple et commun aux deux RVDTs . l'arbre rotor tourne d'un arc de 77° pour déployer complètement la demi-couronne mobile , et revient à sa position initiale quand cette dernière est verrouillé .

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 électrique 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 s'est déplacé de 77 degrés) .
- une lecture de 0 % indique que la demi-couronne mobile est complètement verrouillé et que l'arbre de rotor est au point d'installation .

la gamme opérationnel de l'entrée de EEC est de -5 a 105 % .

Indication :

Le EEC envoie l'information de position d'inverseur de poussée à l'EICAS . L'information apparaît sur la page d'entretien EPCS . 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 CDU, le statut de l'EICAS et le message d'entretien L (R) ENG REV POS apparaît .

III-2-11 LE PIMU :

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) du réacteur CF6-80-C2 FADEC envoie les pannes moteur et celle du EEC vers le PIMU . il y a un PIMU pour chaque moteur .

le PIMU est un calculateur localisé dans la saute électronique principale , son rôle est de garder en mémoire les anomalies du réacteur .

il affiche les panne lors du test .

les anomalies sont affichées sur la face frontale du PIMU sous forme de codes .

Quand le PIMU a en mémoire des pannes le message suivant apparaît sur la page EICAS : **ECS/MSG L (R) PIMU .**

le PIMU comprend :

- un bouton de test à deux positions :
 - **CHANAL A** : pour tester le canal A de EEC .
 - **CHANAL B** : pour tester le canal B de EEC .
- Un bouton BIT .
- Un bouton MONITOR VERIFY .
- Un bouton MAINTENANCE RECALL .
- Un bouton RESET .

BIT :

Il permet d'afficher les pannes mémorisées dans le PIMU .

MONITOR VERIFY :

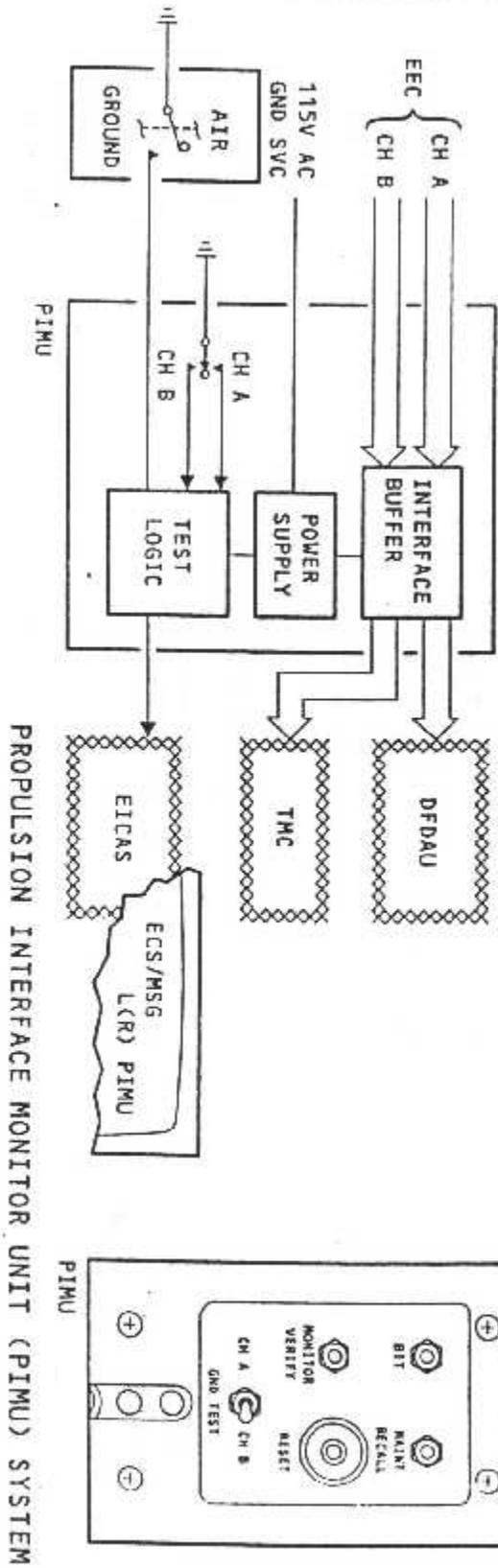
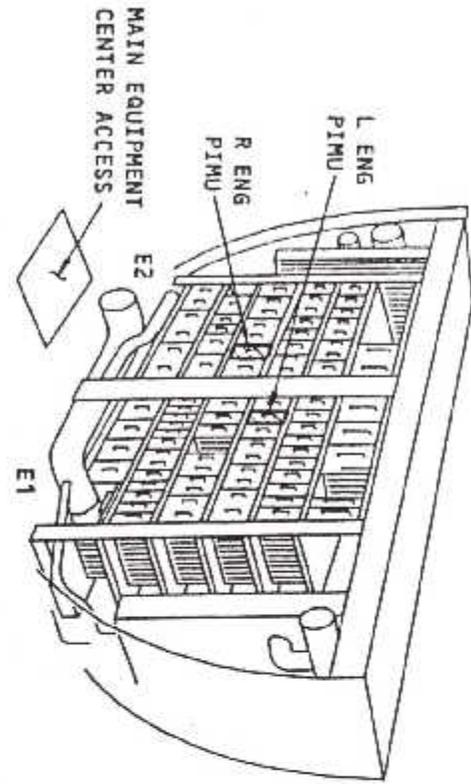
Il permet de vérifier le PIMU . quand on appuie sur le bouton MONITOR VERIFY le PIMU fait auto test .après l'auto test le PIMU affiche le message READY (prêt) .

MAINTENANCE RECALL :

Il permet d'afficher les pannes de dernier vol .

RESET :

Ce bouton permet d'afficher le mémoire du PIMU .



CF6-80C2F
FADEC

CHAPITRE IV:

*Comparaison des fonctions de EEC
des deux réacteurs*

CFM56-7B et CF6-80-C2 FADEC

CF6-80-C2 FADEC	CFM56-7B
<p>Localisation : Le EEC est localisé sur le carter fan position : 8h30 . Il est refroidi par convection grâce à l'air du fan.</p>	<p>Localisation : Le EEC est localisé sur le carter fan position : 2h00 Il est refroidi par l'air ambiant grâce à la prise dynamique qui se trouve sur l'entrée d'air . Commentaire : Le EEC de CFM56-7B est mieux refroidit que celui du CF6-80-C2 FADEC.</p>
<p>Composition : Il est composé de deux canaux identiques A et B . Il comprends 15 prises électriques .</p>	<p>Composition : Il est composé de deux canaux identiques A et B . Il comprends 10 prises électriques .</p>
<p>Fonctions :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Assure la poussée moteur . 2. Assure le contrôle de débit d'air à travers le compresseur . 3. Assure le refroidissement des carters turbines haute et basse pression . 4. Assure le refroidissement interne de moteur et des accessoires . 5. Assure l'indication des paramètres moteur sur le système EICAS . 6. Contrôle le circuit carburant . 7. Contrôle le circuit graissage . 8. Contrôle le circuit de démarrage . 9. Contrôle le circuit reverse . 10. Contrôle le voyant ALTN . 11. Envoie les données moteur au calculateurs : <ul style="list-style-type: none"> ➤ TMC . ➤ FMC . ➤ Module de vibration . ➤ Enregistreur de vol . 	<p>Fonctions :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Assure la poussée moteur . 2. Assure le contrôle de débit d'air à travers le compresseur . 3. Assure le refroidissement des carters turbines haute et basse pression . 4. Assure l'indication des paramètres moteur sur le système DEU . 5. Contrôle le circuit carburant . 6. Contrôle le circuit graissage . 7. Contrôle le circuit de démarrage . 8. Contrôle le circuit reverse . 9. Contrôle le voyant ALTN . 10. Envoie les données moteur au calculateurs : <ul style="list-style-type: none"> ➤ TMC . ➤ FMC . ➤ Module de vibration . ➤ Enregistreur de vol .

CF6-80-C2 FADEC	CFM56-7B
<p>Circuit carburant : Le EEC gère :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ La poussée interstage pompe carburant. ➤ Colmatage filtre carburant . ➤ Le débit carburant . 	<p>Circuit carburant : Le EEC gère :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le débit carburant . ➤ Colmatage filtre carburant . ➤ Position de galet doseur . ➤ solénoïde de la BSV .
<p>Circuit de graissage : Le EEC gère :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ la température d'huile . ➤ le colmatage filtre de récupération d'huile . ➤ la baisse pression d'huile . 	<p>Circuit de graissage : Le EEC gère :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ la pression d'huile . ➤ la température d'huile . ➤ le colmatage filtre de récupération d'huile . ➤ la baisse pression d'huile . ➤ détection de limailles (DMS) au niveau des pompes de récupération .
<p>Circuit de démarrage et d'allumage : Le EEC assure la protection de l'extinction de la flamme :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ quand les volets sont sorties . ➤ quand l'entrée d'air se dégivre . ➤ contrôle l'allumage . ➤ assure l'indication . 	<p>Circuit de démarrage et d'allumage : Le EEC assure la protection au sol en cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ de démarrage à chaud . ➤ de démarrage à froid . <p>Il assure la protection d'extinction de la flamme en vol .</p>
<p>Circuit reverse :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le EEC gère le voyant ISLN . ➤ Assure la poussée inverse . ➤ Gère le voyant REV : <ul style="list-style-type: none"> - voyant REV ambre pour reverse en transit . - voyant REV vert pour reverse sortie et verrouillés . 	<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 verrouillés .

CF6-80-C2 FADEC	CFM56-7B
<p>Contrôle de voyant ALT : Le EEC gère le voyant ALT . Quand le EEC ne reçoit pas la pression total du l'ADC ,il allume le voyant ALTN ce qui signifie que le EEC est en mode SOFT . Le EEC a trois modes de contrôle :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ mode NORMAL . ➤ mode SOFT . ➤ mode HARD . 	<p>Contrôle de voyant ALT : Quand le EEC ne reçoit pas la pression total du l'ADIRU ,il allume le voyant ALTN ce qui signifie que le EEC est en mode SOFT . 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 qu'une anomalie moteur est très sévère il allume le voyant ENGINE CONTROLE . on ne peut pas aligner l'avion sans avoir réparer la panne .</p>
<p>Contrôle de circuit d'air :</p> <p>1- les stator à calage variable (VSVs) : le EEC gère les stators à calage variable en utilisant les signaux suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - N1 . - N2 . - TAT . - T25 . 	<p>Contrôle de circuit d'air :</p> <p>1- les stator à calage variable (VSVs) : 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>2-les vannes de décharge (VBVs) : 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 . 	<p>2-les vannes de décharge (VBVs) : 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 . - position de la manette des gaz TRA .

CF6-80-C2 FADEC	CFM56-7B
<p>3-les vannes de refroidissement (BCV) : le EEC gère les BCV en utilisant les données suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - N2 . - T3 . - T25 . - P0 . - N1 . 	<p>Ce moteur ne contient pas de vanne de refroidissement (BCV) .</p>
<p>4-la vanne solénoïde de refroidissement du 11^{ème} étage (ESCV solénoïde) : la vanne solénoïde de refroidissement du 11^{ème} étage est contrôlée par le EEC en utilisant les signaux suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - N1 . - P0 . - EGT . - N2 réel . - N2 commandé . 	<p>Ce moteur ne contient pas de vanne solénoïde de refroidissement du 11^{ème} étage (ESCV solénoïde) .</p>
<p>5-les vannes de refroidissement du 11^{ème} étage (ESCV) : pour assurer le contrôle des deux vannes de refroidissement du 11^{ème} étage (ESCV), le EEC reçoit les signaux suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - TAT . - P0 . - EGT . - N1 . - N2 réel . - N2 commandé . 	<p>Ce moteur ne contient pas de vanne de refroidissement du 11^{ème} étage (ESCV) .</p>
<p>6-la vanne de refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV) : le EEC contrôle la vanne de refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV) selon les signaux suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - TAT . - P0 . - EGT . - N1 . - N2 réel . - N2 commandé . 	<p>Ce moteur ne contient pas de vanne de refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV) .</p>

CF6-80-C2 FADEC	CFM56-7B
<p>Ce moteur ne contient pas de vanne de décharge (TBV) .</p>	<p>7-la vanne de décharge transitoire (TBV) : le EEC utilise les données suivantes pour contrôler la position de la valve de décharge transitoire (TBV) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - N2 . - T25 .
<p>8- dispositif actif de contrôle de jeu turbine haute pression (HPTACC) : 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"> - TAT . - T25 . - T3 . - EGT . - P0 . - PT - PS3 - N1 réel . - N2 réel . 	<p>8- dispositif actif de contrôle de jeu turbine haute pression (HPTACC) : 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 . - P0 . - N2 . - La température de carter turbine haute pression (la sonde HPTACC).
<p>8- dispositif actif de contrôle de jeu turbine basse pression (LPTACC) : 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 . - T25 . - T3 . - EGT . - P0 . - PT0 . - PS3 . - N1 réel . - N2 réel . 	<p>8- dispositif actif de contrôle de jeu turbine basse pression (HLPTACC) : 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 .

CF6-80-C2 FADEC	CFM56-7B
<p>Le EEC gère le régulateur principal carburant (HMU) à travers 05 électro hydraulique servo vanne (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>Le EEC gère le régulateur principal carburant (HMU) à travers 06 électro hydraulique servo vanne (EHSV) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - EHSV-FMV . - EHSV-VBV . - EHSV-VSV . - EHSV-HPTACC . - EHSV-LPTACC . - EHSV- TBV . <p>Et un Le solénoïde de la vanne de sélection des injecteurs (BSV) .</p> <p>Le EEC contrôle trois modes de ralenti :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ralenti sol . ➤ Ralenti vol . ➤ Ralenti approche .
<p>Maintenance : Le EEC affiche les message de maintenance au niveau de l'écran EICAS . Le EEC a 04 page de maintenance :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ PERF/APU . ➤ IDENT/CONFI . ➤ ENG EXCD . ➤ EPCS . <p>Le EEC envoie les anomalies moteur ainsi que celles de EEC au PIMU qui les mémorise et les affiche lors de son test .</p>	<p>Maintenance : Le EEC a la capacité de mémoriser les pannes de 10 derniers vols . Le menu de maintenance comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ PANNES RECENTES . ➤ HISTORIQUE DE PANNE . ➤ IDENT/CONFIG . ➤ SUIVIE DE DONNEE . ➤ TEST AU SOL . <p>Le EEC mémorise les anomalies des 10 derniers vols et il les affiche au niveau du CDU .</p>

CONCLUSION

A l'issu de cette étude, nous avons pu constater que les moteurs de nouvelle génération sont les derniers résultats de recherche et de perfectionnement qui ont permis finalement la fabrication d'un moyen de propulsion efficace et surtout économique.

Par conséquent, l'intervention et l'entretien des moteurs de nouvelle génération comme CFM56-7B et CF6-80-C2 FADEC, demande moins de temps d'immobilisation de l'avion grâce à un système de contrôle efficace (EEC) qui permet de contrôler tous les circuits de moteur et de transmettre des informations de tous les paramètres de ce dernier en temps réel.

Les deux réacteurs CFM56-7B et CF6-80-C2 sont des moteurs de nouvelle génération, ils sont gérés par plusieurs calculateurs :

- DEU et CDU pour le CFM56-7B.
- EICAS et PIMU pour le CF6-80-C2 FADEC.

Tous ces composants ont pour but d'améliorer de façon considérable la maintenance car ils permettent de donner toutes les données moteur selon un programme.

Ainsi à travers cette étude, nous avons pu constater que le moteur CFM56-7B a des améliorations récentes qui ont été apportées dans le système de contrôle tel que la capacité de mémorisation des pannes, grâce à cette amélioration l'effort mental de personnel de maintenance est réduite :

- la recherche de panne est affichée par le CDU.
- le coût et le temps de maintenance sont réduits.

Enfin nous souhaitons que ce modeste travail apportera un plus et un aide aux étudiants qui s'intéressent à ce domaine .

Bibliographie

- 1- Component identification answerbook CFM56-7B CTC-189. CD-ROM.
- 2- Aircraft Maintenance Manuel (AMM) Boeing 737-800. CD-ROM.
- 3- Dictionnaire technique de l'aéronautique Anglais/français- German.
- 3- training manuelle CFM56-7B. B 737-800. CD-ROM.
- 5- Thèse : étude de système de refroidissement de réacteur GENERAL ELECTRIQUE CF6-80-C2 FADEC
Fait par :
 - azzouz ali
 - chennouf sofianeséssion 1998.
- 6- AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL BOING767.
- 7- HPTT/www.GENERAL ELECTRIC.COM
- 8- HPTT/www.CFMI.COM.