

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Saad Dahleb BLIDA



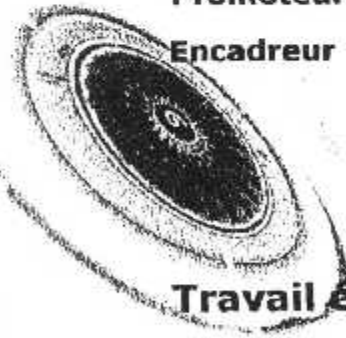
Mémoire de fin d'études pour l'obtention d'un diplôme d'études universitaires appliquées en aéronautique
option propulsion



Thème :
Etude comparative des réacteurs
76-80 C2 FADEC et CFM56-7B

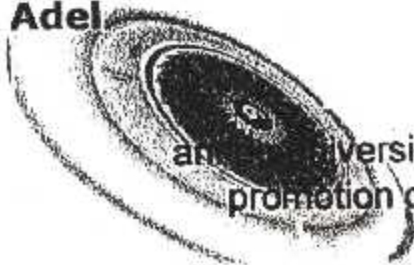
Promoteur : Mr BENOMAR Abdelkader

Encadreur : Mr BENTRAD Hocine



Travail établi par :

- LEHTIHET Chakib
- ZAKOUR Adel



Année universitaire 2002-2003
promotion octobre 2003

Avant-propos

Le personnel de maintenance en aéronautique ne doit pas se contenter de réaliser un travail de montage, de réglage ou de remplacement de pièces

D'après une notice de constructeur même très bien faite, le réparateur doit chercher à comprendre « pourquoi et comment » il doit réaliser le travail demandé.

Nous avons essayé dans ce mémoire, d'apporter les informations nécessaires et suffisantes pour aider le lecteur à connaître les composantes et aussi comprendre le fonctionnements des différents circuits et systèmes des réacteurs : CF6-80 C2 FADEC et CFM56-7B, ainsi que les méthodes de maintenance des deux réacteurs, qui affiche des message de pannes pour nous aider à comprendre ce « pourquoi et comment »

Toutes les choses étant causées et causantes, aidées et aidantes,
médiates et immédiates, et toutes s'entretenant par un lien
naturel et insensible qui lie les plus éloignés et les plus
différentes, je tiens impossible de connaître les parties sans
connaître le tout, non plus de connaître le tout sans connaître
particulièrement les parties

BLAISE PASCAL

PENSÉES

DEDICACES



Nous dédions ce travail à :

Nos très chers parents qui nous ont encouragés et soutenus, ainsi qu'à
Nos proches.
Et nos amis.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos remerciements a :

Notre promoteur Monsieur BEN OMAR ABDELKADER pour son aide, son soutien et ses conseils

Ainsi que notre encadreur Monsieur BEN TRAD HOUCINE. Pour son aide et ses encouragements

Nos enseignants et responsables de L'INSTITUT D'AÉRONAUTIQUE DE BLIDA.

Au personnel technique d'AIR ALGERIE.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

Chapitre I : DESCRIPTION GENERALE DE L'ASPECT EXTEIRUERS DES REACTEURS CF6-80-C2 FADEC et CFM56-7B

I-1	Entrée d'air	02
I-2	Cône de pénétration.....	03
I-3	Ailettes de FAN.....	05
I-4	Compresseur basse pression.....	06
I-5	Compresseur haute pression.....	06
I-6	Chambre de combustion.....	06
I-7	Turbine haute pression.....	06
I-8	Turbine basse pression.....	06
I-9	Boite d'enneigements des accessoires.....	07
I-10	Boite de transfert.....	07
I-11	Capotages	10
I-12	Portes de visites.....	11
I-13	Orifices.....	12
I-14	Drains	15
I-15	Caractéristique du réacteur CF6-80 C2 FADEC	17
I-16	Stations du réacteur CF6-80 C2 FADEC.....	18
I-17	Caractéristique du réacteur CFM56-7B.....	19
I-18	Station du réacteur CFM56-7B.....	20

CHAPITRE II : DIFFERENTS CURCUIITS DES REACTEURS CF6-80-C2 FADEC ET CFM56-7B

II-1 CIRCUIT CARBURANT DES REACTEURS CF6-80-C2 FADEC ET CFM56-7B

II-1-1	Rôle du circuit carburant des réacteur.....	21
II-1-2	Composition du circuit carburant des réacteurs.....	21
II-1-3	Pompe carburant haute pression.....	23

II-4-1	Echangeur thermique principal.....	23
II-4-5	Filtre principal carburant	24
II-4-6	Le réchauffeur servo-carburant.....	24
II-4-7	Le régulateur principal du débit carburant.....	24
II-4-8	Le débitmètre.....	25
II-4-9	Les injecteurs.....	26
II-4-10	Commentaires.....	26

2-CIRCUIT DE GRAISSAGE DES REACTEURS CF6-80-C2 FADEC ET CFM56-7B

II-2-1	Rôle du circuit de graissage des réacteurs.....	30
II-2-2	Les différents puisards.....	30
II-2-3	Composition du circuit.....	31
II-2-3-1	Le réservoir.....	33
II-2-1-2	Le clapet d'isolement.....	34
II-2-1-3	Les pompes.....	34
II-2-1-4	Filtre principal.....	36
II-2-1-5	Commentaire.....	36

3-CIRCUIT DE DEMARRAGE DES REACTEURS CF6-80-C2 FADEC ET CFM56-7B

II-3-1	Composition.....	37
II-3-1-1	Circuit de démarrage.....	37
II-3-1-2	Circuit d'allumage.....	37
II-3-2	Commandes et contrôle.....	38
II-3-2-1	Sélecteur de démarrage.....	38
II-3-2-2	Sélecteur d'allumage.....	38
II-3-2-3	Manette de démarrage.....	39
II-3-3	Séquences de démarrage.....	43
II-3-4	Commentaire.....	46

4-CIRCUIT REVERSE DES REACTEURS CF6-80-C2 FADEC ET CFM56-7B

II-4-1	Rôle.....	47
II-4-2	Principe.....	47
II-4-3	Inversion de poussée.....	48
II-4-4	Composition des circuits.....	48
II-4-5	signalisations.....	49
II-4-6	Commentaires.....	50

5-CIRCUIT D'AIR DES REACTEURS

♦ LE REACTEUR CF6-80-C2 FADEC :

II-5-1	Contrôle du débit d'air du compresseur.....	51
II-5-1-1	Dispositif anti pompage.....	52
II-5-1-2	Commentaires	54
a. Refroidissement par air		
	Généralités.....	55
II-5-2	Contrôle du débit d'air.....	55
II-5-2-1	Description et fonctionnement de la vanne de décharge (bore cooling valve).....	55
II-5-2-2	Description et fonctionnement de la vanne de décharge du 11ème étage.....	59
II-5-2-3	Refroidissement du moteur et de ces accessoires.....	59
	- Description et fonctionnement de la vanne de refroidissement du moteur et de accessoires.....	60
II-5-3	Refroidissement de la chambre de combustion.....	62
II-5-4	Dispositif actif de contrôle jeu turbine haute pression Et basse pression.....	62
II-5-6	Refroidissement des bougies.....	65
II-5-7	Refroidissement de l'huile de l'alternateur.....	65
II-5-8	Refroidissement de l'unité électronique de contrôle moteur.....	67
II-5-9	Refroidissement de la nacelle.....	67
II-5-310	Refroidissement et pressurisation des puisards.....	67

b. REFROIDISSEMENT PAR CARBURANT

II-5-1	Refroidissement de l'huile du réacteur.....	68
II-5-1-1	Echangeur thermique principal.....	68
II-5-1-2	Réchauffeur servo carburant.....	69
II-5-2	Refroidissement de l'huile de l'alternateur.....	69

LE REACTEUR CFM56-7B

a. REFROIDISSEMENT PAR AIR

II-5-1	Refroidissement de la chambre de combustion.....	69
II-5-2	Refroidissement des ailettes turbine haute pression.....	70
II-5-3	Refroidissement des ailettes turbine basse pression.....	70
II-5-4	Refroidissement carter turbine haute pression.....	70
	- But.....	70
II-5-4-1	Description de la vanne de refroidissement.....	70
II-5-4-2	Fonctionnement de la vanne de vanne refroidissement.....	72
	a. Démarrage moteur en temps froid.....	73
	b. Démarrage moteur en temps chaud.....	73
	c. Décollage et montée.....	73
	d. Croisière.....	73
	e. Décente.....	73
II-5-5	Refroidissement carter turbine basse pression.....	74
	- But.....	74
II-5-5-1	Description de la vanne de refroidissement.....	74
II-5-5-2	Fonctionnement de la vanne de vanne refroidissement.....	76

II-5-6	Refroidissement des bougies.....	76
II-5-7	Refroidissement de l'huile de l'alternateur.....	76
	- But.....	76
	- Description de l'échangeur (air/huile).....	76
II-5-8	Ventilation de l'unité contrôle moteur.....	77
II-5-9	Refroidissement et pressurisation des puisards.....	77

b. REFROIDISSEMENT PAR CARBURANT

II-5-1	Refroidissement de l'huile du réacteur.....	77
II-5-2	Refroidissement de l'huile de l'alternateur.....	77
	- Commentaires.....	78

CHAPITRE III : SYSTEME D'INDICATION ET MAINTENANCE DES REACTEUR

CF6-80-C2 FADEC ET CFM56-7B :

1. SYSTEME D'INDICATION DES REACTEURS :

	-Rôle.....	80
III-1-1	Type de système utilisés sur les deux réacteur.....	80
III-1-1-1	ICAS.....	80
III-1-1-2	CDU.....	85
III-1-2	Commentaires.....	87

2. MAINTENANCE DES REACTEURS :

Généralités.....	88
------------------	----

III-2-1 LE REACTEUR CF6-80-C2 FADEC

	- Les menus du système ICAS.....	88
III-2-1-1	Page PERF /APU.....	88
III-2-1-2	Page ENGD EXCD.....	89
III-2-1-3	Page EPCS.....	89
III-2-1-4	Page CONF/MCDP.....	89

III-2-2 LE REACTEUR CFM56-7B

	Etapas de visionnage et de recherche de pannes.....	91
III-2-2-1	RECENT FAULTS.....	92
III-2-2-2	FAULT HISTORY.....	92
III-2-2-3	IDENT/CONFIG.....	95
III-2-2-4	GROUND TEST.....	95
	a. Test EEC.....	95
	b. Test verrais des revers.....	96
	c. Test des verrais.....	96
	d. Test bougies.....	97
III-2-2-5	INPUT MONITORING.....	97
	a. CONTROL LOOPS(contrôle des boucles).....	97
	b. CONTROL PRESSURES(contrôle pression).....	99
	c. CONTROL TEMPERATURES(contrôle températures).....	100
	d. FUEL SYSTEME(contrôle du circuit carburant).....	100
	e. OIL SYSTEME(contrôle du circuit d'huile).....	100
	f. SPEED (vitesse de rotation).....	101
III-2-3	Commentaires.....	101

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le CF6-80 C2 FADEC et le CFM 56-7B sont deux moteurs qui équipent respectivement le BOING 767-300 et le BOING 737-800.

Ce sont des moteurs axiaux, modulaires, double corps, double flux et à taux de dilution élevé

Le CF6-80 C2 a été mis en service en 1986 par General Electric

Tandis que le CFM 56-7B est fabriqué par firme CFMI (compressor fan motor international)

L'acronyme CFMI résulte de la fusion des deux constructeurs à savoir General Electric et SNECMA

General Electric élabore le ~~core~~ le compresseur haute pression, la chambre de combustion, et la turbine haute pression.

SNECMA élabore le fan, le compresseur basse pression, la gearbox et la turbine basse pression.

Tout au long de cette étude, nous détaillerons les comparaisons entre les deux réacteurs CF6-80 C2 FADEC et CFM 56-7B.

Cependant il faudra garder à l'esprit que le CF6-80 C2 FADEC reste le moteur de référence dans sa catégorie par contre le CFM56-7B est un moteur de nouvelle génération.

CHAPITRE I

**DESCRIPTION GENERAL DE L'ASPECT
EXTERIEUR DES REACTEURS
CF6-80-C2 FADEC ET CFM-56-7B**

I-1 Entrée d'air :

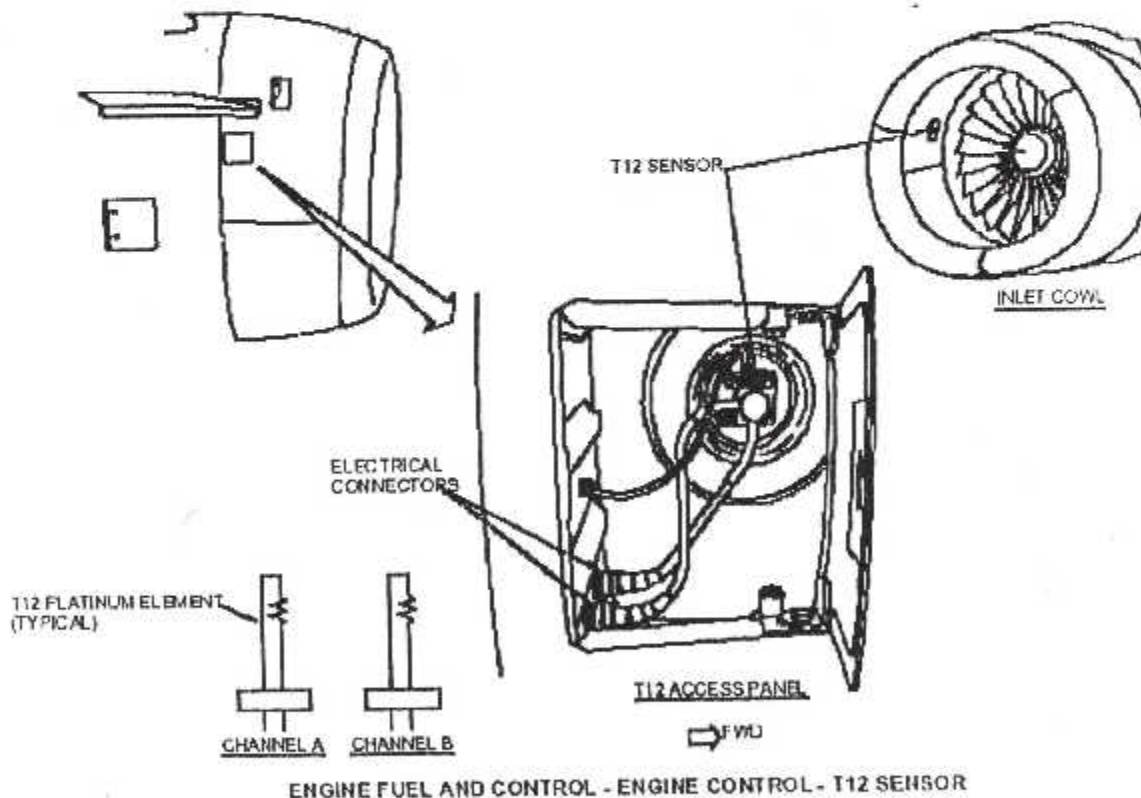
Elle est constituée d'un anneau profilée en alliage d'aluminium, fixée au carter FAN, son rôle est de raccorder le plus avantageusement les filets d'air à l'entrée du compresseur dans tous les régimes de vol et permet aussi le ralentissement de l'air, des orifices de dégivrage sont disposés sur la périphérie. L'intérieur est tapissé d'un panneau acoustique et d'une couche d'ABRADABLE.

Pour le réacteur CF680-C2 FADEC :

- Le diamètre de l'entrée d'air est de 2,49 mètres.
- Deux (02) sondes de températures en platine (T12) en position 10h et 2 h, la première connectée au canal A et la seconde au canal B de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).

Pour le réacteur CFM56-7B :

- Le diamètre de l'entrée d'air est de 1,55 mètres.
- Une (01) sonde doublée de température (T12), en position 2h 30 connectée au canal A et au canal B de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).



ENGINE FUEL AND CONTROL - ENGINE CONTROL - T12 SENSOR
 T₁₂ SENSOR
 Fig.I-1-1
 Sonde de température T₁₂ du réacteur CFM 56-7B

I-2 Cône de pénétration :

Il dirige l'air de façon à avoir un écoulement laminaire (vecteurs vent parallèle) et éviter toute formation de tourbillons.

Pour le CF680-C2 FADEC :

Il est fait en un (01) seul bloc fixé sur le rotor FAN par trente huit (38) vis, à l'intérieur du cône il y a des masses d'équilibrage.

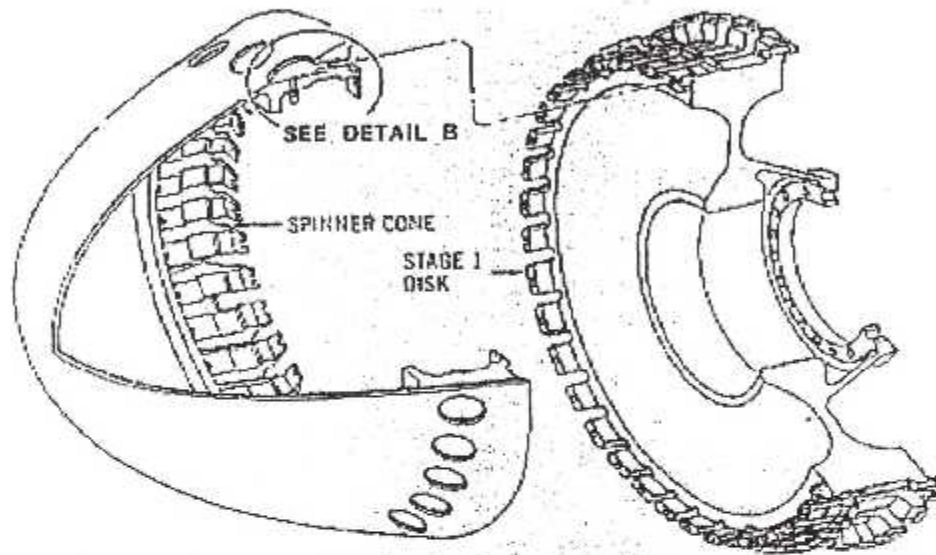


Fig.I-1-2

Cône de pénétration du réacteur CF6-80 C2

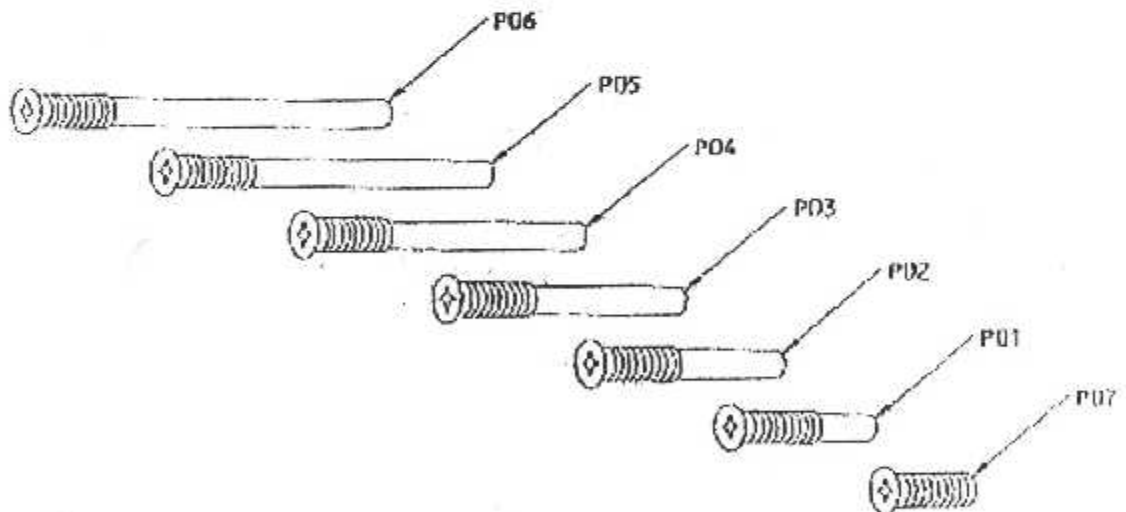
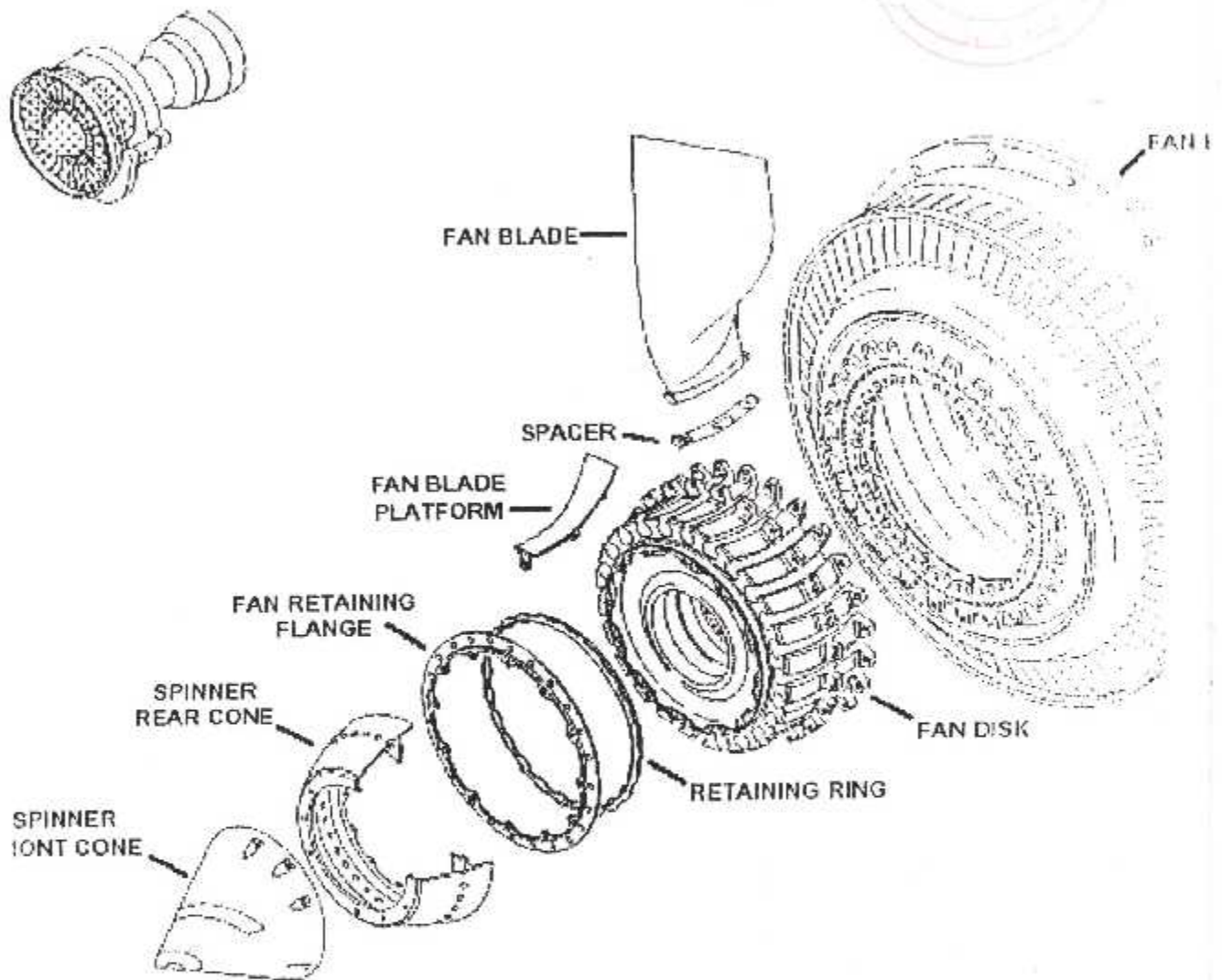


Fig.I-1-4 vis d'équilibrage du cône de pénétration

Pour le CFM56-7B :

Il est fait en deux parties, la partie arrière est fixé sur le rotor FAN et la partie avant est fixé sur la partie arrière, équilibrés par trente six (36) vis d'équilibrage de P 01 à P 07 en prenant P 07 comme vis de d'équilibrage de référence.



ENGINE - FAN BLADES AND SPINNERS

Fig.I-1-3

Cône de pénétration du reacteur CFM56-7B

I-3 AILETTES FAN :

Pour le CF680-C2 FADEC :

Elles sont au nombre de trente huit (38) en titane, reposant les unes sur les autre par un renforcement (MID SPAN) pour une bonne rigidité.

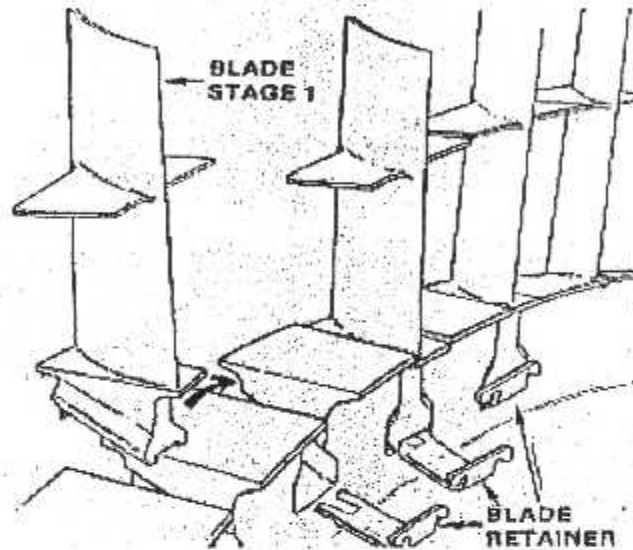


Fig.I-1-4
Renforcement ailettes fan (MID SPAN)

Pour le CFM56-7B :

Elles sont au nombre de vingt quatre (24) en titane.

1-4 COMPRESSEUR BASSE PRESSION :

Pour le CF680-C2 FADEC :

Il est constitué de cinq (05) étages dont le premier étage constitue le FAN ce dernier engendre à lui seul le flux secondaire.

A la sortie du compresseur basse pression on trouve douze (12) vannes de décharge.

Pour le CFM56-7B :

Il est constitué de quatre (04) étages dont le premier étage constitue le fan. A la sortie du compresseur basse pression on trouve douze (12) vanes de décharge.

1-5 COMPRESSEUR HAUTE PRESSION :

Pour le réacteur CF680-C2 FADEC :

Il est constitué de quatorze (14) étages dont les six premiers sont des stators à calage variable.

Pour le CFM56-7B :

Il est constitué de neuf (09) étages dont les quatre premiers étages sont des stators à calage variable.

I- 6 CHAMBRE DE COMBUSTION :

Pour le CF680-C2 FADEC :

Elle est du type annulaire équipée de trente (30) injecteurs et deux allumeurs en position 3h30 et 5h30.

Pour le CFM56-7B :

Elle est du type annulaire équipée de vingt (20) injecteurs et deux allumeurs en position 4h et 8h.

I-7 TURBINE HAUTE PRESSION :

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC :

Elle est constituée de deux (02) étages.

Pour le réacteur CFM56-7B :

Elle est constituée d'un (01) étage.

I-8 TURBINE BASSE PRESSION :

Pour le CF680-C2 FADEC :

Elle est constituée de cinq (05) étages.

Pour le CFM56-7B :

Elle est constituée de quatre (04) étages.

I-9 BOITE D' ENTRAINEMENT DES ACCESSOIRES :

Pour le réacteur CF680-C2 FADEC :

Elle est fixée sous le carter compresseur haute pression.

Pour le réacteur CFM56-7B :

Elle est fixée sur le côté gauche du carter compresseur vu que le réacteur des BOEING 737-600/700/800/900 sont bas.

I-10 BOITIER DE TRANSFERT :

Pour le réacteur CF680-C2 FADEC :

Le boîtier de transfert possède un (01) arbre diagonal et un (01) arbre horizontal.

Pour le CFM56-7B :

Le boîtier de transfert possède un (01) arbre vertical et (01) arbre horizontal

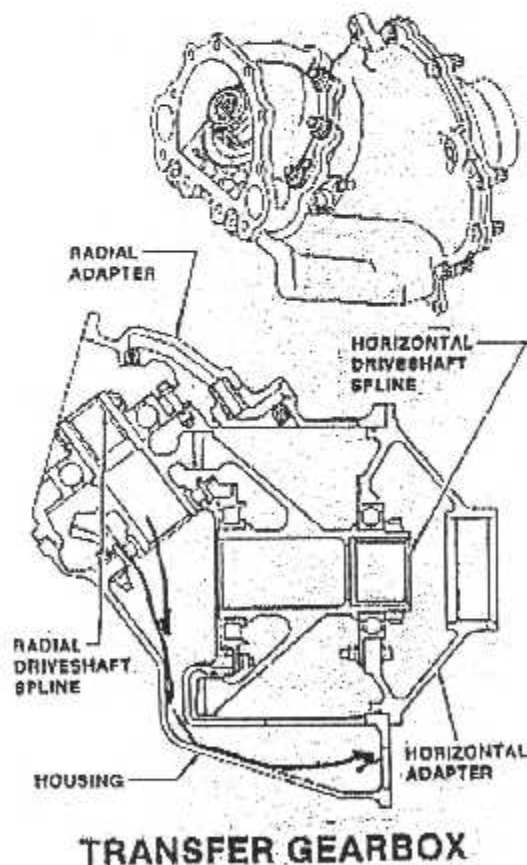


Fig.1-1-5 boîtier de transfert du réacteur CF6-80 C2

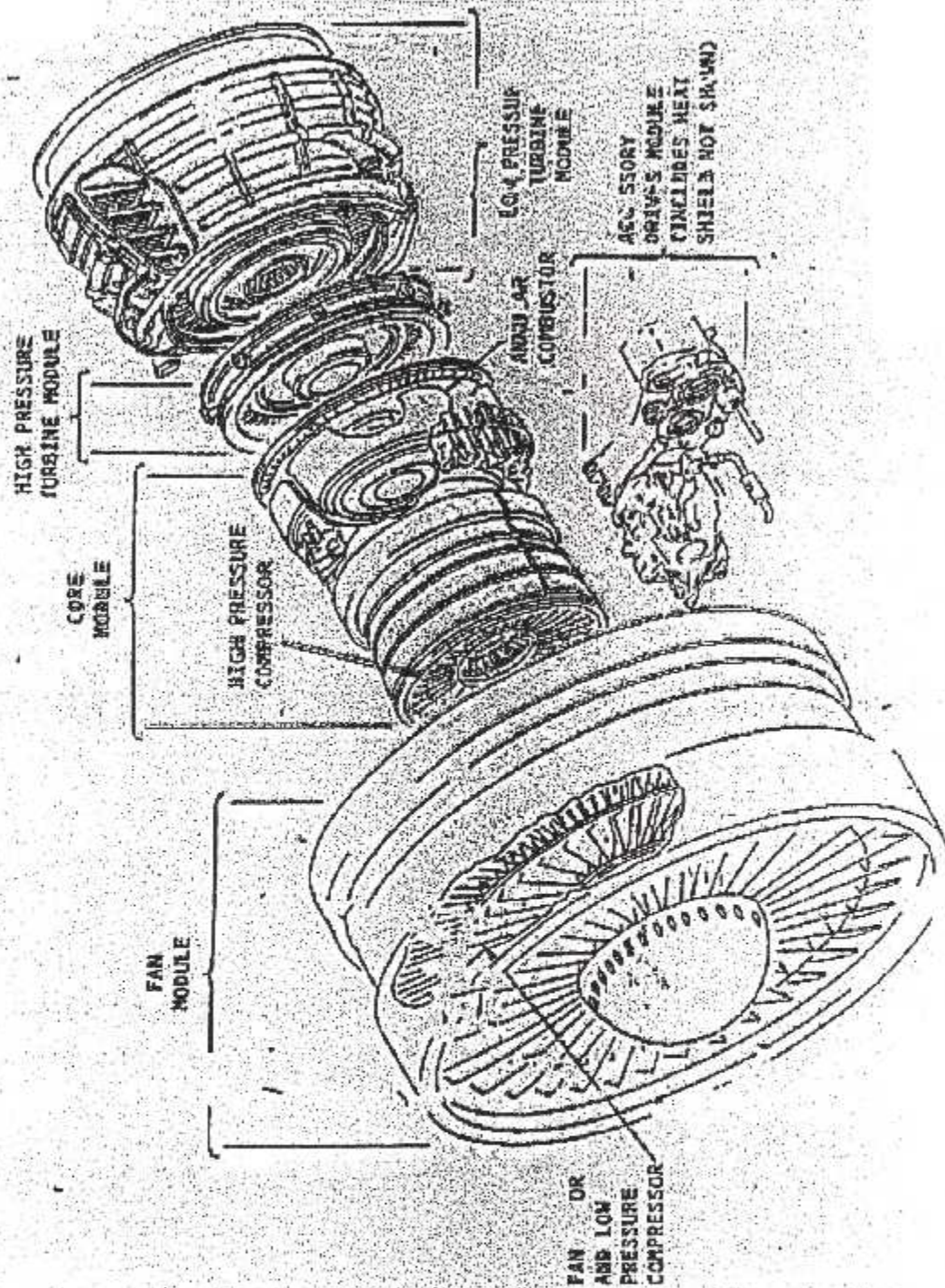
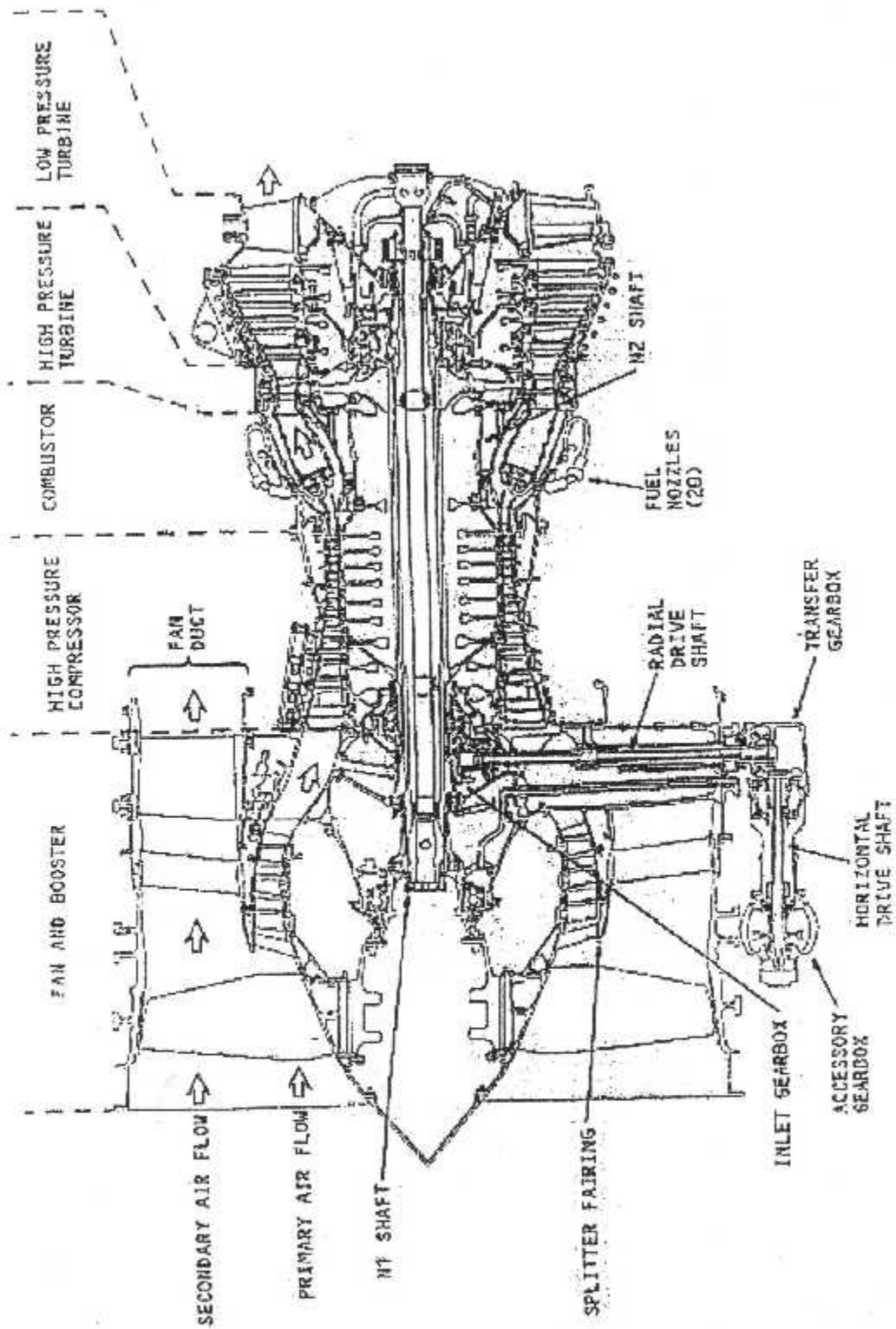


Fig.I-1-6
Modules du réacteur CF6-80 C2



ENGINE - GENERAL DESCRIPTION

Fig.1-1-7 modules du réacteur CFM56-7B

Pour le réacteur CFM56-7B :

Il comprend deux (02) capots :

- Capot fan
- Capot reverse

Les tiges des capots fan et reverse ont des indications d'ouverture et de verrouillage.

Bague jaune pour le capot fan

Bague rouge pour le capot reverse.

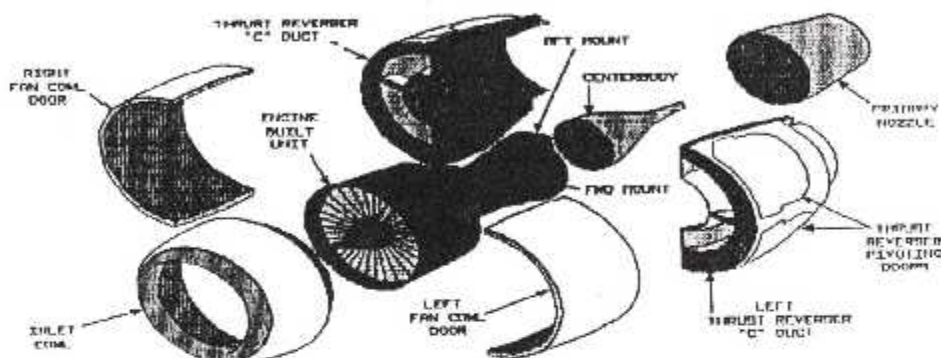


Figure (I-4) Capots moteur

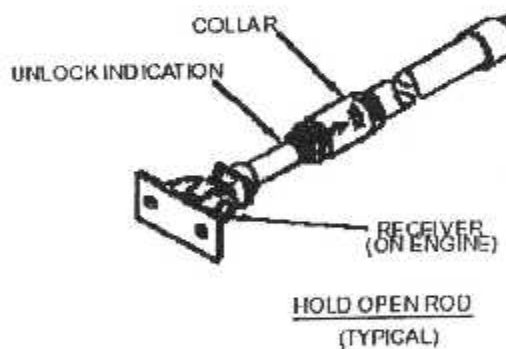


Fig.1-1-9
Tige de maintien capot

I-12 Portes de visites :

Pour le CF680-C2 FADEC :

- Porte de visite du réservoir d'huile
- Porte de visite de l'alternateur (IDG).
- Porte de visite des vannes de dégivrage entrée d'air

Pour le CFM56-7B :

- Porte de visite de la sonde de température T12.
- Porte de visite réservoir d'huile.
- Porte de visite de l'alternateur (IDG).
- Porte de visite des bouchons magnétiques.
- Portes de visite des vérins hydraulique reverse.
- Porte de surpression du capot reverse.
- Orifice de mise à l'air libre de l'air de dégivrage entrée d'air.
- Prise dynamique de refroidissement de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC)

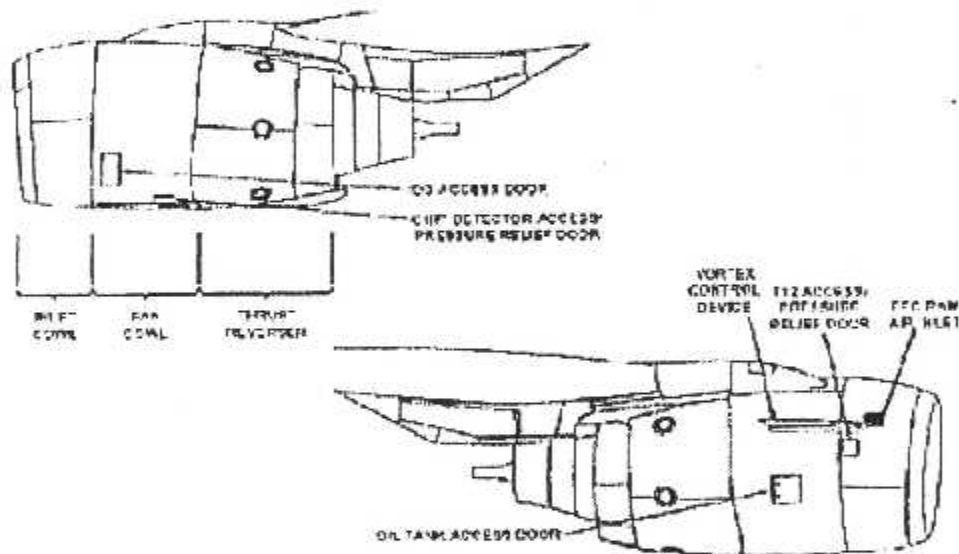


Fig.1-1-10
Portes de visites du réacteur CFM56-7B

I-13 ORIFICES :

- Un (01) Orifice d'ouverture manuelle de la vanne de démarrage au sol sur le capot fan.
- Deux (02) Orifices d'introduction de pin de stockage permettant de bloquer la revers lorsque elle est hors service.

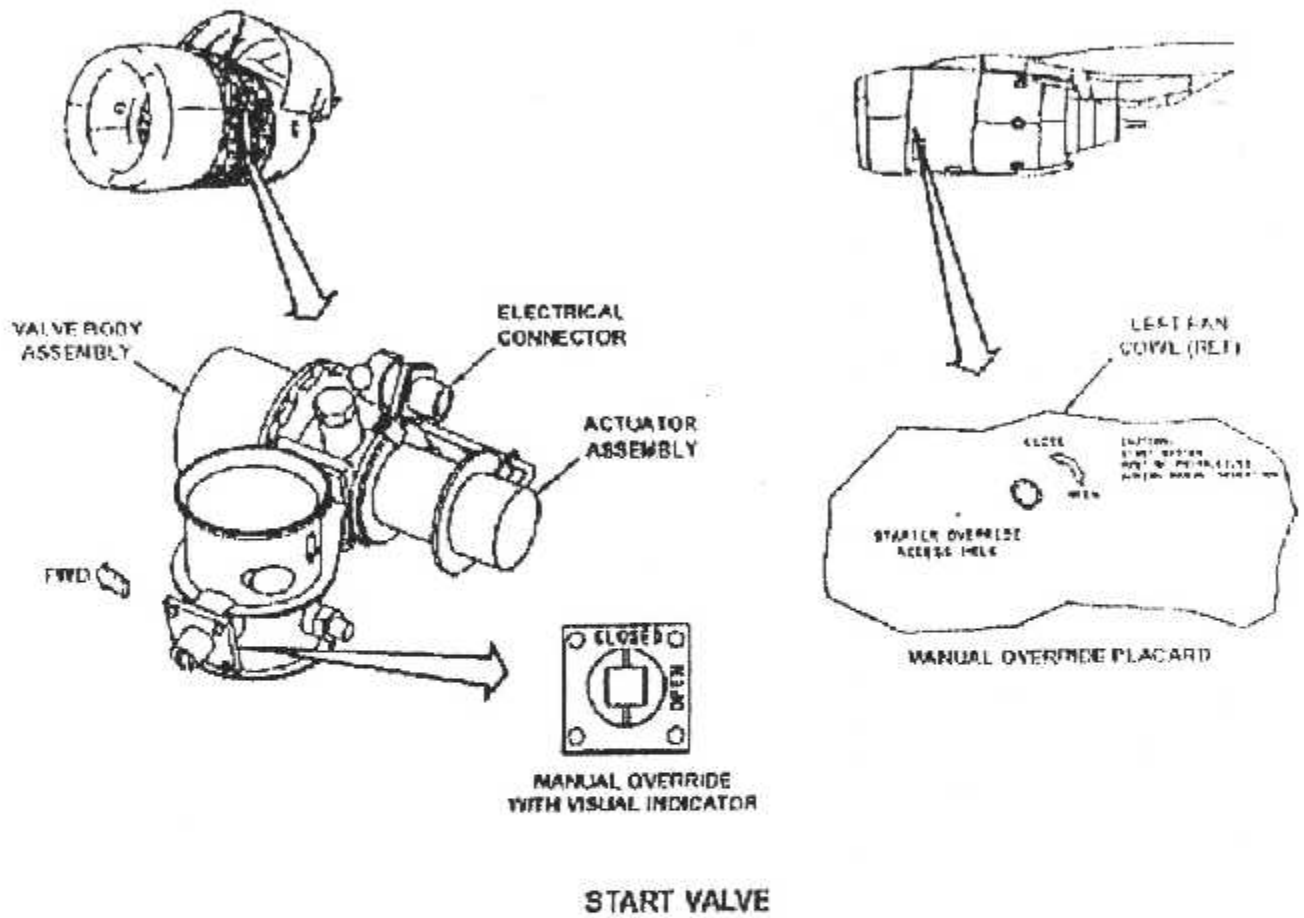
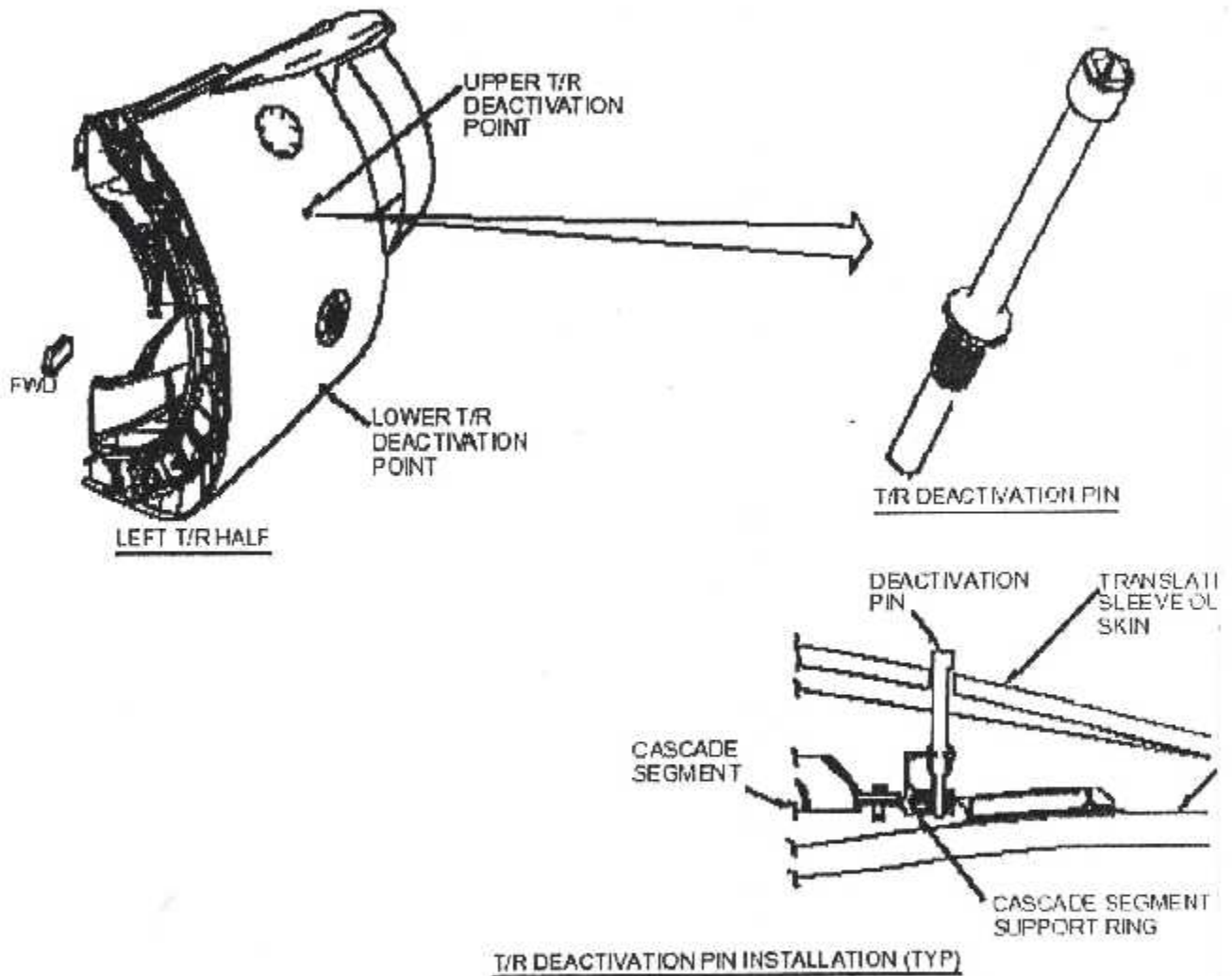


Fig.1-1-11
Orifice d'ouverture manuelle de la vanne de démarrage



THRUST REVERSER - DEACTIVATION FOR FLIGHT DISPATCH

Fig.1-1-12
Orifices d'introduction de pins de stockage

1-14 DRAINS :

Pour le CF680-C2 FADEC :

- Un (01) réservoir de drainage.
possibilité de le vidanger :

Au sol manuellement via le bouchon de vidange.
En vol automatiquement par le phénomène de succion grâce à la pression différentielle quand la vitesse avion est supérieure à 200 nœuds.

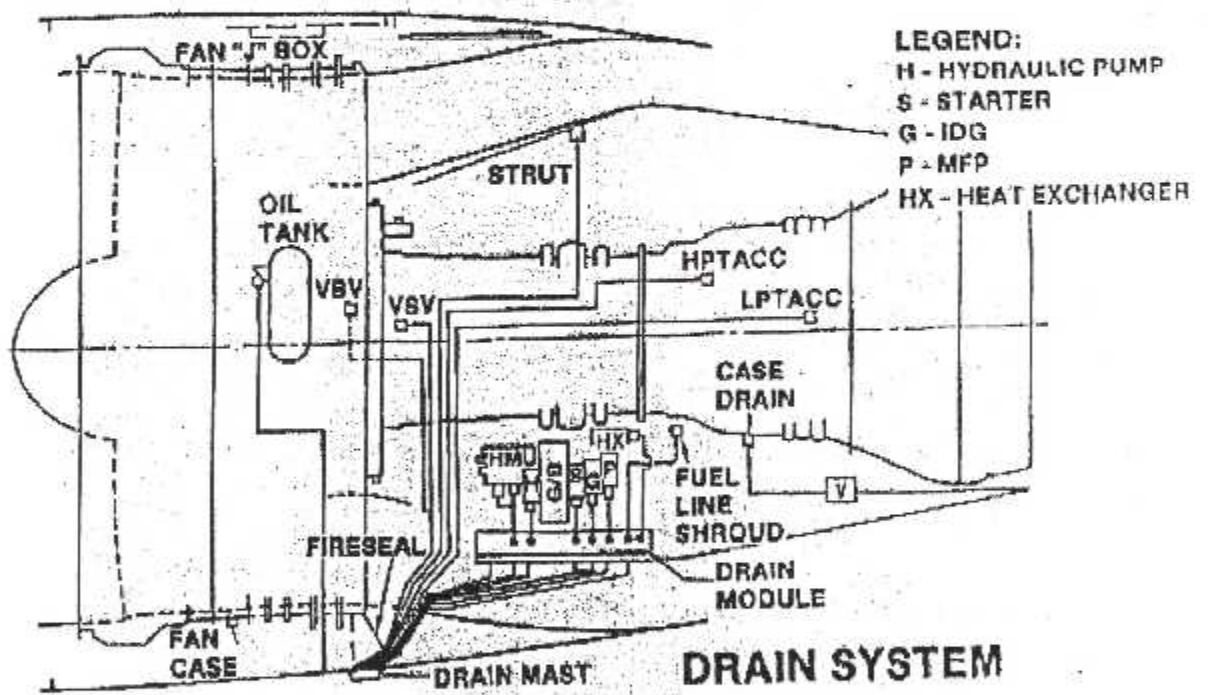
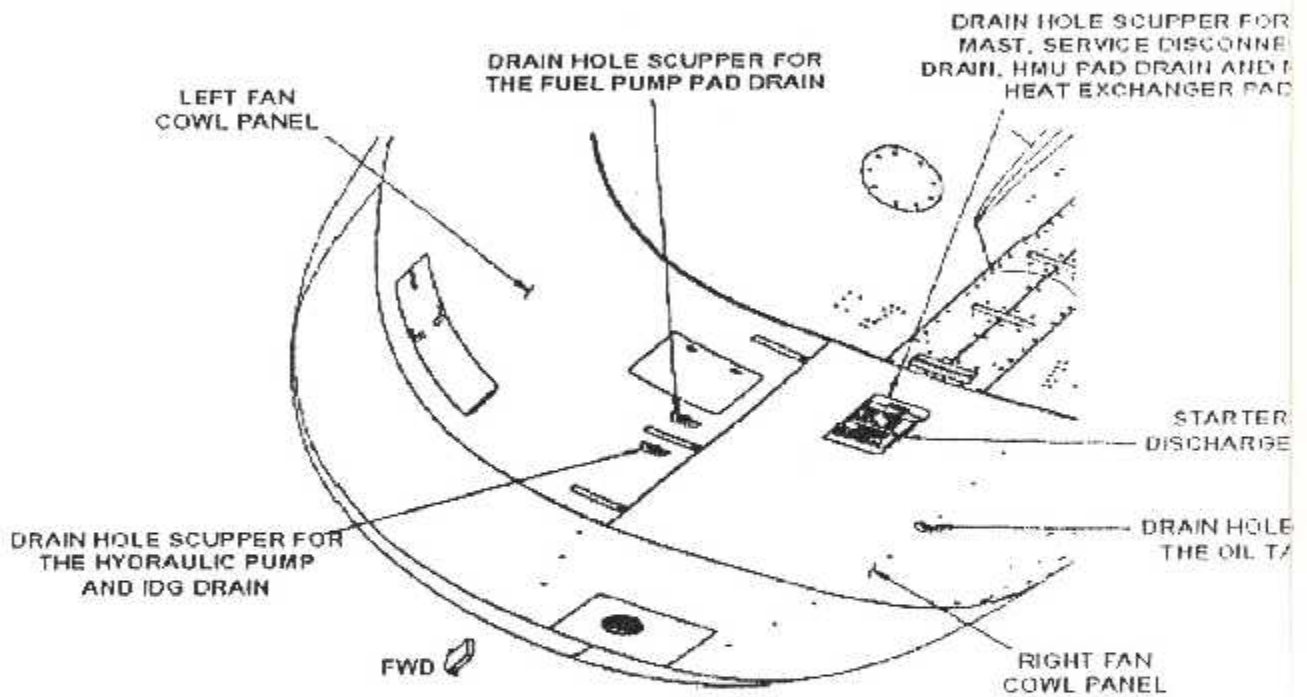


Fig. 1-1-13 du réacteur CF6-80 C2

Pour le réacteur CFM56-7B :

Il ne possède pas de réservoir de drainage, les drains sont codifiés par des lettres et le drainage des fluides se fait via les capots fan gauche et droit



ENGINE DRAINS

Fig.I-1-14
Drains du réacteur CFM56-7B

I-15 CARACTERISTIQUES :

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC :

- Poussée maximum	T < 32°C	52010 livres
- N1 MAX	117.5%	3854 RPM
- N1 100%		3280 RPM
- N2 MAX	112.5%	11055 RPM
- N2 100%		9827 RPM
- EGT MAX		960°C
- EGT max au démarrage		750°C
- Rapport manométrique de compression		29.9/1
- Taux de dilution		5.15/1
- Diamètre entrée d'air		2,49 m
- Masse du réacteur nu		4216 Kg



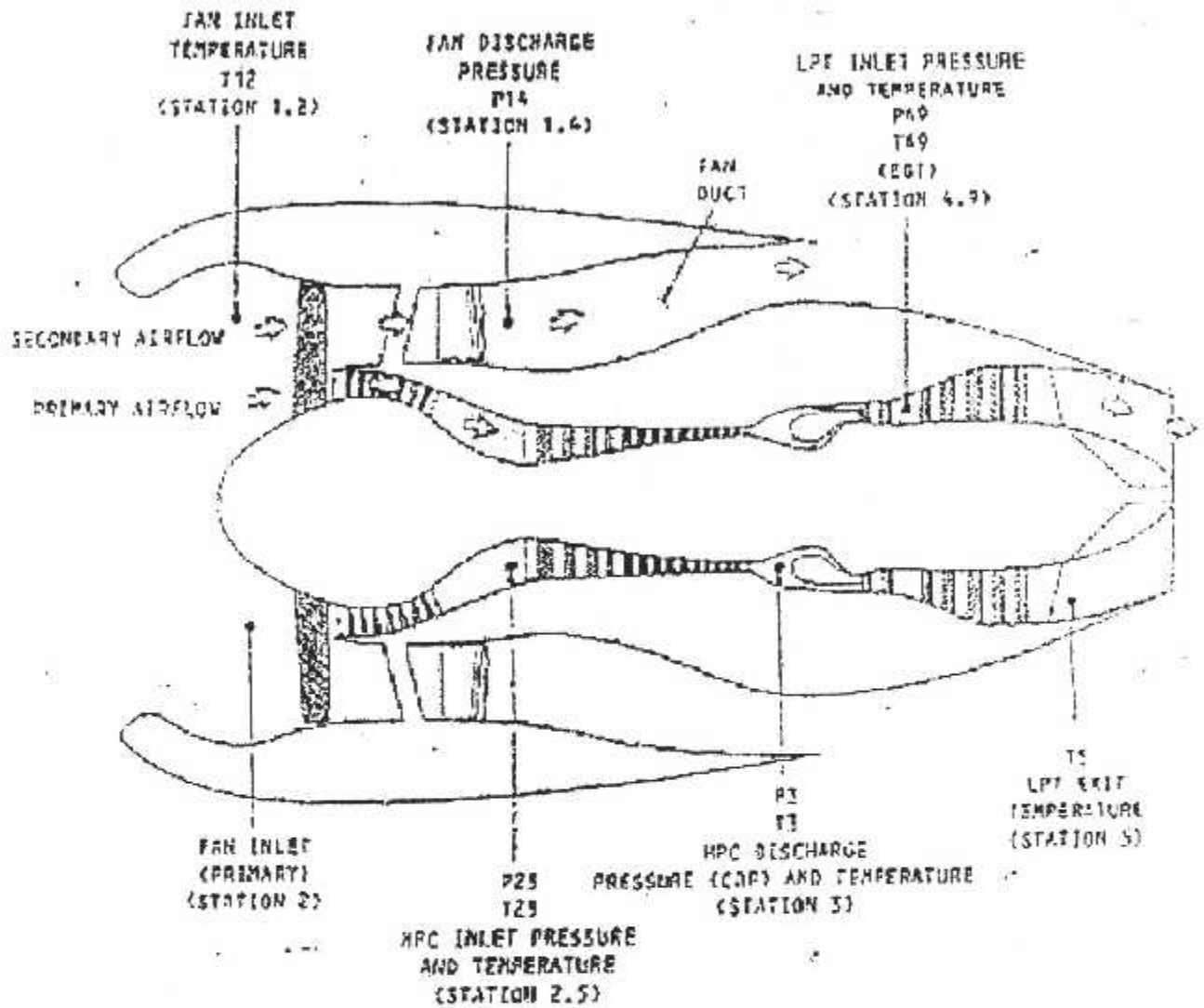
Stations du réacteur CF6-80 C2 :

Fig.1-1-15

Stations du réacteur CF6-80 C2Flux 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 turbine basse pression.
- Station 9 : éjection du flux primaire.

flux secondaire

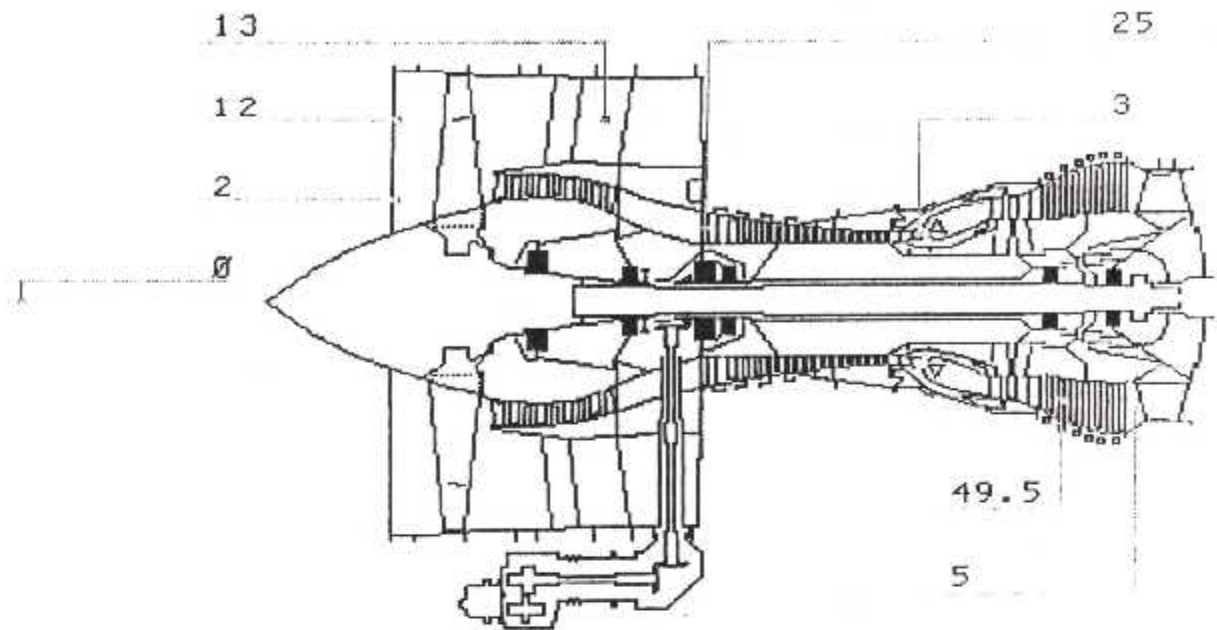
- Station 1.2 : entrée FAN.
- Station 1.4 : sortie stator FAN.
- Station 1.8 : éjection du flux secondaire.

Le CFM56-7B est caractérisé par :

- Poussée statique maximale (F) :

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

- Diamètre du fan	1,55m
- Poids nu	2358 kg
- Masse de la nacelle	3300 kg
- Longueur	2,5m
- Mach	0,8
- N1 Max	5380 RPM (104%)
- N2 Max	15183 RPM (105%)
- Taux de compression	25.5
- Débit d'air au décollage	385kg/ s
- Vitesse moyenne d'éjection des gaz	295kg/h
- Consommation spécifique	0,59à35kft (0,59Kg carburant/kgf)
- Taux de dilution	5,6/1
- Générateur électrique	90 KVA
- Générateur hydraulique	3000 psi
- EGT Max au démarrage	725°c
- EGT Max	950°c

Stations du CFM 56-7B :**Fig.1-1-16 stations du réacteur CFM56-7B**

- Station 0 : Air ambient.
- Station 13 : Décharge de la soufflante.
- Station 12 : Entrée soufflante.
- Station 25 : Entrée compresseur haute pression
- Station 30 : Sortie compresseur haute pression.
- Station 49,5 : Température des gaz d'échappement.
- Station 50 : Sortie turbine basse pression

CHAPITRE II

DIFFERENTS CIRCUITS DES REACTEURS

CF6-80 C2 FADEC ET CFM56-7B

CIRCUIT CARBURANT

II-1. CIRCUIT CARBURANT :

II-1-1.ROLE :

Le rôle du circuit carburant du CF6-80 C2 FADEC est d'assurer :

- L'alimentation des trente (30) injecteurs de la chambre de combustion.
- L'alimentation des 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.
- Le refroidissement de l'huile de graissage moteur.
- Le refroidissement de l'huile de graissage de l'alternateur (IDG).

Le rôle du circuit carburant du CFM56-7B est d'assurer :

- L'alimentation des vingt (20) injecteurs de la chambre de combustion.
- L'alimentation des 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-1-2 COMPOSITION :

Le circuit carburant du réacteur CF6-80 C2 FADEC comprend :

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

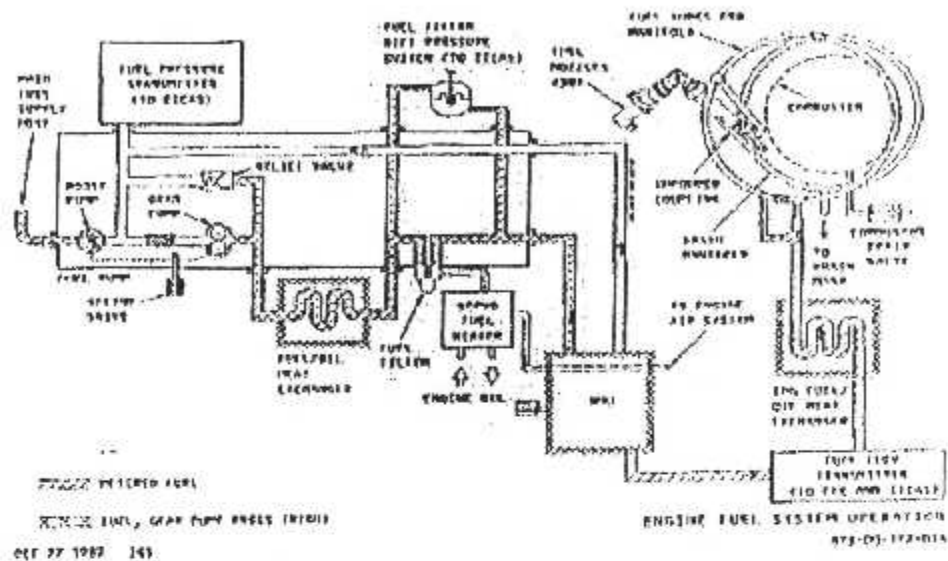


Fig.II-1-1
Circuit carburant du réacteur CF6-80 C2

Le circuit carburant du réacteur CFM56-7B comprend :

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

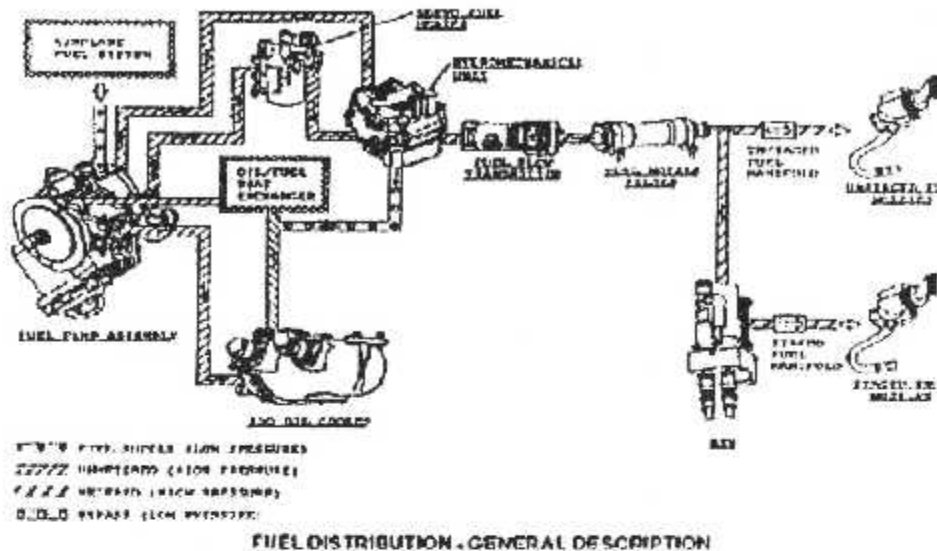


Fig.II-1-2
Composantes du circuit carburant du réacteur CFM56-7B

II-1-2-1. Pompe carburant haute pression :

La pompe carburant haute pression est une pompe à deux (02) étages dont le premier est une pompe centrifuge qui permet de gaver le second étage afin d'éviter le phénomène de cavitation. Le second étage est une pompe à engrenages dont le but est d'augmenter la pression.

La pompe carburant haute pression est équipée de :

- Un filtre inter étage
- Un clapet de surpression

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC :

La pression carburant du 1^{er} étage pompe est de l'ordre de 150 à 170 PSI.
La pression carburant du 2^{ème} étage pompe est de l'ordre de 1200 à 1300 PSI.

Pour le réacteur CFM56-7B :

La pression carburant du 1^{er} étage pompe est de l'ordre de 97 PSI.
La pression carburant du 2^{ème} étage pompe est de 1145 PSI.

II-1-2-2. L'échangeur thermique

Le rôle de l'échangeur thermique principal est de refroidir l'huile de graissage moteur et de réchauffer le carburant.

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC l'échangeur thermique est équipé d'une by-pass. La by-pass concerne l'huile seulement.

Pour le réacteur CFM56-7B l'échangeur thermique est équipé de deux by-pass. Un by-pass pour l'huile, un by-pass pour le carburant.

II-1-2-3. Filtre principal carburant :

Le rôle du filtre principal carburant est de filtrer le carburant à l'entrée du régulateur principal carburant et du réchauffeur servo carburant. Il est équipé d'un by-pass.

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC :

- Le filtre principal carburant est consommable, 35 microns, by-pass taré à 35 PSID.
- En cas de colmatage du filtre carburant un message de couleur ambre apparaît sur l'écran supérieur EICAS coté gauche FUEL FILTER.

Pour le réacteur CFM56-7B :

- Le filtre principal carburant est consommable, 15 microns, by-pass tarée à 11.5 PSID.
- En cas de colmatage du filtre carburant une étiquette de couleur ambre apparaît sur le panneau P5-2 FILTER BY-PASS.

II-1-2-4. Le réchauffeur servo carburant :

Le réchauffeur servo carburant a pour rôle le réchauffage du carburant avant d'entrer dans le régulateur principal carburant HMU pour éviter la formation de givre pouvant entraîner un mauvais fonctionnement des servocommandes (électrohydraulique servovannes).

II-1-2-5. Le régulateur principal carburant HMU :

Le régulateur principal carburant assure les fonctions suivantes :

- La régulation du débit carburant à tous les régimes moteur.
- L'alimentation des électrohydraulique servo vannes.

Le régulateur principal carburant comprend :

- Un galet doseur.
- Un filtre métallique.
- Robinet carburant haute pression HPSOV. Avec solénoïde
- Un by-pass
- Un régulateur de pression différentielle.
- Un gouverneur de survitesse.
- Electrohydraulique servovannes.

Pour Le régulateur principal du CF6-80 G2 FADEC on trouve :

Cinq électrohydraulique servovanne.

Pour le régulateur principal carburant du CFM56-7B on trouve :

Six électrohydraulique servovanne.

Un solénoïde de la vanne de sélection d'injecteurs.

- Le galet doseur (FMV) assure la régulation du débit carburant.
- Les électrohydraulique servovannes assurent le fonctionnement des :

- Vérins des vannes de décharges
- Vérins des stators à calage variable
- Vanne de refroidissement carter turbine basse pression
- Vanne de refroidissement carter turbine haute pression
- Vanne de décharge transitoire pour le CFM 56-7B.

Sur le régulateur principal carburant du CFM56-7B toutes les connexions sont codifiées par lettres :

LPTACC
HPTACC
TBV
VSV HEAD
VSV ROD
VBV CLOSE
VBV OPEN
BSV
PCR
CHANNEL A
CHANNEL B
HPSOV

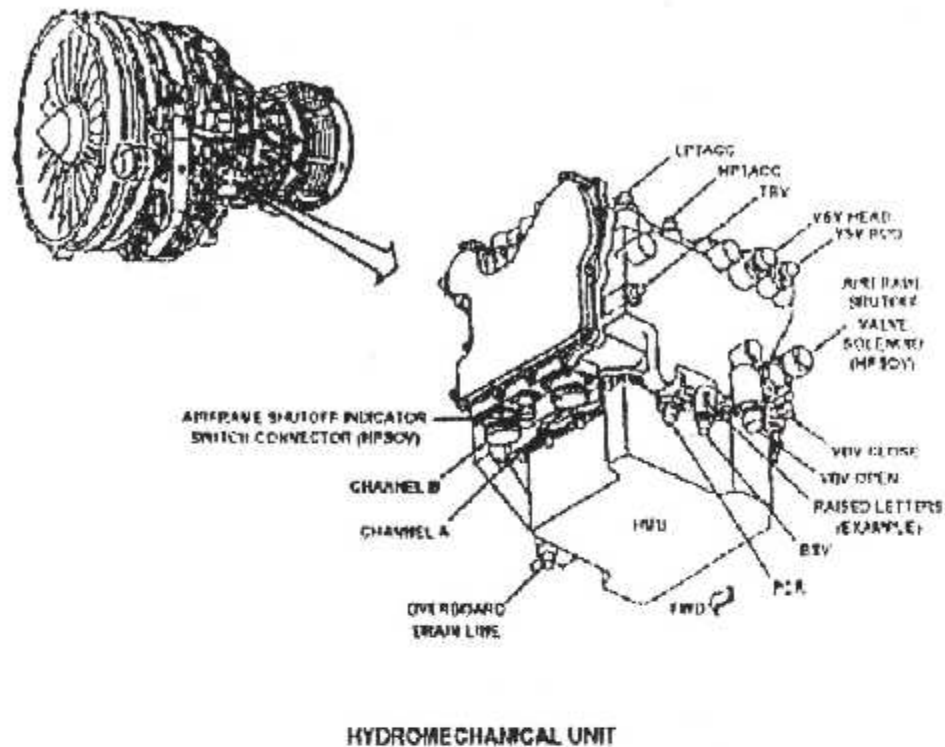


Fig. II-1-3
Régulateur principal carburant du réacteur CFM56-7B

II-1-2-6. Débitmètre :

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

II-1-2-7. Les injecteurs :

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC :

30 injecteurs de type duplex primaire secondaire. Le primaire est taré 20 PSID, le secondaire est taré à 250 PSID.

28 injecteurs à débit normal 70 PPH codifiés par une bande en aluminium.

02 injecteurs (15ème et 16ème) à débit élevé 115 PPH codifiés par une bande bleue.

Pour le réacteur CFM 56-7B :

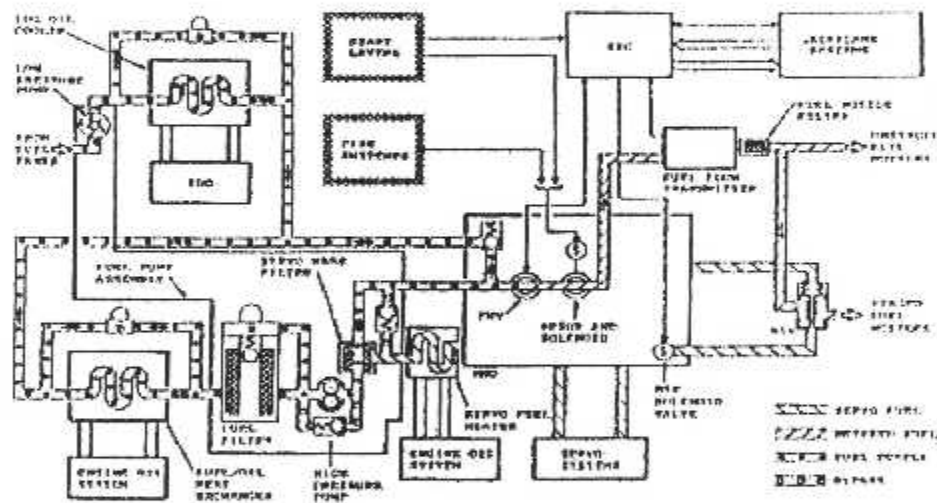
20 injecteurs de type duplex primaire secondaire. Le primaire est taré à 15 PSID, le secondaire est taré à 125 PSID.

16 injecteurs à débit normal codifiés par une bande bleue.

04 injecteurs à débit élevé codifiés par une bande en aluminium, placés d'une manière adjacente aux allumeurs.

Les injecteurs à débit élevé ont pour rôle :

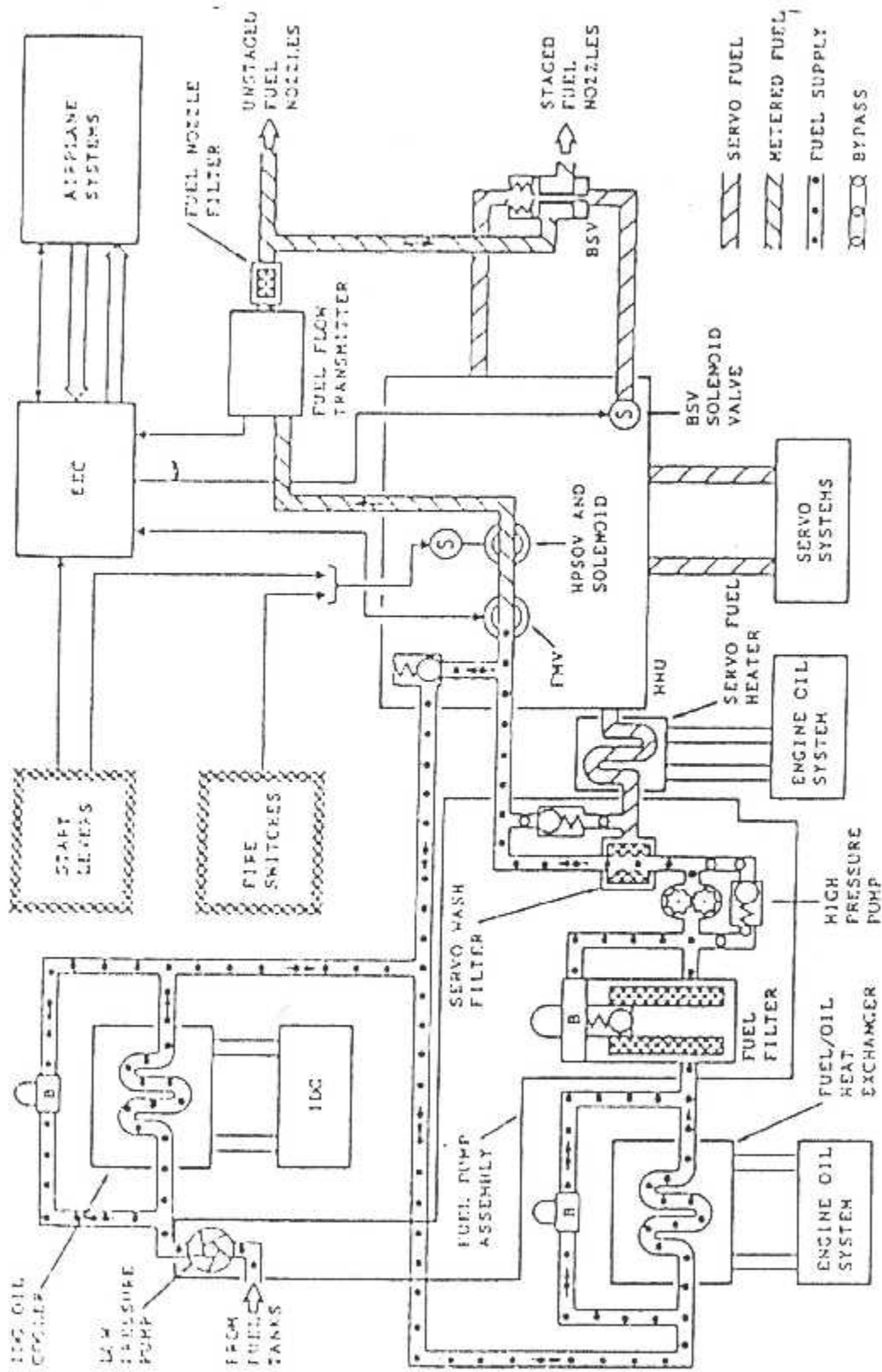
- 1- Faciliter le démarrage.
- 2- Eviter l'extinction de la flamme lors d'une décélération.



ENGINE FUEL CONTROL - FUNCTIONAL DESCRIPTION

Fig.II-1-4

Schéma synoptique du circuit carburant du réacteur CFM56-7B

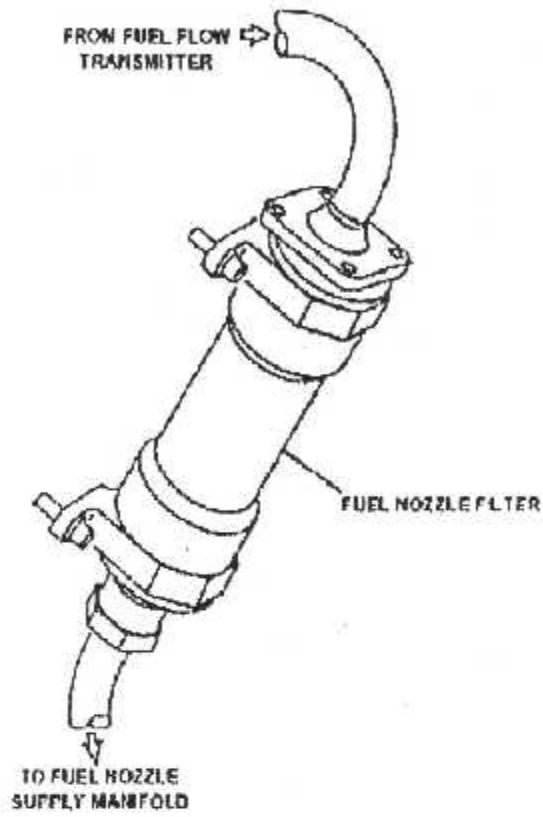


ENGINE FUEL CONTROL - FUNCTIONAL DESCRIPTION

II-1-3. COMMENTAIRES :

Ce que nous pouvons conclure :

- 1- L'emplacement de l'échangeur thermique huile/carburant de l'alternateur du réacteur CFM56-7B est à la sortie du 1^{er} étage pompe carburant par contre celui du réacteur CF6-80 C2 FADEC est placé après le débitmètre avant les injecteurs.
- 2- L'emplacement de l'échangeur thermique principal huile/carburant moteur est placé à la sortie du 1^{er} étage pompe carburant par contre celui du réacteur CF6-80 C2 FADEC est placé à la sortie 2^{ème} étage pompe carburant.
- 3- Le régulateur principal carburant du CFM56-7B est codifié par des lettres et comporte six électrohydraulique servovannes.
- 4- Sur le CFM56-7B on trouve un filtre des injecteurs après le débitmètre.
- 5- Sur le CFM56-7B on trouve une vanne de sélection des injecteurs commandée par l'unité électronique de contrôle moteur EEC via un solénoïde. Elle a deux positions fermée/ouverte. En position fermée entre 55% et 80% N2 seul dix injecteurs alimente la chambre de combustion. En position ouverte entre 25% et 55% et au-delà de 80% du régime N2 les vingt injecteurs sont alimentés. La vanne de sélection des injections offre les avantages suivants :
 - Economie de carburant
 - Augmentation la durée de vie du moteur
 - Une meilleure pulvérisation du carburant



FUEL NOZZLE FILTER

Fig. II-1-5 Filtre Injecteurs du réacteur CFM56-7B

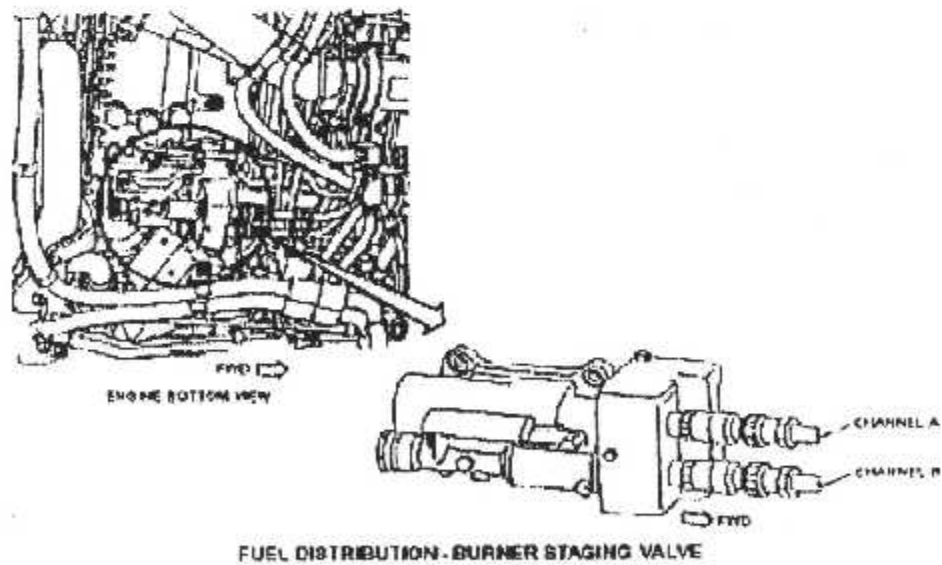


Fig. II-1-6 Vanne de sélection d'injecteurs

CIRCUIT DE GRAISSAGE

II-2. CIRCUIT DE GRAISSAGE :

II-2-1 ROLE :

Le rôle du circuit de graissage est d'assurer :

- La Lubrification des roulements, pignons, cannelures et des boîtiers de transmission.
- Le refroidissement des puisards et boîtiers de transmission
- Le Nettoyage du circuit tout en drainant les impuretés vers les filtres.
- Le réchauffage du carburant.

II-2-2 DIFFÉRENTS PUISARDS :

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC :

Les sept paliers des puisards A, B, C, D, de la boîte de transmission et de la boîte d'entraînement des accessoires :

Puisard A :

Il comprend trois paliers (roulement 1B, 2R, 3R).

Puisard B / C :

Il comprend trois paliers (roulement 4B, 4R, 5R).

Puisard D :

Il comprend un palier (roulement 6R).

Pour le réacteur CFM56-7B :

Les paliers du puisard avant, le puisard arrière, la boîte de transmission et la boîte d'entraînement des accessoires.

Puisard avant :

Il comprend quatre paliers (roulement 1B, 2R, 3B, 3R).

Puisard arrière :

Il comprend deux paliers (4R, 5R).

II-2-3 COMPOSITION :

Le circuit de graissage du réacteur CF6-80 C2 FADEC comprend :

- Un (01) réservoir.
- Une (01) pompe de pression.
- Cinq (05) pompes de récupération.
- Six (06) filtres, un (01) à l'entrée de la pompe de pression et les cinq (05) autres à l'entrée de chaque pompe de récupération.
- Bouchons magnétiques équipés de self obturateur.
- Un (01) clapet d'isolement
- Un (01) filtre principal équipé d'un by-pass.
- Un (01) réchauffeur servo carburant.
- Un (01) échangeur thermique principal (huile / carburant).
- Un (01) filtre de récupération d'huile équipée d'un by-pass et un switch de pression différentielle.

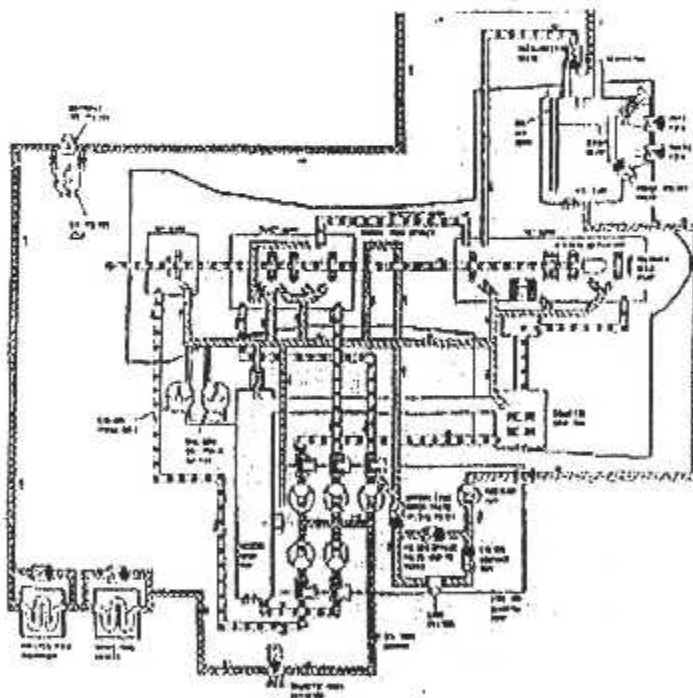
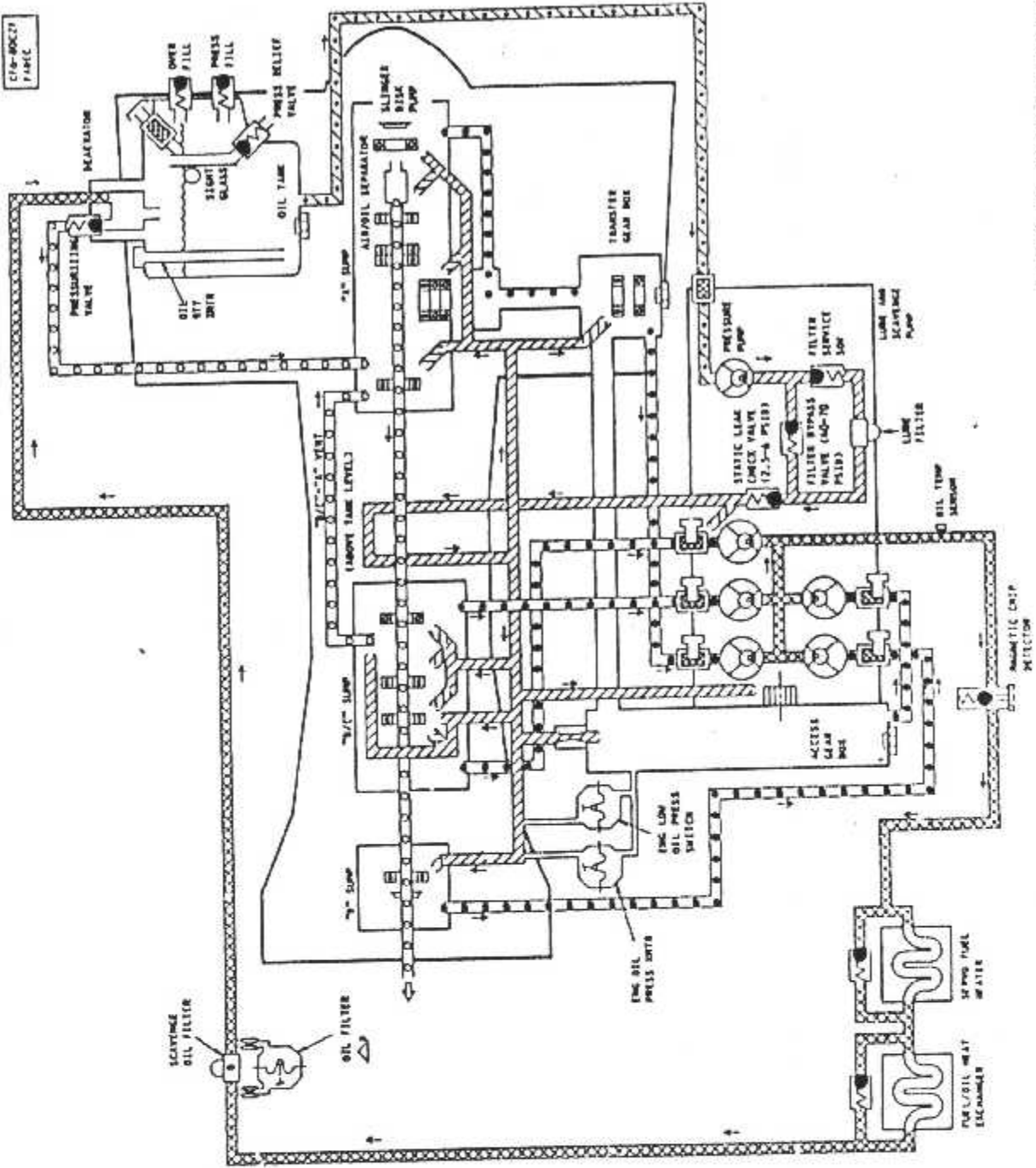
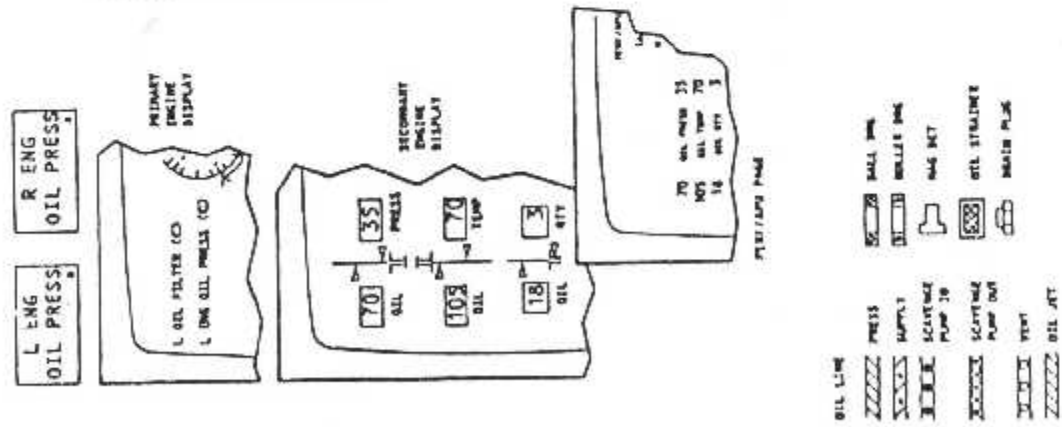


Fig.II-2-1
Circuit de graissage du réacteur CF6-80 C2



ENGINE OIL SYSTEM SCHEMATIC



Pour le réacteur CFM56-7B :

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

- Un (01) réservoir.
- Un (01) clapet d'isolement.
- Une (01) pompe de pression.
- Un (01) filtre principal équipé d'un by passe
- Trois (03) pompes de récupérations.
- 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'un by-pass.
- Un (01) échangeur thermique principal (huile / carburant).
- Un réchauffeur servo carburant

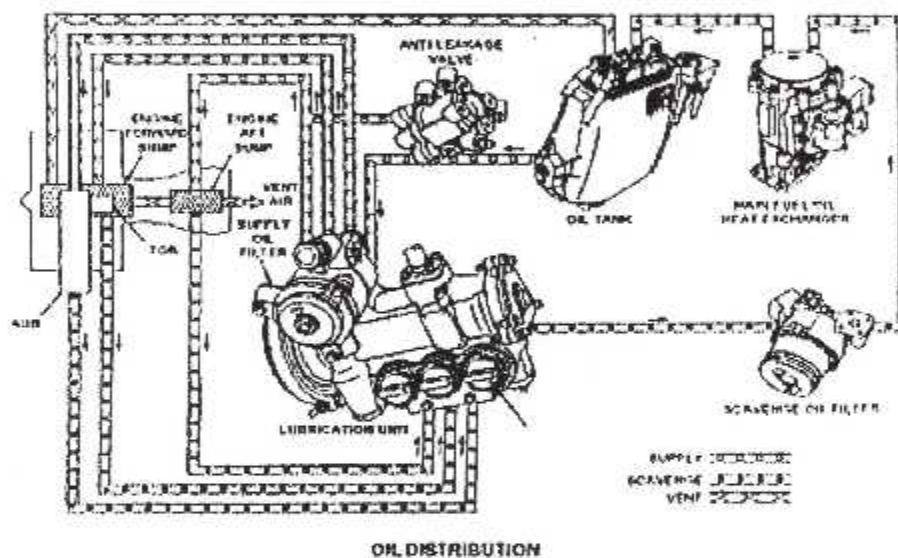
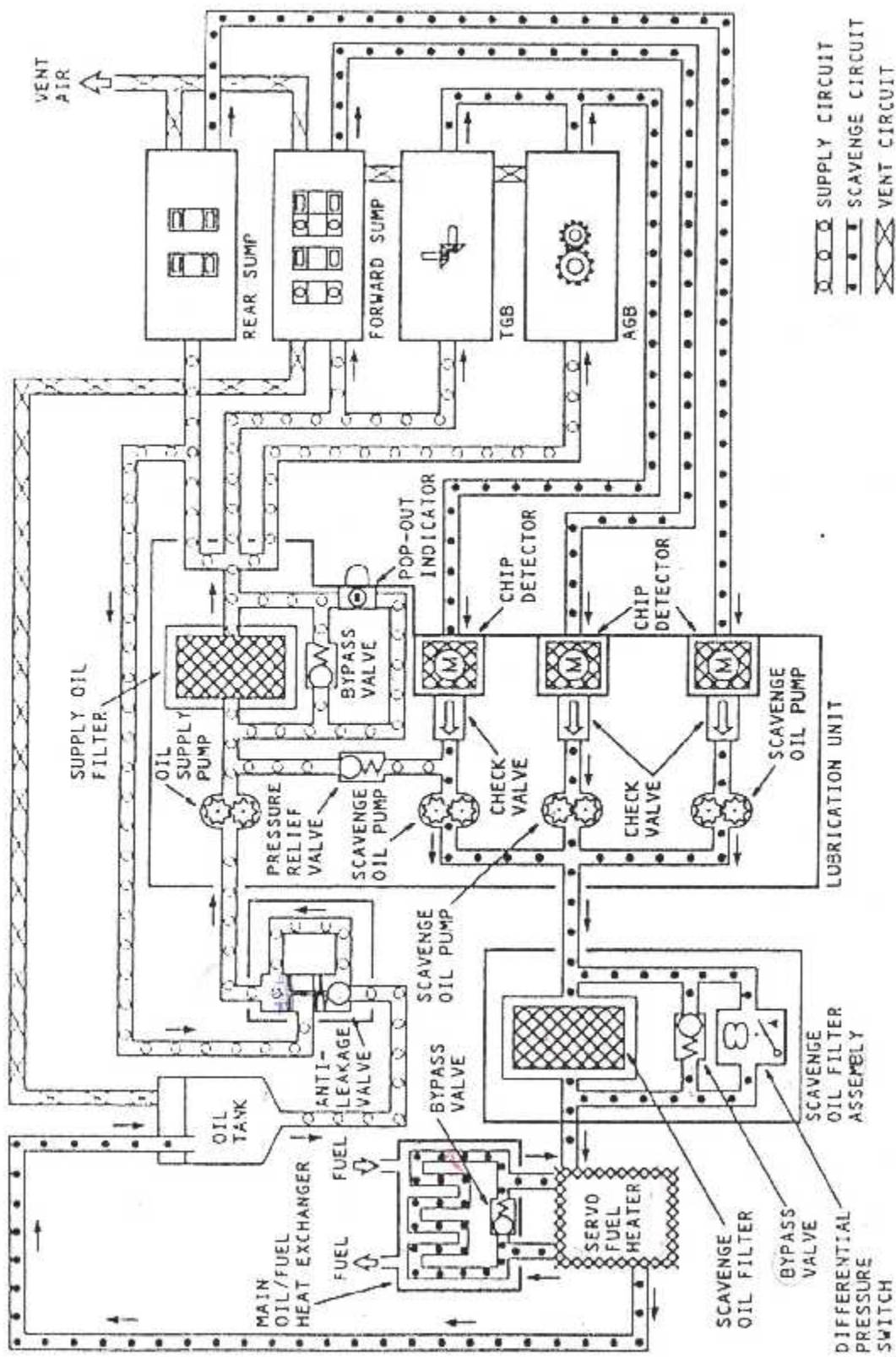


Fig.II-2-2
Composantes du circuit de graissage du réacteur CFM56-7B



OIL SYSTEM FUNCTIONAL DESCRIPTION

II-2-3-1 Réservoir d'huile :

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC :

Le réservoir est en aluminium, un revêtement à base de silicone permet de résister au feu pendant 15 min à 1093oC

Il est en deux parties pour obtenir un bon refroidissement de l'huile lors de la circulation du flux d'air secondaire.

Le réservoir comporte :

- Un (01) bouchon de remplissage par pression.
- Un (01) bouchon de trop plein.
- Un (01) transmetteur de quantité d'huile qui envoie l'indication au système EICAS.
- Un (01) séparateur air/huile.
- Une(01) vanne de pressurisation qui maintient une différence de pression entre la pression du réservoir et le puisard A de 7 à 11 PSID
- Un (01) clapet de surpression taré à 27 PSI.
- Une (01) fenêtre équipée d'une bille indicatrice du niveau d'huile :
 - 1- Lorsque la bille apparaît à travers la fenêtre le niveau d'huile est correct.
 - 2- Lorsque la bille n'apparaît pas cela signifie une baisse de quantité d'huile
- Une (01) tuyauterie de drainage.
- Un (01) bouchon de vidange.

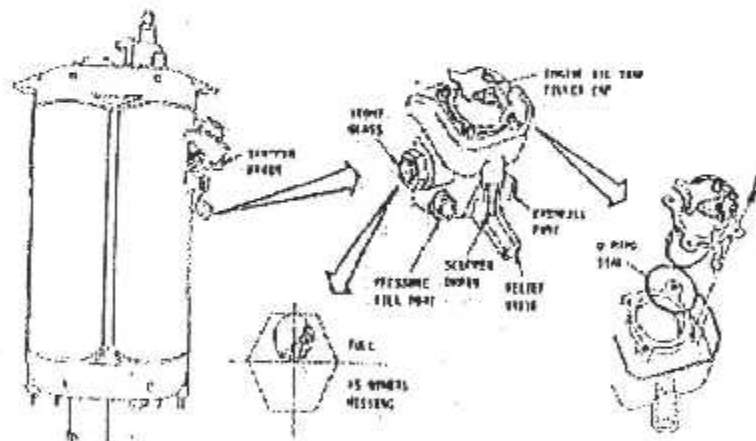


Fig.III-3
Réservoir d'huile du réacteur CF6-80 C2

Pour le réacteur CFM56-7B :

Il est fixé sur le stator fan en position 3 heures.

Le réservoir est en matériau résistant au feu et haute température il est constituée de :

- Un (01) bouchon de remplissage par pression.
- Un (01) transmetteur de quantité d'huile qui envoi l'indication vers le CDU.
- Une (01) fenêtre graduée indicatrice du niveau d'huile.
- Une (01) vanne de pressurisation qui maintient une pression différentiel entre le réservoir et le puisard.
- Fenêtre graduée indiquant la quantité précise d'huile.
- Un (01) clapet de surpression.

II-2-3-2 CLAPET D'ISOLEMENT :

Il empêche l'huile d'alimenter la pompe lors de l'arrêt du moteur.

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC :

Il s'ouvre à une pression différentielle de 2 à 6 PSID,

Pour le CFM56 -7B :

Clapet d'isolement (anti-leakage valve) permettant d'éviter l'effet siphon

II-2-3-3 Pompes :

Pour le réacteur CF6-80c2 :

Un bloc contenant :

- Une (01) pompe de pression.
- Cinq (05) de récupération.
(TGB et puisard A, puisard B, puisard C, puisard D , AGB)
- Le Filtre principal de 74 microns équipé d'un by-pass.
- Bouchons magnétique (magnétique chips detectors)

Pour le réacteur CFM56-7B

L'unité de lubrification (LBU) contient :

- Une (01) pompe de pression.
- Un (01) filtre de pression 15 micron
- Un (01) by-pass du filtre de by-pass.
- Un (01) indicateur de colmatage du filtre de pression (pop-out indicator)
- Un (01) clapet de surpression.
- Trois (03) pompes de récupération.

(Puisard avant, puisard arrière, AGB/TGB).

- Un système électromagnétique de détection de colmatage (DMS= débris monitoring système).

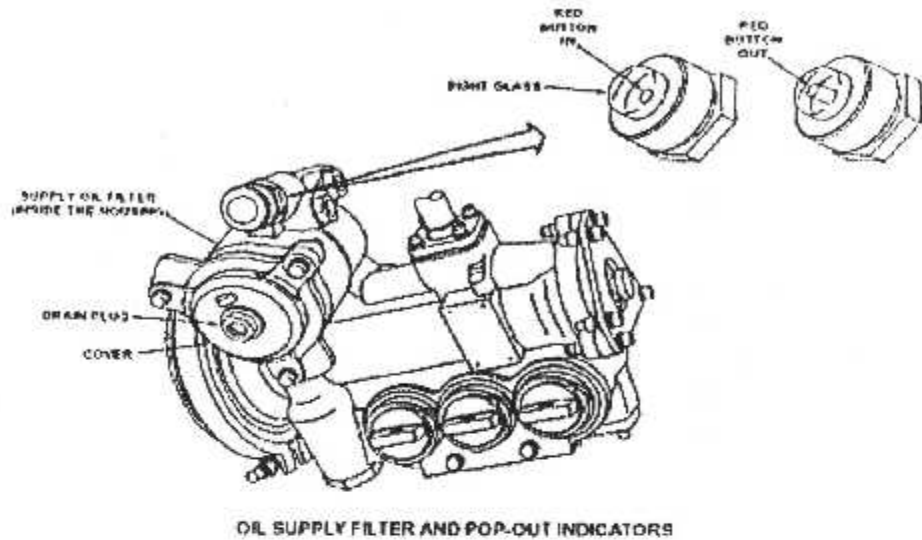
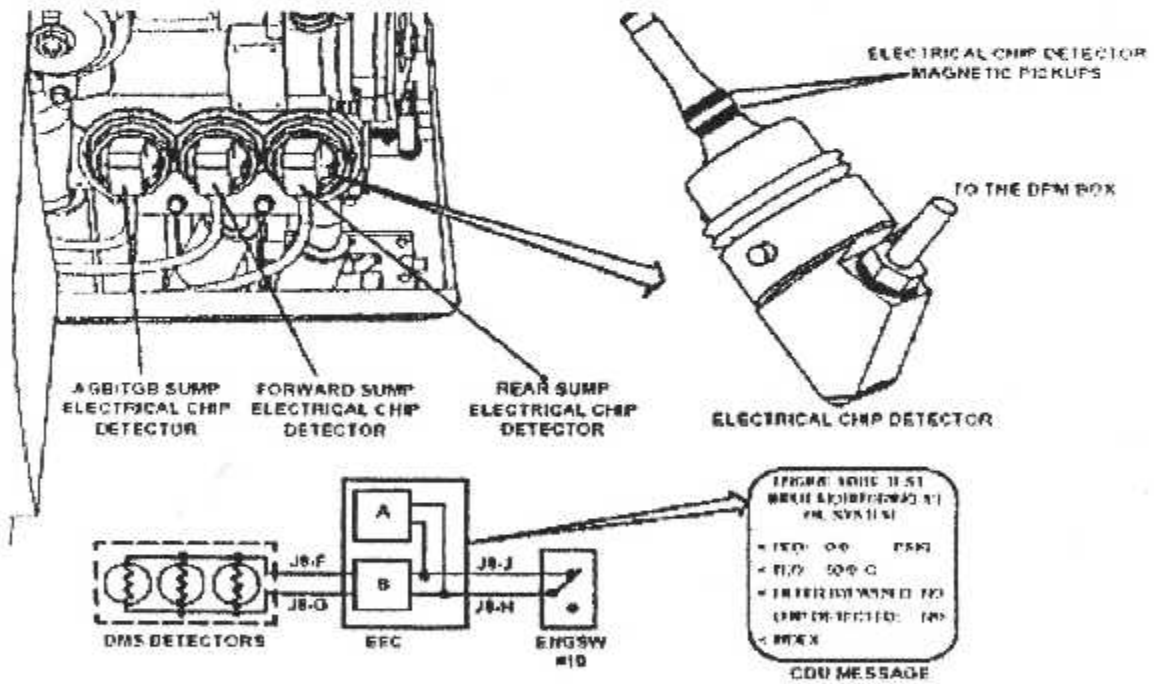


Fig.II-2-4
Unité de lubrification du réacteur CFM56-7



DEBRIS MONITORING SYSTEM

Fig.II-2-5
Système électromagnétique de détection de colmatage

II-2-3-4 Filtre de récupération :

Pour le réacteur CF6-80c2 :

Le filtre de récupération est monté sur le cote droit du carter fan au-dessous du réservoir d'huile se filtre est équipé :

- D'une (01) entrée en provenance de l'échangeur thermique principal huile/carburant avec une mention entrée.
- D'une (01) sortie vers le réservoir d'huile portant la mention sortie.
- un (01) clapet de surpression taré, permettant le by-pass d'huile en cas de colmatage.
- Un(01) self obturateur pour éviter les fuites d'huile lors de la maintenance des filtres de récupérations.

En cas de colmatage du filtre de récupération une indication apparaît (oil filtre) sur l'écran du système EICAS.

II-2-3-5 COMMENTAIRES :

Nous pouvons conclure qu'il des différences entre les circuits de graissage du réacteur CF6-80 C2 FADEC et le réacteur CFM56-7B notamment :

- 1- Le nombre de paliers sept pour le CF6-80 C2 FADEC et six pour le CFM56-7B.
- 2- Le nombre de puisards quatre pour le CF6-70 C2 FADEC et deux pour le CFM56-7B.
- 3- Le nombre de pompes de récupération d'huile cinq pour le CF6-80 C2 FADEC trois pour le CFM56-7B.
- 4- Le nombre de by-pass de l'échangeur principal huile carburant une pour le CF6-80 C2 FADEC deux pour le CFM56-7B.
- 5- Le filtre de pression d'huile du CFM56-7B comprend un indicateur de colmatage le CF6-70 C2 FADEC n'est pas équipé d'indicateur de colmatage.
- 6- L'indication du niveau d'huile du réservoir est donnée par :
 - Une bille dans une fenêtre pour le CF6-80 C2 FADEC
 - Une fenêtre graduée pour le CFM56-7B
- 7- Un bouchon magnétique localisé à la sortie des pompes de récupération pour le CF6-80 C2 FADEC un système de détection colmatage pour chaque pompe de récupération d'huile pour le CFM56-7B.
- 8- Vu que le réacteur CFM56-7B est très bas des difficultés se posent lors de dépose et de repose des accessoires du circuit de graissage surtout en ligne.

CIRCUIT DE DEMARRAGE ET D'ALLUMAGE

II-3. CIRCUIT DE DEMARRAGE ET ALLUMAGE :

II-3-1 COMPOSITION :

CIRCUIT DE DEMARRAGE :

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

- Le groupe auxiliaire de puissance (APU).
- Un des réacteurs déjà en fonctionnement.
- Un groupe à air.

Chaque moteur est équipé de :

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

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.

II-3-2 COMMANDES ET CONTROLE :

Au niveau du poste de pilotage on trouve :

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

II-3-2-1 Sélecteur de démarrage :

Pour le CF6-80 C2 FADEC :

Le sélecteur de démarrage permet la sélection du programme de fonctionnement du démarreur. Il comprend cinq (05) positions :

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

Pour le CFM56-7B:

Le sélecteur de démarrage comprend quatre (04) positions :

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

II-3-2-2 Sélecteur d'allumage :

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC le sélecteur d'allumage permet la sélection du programme de fonctionnement des circuits d'allumage. Il comprend deux (02) positions :

- SINGLE (une seule boîte d'allumage).
- BOTH (les deux boîtes d'allumage).

Pour le réacteur CFM56-7B le sélecteur d'allumage permet la sélection du programme de fonctionnement des circuits d'allumage. Il comprend trois (03) positions :

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

II-3-2-3 Manette de démarrage :

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC la manette de démarrage a deux (02) positions :

- CUTOFF (ARRET).
- RUN (MARCHE).

Pour le réacteur CFM56-7B la manette de démarrage a deux (02) positions :

- CUTOFF (ARRET).
- IDLE (MARCHE).

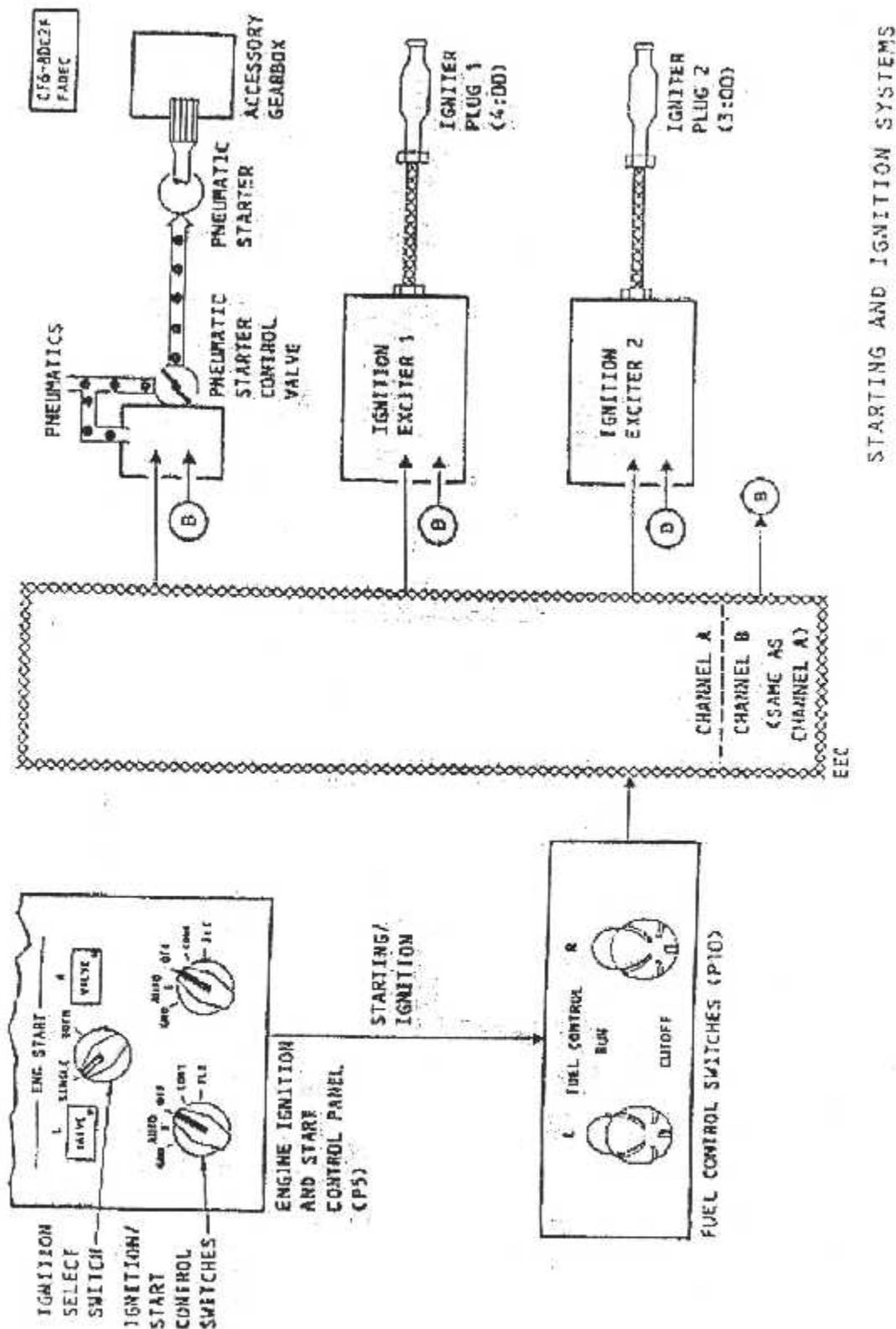


Fig.II-3-1 Circuit d'allumage et circuit de démarrage du réacteur CF6-80 C2

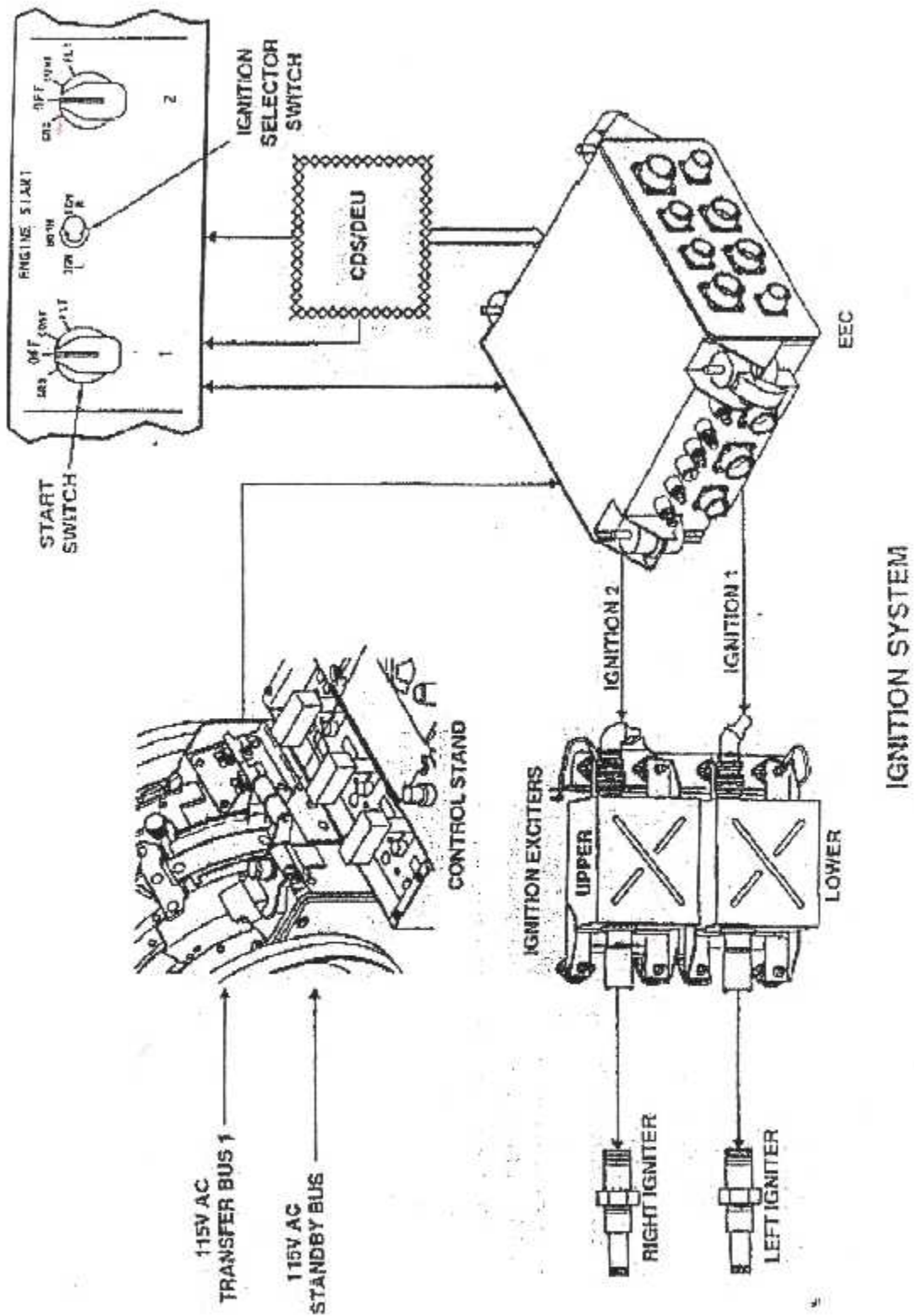


Fig.II-3-2 Circuit d'allumage du réacteur CFM56-7B

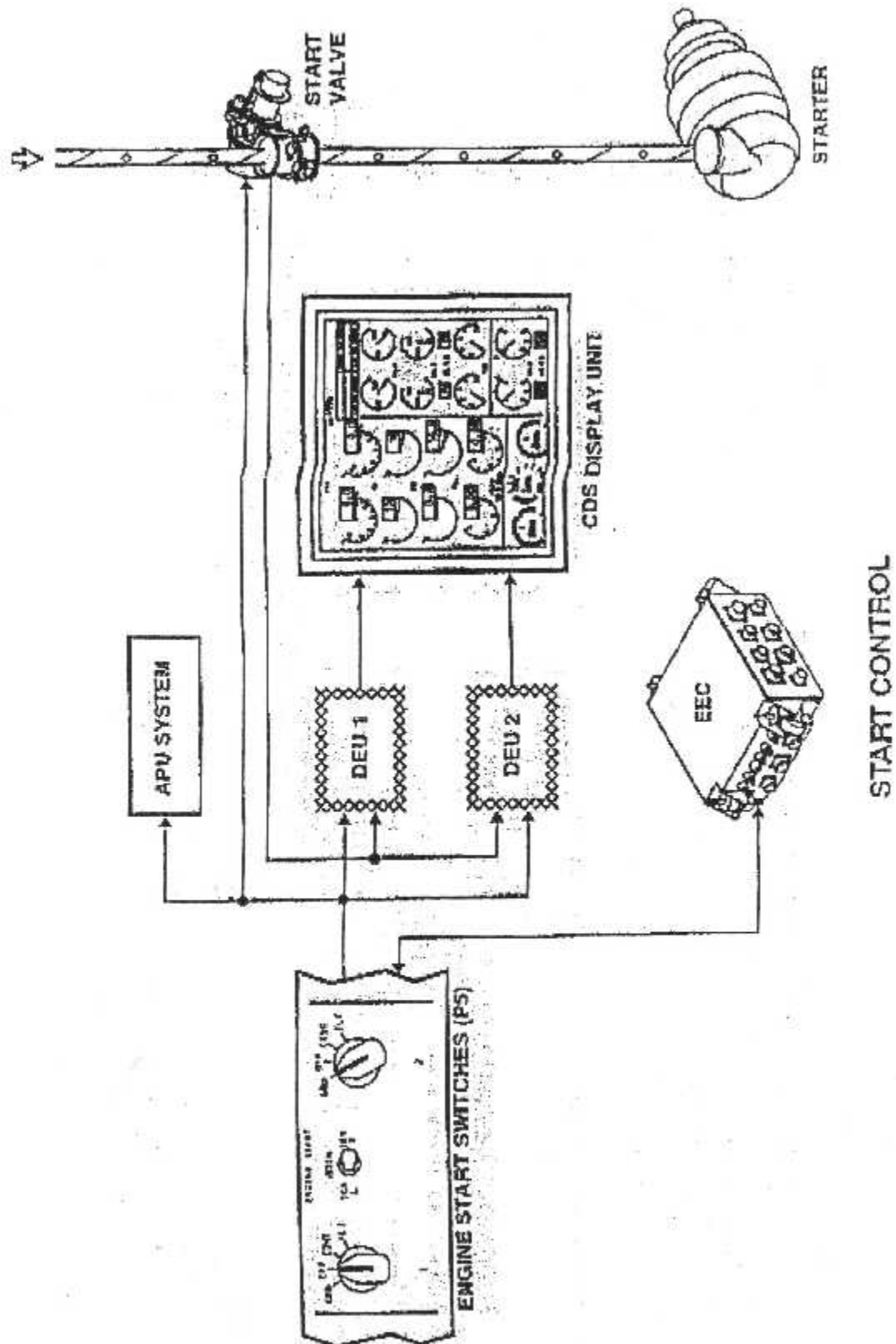


Fig.II-3-3 Commandes du circuit de démarrage du réacteur CFM56-7

II-3-3 SEQUENCE DE DEMARRAGE :

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC :

1- On met le sélecteur d'allumage soit :

Sur position SINGLE dans ce cas une seule boîte d'allumage sera excitée.
Sur position BOTH dans ce cas les deux boîtes d'allumage seront excitées.

2- Sélecteur de démarrage sur position GRD (SOL) :

- La vanne de démarrage s'ouvre, l'étiquette ambre VALVE s'allume
- Le démarreur tourne

3- RPM 15% N2 :

- On met la manette de démarrage sur position RUN.
- Le robinet carburant haute pression (HPSOV) s'ouvre
- La ou les boîtes d'allumage sélectionnées seront excitées.

4- RPM 45% N2 :

- Le sélecteur de démarrage revient automatiquement sur position AUTO.
- La vanne de démarrage se ferme, l'étiquette VALVE s'éteint.
- Le démarreur s'arrête.
- La ou les boîtes d'allumage sont désexcitées.

Pour le réacteur CFM56-7B :

1- On met le sélecteur d'allumage soit :

- Sur position LEFT (GAUCHE) dans ce cas la boîte d'allumage gauche sera excitée.
- Sur position RIGHT (DROITE) dans ce cas la boîte d'allumage droite sera excitée.
- Sur position BOTH dans ce cas les deux boîtes d'allumage seront excitées.

2- Sélecteur de démarrage sur position GRD (SOL) :

- La vanne de démarrage s'ouvre, l'étiquette START VALVE OPEN s'allume ambre.
- Le démarreur tourne.

3- RPM 25% N2 :

- On met la manette de démarrage sur position IDLE.
- Le robinet carburant haute pression s'ouvre.
- La ou les boîtes d'allumage sont excitées.

4-RPM 55% N2 :

- Le sélecteur de démarrage revient automatiquement sur position OFF (ARRET).
- La vanne de démarrage se ferme, l'étiquette START VALVE OPEN s'éteint.
- Le démarreur s'arrête.
- La ou les boîtes d'allumage sont désexcitées.

Pour les deux réacteurs les positions suivantes :

- CONT.
- FLT.

Ont des fonctions identiques sur le circuit d'allumage.

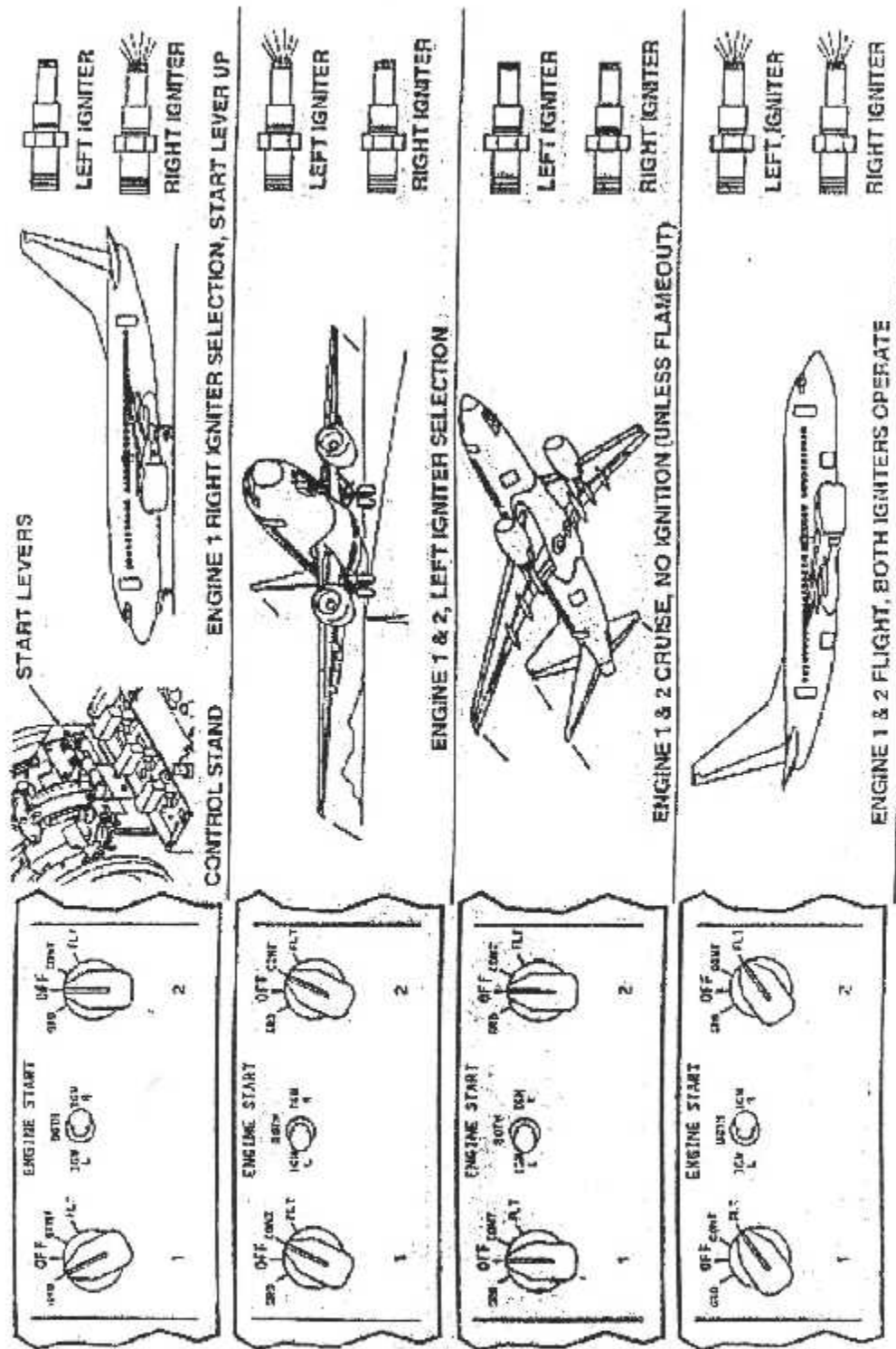
Position CONT (ALLUMAGE CONTINU) cette position permet d'exciter la boîte d'allumage sélectionnée en permanence. On utilise cette position lors :

- Du décollage.
- De l'atterrissage.
- Des mauvaises conditions climatologiques.

Position FLT (REALLUMAGE EN VOL). Cette position est sélectionnée lors d'un arrêt moteur en vol. Elle permet d'exciter les deux boîtes d'allumage en même temps quelque soit la position du sélecteur d'allumage.

Sur le réacteur CFM56-7B en cas d'arrêt moteur en vol, l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) prend comme référence la vitesse avion :

- Si la vitesse avion est inférieure à 260 Nœuds l'EEC affiche le message suivant X-BLD START (ré allumage en vol avec assistance du démarreur) en couleur mauve sur l'indicateur N1 du moteur arrêté.
- Si la vitesse est supérieure à 320 Nœuds l'EEC n'affiche aucun message ce qui signifie que le ré allumage en vol se fera sans assistance du démarreur.



IGNITION/START CONTROL

Figl-3-4 Commandes de l'allumage et du démarrage du réacteur CFM56-7B

II-3-4 COMMENTAIRES :

Nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- 1- Le sélecteur d'allumage pour le CF6-80 C2 FADEC il a deux positions (SINGLE/BOTH) par contre le CFM56-7B possède trois positions (LEFT/RIGHT/BOTH).
- 2- Le sélecteur de démarrage pour le CF6-80 C2 FADEC a cinq (05) positions par contre le CFMR5-7B il possède quatre (04) positions. La position AUTO existe en plus sur le sélecteur de démarrage du CF6-80 C2 FADEC. La position AUTO permet d'exciter automatiquement la boîte d'allumage sélectionnée quand :
 - Les volets sont sortis.
 - Le dégivrage entrée d'air moteur est sélectionné.
- 3- Sur le CFM56-7B l'unité électronique de contrôle moteur EEC assure les protections suivantes :

AU SOL :

L'EEC évite les démarrages chaud et humide

- Démarrage chaud. Si lors du démarrage l'EGT maximum (725° C) est atteint l'EEC arrête le moteur automatiquement.
- Démarrage humide. Si 15 secondes après la mise de la manette de démarrage sur IDLE et que la valeur de l'EGT n'accuse pas L'EEC arrête le moteur automatiquement :

EN VOL :

L'EEC évite l'extinction de la flamme.

- Si le RPM N2 est inférieur à 57% l'EEC excite automatiquement les deux boîtes d'allumage pendant 30 secondes .
- Si le RPM N2 est inférieur ou égal à 45% l'EEC affiche le message ENG FAIL (MOTEUR A L'ARRÊT) en couleur ambre à l'intérieur de l'indicateur EGT.

CIRCUIT REVERSE

II-4 CIRCUIT REVERSE :**II-4-1 DISPOSITIF D'EJECTION :**

Il assure :

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

II-4-2 PRINCIPE :

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

La tuyère secondaire est constituée de deux (02) demi couronnes. En configuration normale. La détente du flux secondaire assure 80 % de la poussée totale.

En inversion de poussée la partie extérieure des deux demi-couronnes mobiles d'éjection se déplacent vers l'arrière. Ce déplacement entraîne l'obstruction de la vanne secondaire et démasque des grilles d'éjections latérales.

La totalité du flux secondaire est alors déviée et développe vers l'avant une poussée inverse égale à 40% de la poussée de décollage.

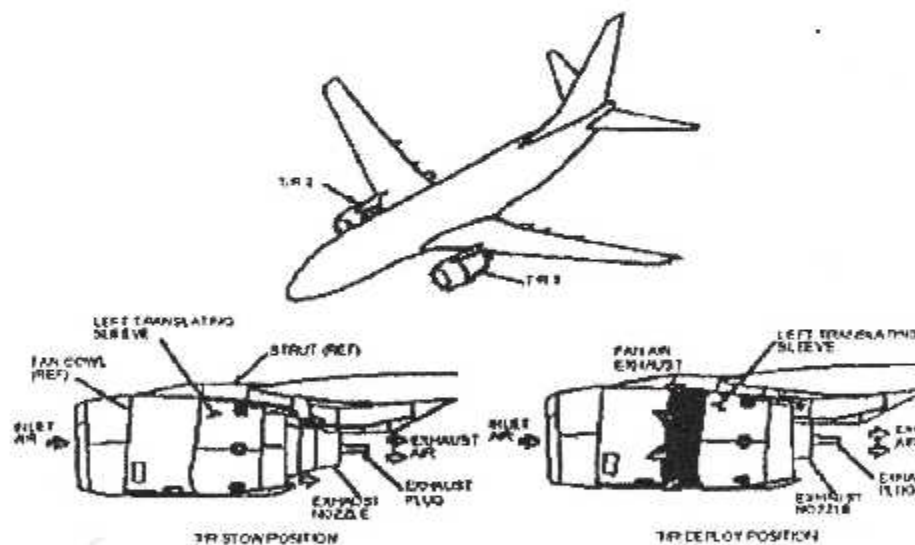


Fig.II- 4-1
Dispositif d'éjection

II-4-3 INVERSION DE POUSSEE :

L'énergie utilisée pour déplacer les demi couronnes mobiles de l'inverseur est fournie par :

Pour le réacteur CF6-80C2 FADEC :

Le circuit pneumatique en provenance du moteur, à travers le 14eme étage du compresseur haute pression via la vanne haute pression ou du 8eme étage du compresseur haute pression via son clapet anti-retour.

Pour le réacteur CFM56-7B :

Le circuit hydraulique avion, un circuit hydraulique avion alimente l'inverseur de poussée du moteur n°1 (gauche) le circuit A.

Un deuxième circuit Hydraulique B alimente l'inverseur de poussée du moteur n°2 (droit). Néanmoins un circuit hydraulique secours peut alimenter la reverse de n'importe quel moteur en cas de panne hydraulique des circuits A ou B.

II-4-4 COMPOSITION DES CIRCUITS

Le système d'inversion de poussée comprend :

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC :

- Un (01) ensemble de commandes, contrôles et retour d'asservissement
- Deux (02) moteurs pneumatiques.
- Une (01) vanne de sélection de sens de rotation.
- Six (06) vérins a vis repartis de la façon suivante :
Sur chaque demi couronnes.
- Un (01) vérin à vis en position centrale est entraîné directement par le moteur pneumatique.
- Deux (02) vérins à vis (un en position haute, l'autre en position basse) entraînés par le moteur pneumatique au moyens d'arbres flexibles.
- Six portes.
- six cascades.

Pour le réacteur CFM56-7B :

- Un (01) ensemble de commandes, contrôles et retour d'asservissement.
- Six (06) vérins hydrauliques.
- Deux (02) sync 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.

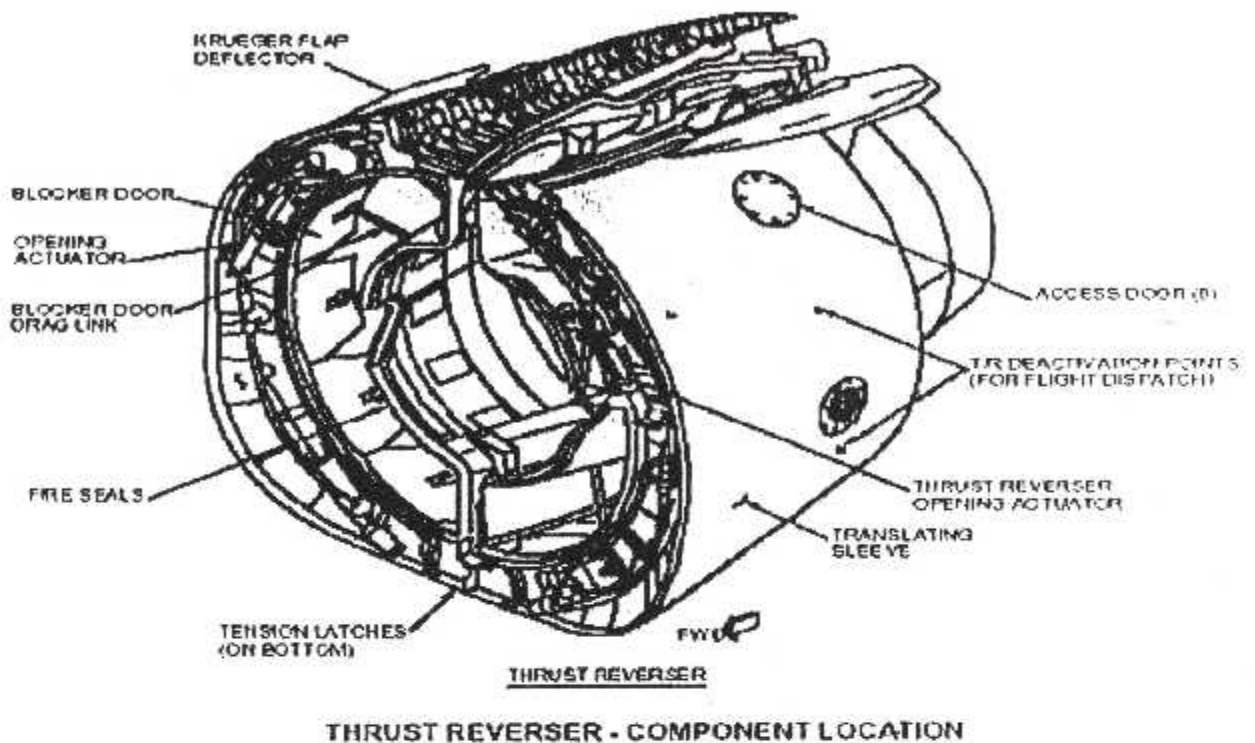


Fig.II-4-2
Inverseur de poussée du réacteur CFM56-7B

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 sync lock, La vanne d'isolement hydraulique et la vanne de sélection du sens de rotation pour le réacteur CFM56-7B.

II-4-5 SIGNALISATION :

Pour le réacteur CF6-80 C FADEC

- Un (01) voyant dispose au-dessus de l'indication N1 sur l'EICAS.
- Le voyant s'allume ambre quand la reverse est en transit.
- Le voyant s'allume vert quand la reverse est sortie et verrouillée.

Pour le réacteur CFM56-7B :

- Un voyant REV apparaît sur l'indicateur N1 quand la reverse est sélectionnée.
 - Le voyant s'allume ambre quand la reverse est en transit.
 - Le voyant s'allume vert quand la reverse est sortie et verrouillée.
« Le voyant REV est géré par l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) »
- Un (01) voyant REVERSE s'allume ambre pendant 10.5 secondes lors de la rentrée reverse.
 - Il s'allume ambre et reste allumé quand il y a une panne reverse.
« Le voyant reverse est géré par l'EAU ».
 - L'EAU possède un système d'auto-entrée (autoreset) reverse en cas où la reverse ne se ferme pas complètement lors de la rentrée.
 - L'EAU a la capacité de mémoriser et d'afficher les pannes de la reverse.

II-4-6 COMMENTAIRES :

Nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- 1- La reverse du CF6-80 C2 FADEC est pneumatique par contre celle du CFM56-7B est hydraulique. La fuite pneumatique est difficile à repérer par contre la fuite hydraulique est facilement décelable.
- 2- La reverse du CF6-80 C2 FADEC est gérée par l'EEC par contre celle du CFM56-7B est gérée par l'EEC et l'EAU.
- 3- Un système de verrouillage permet de maintenir le reverse en position fermée quand la reverse n'est pas fonctionnelle est assuré par
 - Des crochets pour la reverse du CF6-80 C2 FADEC
 - Un verrouillage de synchronisation (SYNC LOCK)
 - La reverse du CFM56-7B est munie d'un système d'auto-entrée.

CIRCUIT D' AIR

II-5- Circuit d'air :

Le circuit d'air contrôle :

- I. Le débit d'air à travers le compresseur.
- II. Le refroidissement du réacteur et de ses accessoires.

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) et le régulateur principal carburant (HMU) contrôle ce circuit .

Le circuit d'air assure :

- Le contrôle du débit d'air à travers le compresseur.
- La régulation du débit d'air de refroidissement moteur réacteur CF6-80-C2 FADEC.
- Le refroidissement du réacteur et des accessoires.
- Le refroidissement de la chambre de combustion.
- Le refroidissement des ailettes turbine haute pression.
- Le refroidissement des ailettes turbine basse pression.
- Le dispositif actif de contrôle des jeux de turbine haute pression et basse pression.
- Le refroidissement des bougies d'allumage.
- Le refroidissement de l'huile de l'alternateur (IDG).
- La ventilation de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).
- La ventilation nacelle.
- Le refroidissement et la pressurisation des puisards.

II-5-1 Contrôle du débit d'air du compresseur:**Généralités:**

Le contrôle du débit d'air à travers le compresseur du réacteur CF6-80-C2 FADEC est assuré par un dispositif anti-pompage. Qui améliore la stabilité et l'efficacité du réacteur.

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) utilise les signaux (N2, T2.5 et P0) des capteurs moteur pour contrôler les électrohydraulique servovannes du régulateur principal carburant (HMU).

Les électrohydraulique servovannes utilisent la pression carburant pour actionner les vérins des :

- Stators à calages variables (VSV).
- Vannes de décharges (VBV).
- Vane de décharge transitoire (TBV) sur le réacteur CFM56-7B

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) augmente le courant électrique vers l'électrohydraulique servovanne proportionnellement au régime de l'attelage haute pression N2.

Les électrohydrauliques servovannes dirigent de la pression carburant vers les vérins des VSV et VBV pour les mettre en position commandée par l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).

II-5-1-1 Dispositif anti-pompage :

La protection anti-pompage est assurée par :

- Des aubes de pré rotation (IGV).
- Une variation commandée de l'angle de calage Des aubes de stator des cinq (05) premiers étages du compresseur haute pression (VSV) du réacteur CF6-80 C2 FADEC et de quatre (04) premiers étages du réacteur CFM56-7B, avec un angle de calage de 0 à 4 degré.
- Douze (12) vannes de décharge à section variable (VBV) disposées à l'arrière du compresseur basse pression, interconnectées par un anneau de commande et actionnées par deux vérins via deux bielles maîtresses pour les deux réacteurs.
- Une vanne de décharge transitoire (TBV) qui équipe uniquement le réacteur CFM56-7B.

Cette vanne décharge de l'air du 9^{ème} étage Compresseur haute pression au 1^{er} étage turbine basse pression elle s'ouvre :

- lors du démarrage entre 25 et 55 % de N2.
- Lors de l'accélération entre 76 et 80 % de N2.

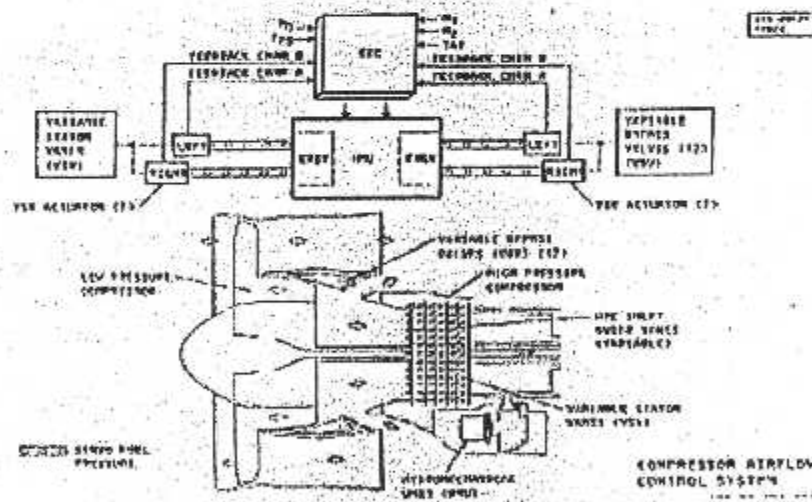


Fig.II-5-1 Dispositif anti-pompage

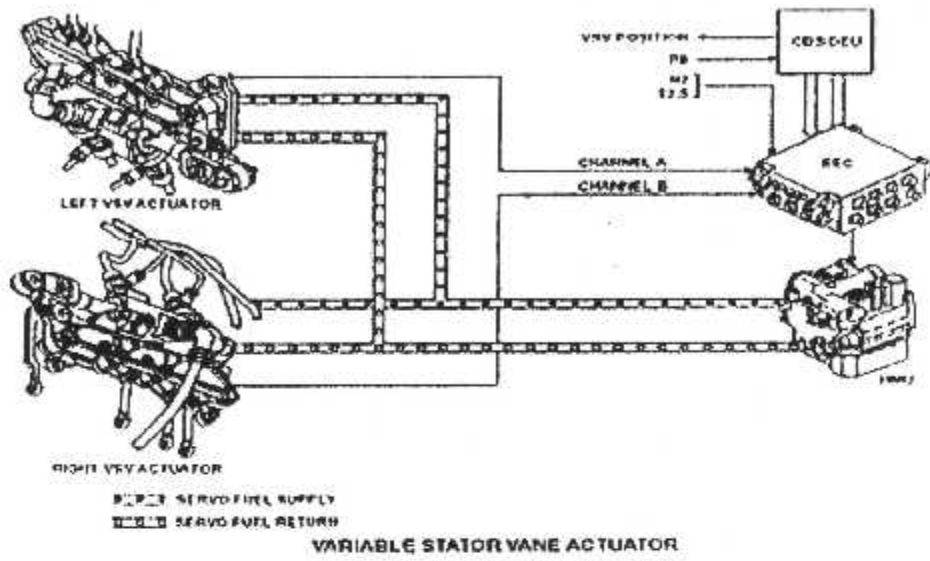


Fig.II-5-2

Vérins des stators à calage variable VSV

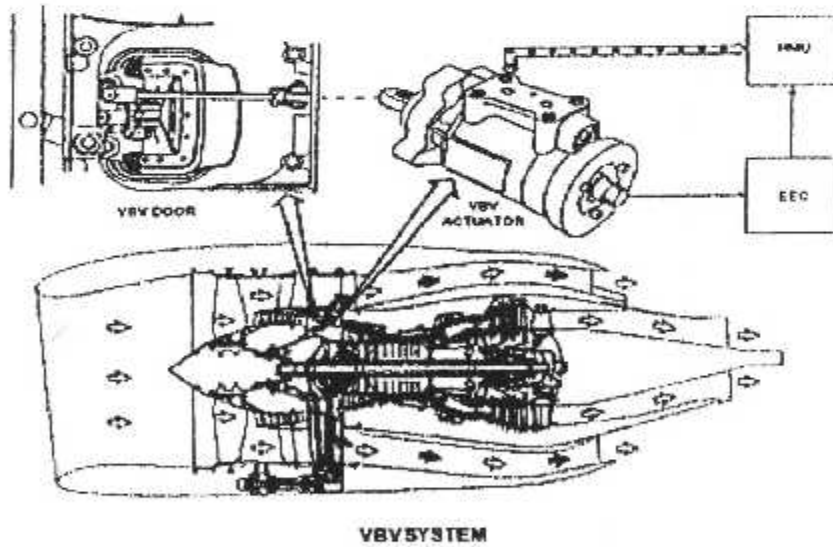


Fig.II-5-3

Vannes de décharge VBV

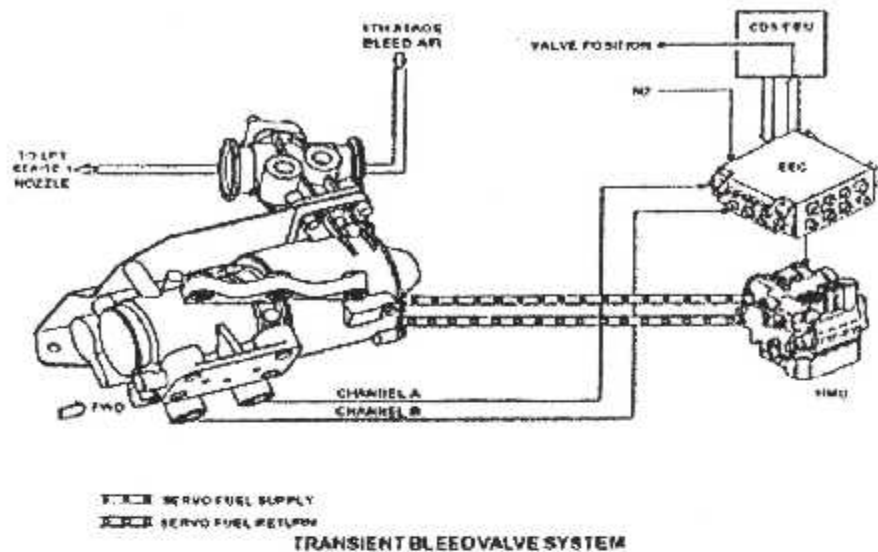


Fig.II-5-4

Vanne de décharge transitoire TBV

II-5-1-2 COMMENTAIRES :

Nous pouvons conclure que le dispositif anti-pompage du réacteur CFM56-7B a été amélioré grâce à l'introduction de la vanne de décharge transitoire. Cette vanne fonctionne lors du démarrage et lors de l'accélération en s'ouvrant elle décharge l'air du 9^{ème} étage compresseur haute pression vers le stator du 1^{er} étage turbine basse pression pour éviter le pompage. La TBV améliore la stabilité du compresseur et par conséquent elle améliore le rendement moteur.

Régulation du débit d'air de refroidissement du réacteur CF6-80 C2 FADEC:

Le réacteur CF6-80 C2 FADEC est refroidit par :

- Air.
- Carburant.

Refroidissement par air :**Généralités:**

Le réacteur CF6-80-C2 FADEC est traversé par deux flux d'air :

- Le débit d'air primaire.
- Le débit d'air secondaire.

II-5-2 régulation du débit d'air de refroidissement :

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

Le débit d'air parasite du CF6-80-C2 FADEC sert pour le refroidissement interne du moteur.

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.
- Une (01) vanne de refroidissement moteur et de ces accessoires (CCCV)

Le contrôle du débit d'air parasite améliore la consommation spécifique carburant. Le flux secondaire sert à l'augmentation de la poussée. Il engendre à lui seul 80% de la poussée totale moteur.

II-5-2-1 Description et fonctionnement des vannes de refroidissement (BORE COOLING VALVE) :

Les vannes de refroidissement sont du type débit axial, contrôlées par un solénoïde est équipé de deux prises électroniques reliées directement à l'unité de contrôle moteur (EEC) :

- Une (01) prise électrique est connectée au canal A de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC)
- L'autre prise électrique est connectée au canal B de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).
- Les BCV sont en nombre de trois disposées autour du carter fan. Elles sont montées en position 2h, 5h30, et 11h elles sont commandées par l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) à travers un solénoïde.
- Les composants du logiciel des vannes de refroidissement se trouvent à l'intérieur de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC), il comprend :
- Un (01) circuit d'engagement et de désengagement.
- Un (01) calculateur de température.

- Un (01) décodeur de position des vannes de refroidissement (BORE COOLING VALVE).
- Trois (03) switches d'engagement et de dégagement.
- Deux (02) relais de permutation des canaux actifs et stand-by.

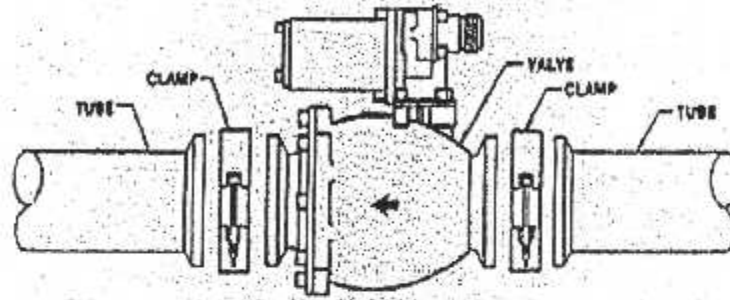


Fig.II-5-5
Vannes de refroidissement BCV

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

L'air de décharge du compresseur base pression est extrait à travers des tuyauteries internes des cinq (05) raidisseurs. L'air extrait des deux raidisseurs va directement vers les puisards A. l'air extrait des trois autres raidisseurs passe vers le puisard A via une vanne de refroidissement.

Les vannes de refroidissement sont normalement ouvertes à haut régime pour permettre un maximum de refroidissement. Elles sont commandées fermées en croisières et à bas régime pour minimiser les pertes de soutirage d'air.

L'air entrant le puisard A va vers la section du corps moteur à travers le système de mise à l'air libre. l'air s'échappe ensuite à travers la section turbine.

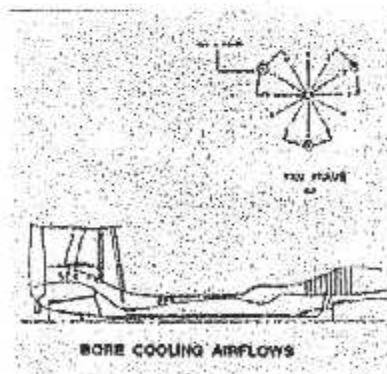


Fig.II-5-6 Vannes de refroidissement

▪ **Le circuit d'engagement et de désengagement :**

Il reçoit les informations suivantes pour connaître quand l'avion est en configuration croisière :

- La température totale de l'air (T.A.T).
- La vitesse de rotation de l'attelage basse pression N1.
- La pression ambiante (P0).
- La configuration est définie comme suit :
- (N1) \geq 86 %
- (P0) < 7.95 PSI (approximativement 17000 pieds d'altitude).

▪ **Le calculateur de température :**

Il reçoit les informations suivantes afin de calculer la température moteur :

- La pression ambiante (P0).
- La température à l'entrée haute pression (T2.5).
- La température à la sortie du compresseur haute pression (T3).
- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression (N2).

▪ **Le décodeur de position des vannes de refroidissement :**

Il reçoit la température moteur calculée par le calculateur de température moteur puis envoie un signal de commande pour fermer soit une vanne de refroidissement soit deux ou soit les trois vannes de refroidissement selon la température moteur.

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) contrôle les trois vannes de refroidissement individuellement.

Quand la température moteur est élevée l'unité de contrôle moteur (EEC) ouvre une, deux ou les trois vannes de refroidissement, pour permettre à l'air de décharge du compresseur basse pression de refroidir le moteur.

Il peut positionner les vannes de refroidissement dans quatre (04) configurations :

- Toutes ouvertes.
- Une ouverte.
- Deux ouvertes.
- Toutes fermées.

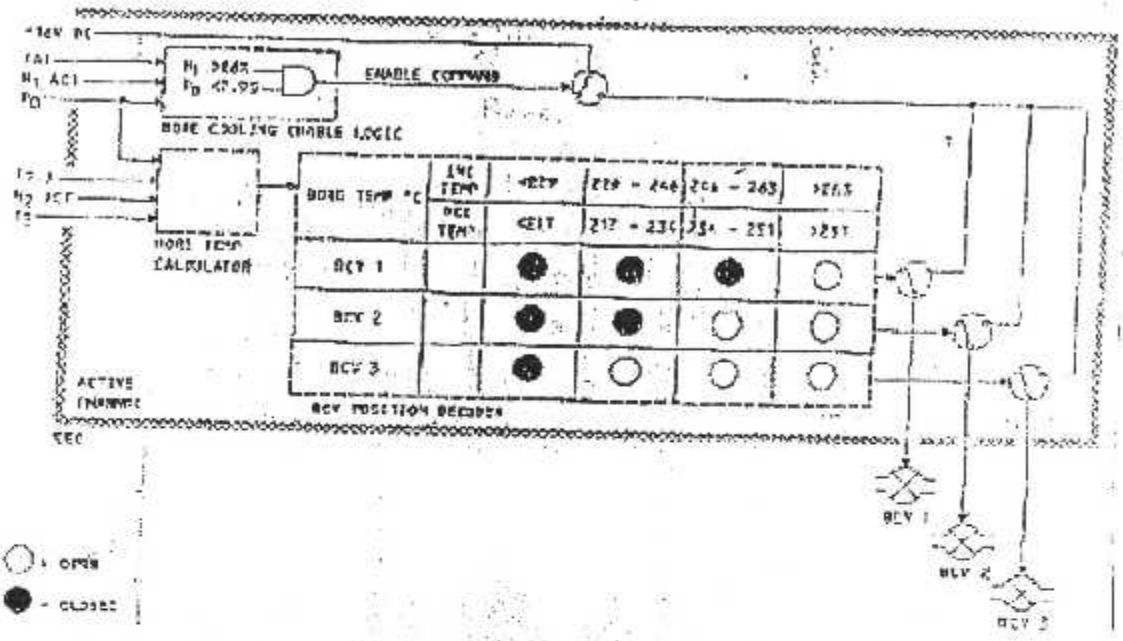


Fig.II-5-7
 Contrôle des vannes de refroidissement BCV

Le programme des vannes de refroidissement est en fonction de la température moteur calculée par le calculateur de température.
 L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) ferme les vannes de refroidissement quand :

- La vitesse de rotation de l'attelage basse pression (N1) $\geq 86\%$.
- La pression ambiante (P_0) < 7.95 PSI (approximativement 17000pieds d'altitude).
- L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) ouvre les vannes de refroidissement quand une des deux conditions suivantes existent :
- La vitesse de rotation de l'attelage basse pression (N1) chute à 85%.
- La pression ambiante (P_0) augmente à 8.20 PSI.
- L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) commande les vannes de refroidissement à travers le solénoïde.
- 16volts ferment les vannes de refroidissement.
- 0 volt ouvrent les vannes de refroidissement.
- Les vannes de refroidissement (BORE COOLING VALVE) sont conçues de façon quand cas de panne, elles tombent en position ouvertes (fail-safe open).

II-5-2-3 Description et fonctionnement des vannes de refroidissement du 11ème étage :

Les vannes de refroidissement du 11ème étage refroidissent les ailettes statoriques du 2ème étage turbine haute pression aux régimes élevés et aux basses altitudes dans le but d'augmenter la durée de vie du réacteur.

Elles sont fermées au bas régime et aux hautes altitudes pour augmenter la consommation spécifique carburant.

Elles s'ouvrent et se ferment simultanément, elles sont au nombre de deux (02) et sont montées sur le carter turbine haute pression en position 3h et 9h. Ce sont des vannes à deux positions :

- Position ouverte.
- Position fermée.

Elles sont actionnées pneumatiquement. Chaque vanne comprend :

- Deux (02) prises électroniques. Une prise électronique est connectée au canal A de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC), l'autre prise est connectée au canal B de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).
- Un switch de position. Il indique la position de la vanne (ouverte / fermée) à l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).
- Le logiciel de la vanne de refroidissement du 11ème étage comprend :
- Un sélecteur de position :

Il reçoit les informations suivantes :

- La température totale de l'air (T.A.T).
- La vitesse de rotation de l'attelage basse pression N1 réelle.
- La pression ambiante (PO).

Pour détecter quand l'avion est en configuration croisière. Il reçoit aussi la température des gaz d'échappement T4.9 (EGT) et envoie un signal pour fermer la vanne de refroidissement du 11ème étage.

La vanne de refroidissement du 11ème étage est fermée quand les conditions suivantes sont réunies :

- La vitesse de rotation de l'attelage basse pression ($N1 > 86\%$).
- La pression ambiante (PO) < 7.95 PSI (approximativement 17000 pieds d'altitude).
- La température des gaz d'échappement $EGT < 699^\circ\text{C}$.

II-5-2-3 REFFROIDISSEMENT DU MOTEUR ET DE CES ACCESSOIRES :

Description et fonctionnement de la vanne de refroidissement du moteur et de ces accessoires :

Le système de refroidissement du moteur et de ces accessoires utilise de l'air en provenance du FAN. Le débit d'air de refroidissement du moteur et de ces accessoires sont régulés par une vanne de refroidissement BORE COOLING VALVE (CCCV).

La vanne de refroidissement du moteur et de ces accessoires est de type papillon. Elle est montée sur le carter du 4ème étage compresseur haute pression en position 10 h.

La vanne de refroidissement moteur et de ces accessoires (CCCV) est ouverte au sol et a basse altitude pour permettre un maximum de refroidissement. Elle est fermée en croisière et en haute altitude.

A haute altitude et en vol de croisière l'air ambiant passe a travers des ouvertures dans les capotages permettant le refroidissement par convection du moteur et de ces accessoires. Ce système de refroidissement permet :

- Augmente la durée de vie du moteur et de ces accessoires.
- Augmente la durée vie de la nacelle.
- Améliore la consommation spécifique.

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

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

La vanne de refroidissement se ferme par l'unité de contrôle moteur (EEC) via le solénoïde de la vanne de refroidissement du 11^{ème} étage.

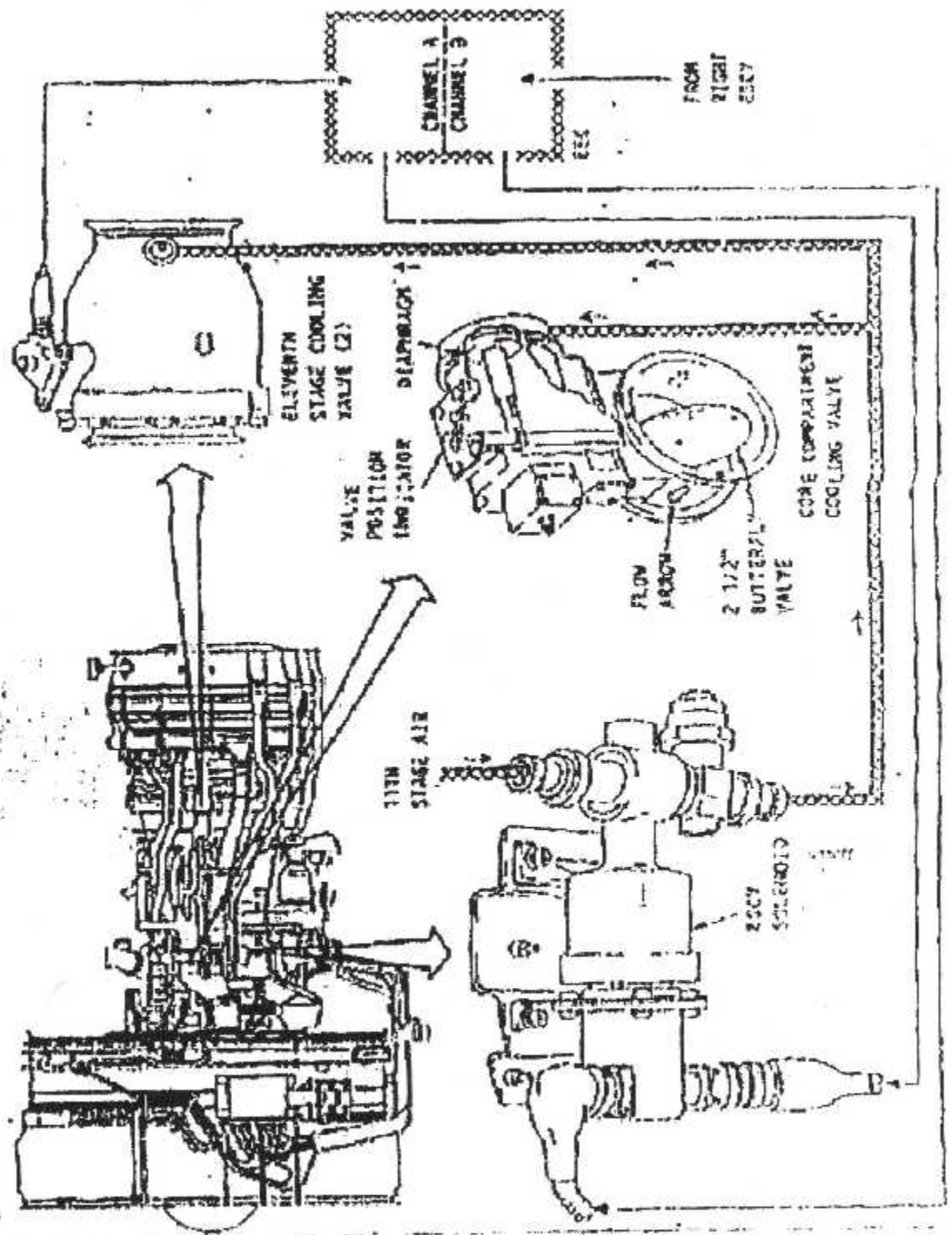


Fig. II-5-8 Contrôle des vannes de refroidissement ESCV CCCV

CONDITIONS D'OUVERTURES ET DE FERMETURE DE LA VANNE DE REFROIDISSEMENT MOTEUR ET DE CES ACCESSOIRES :

La vanne se ferme dans les conditions suivantes :

- La vitesse de rotation de L'ATTELAGE basse pression (N1) $\geq 86\%$
- La pression ambiante (Po) < 7.95 PSI (approximativement 17000 pieds d'altitude configuration croisière).
- La température des gaz d'échappement (EGT) < 699 °c.
- Le taux d'accélération du moteur < 70 RPM.
- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression (N2) commandée ne doit pas dépasser 5 % de la valeur (N2) réel.

LA VANNE S'OUVRE LORSQU'UNE DES CONDITIONS EXISTENT :

- La vitesse de rotation de L'ATTELAGE BASSE PRESSION (N1) CHUTE A 85%.
- LA PRESSION AMBIANTE (Po) AUGMENTE A 8.2 PSI.
- La température des gaz d'échappement (EGT) augmente a 704.4°c.
- Le taux d'accélération $70 \leq N2 < 150$ RPM pour une période supérieur a 1.2 seconde, ou $N2 \geq 150$ RPM.
- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression (N2) commandée dépasse de 5 % la valeur de (N2) réel.

II-5-3 refroidissement de la chambre de combustion :

La chambre de combustion est de type annulaire, elle comprend :

- Trente (30) injecteurs carburant.
- Deux (02) allumeurs à haute pression.
- Des aubes de turbulences dans le but est de favoriser le mélange air/carburant afin d'avoir une combustion idéale.
- D'orifices de refroidissement de différentes tailles permettant ainsi à l'air de refroidissement de refroidir la chambre de combustion.
- Cinq (05) points de boroscope en positions 1h30, 5h30, 7h00, 9h30, 10h30.

La chambre de combustion est refroidie par de l'air de décharge du 14ème étage compresseur haute pression.

II-5-4 Dispositif actif de contrôle jeux de turbine haute pression et basse pression :

Description :

Le circuit de refroidissement du carter turbine utilise deux collecteur séparés pour refroidir les carters haute pression et basse pression.

Le refroidissement des carters turbine est assuré par une distribution annulaire ordonné de tubulures percées uniformément ; appelées rampe de distribution.

Celle-ci décharge l'air du fan sur la surface des carters turbine haute pression et base pression par des injections d'air frais. Les flux de refroidissement réduit le jeu radial entre rotor et stator et augmente l'efficacité de la turbine.

L'air en provenance de fan pour chaque collecteur est contrôlé par des vannes de refroidissement indiquées :

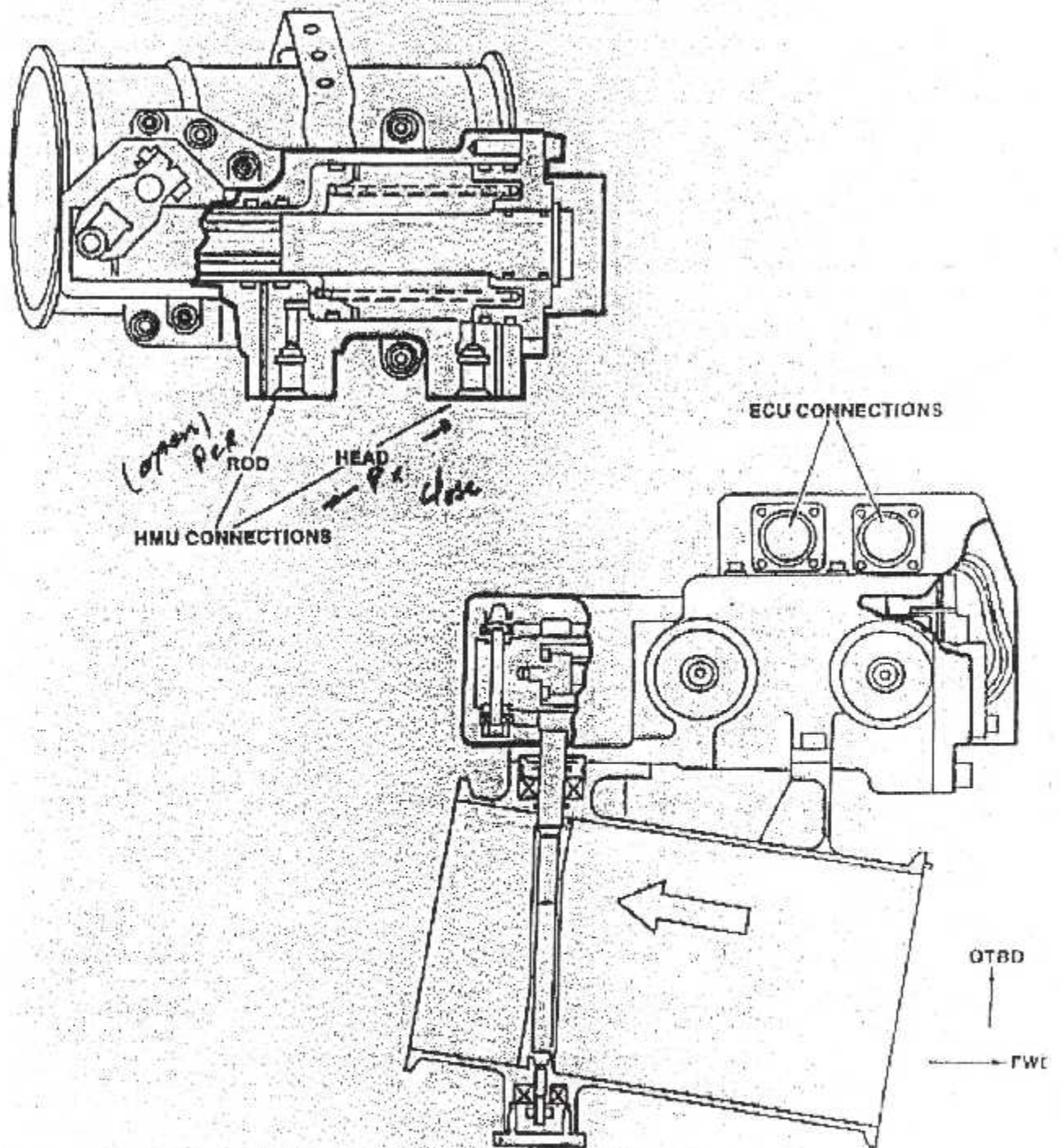
- La vanne de refroidissement du carter turbine haute pression ; elle est localisée sur le côté droit du moteur en position 1h.
- La vanne de refroidissement du carter turbine basse pression elle est localisée sur le côté gauche du moteur en position 8h près de la chambre de combustion.

Les vannes de refroidissement des carters turbine haute pression et basse pression sont type papillon, actionnées par vérin hydraulique.

La modulation de vanne de refroidissement est commandée par du carburant sous pression en provenance du régulateur principal carburant (HMU) à travers l'électrohydraulique servovanne (EHSV).

La vanne de refroidissement du carter turbine comprend :

- Deux (02) transducteurs linéaires de déplacement variable (linear variable displacement transducer =LVDT) qui envoient un signal de position de la vanne vers l'unité électronique de contrôle moteur (EEC). Chaque LDVT est équipé d'une prise électronique.
- Un LDVT est excité et lu par le canal A du EEC, l'autre est excité et lu par le canal B du EEC.
- Une flèche sur le corps de la vanne qui indique le sens de l'écoulement facilitant ainsi son installation.



LPTACC/HPTACC VALVE ASSEMBLY

Fig.II-5-9 Vanne de refroidissement carter turbine haute et basse pression

Fonctionnement :

Le refroidissement du carter turbine haute pression est contrôlé par le canal actif de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC), l'électro-hydraulique servovanne (EHSV) le régulateur principal carburant (HMU) et la vanne de refroidissement du carter turbine haute pression.

Le refroidissement carter turbine basse pression est contrôlé par le canal actif de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC), l'électrohydraulique servovanne (EHSV) du régulateur principal carburant (HMU) et la vanne de refroidissement du carter turbine basse pression.

Le logiciel de composants de contrôle actif du jeu de turbines dans l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) 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 détermine que le jeu entre le carter turbine et les ailettes sont incorrectes.

Pour faire ces calculs le calculateur dimensionnel utilise plusieurs paramètres :

- Les températures (TAT ; T2.5 ; T3 ; T4.9).
- Les pressions (pression ambiante et la pression totale).
- Les vitesses (N1 réel et N2 réel).
- Les calculateurs de commande reçoivent les signaux de la valeur de l'erreur et les convertissent en signaux de commande de la position de la vanne de refroidissement.
- Le signal de commande de la position de la vanne de refroidissement est donnée en pourcentage :
- 0% la vanne de refroidissement est complètement fermée.
- 100% la vanne de refroidissement est complètement ouverte.

Les calculateurs de demande utilisent les signaux de retour l'asservissement pour déterminer erreur entre la commande de la position de la vanne de refroidissement et la valeur de l'erreur.

Les signaux de la valeur de l'erreur sont envoyés au drivers (vérin de commande de la vanne de refroidissement) qui convertissent les signaux électriques vont à l'électrohydraulique servovanne (courant continu).

Ces signaux électriques vont à l'électrohydraulique servovanne du régulateur principal carburant (HMU) pour contrôler les positions des vannes de refroidissement des carters de turbine haute pression et basse pression.

II-5-5 Refroidissement des bougies :

Les deux boites d'allumage sont fixées sur le côté droit du carter fan en position 3h.

Elles sont identiques et utilisent du courant 115VAC / 400Hz. Elles débitent une décharge par seconde sous une tension d'amorçage de 14 à 18000 volts et libèrent une énergie d'environ 1.5 joules

La boîte supérieure du circuit 1 alimente l'allumeur monte en position 5h.
 La boîte inférieure du circuit 2 alimente l'allumeur monté en position 3h30.
 Les câblages sous haute tension relient les boîtes aux allumeurs ils cheminent le long du carter du fan et du carter compresseur haute pression, durant leur parcours en zone chaude, au voisinage du carter compresseur haute pression d'une tuyauterie située en amont de la vanne de turbine basse pression du contrôle actif du jeu.
 Les allumeurs comportent une électrode centrale en tungstène isolée par une bague en céramique.

II-5-6 Refroidissement de l'huile de l'alternateur (IDG) :

Chaque alternateur est entraîné par l'attelage haute pression. il se compose de deux éléments principaux :

- L'alternateur qui doit tourner à vitesse constante pour alimenter le réseau de distribution à une fréquence fixe.
- L'entraînement de l'alternateur qui permet de maintenir cette vitesse constante pour tous les niveaux normaux de régime moteur, grâce à un régulateur hydromécanique.

L'alternateur pèse environ 60Kg.

L'ensemble est refroidi et lubrifié par un circuit d'huile indépendant.

L'huile drainée du carter de l'alternateur est refoulée par un ensemble de deux pompes de type à palettes. Cette huile passe à travers d'un filtre pour être envoyée vers le circuit de refroidissement avant de revenir vers l'alternateur.

Le circuit de refroidissement est composé de deux échangeurs montés en série :

- Un échangeur air/huile.
- Un échangeur carburant/huile.

L'échangeur à air prélève l'air de refroidissement dans le compartiment du fan par l'intermédiaire d'une vanne électropneumatique d'admission ; cet air est rejeté ensuite à l'extérieur. La vanne d'admission est commandée par le boîtier électronique de l'alternateur (GCU).

L'échangeur carburant refroidit en permanence l'huile de l'alternateur par échangeur thermique avec le carburant.

Les principaux paramètres de l'alternateur (température, entrée, sortie, baisse de pression d'huile, vitesse d'entraînement) sont surveillés par le boîtier électronique (GCU) qui commande la vanne d'admission d'air de l'échangeur thermique air/huile.

L'échangeur thermique air/huile ne fonctionne pas en permanence et ne sert que d'appoint au circuit de refroidissement dans ces conditions particulières de fonctionnement.

la vanne électropneumatique d'admission d'air est commandée en fonction de la températures d'entrée d'huile de l'alternateur et s'ouvre lorsque celle-ci atteint 127°C.

L'énergie utilisée pour ouvrir cette vanne est prélevée au 11ème étage compresseur haute pression.

La vanne se ferme lorsque la température a été ramenée au-dessous de 104°C.

II-5-7 Refroidissement de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) :

Le container de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) est installé sur le carter du fan en position 8h30. un circuit de ventilation assure son refroidissement, il est refroidit par convection nacelle.

II-5-8 Refroidissement de la nacelle :

La nacelle réacteur comprend trois compartiments principaux :

- Entrée d'air.
- Compartiment fan et accessoires.
- Compartiment réacteur.

Chaque compartiment est isolé par des cloisons. Seuls les compartiments de l'an et accessoires ainsi que le compartiment réacteur comportent une circulation d'air forcée.

**II-5-9 Refroidissement et pressurisation des puisards :
Pressurisation et principes des dispositifs d'étanchéité :**

Les différents roulements de paliers, prises de mouvement, organes d'entraînement d'accessoires, sont enfermés dans des enceintes appelées puisards, dont l'étanchéité est assurée par des joints pressurisés. Pour assurer la pressurisation, les puisards sont entourés d'une ou plusieurs zones sous pressions d'air, alimentées par les compresseurs. Entre le puisard et la zone pressurisée, les dispositifs d'étanchéité comportent un joint constitué d'une partie rotative et d'une partie statique. Sur la partie rotative des petites alvéoles en forme d'écope projettent l'huile par centrifugation vers la partie statique. Sur la partie statique ; une rainure hélicoïdale ramène l'huile vers l'intérieur du boîtier. Le joint est double d'un joints labyrinthe classique, la pression de la zone pressurisée est fonction du régime réacteur, elle est supérieure à celle du puisard.

Le débit au travers les joints, si faible soit-il, ne peut s'établir que vers l'intérieur du puisard. Il évite ainsi toute possibilité de fuite d'huile vers l'extérieur. Entre la zone pressurisée et l'extérieur, il existe aussi un joint labyrinthe classique.

La zone pressurisée comporte un drain en communication avec l'extérieur ; elle est traversée par un léger flux de pressurisation, son but est d'acheminer vers l'extérieur toute trace éventuelle d'huile.

Différents puisards :

Puisard A : il comprend :

- La zone des roulements n° 1B,2R,3R et la prise de mouvement.
- La boîte de transfert.

- Le boîtier des accessoires.

Le puisards A ne comporte qu'une seule zone pressurisée. Il reçoit la pression du 4^{ème} étage compresseur basse pression.

Puisard B/C : il comprend :

- La zone des roulements n° 4R, 5R, 6R.
- Le puisard B/C est pressurisé par de l'air en provenance du 14^{ème} étage compresseur haute pression.

Puisard D : il comprend :

- La zone du roulement n°6.
Son joint avant air/huile est entouré par l'échappement de l'air de pressurisation en provenance du compresseur basse pression.

Refroidissement par carburant :

Le circuit de carburant du réacteur CF-80-C2 DEC assure :

Le refroidissement de l'huile réacteur.

Le refroidissement de l'huile de l'alternateur.

Grâce aux échangeurs thermiques. Deux pour le refroidissement de l'huile du réacteur (échangeur thermique principal et le servo fuel heater), le troisième (échangeur thermique secondaire) pour le refroidissement de l'huile de l'alternateur.

II-5-1 Le refroidissement de l'huile de réacteur :

II-5-1-1 Echangeur thermique principal :

Le débit important du circuit de récupération d'huile engendre le principal apport de chaleur vers le circuit carburant. L'échangeur principal de carburant réalise donc le réchauffage du carburant afin d'éviter son givrage et diminuer la température d'huile réacteur dans tous les cas de fonctionnement.

Après son passage dans l'échangeur thermique principal l'huile retourne dans les réservoirs.

Dans l'échangeur thermique le carburant passe dans des tubes métalliques tandis que l'huile passe entre les tubes métalliques.

L'échangeur thermique principal est équipé d'un clapet by-pass taré à 85-100 PSI.

Ce clapet by-pass fonctionne lors d'un démarrage froid, la viscosité élevée de l'huile entraîne une perte de charge sur le débit d'huile lors de son passage dans l'échangeur thermique principal.

Lorsque la perte de charge 85-100 PSI, le clapet by-pass s'ouvre et permet le passage direct de l'huile vers le réservoir sans passer dans l'échangeur.

Le débit maximum de carburant admissible est 27000 PPH.

II-5-1-2 Servo fuel heater :

Le servo fuel heater réalise le réchauffage du carburant avant l'entrée du régulateur principal carburant (HMU) afin d'éviter son givrage pour le bon fonctionnement de ce dernier et diminue la température d'huile de graissage moteur dans tous les cas de fonctionnement.

Le servo fuel heater est équipé d'un clapet de surpression taré à 60 PSI.

II-5-2 le refroidissement de l'huile de l'alternateur : **l'échangeur thermique secondaire :**

Cet échangeur thermique secondaire à pour le but de refroidir en permanence l'huile de circuit de l'alternateur moteur.

Il est monté en arrière, coté gauche du boîtier des accessoires. C'est donc le carburant dosé qui apporte un abaissement de température à l'huile de l'alternateur. Le débit maximum de carburant admissible est de 26500 PPH.

II-5-1 Système de refroidissement du réacteur CFM 56-7B :

Le réacteur CFM56-7B est refroidit par de

- L'air.
- Carburant.

a. refroidissement par air :

le circuit d'air du réacteur CFM 56-7b assure :

- 1- Le refroidissement de la chambre de combustion.
- 2- Le refroidissement des ailettes turbine haute pression.
- 3- Le refroidissement des ailettes turbine basse pression.
- 4- Le refroidissement du carter turbine haute pression
- 5- Le refroidissement du carter turbine basse pression.
- 6- Le refroidissement des bougies d'allumage.
- 7- Le refroidissement de l'huile de l'alternateur (IDG).
- 8- La ventilation de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).
- 9- Le refroidissement et la pressurisation des puisards.

II-5-1 Refroidissement de la chambre de combustion :

Le réacteur CFM 56-7b est équipé d'une chambre de combustion annulaire cette chambre de combustion est équipée de vingt (20) injecteurs et de deux (02) allumeurs.

Afin d'augmenter la durée de vie de la chambre de combustion, cette dernière est refroidie par de l'air en provenance du 9ème étage compresseur haute pression.

II-5-2 Refroidissement des ailettes turbine haute pression :

Afin d'éviter les contraintes thermiques des ailettes turbine haute pression, ces dernière sont refroidies par de l'air en provenance du compresseur.

De l'air pénétré dans l'ailette, circule à l'intérieure et s'échappe par le bord de fuite.

II-5-3 Refroidissement des ailettes turbine basse pression :

Les ailettes turbine basse pression sont refroidies dans le but d'éviter les contraintes thermiques et augmenter la durée de vie de cette dernière.

De l'air de refroidissement provient du compresseur pénètre à l'intérieur, circule et s'échappe par le bord de fuite

II-5-4 Refroidissement carter turbine haute pression :
but :

le but de refroidissement du carter turbine haute pression du réacteur CFM56-7B est de réduire le jeu le rotor et la carter afin de :

- Forcer tout les gaz sortant de la chambre de combustion à subir la transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique.
- Augmenter la poussé moteur.
- Améliorer la consommation carburant.

Le refroidissement du carter turbine haute pression est assurer par :

- Une vanne de refroidissement.
- Un dispositif de refroidissement.

II-5-4-1 Description de la vanne de refroidissement carter turbine haute pression :

La vanne de refroidissement du carter turbine haute pression est localisée sur le côté droit du compresseur haute pression position 9h. C'est une vanne électrohydraulique modulante type papillon elle comprend :

- Une (01) vanne du 9ème étage compresseur haute pression.
- Une (01) vanne du 4ème étage compresseur haute pression.
- Un (01) vérin de commande de la vanne du 9ème étage compresseur HP
- Un (01) vérin de commande de la vanne du 4ème étage compresseur HP
- Deux (02) transducteurs linéaires à déplacement variable.
- Deux (02) prises électriques.
- Une (01) tuyauterie carburant.
- Une (01) tuyauterie d'air.
- Une (01) tuyauterie circulaire percée.

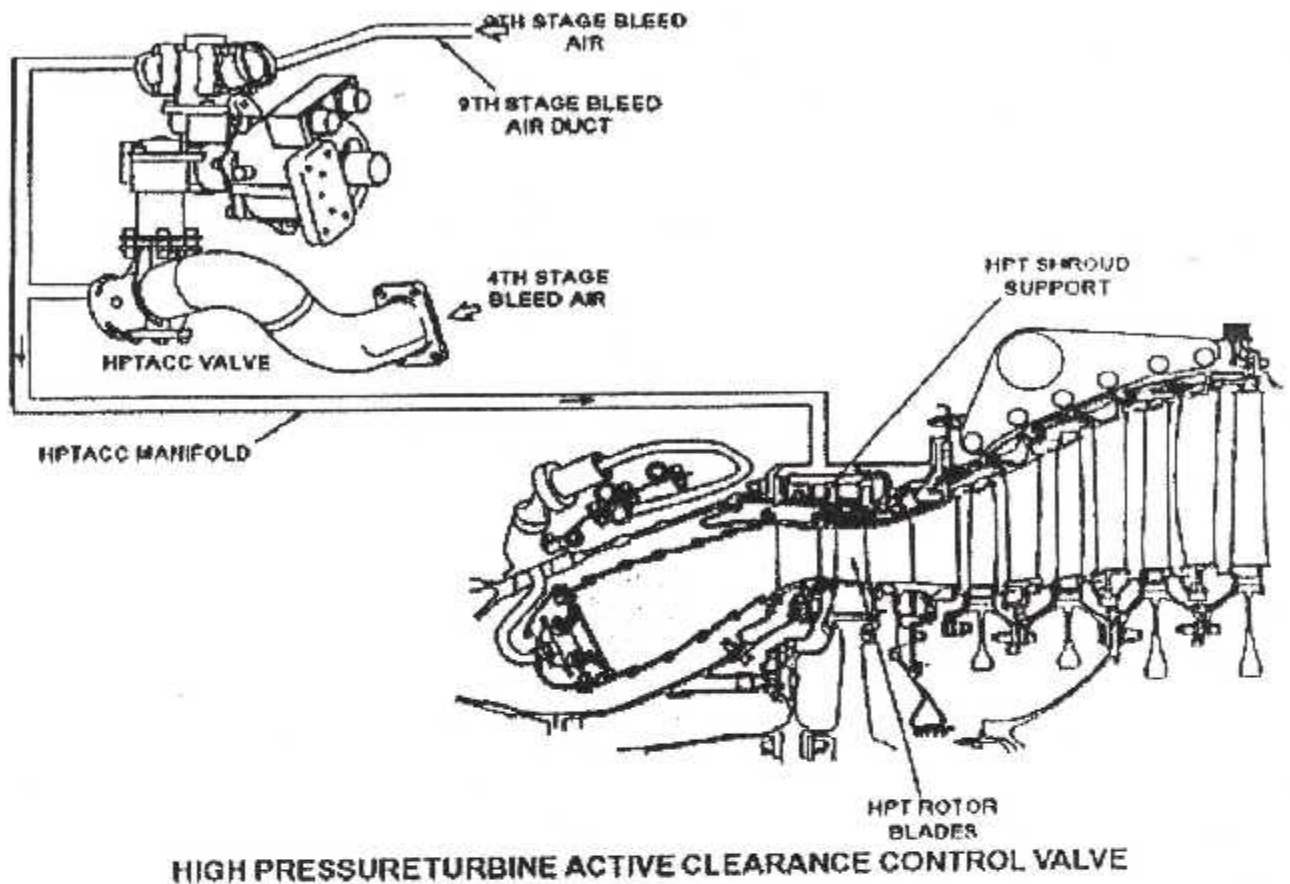


Fig.II-5-10
 Contrôle actif du jeu turbine haute pression

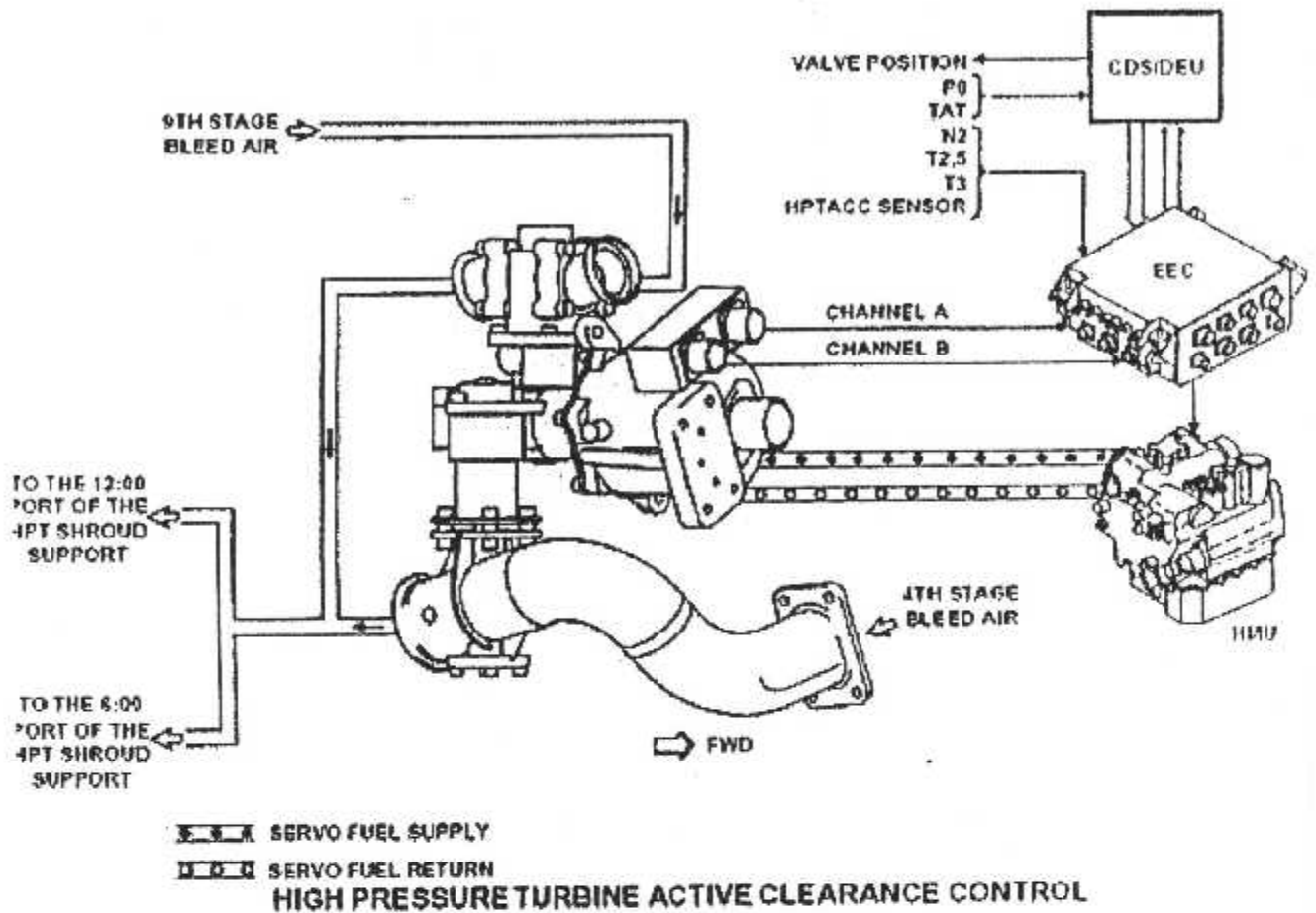


Fig.II-5-11
Contrôle actif du jeu turbine haute pression

II-5-4-2 Fonctionnement de la vanne de refroidissement HPTACC:

La vanne de refroidissement du carter turbine haute pression est commandée par l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) via une électrohydraulique servovanne qui se trouve dans le régulateur principal carburant (HMU).

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) reçoit les informations suivantes pour la commande et le contrôle de la vanne de refroidissement du carter turbine haute pression :

- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression (N2).
- La température à l'entrée du compresseur haute pression (T2.5).
- La température T3.
- La température du carter turbine haute pression (TCC).
- Température totale de l'air (TAT).
- Pression ambiante (Po).

En fonction de toutes ces informations, l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) envoie un signal électronique à l'électrohydraulique servovanne, le régulateur principal

carburant (HMU) envoi de la pression carburant proportionnelle, au signal électronique en provenance de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) pour déplacer le vérin de la vanne de refroidissement du carter turbine haute pression, de l'air (soit du 4^{ème} étage ou du 9^{ème} étage ou du 4^{ème} et 9^{ème} étage compresseur haute pression) est envoyé vers la tuyauterie d'air puis, vers la tuyauterie d'air circulaire percée pour se décharger, sur la carter turbine haute pression. Les transducteurs linéaires à déplacement variable (LVDT) envoient le signal de position de la vanne de refroidissement du carter turbine haute pression, aux canal A et canal B de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC). L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) commande la vanne de refroidissement carter turbine haute pression des cinq (5) modes :

- **Démarrage moteur en temps froid :**

Quand la température extérieure est basse l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) refroidit le carter turbine haute pression selon le programme suivant :

- Initialement c'est l'air du 4^{ème} étage compresseur haute pression, ensuite c'est le mélange d'air du 4^{ème} et 9^{ème} étage compresseur haute pression et enfin c'est de l'air 9^{ème} étage compresseur haute pression.

- **Démarrage moteur en temps chaud :**

Quand la température extérieure est élevée l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) refroidit le carter turbine haute pression selon le programme suivant :

- C'est de l'air 9^{ème} étage compresseur leur pression.

- **Décollage et montée :**

Lors de la phase de décollage et de montée l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) refroidit le carter turbine haute pression selon le programme suivant :

- De l'air du 4^{ème} étage compresseur haute pression.
- De l'air du 4^{ème} étage et de l'air 9^{ème} étage compresseur haute pression.

- **Croisière :**

En croisière l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) refroidit le carter turbine haute pression par de l'air du 4^{ème} étage compresseur haute pression.

- **Décente :**

Lors de la descente l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) refroidit le carter turbine haute pression par de l'air du 9^{ème} étage compresseur haute pression.

II-5-5 Refroidissement carter turbine basse pression :

Le but du refroidissement du carter turbine basse pression du réacteur CFM56-7B est de réduire le jeu entre le rotor et le carter afin de :

1. Forcer tout les gaz sortants de la chambre de combustion à subir la transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique.
2. D'augmenter la poussée moteur.
3. Améliorer la consommation carburant.

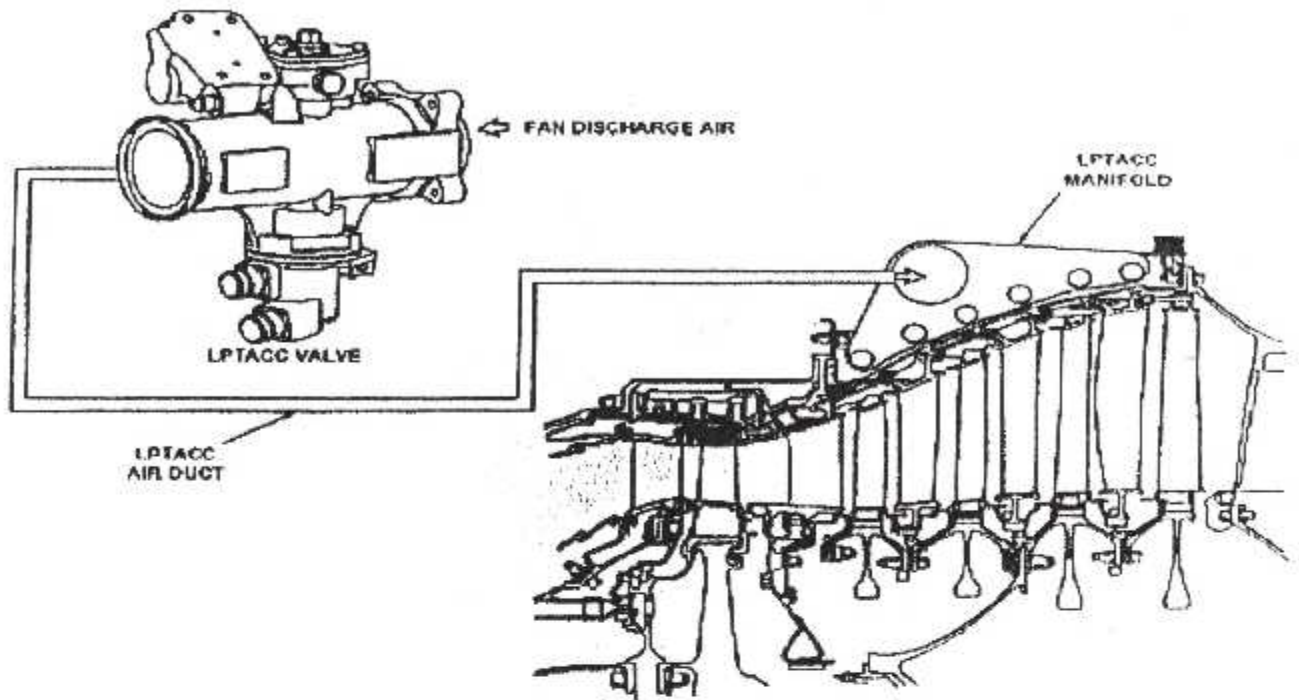
Le refroidissement du carter turbine basse pression est assuré par :

- Une (01) vanne de refroidissement.
- Un (01) dispositif de refroidissement.

II-5-5-1 Description de la vanne de refroidissement :

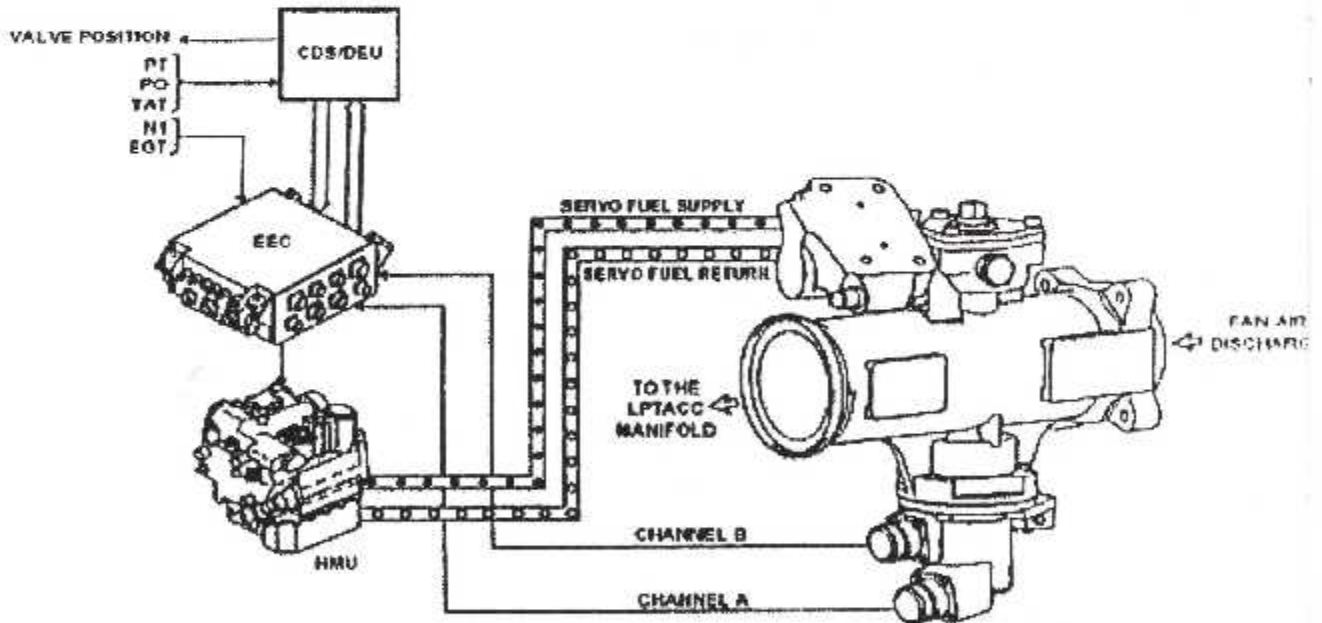
La vanne de refroidissement du carter turbine basse pression est localisée par le côté droit du moteur en position 4h. C'est une vanne électrohydraulique, modulante type papillon elle comprend :

- Une (01) vanne.
- Un (01) vérin.
- Deux (02) transducteurs rotatifs à déplacement variable.
- Deux (02) prises électriques.
- Une (01) tuyauterie carburant.
- Une (01) tuyauterie d'air.
- Une (01) tuyauterie d'air circulaire.



LPT ACTIVE CLEARANCE CONTROL

Fig5-6-1 Contrôle actif du jeu turbine basse pression



LPT ACTIVE CLEARANCE CONTROL VALVE

Fig5-6-2 Contrôle actif du jeu turbine basse pression

II-5-5-2 Fonctionnement de la vanne de refroidissement LPTACC:

La vanne de refroidissement carter turbine basse pression est commandée par l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) via une électrohydraulique servovanne qui se trouve dans le régulateur principal carburant (HMU).

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) reçoit les informations suivantes pour la commande et le contrôle de la vanne de refroidissement carter turbine basse pression :

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

En fonction de toutes ces informations l'unité électronique de contrôle moteur envoie un signal électrique à l'électrohydraulique servovanne le régulateur principal carburant (HMU) envoi de la pression carburant proportionnelle au signal en provenance de l'unité électronique de contrôle turbine basse pression, de l'air ambiant passe à travers le conduit d'air ensuite la tuyauterie percée pour se décharger sur le carter turbine basse pression. Les transducteurs rotatifs à déplacement variable envoient le signal de position de la vanne de refroidissement carter basse pression aux canal A et canal B de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).

II-5-6 Refroidissement des bougies :

Le réacteur CFM56-7B est équipé de deux (02) bougies localisées dans la chambre de combustion en position 4h et position 8h.

Afin d'éviter la détérioration des bougies, ces dernières sont refroidies par de l'air ambiant.

Ce refroidissement permet d'augmenter la durée de vie des allumeurs.

II-5-7 Refroidissement de l'huile de l'alternateur :

- But :

L'huile de graissage de l'alternateur doit être refroidie afin d'éviter tout surchauffe et pouvoir maintenir l'alternateur en fonctionnement.

- l'échangeur air/ huile de l'alternateur IDG:

Le refroidissement de l'huile est réalisé par un échangeur air/ huile.

L'échangeur air/huile de l'alternateur est localisé sur le carter fan en position 6.30h.

L'air ambiant passe à travers l'échangeur air/ huile pour refroidir l'huile de l'alternateur.

Le transfert de chaleur convection forcée.

II-6-8 Ventilation de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) :

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) est localisé sur le carter fan en position 2h. Il fixé par quatre (04) points d'attache, chaque point d'attache est muni d'un amortisseur de vibration.

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) est refroidit par de l'air ambiant. L'air de refroidissement de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) passe à travers une prise dynamique située sur le côté droit de l'entrée d'air.

II-5-5 Refroidissement et pressurisation des puisards :

Le réacteur CFM56-7B comporte les puisards suivants :

- Puisards avant : le puisard avant comporte quatre (04) roulements.
- Puisards arrière : le puisards arrière comporte deux (02) roulements.

Les puisards avant, arrière, le boîtier de transmission et la boîte d'entraînement des accessoires sont pressurisés par de l'air en provenance du compresseur basse pression.

L'air de refroidissement est ensuite évacué à l'extérieur grâce au système de mise à l'air libre.

b. Refroidissement par carburant :

Le réacteur CFM56-7B utilise le carburant pour le refroidissement de :

- L'huile de graissage moteur.
- L'huile de graissage de l'alternateur.

II-5-1 Refroidissement de l'huile de graissage moteur :

Il est impératif de refroidir l'huile moteur pour que cette dernière puisse assurer les fonctions de graissage et de refroidissement.

L'huile de graissage est refroidie par le carburant. Ce système de refroidissement est réalisé par un échangeur l'huile/ carburant :

L'échangeur huile/ carburant est localisé sur le côté droit moteur en position 8h.

Le carburant pour le refroidissement de l'huile provient de la pompe carburant 1ère étage passe à travers l'échangeur refroidir l'huile, une fois le transfert de chaleur effectué le carburant repart vers la pompe carburant 2ème étage.

L'échangeur huile/carburant est équipé de deux by passe :

- By passe huile.
- By passe carburant.

II-5-2 Refroidissement de l'huile de graissage alternateur :

L'huile de graissage de l'alternateur est refroidie par le carburant.

Le transfert de chaleur s'effectue dans l'échangeur huile/Carburant de l'alternateur.

L'échangeur huile/ carburant est localisé sur le carter fan en position 7h.

Le carburant de refroidissement de l'huile de l'alternateur provient de la pompe carburant 1^{er} étage passe à travers l'échangeur refroidit l'huile, une fois le transfert

chaleur effectuée le carburant repart vers l'échangeur huile/carburant moteur et ensuite vers le 2^{ème} étage pompe carburant.

COMMENTAIRES :

Nous pouvons tirer les conclusions suivantes sur le système de refroidissement :

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC ce dernier utilise :

- 1- Une vanne de refroidissement du carter turbine haute pression.
- 2- Une vanne de refroidissement du carter turbine basse pression.
- 3- Trois vannes (BCV) pour le refroidissement interne du moteur et le contrôle du débit parasite.
- 4- Deux vannes de refroidissement du 11^{ème} étage pour le refroidissement des ailettes statoriques de la turbine basse pression.
- 5- Une vanne de refroidissement du core (carter compresseur + carter chambre de combustion.

L'air de refroidissement utilisé est de l'air ambiant . L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) utilise les données suivantes :

- TAT, T25, T3, T49, N1, N2 pour le refroidissement carter turbine haute pression.
- TAT, T25, T3, T49, N1, N2, P0, PT.

Le système de refroidissement du CF6-80 C2 FADEC a la particularité de contrôler le flux d'air parasite, le flux d'air parasite sert au refroidissement interne du moteur, ce refroidissement est possible que l'avion est :

- Vitesse élevée
- Altitude inférieure à 17000 pieds (5200 mètres)

Ce contrôle offre les avantages suivants :

- Amélioration de la poussée.
- Economie de carburant.

Pour le réacteur CFM56-7B ce dernier utilise :

- 1- Une vanne de refroidissement carter turbine haute pression qui utilise de l'air de refroidissement à partir 4^{ème} et 9^{ème} étage compresseur haute pression.
- 2- Une vanne de refroidissement carter turbine basse pression qui utilise de l'air ambiant.

L'unité électronique de contrôle moteur utilise les données suivantes :

- N2, T25, T3, TAT, TCC, P0 pour le refroidissement carter turbine haute pression.
- N1, EGT, PT, TAT pour le refroidissement carter turbine basse pression.

Nous remarquerons que concernant le refroidissement carter turbine haute pression l'EEC du CFM56-7B utilise un thermocouple (TCC) localisé sur le carter turbine haute pression par contre pour le CF6-80 C2 FADEC on utilise l'EGT comme référence de refroidissement or les thermocouples EGT sont localisés à la sortie de la turbine haute pression entrée turbine basse pression donc le TCC est plus précis concernant la température carter turbine haute pression.

CHAPITRE III

SYSTEME D'INDICATION ET MAINTENANCE DES
REACTEURS CF6-80-C2 FADEC ET CFM56-7B

SYSTEME D'INDICATION

III-1. SYSTEME D'INDICATION :

Le système d'indication moteur permet de surveiller les paramètres moteurs lors de son fonctionnement.

III-1-1 Type de système utilisé sur les deux réacteurs :

III-1-1-1 système EICAS :

Sur le réacteur CF6-80 C2 FADEC :

Le système d'indication et de surveillance moteur est effectué à partir du système d'indication moteur et alarme équipage (EICAS).

Le système EICAS comprend :

- Deux (02) tubes cathodiques multicolores (écran supérieur et écran inférieur).
- Deux (02) microprocesseurs (calculateur gauche et calculateur droit).
- Deux (02) panneaux de commande.
- Deux (02) modules de permutation.
- Deux (02) switch (Cancel/Recall).
- Deux (02) avertisseurs de défauts.
- Deux (02) avertisseurs feu

Le système EICAS reçoit plus de quatre cents (400) informations permettant le suivi de tous les systèmes de l'avion BOEING 767-300. Il permet de centraliser toutes les données de l'avion sur les écrans supérieur et inférieur.

Les paramètres primaires moteur (N1, EGT) et les messages d'alarmes sont affichés sur l'écran supérieur EICAS.

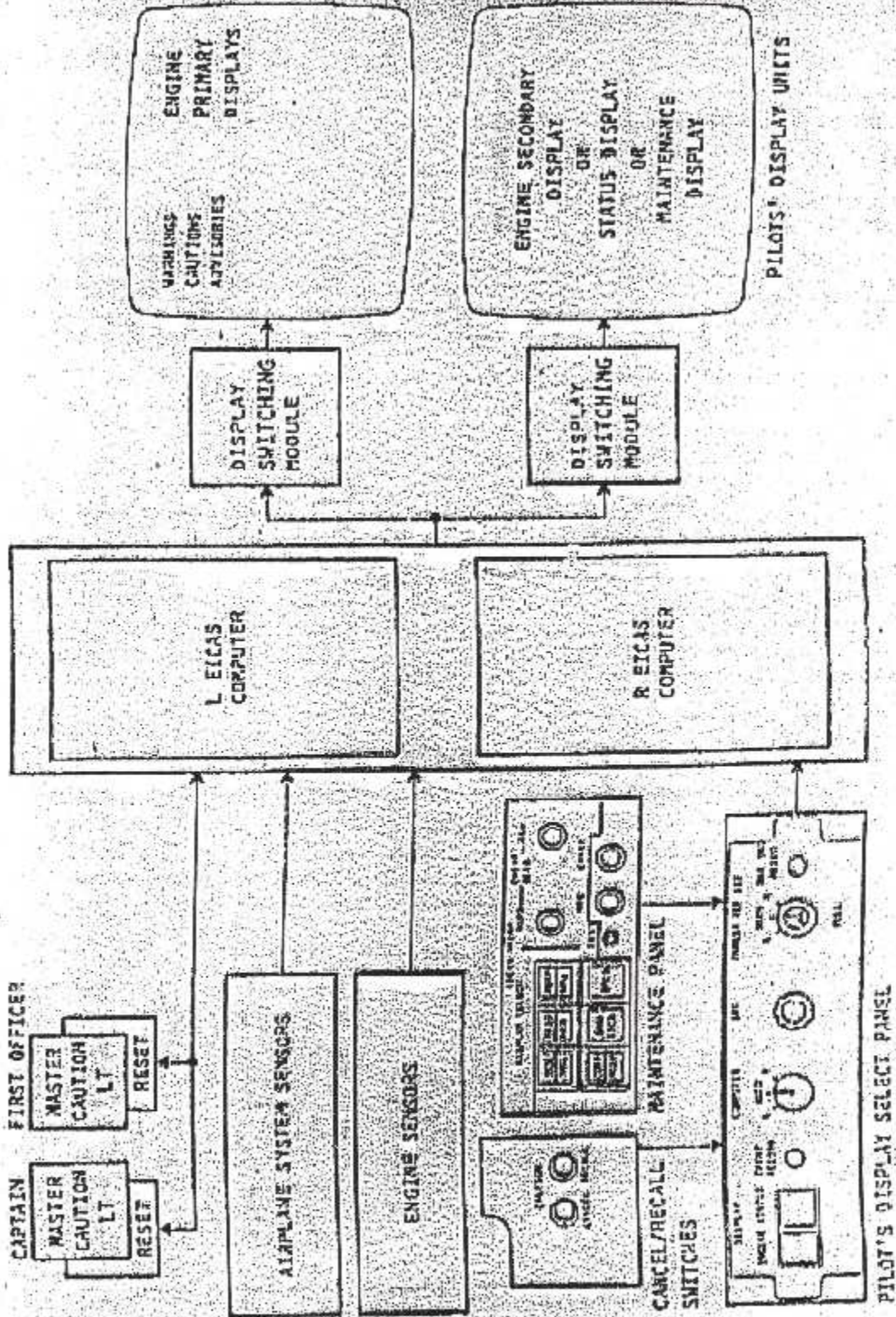
Les paramètres secondaire moteur (N2, mesure du débit carburant, pression d'huile, température d'huile, quantité d'huile et vibrations) sont affichés sur l'écran inférieur EICAS.

Si un écran EICAS tombe en panne l'autre écran affichera tous les paramètres moteur (primaires et secondaires).

Si les deux écrans EICAS tombe en panne le système d'indication moteur secours affichera automatiquement les valeurs moteur suivants des deux moteurs :

- N1
- EGT
- N2

Ainsi que les valeurs limites des paramètres N1, EGT, N2.



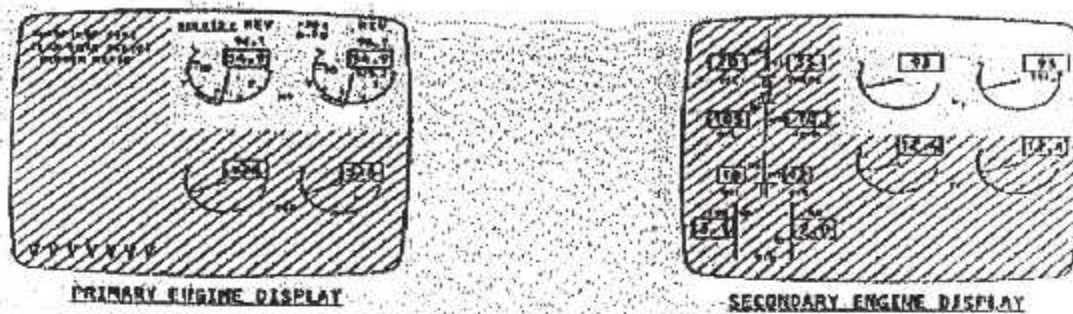


Fig.III-1-2

Paramètres primaires et secondaires des moteurs

- Le système d'indication moteur secours est localisé à gauche des écrans EICAS.
- Le module de vibration gère les vibrations moteur Il assure les fonctions suivantes :

- 1-Affiche la vibration moteur.
- 2-Mémorise les pannes vibration.
- 3-Affiche les pannes vibrations.

Le système EICAS a trois (03) modes de fonctionnement :

- MODE OPERATIONNEL
- MODE ETAT
- MODE MAINTENANCE

Le système EICAS comprend huit (08) pages :

- ENG (MOTEUR)
- STATUS (ETAT)
- ECS/MSG (CONDITIONNEMENT D'AIR)
- ELEC/HYD (ELECTRICITE / HYDRAULIQUE)
- PERF/APU (PERFORMANCES / APU)
- CONF/MCDP (CONFIGURATION)
- EPCS (SYSTEME ELECTRONIQUE DE CONTROLE DE PROPULSION)
- ENG EXCD (DEPASSEMENT MOTEUR)

Les pages ENG (MOTEUR) et STATUS (ETAT) sont affichées quand on appuie sur les boutons poussoirs correspondants localisés sur le panneau de commande P8.

Les pages de maintenance (ECS/MSG, ELEC/HYD, PERF/APU, CONF/MCDP, EPCS, ENG EXCD) sont affichées quand on appuie sur les boutons poussoirs correspondants localisés sur le panneau de maintenance P61.

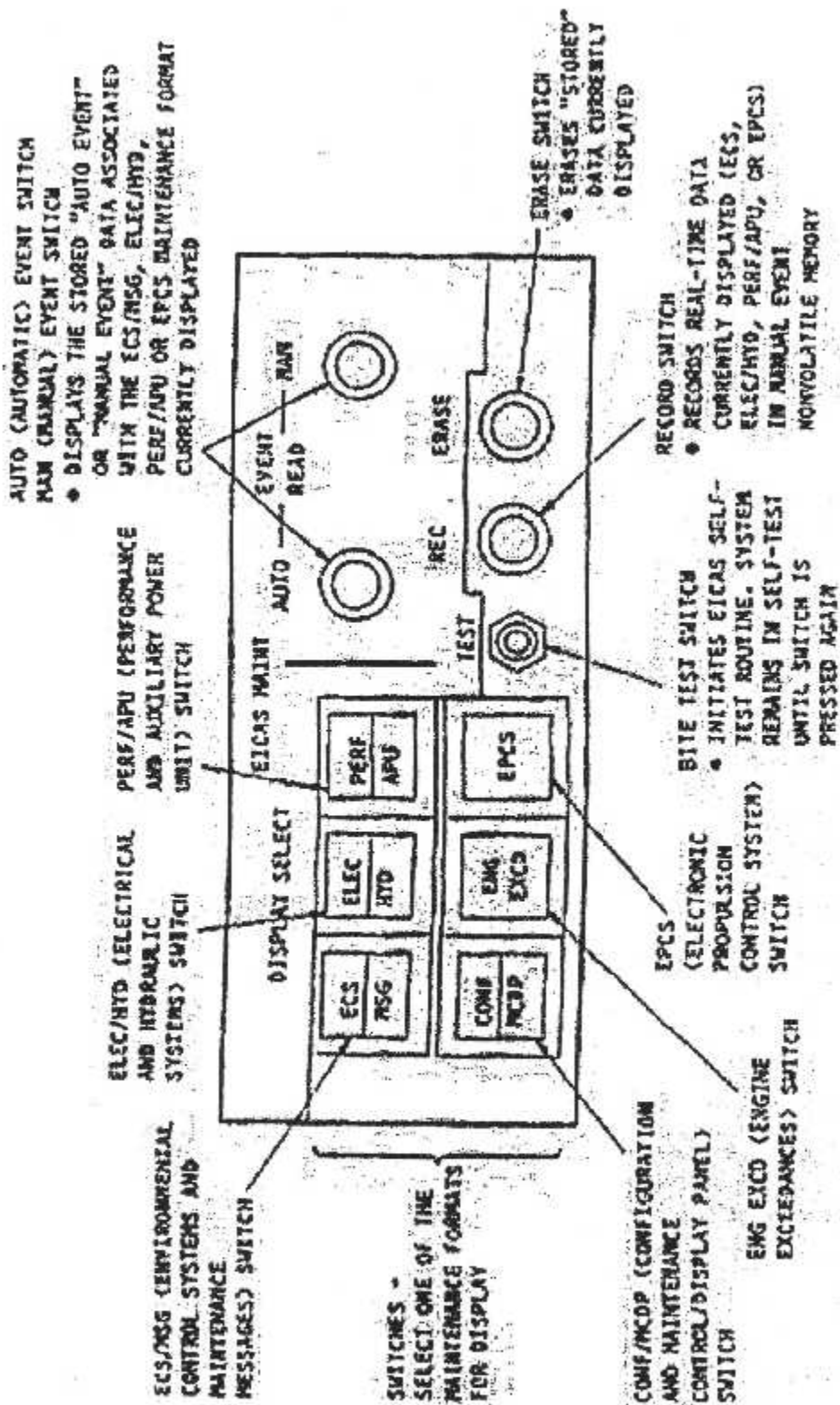


Fig.III-1-3 Panneau de maintenance du système EICAS

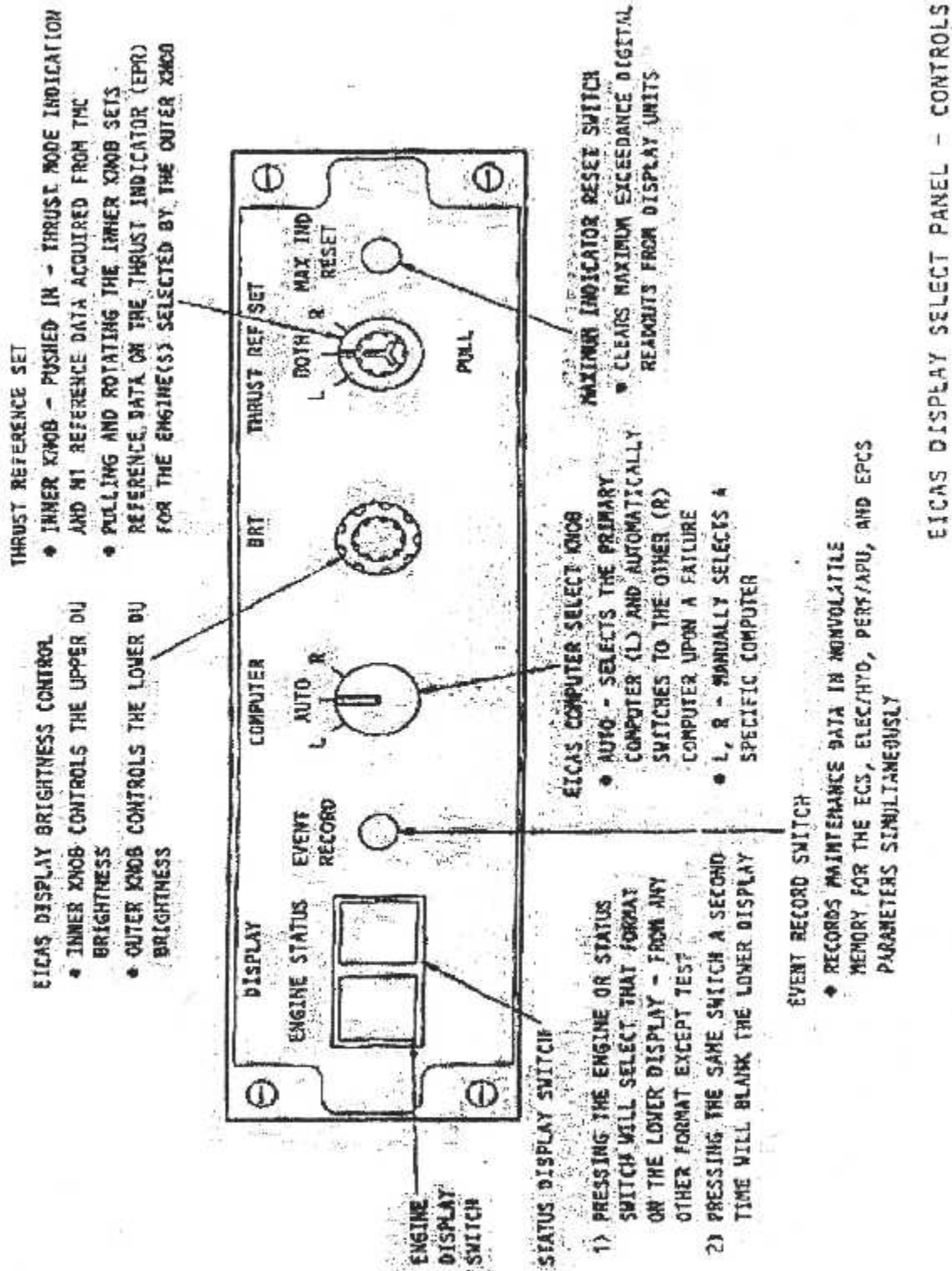


Fig.III-1-4 Panneau de commandes affichage EICAS

III-1-1-2 CDU

Sur le réacteur CFM56-7B :

La surveillance du fonctionnement des réacteurs est effectuée à partir :

D'indicateurs situés sur l'écran supérieur et inférieur au panneau P2 du cockpit des paramètres suivent :

- N1.
- EGT.
- Quantité carburant.
- N2.
- Mesure du débit de carburant.
- Pression d'huile.
- Température d'huile.
- Quantité d'huile.
- Vibrations.

Le système d'indication comprend :

- Deux (02) tubes cathodiques multicolores (écran supérieur et écran inférieur).
- Deux (02) calculateurs électroniques d'affichage.
- Deux (02) avertisseurs de défauts.
- Deux (02) avertisseurs feu.

Le système d'indication ne possède pas de bouton de commande, les indications moteur apparaissent après la mise sous tension de l'avion.

Sur l'écran supérieur apparaissent les paramètres primaires moteur :

- N1 (vitesse de rotation attelage basse pression).
- EGT (température des gaz d'échappement).
- la quantité carburant réservoirs avion.

Trois (03) étiquettes (START VALVE OPEN – OIL FILTER BY-PASS – LOW OIL PRESSURE)

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).

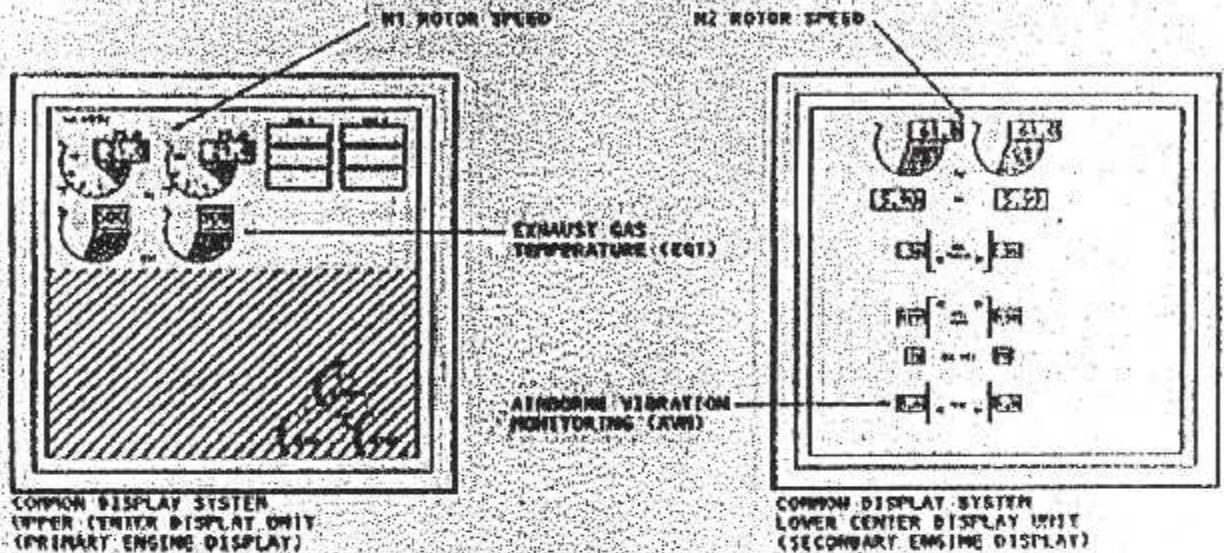


FIG III-1-5

Écrans d'affichage des paramètres primaires et secondaires des moteurs

Sur le BOEING 737-800 il y a six (06) tubes cathodiques multicolores (écrans d'affichage) :

- Deux (02) écrans pour les paramètres moteur situés sur le panneau P2.
- Deux (02) écrans pour les instruments de navigation situés sur le panneau P1.
- Deux écrans pour les instruments de navigation situés sur le panneau P3

Le pilote a la possibilité d'afficher les paramètres moteur primaires et secondaires soit sur les écrans des panneaux P1 ou P3.

La vibration moteur est gérée par le module de vibration qui assure les fonctions suivantes :

- Affiche la vibration moteur.
- Mémorise les pannes vibration.
- Affiche les anomalies de la vibration.

- Donne des solutions d'équilibrage moteur.

Le BOEING 737-800 NG est équipé de deux (2) écrans d'affichage (CDU) situées 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.

III-1-2 COMMENTAIRES :

Nous pouvons conclure que :

- 1- Le système d'indication du CF6-80 C2 FADEC possède des boutons poussoir de commande par contre celui du CFM56-7B n'en possède pas.
- 2- Le système d'alarme du CF6-80 C2 FADEC est réalisé par des messages écrits codés par des couleurs rouge et ambre qui apparaissent sur l'écran supérieur EICAS côté droit supérieur par contre les alarmes du CFM56-7B sont signalées par des étiquettes qui s'allume en couleur ambre et bleue.
- 3- La maintenance du CF6-80 C2 FADEC est obtenue à partir des boutons poussoirs de maintenance (PERF/APU, ENG EXCD, EPCS, CONF/MCDP) situés sur le panneau de maintenance P61 par contre la maintenance du CFM56-7B est obtenue à partir de l'écran d'affichage (CDU) qui offre un menu comportant :
 - RECENT FAULTS (PANNES RECENTES).
 - FAULT HISTORY (HISTORIQUE DES PANNES).
 - IDENT / CONFIG (IDENTIFICATION / CONFIGURATION).
 - GROUND TEST (TESTS AU SOL).
 - INPUT MONITORING (DONNEES DE SUIVI).

Ce menu offre une meilleure maintenance car toute la recherche de panne est faite par l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) qui a la possibilité de mémoriser les pannes des dix (10) derniers vols.

4- En cas de panne des deux écrans EICAS le système d'indication moteur secours se déclenchera automatiquement pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC par contre pour le réacteur CFM56-7B on peut utiliser un écran de navigation.

5- Le module de vibration moteur du CFM56-7B est plus performant que celui du CF6-80 C2 FADEC car il donne les solutions d'équilibrage.

MAINTENANCE

III-2. MAINTENANCE :

GENERALITÉS :

La maintenance des moteurs est régie par des normes établies par le constructeur.

Les opérateurs veillent avec rigueur à l'application des normes prescrites par les constructeurs et les autorités de l'aviation civile.

La maintenance des réacteurs CF6-80 C2 FADEC et CFM56-7B obéissent à une maintenance :

- A L'ENTRETIEN EN LIGNE.
- EN ATELIER.

La maintenance en atelier des deux réacteurs est pratiquement identique (Inspection des différents circuits moteur. Dépose / Reprise modulaire etc.).

La maintenance à l'entretien en ligne est aussi identique (visite avant et après vol – Dépannage etc.).

III-2-1 POUR REACTEUR CF6-80-C2 FADEC :

III-2-1-1 Pages de maintenance :

Pour le réacteur CF6-80 C2 FADEC la maintenance est assurée par les pages de maintenance :

- 1- PERF / APU.
- 2-ENG EXCD.
- 3-EPCS.
- 4-CONF / MCDP.

1. PAGE PERF / APU :

Cette page permet d'afficher les informations suivantes des deux réacteurs :

- N1 commandé.
- N1 maximum.
- N1 réel.
- Position sélectionnée des manettes de poussée.
- EGT.
- N2.
- Mesure du débit carburant.
- Pression carburant.
- Pression d'air de soutirage.
- Position reverse.

- Pression d'huile.
- Température d'huile.
- Quantité d'huile.
- Vibration (FAN – LPT – N2 – BB)

III-2-1-2. PAGE ENG EXCD :

Cette page permet d'afficher les dépassements moteur ainsi que la durée de dépassement (N1 – EGT – N2).

Concernant l'EGT cette page a la possibilité d'afficher :

- 1- L'EGT des onze (11) derniers démarrages moteur de la plus grande valeur atteinte à la plus petite valeur ainsi que leur durée de dépassement respectifs.
- 2- L'EGT ambre en vol de la plus grande valeur atteinte à la plus petite valeur.

III-2-1-3.PAGE EPCS :

Cette page permet d'afficher les informations suivantes des deux réacteurs :

- Position VSV.
- Position VBV.
- Position manette de poussée.
- T12.
- P0.
- Position de la vanne de refroidissement du carter turbine haute pression.
- Position de la vanne de refroidissement du carter turbine basse pression.
- Position de la demi-couronne gauche reverse.
- Position de la demi-couronne droite reverse.
- T25.
- T3.
- PS3.

III-2-1-4.PAGE CONF / MCDP :

Cette page permet d'afficher les informations suivantes :

- Type des moteurs.
- Type du système d'indication.
- Calculateur de commande de poussée (TMC).
- Calculateur de gestion de vol (FMC).
- EPCS

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) envoie toutes les anomalies du moteur vers le PIMU pour les mémoriser et les afficher lors des tests. Le PIMU est localisé dans la soute électronique principale.

III-2-2 REACTEUR CFM56-7B :

A l'entretien en ligne la maintenance du réacteur CFM56-7B à été amélioré grâce à l'introduction de calculateurs :-

- L'unité électronique de contrôle moteur (EEC), se localise sur le coté fan du moteur.
- Calculateurs électroniques d'affichage gauche et droit (DEU), sont localisés dans la soute électronique.
- Ecran d'affichage gauche et droit (CDU), sont localisés dans le cockpit panneau P2.

Etape de visionnage et de recherche de pannes :

- Pour visionner les pannes moteur il faut :

- 1- Appuyer sur la touche INIT REF.
- 2- Appuyer sur la touche INDEX.
- 3- Appuyer sur la touche MAINT.

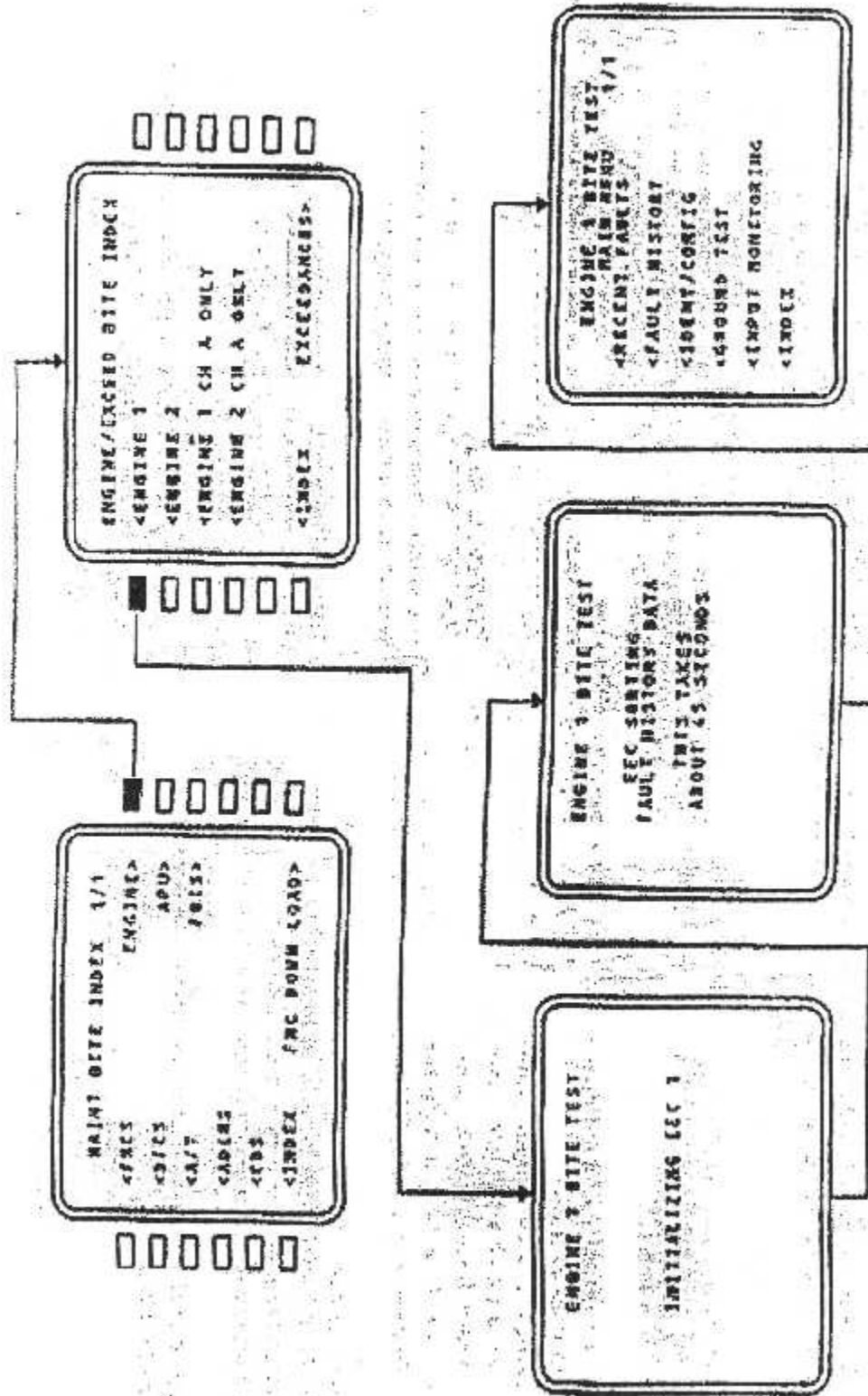
- Sur l'écran du CDU apparaît la page engine.
En appuyant sur la touche engine.

- Sur l'écran du CDU apparaît :

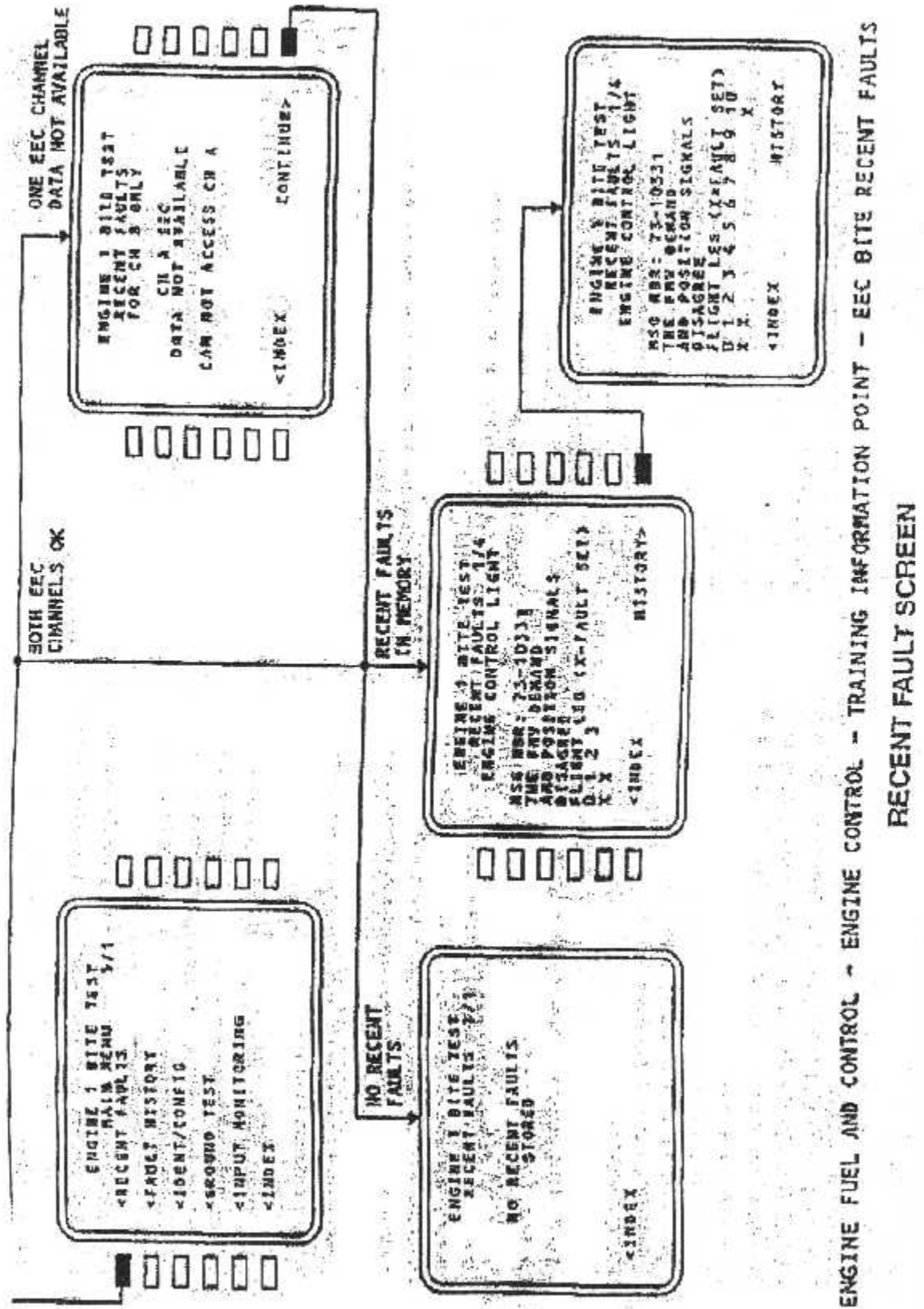
ENGINE 1
ENGINE 2
ENGINE 1 CANAL A ONLY
ENGINE 2 CANAL A ONLY
EXCEEDANCES

- 1- En sélectionnant un moteur (soit moteur 1 ou moteur 2) le menu s'affiche :

- RECENT FAULTS (PANNES RECENTES).
- FAULT HISTORY (HISTORIQUE DES PANNES).
- IDENT / CONFIG (IDENTIFICATION / CONFIGURATION).
- GROUND TESTS (TESTS AU SOL).
- INPUT MONITORING (DONNEES DE SUIVI).



ENGINE FUEL AND CONTROL - ENGINE CONTROL - TRAINING INFORMATION POINT - ECC BITE - MAIN MENU
MAINTENANCE BITE INDEX SCREEN



ENGINE FUEL AND CONTROL - ENGINE CONTROL - TRAINING INFORMATION POINT - EEC BITE RECENT FAULTS
RECENT FAULT SCREEN

III-2-2-3 IDENT/ CONFIG :

- Cette page affiche :
- Le modèle de l'avion.
- Le numéro de série du moteur.
- Model du moteur.
- N1 (TRIM).
- Numéro de référence du EEC.
- Numéro de série du EEC.
- Le logiciel du EEC.
- Le mode de démarrage.

III-2-2-4 GROUND TEST :

- Cette page permet de faire les testes suivants au sol :
- EEC.
- Reverse.
- Vérins.
- Boogie .

a -TEST EEC :

- Ce test permet de tester :
- Les canaux A et B du EEC.
- Les interfaces entre les capteurs et l'EEC.
- Les circuits internes du EEC.
- Les voyants et les messages au niveau du cockpit.
- Durant le test du EEC, l'EEC allume les voyants suivants au cockpit :
- Engine control s'allume ambre sur le panneau P5.
- ALTN s'allume ambre sur le panneau P5.
- FILTER BY PASS s'allume ambre sur le panneau P5 carburant.
- OIL FILTER BY PASS s'allume ambre sur le l'écran supérieur côté droit paramètres moteur primaires.
- Si le test est satisfaisant le message suivant s'affiche sur le CDU :
- NO EEC TEST FAULTS.

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

Exemple :

MSG NBR : 73-10021.
INTERNAL EEC FAULT.

b- TEST VERINS DES REVERSE :

Le but de ce test est de s'assurer que l'unité électronique de contrôle moteur EEC puisse actionner le verrouillage de la manette reverse.

Ce test se fait suivant la procédures référence AMM : 73-21-00 / 501

En faisant ce test on actionne la reverse en sortie et en rentrée, donc voire les séquences reverse Sortie / Rentrée .

Si le test est satisfaisant le message suivant s'affiche sur le CDU :
NO T/R LEVER INTLK TEST FAULTS

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

Example : 73-11451

THE THRUST LEVER ANGLE POSITION SIGNAL IS OUT OF RANGE .

c- TEST DES VERINS :

Ce permet de tester tous les vérins moteur a leurs positions minimum et maximum avec les canaux A et B de l'unité de contrôle électronique l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).

Le test se fait suivant la procédure AMM : 71-00-00 / 501

* Ce test permet de tester :

- Le sélecteur de démarrage moteur.
- Les vérins des vannes de décharge VSV.
- Les vérins des stators à calage variable VBV.
- Le vérin de la vanne de refroidissement carter turbine haute pression. (HPTACC)
- Le vérin de la vanne de refroidissement carter turbine basse pression. (LPTACC)
- Le vérin de la vanne de décharge transitoire. (TBV)
- Vérin du galet doseur.
- La commande de la BSV.

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

Example : MSG NBR : 75-10381

THE VSV DEMAND AND POSITION SIGNALS DISAGREE .

d- TEST DES BOUGIES :

Ce test permet de tester les bougies des boîtes d'allumage gauche et droite.
L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) teste en premier lieu la boîte d'allumage gauche ensuite la boîte d'allumage droite.

* Le test s'affiche de la façon suivante :

- 1/- Il faudrait qu'une personne manipule au poste de pilote.
- 2/- Une autre personne doit être au sol près des bougies pour entendre les éclatements des bougies.

A la fin de test, si le test est satisfaisant, le message suivant s'affiche sur le CDU.

-NO L IGNITER TEST FAULT.
-NO R IGNITER TEST FAULT.

Par contre si le test n'est pas satisfaisant un message de maintenance s'affiche sur le CDU.

Example :

MSG NBR : 74-10981.
THE APL INPUT VOLTAGE FOR THE R EXCITER IS OUT OF RANGE

III-2-2-5 INPUT MONITORING :

Le test des données de suivi input monitoring comporte :

1. CONTROL LOOPS. (contrôle des boucles)
2. CONTROL PRESSURES. (contrôle des pressions)
3. CONTROL TEMPERATURES. (contrôle des températures)
4. FUEL SYSTEM. (circuit carburant)
5. OIL SYSTEM. (circuit de graissage)
6. SPEEDS. (vitesses de rotation)

a- CONTROL LOOPS :

Ce test permet de tester les boucles des composantes suivantes :

- Galet doseur.
- Vérins des stators a calage variable (VSV).
- Vérins des vannes de décharge.
- Vanne de refroidissement carter turbine haute pression.
- Vanne de refroidissement carter turbine basse pression.
- Vanne de sélection d'injecteurs (BSV).

* Le test de contrôle des boucles permet en réalité de donner :

- La position de la demande de la boucle.
- La position actuelle de la boucle.

Exemple :

- Galet doseur :
 - Demande : 5.76%
- Stator a calage variable :
 - Demande : 3.18 IN
 - Position : 3.19 IN
- Vanne de décharge :
 - Demande : 34000 deg
 - Position : 33.99 deg
- Vanne de refroidissement carter turbine haute pression :
 - Demande : 8.00 %
 - Position : 7.96 %
- Vanne de refroidissement carter turbine basse pression :
 - Demande : 25.00 %
 - Position : 24.51 %
- Vanne de décharge transitoire :
 - Demande : ?? . ??
 - Position : --- . ---
- BSV :
 - Demande : OPEN
 - Position : OPEN
- Manette de poussée (TRA) :
 - Position : 35.99 degré
- Manette reverse :

- Position : 0.01 degré
- **NB**
- ?? . ?? si la donnée n'est pas disponible .
- _ _ _ _ si la donnée (valeur) est hors tolérance .
- Cette page permet, si :
 - La demande et la position sont en concordance l'erreur est nulle, elle est affichée sous forme 0.00.
 - La demande et la position ne sont pas en concordance l'erreur est affichée en valeur exacte.

La page de contrôle des boucles permet aussi d'afficher :

Le courant appliqué à l'entrée et à la sortie du canal actif du EEC et en bas coté droit de la page le canal actif est affiché.

b- Contrôle de pression :

Cette page permet d'afficher les différentes pressions :

- Pression ambiante P0.
- Pression statique PS3.
- Pression totale PT.

1 pression ambiante :

la pression provient du :

- EEC
- Centrale aérodynamique.

Elle est affichée en PSI, sur la page côté droit bas le canal actif est affiché.

2 pression statique :

La pression statique est prise à partir du neuvième (09) étage du compresseur haute pression.

La pression statique est affichée en PSI :

- du canal A
- du canal B

Et sur le côté droit bas de l'écran le canal actif est affiché.

3 pression totale :

la pression totale provient de la centrale aérodynamique, elle est affichée en PSI
Sur le côté droit bas de la page est affichée le canal actif.

c- Contrôle des températures :

Cette page permet d'afficher les différentes températures :

- T12 : température à l'entrée du compresseur basse pression.
- T25 : température à la sortie du compresseur basse pression, entrée compresseur haute pression.
- T3 : température au neuvième (09) étage compresseur haute pression .
- TC : température du carter turbine haute pression.
- T49.5 : température des gaz d'échappement.
- Température totale de l'air : Cette température provient de la centrale aérodynamique.

Ces différentes températures sont affichées en degré celsius au niveau des canaux A et B.

Sur le côté droit bas de la page le canal actif est affichée.

d- Circuit carburant :

Cette page permet d'afficher :

- La consommation carburant.
- La position du galet doseur.
- Le colmatage du filtre carburant.

Sur le côté droit bas de l'écran est affichée le canal actif .

e- Circuit d'huile :

Cette page permet d'afficher :

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

Sur le côté droit bas de la page est affichée le canal actif.

f- Page des vitesses :

La vitesse des attelages basse pression et haute pression sont afficher en tour /minute :

- N1
- N2

Sur le côté droit bas de la page est affiché le canal actif.

III-2-3 COMMENTAIRES :

Nous pouvons conclure que :

- 1- La maintenance des deux réacteurs CF6-80 C2 FADEC et CFM56-7B a été amélioré grâce à l'introduction des calculateurs :
 - Unité électronique de contrôle moteur (EEC)
L'EEC du CF6-80C2 FADEC affiche tous les paramètres moteur au niveau des pages de maintenance, il envoi les anomalies au niveau du PIMU qui les mémorise et qui les affiche.
L'EEC du CFM56-7B a la capacité de mémoriser les pannes des dix (10) derniers vols et de les afficher sur l'écran d'affichage (CDU).
- 2- La maintenance du CFM56-7B est nettement meilleure que celle du CF6-80 C2 FADEC car les informations des paramètres de maintenance sont plus précises et plus détaillées.

CONCLUSION

Ainsi donc, l'on aura contribué à apporter notre modeste contribution à un travail dans le domaine général de l'aéronautique.

L'on a essayé d'opérer une comparaison entre les deux réacteurs CF6-80 C2 FADEC et CFM56-7B auquel des améliorations récentes ont été apportés. dans ses différents circuits.

En un mot ce travail devrait être amélioré, car le progrès nous aidera à parachever de façon continuellement suivie nos connaissances en la maintenance

GLOSSAIRE

Accessory Gear Box accessoires. (AGB) Auxiliary Power Unit. (APU)	boîte d'enterrement des groupe auxiliaire de puissance.
Bleed valve.	vanne de soutirage.
Bore cooling valve. (BCV)	vanne de refroidissement.
Bearing.	Roulement.
Core compartment cooling valve. moteur et de ces (CCCV)	vanne de refroidissement du Accessoires.
Climb.	Montée.
Cruise.	Croisière.
CONTROL LOOPS.	Contrôle des boucles.
Engine. (ENG)	Moteur.
Electronic Centralized Aircraft Monitor. électronique centralise (ECAM)	système de surveillance de l'avion.
Electronic Engine Control. (EEC)	Unité de contrôle moteur.
Exhaust Gas Turbine d'échappement. (EGT).	température des gaz
Engine Indicating and crew paramètres moteur Alerting system. (EICAS)	systeme d'indication des et d'alarmes.

Empty.

**Eleventh Stage Cooling
éme etage.
Valve.
(ESCV)**

**Electro Hydrolique Servo
Valve.(EHSV)
Full Authority Digital Electronic
numérique
Control.
(FADEC)**

ECS/MSG.

ELEC/HYD.

**EPCS.
propulsion.**

ENG EXCD

Fwoard.

Fuel Filter Clog.

Fuel/ Oil Heat Exchanger.

Fire.

FAULT HYSTORY.

**Hydromecanical Unite.
(HMU)**

Heat.

**Hight pressure turbine
pression
actif clearance control.
(hptacc)**

**Integrated Drive Generator.
(IDG)**

Inlet guide vane.

vide.

vanne de refroidissement du 11

electro-hydraulique servo vanne.

Systeme de régulation électronique

A plein autorité du moteur.

Conditionnement d'air.

Electricité/ Hydraulique.

Système de contrôle électronique de

Dépassement moteur.

Avant.

Colmatage du filtre d'huile.

Echangeur thermique carburant/huile.

Feu.

Hystorique des pannes.

Régulateur principale carburant.

Chaleur.

Control actif du jeu turbine haute

Alternateur.

Aube de pré rotation.

(IGV)	
Ignition.	Allumage.
Maximum Continuous thrust.	Poussée maximum continue.
Oulet Guide vane. (OGV)	Aubage redresseur FAN.
Oil Low Pressure.	Baisse de pression de huile.
Oil Clog.	Colmatage du filtre d'huile.
Pressure Pump.	Pompe de pression.
Primary Engine Display.	Paramètres primaire moteur.
Reverse. (REV)	Reverse.
Relief valve.	Clapet de surpression.
RECENT FAULT.	Panne recents.
Scavenge pump.	Pompe de récupération.
Supply pump.	Pompe de distribution.
Sump.	Pulsards.
Status.	Etat.
Switch. Servo Fuel Heater.	Interrupteur. Echangeur thermique huile/carburant.
Tank.	Réservoir.
Take Off.	Décollage.
Total Air Temperature.	Température total de l'air.
Transfert Gear Box.	Boîte de transmission.
Variable Bleed Valve.	Vanne de décharge.
Variable Stator Valve.	Stator a calage variable.

BIBLIOGRAPHIE

- GENERAL ELECTRIC AIRCRAFT ENGINES:
 - GEK97309 CF6-80 C2 BASIC ENGINE & FADEC SYSTEM.
 - GEK98458 CF6-80 C2 FADEC PMC LINE MAINTENANCE OPERATIONAL CHARACTERISTICS.
- AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL BOING 767.
- BOEING TRAINING MANUAL 767.
- PARTS CATALOG ILLUSTRATED V 3.
- CFM56-7B LINE MAINTENANCE TRAINING COURSE:
 - COMPONENT IDENTIFICATION ANSWERBOOK
- CFM56-7B CTC-189.
 - LINE & BASE MAINTENANCE CFM56-7B CTC-103.
- DICTIONNAIRE TECHNIQUE DE L'AERONAUTIQUE.
(ENGLISH-FRANCH-GERMAN)
- [http://www. GENERAL ELECTRIC.com](http://www.GENERAL-ELECTRIC.com)
- [http://www. CFMI.com](http://www.CFMI.com)

Ce travail a fait l'objet d'une comparaison détaillée entre les deux réacteurs CF6-80 C2 FADEC et CFM56-7B tant sur les plans de la construction que de la maintenance.

Ont été étudiés les différents circuits et systèmes relatifs à ces deux moteurs ainsi que leurs fonctionnements.

Il résulte de ce qui précède des commentaires qui ont suivi l'ouvrage, nous ont montré les améliorations apportées notamment au CFM56-7B moteur de nouvelle génération, sans oublier que le CF6-80 C2 FADEC garde un cachet moderne.

This study has been the object of a detailed comparison between the 2 engines CF6-80 C2 FADEC and CFM56-7B on the construction level and the maintenance level as well.

The different systems related to these 2 engines as well as their functioning have been studied.

One can notice that the comments following the study have shown that improvements have been performed.

Notably on the CFM56-7B new generation engine.

One should also mention the CF6-80 C2 FADEC has kept a remarkable modern touch.

كان نشاطنا موضوع دراسة مزدوجة ومفصلة بين المحرك CFM56-7B وCF6-80 C2 FADEC سواء

في الميدان تصميم الصنع أو في ميدان الصيانة وهكذا تمت دراسة مختلف الحلقات والأنظمة لكل من المحركين

وتسييرهما ويستنتج من ذلك أن التعاليق الموجودة في مضمون هذا المنشور بينت لنا التحسينات التي طرأت على المحرك

CFM56-7B وهو محرك الحديث الصنع دون أن نصرف الانتظار على المحرك

CF6-80 C2 FADEC الذي يبقى هو الآخر ذا طابع معتبر عصري .