

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



UNIVERSITE DE SAAD DAHLEB DE BLIDA



DEPARTEMENT D'AERONAUTIQUE

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'études universitaires appliquées  
En

Aéronautique

Option

Propulsion

60/03  
11 ED

Thème:

Etude Comparative des Circuits  
Démarrage et D'allumage  
des Moteurs CFM56-7B  
et CF6-80C2(FADEC)

Présenté par :

- ❖ TERKI AHMED
- ❖ KERBOUA BRAHIM

Dirigé par :

- M<sup>r</sup> KIRAD ABD EL KADER
- M<sup>r</sup> BENOMAR ABD EL KADER

Année universitaire 2002/2003

# DEDICACES

*Je dédie ce travail à :*

- \* Mes très chères parents qui m'ont encouragés et soutenus.*
- \* Mes frères : MOHAMED, OMAR, ABD EL GHANI, HAMZA  
SLIMAN et SOFIANE.*
- \* Mes chères sœurs.*
- \* Ma famille KERBOUA..*
- \* Mes amis de AL' EL HOUTZ e: ABOUTECHFINE surtout  
HALIMI ABD ERRAHIM .*
- \* Mes amis : YAHYA, MOSBAH, ABD EL KRIM ,SAID  
et MOHAMED.*
- \* Mes amis de l'institut d'aéronautique , et de l'université .*

BRAHIM

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents qui m'ont aidé beaucoup, que le bon Dieu leur donne sa part.

Mes chers frères : MUHAMMED, AMR EL KADER, DJAMEL

Mes chères sœurs :

Mes chères grandes sœurs :

Mes sœurs et oncles :

Dedicated specialy pour MOHAMED BOURASSA

SOFIENE BOUZZIA, MOSEBA GHAZALI

Toute la famille TEGKI

Mes amis intimes de OUED ELIAH spécialement DJAMEL

Toute la promotion 2002/2003

AHMED

# REMERCIEMENTS

*Tout d'abord nous remercions le bon DIEU pour savoir guidé vers le bon chemin de la lumière et de savoir.*

*Nous exprimons nos sincères remerciements à nos parents qui nous aidé beaucoup durant nos études.*

*A tout les enseignants de l'institut d'aéronautique de BLIDA et surtout notre enseignants option : propulsion.*

*A tous ceux la, qu'il veille bien trouver ici l'expression de notre profond respect.*

*Nous tenus à présenter nos chaleureux remerciements en guise de reconnaissance pour le bien fait afin d'élaborer ce petit ouvrage à :*

*Notre promoteurs : KIRAD ABD EL KADER, BENOMAR ABD EL KADER*

*Nous tenus à remercions aussi les membres du jury pour l'honneur qu'il nous accorde, en acceptant de juger notre travail.*

*Nous remercions tous ceux qui nous aidé de loin ou de près.*

*Tous les amis de l'institut d'aéronautique.*

# Résumé

*Les circuits de démarrage et d'allumage permettent de mettre le moteur sur marche.*

*L'objectif de ce travail est d'élaborer une étude comparative des circuits démarrage et d'allumage de CFM56-7B et CF6-80C2 FADEC.*

*Avec cette étude on a pu comprendre et avoir clairement leurs différentes composantes.*

*Le but est aussi de comprendre le principe de fonctionnement des systèmes de démarrage et d'allumage et finalement leurs aspects de similitudes et de différences.*

# Summary

*The circuits of starting and lighting make it possible to put the engine on walk.*

*The objective of this work is to prepare a comparative study of the circuits starting and lighting of CFM56-7B and CF6-80C2 FADEC.*

*With this study one could include and understand and to have clearly their various components.*

*The goal is also to include and understand the principle of operation of the systems of starting and lighting and finally their aspects of similarities and differences.*

# ملخص

إن دارات الإقلاع و الإيقاد تسمح بوضع المحرك في حالة تشغيل.  
الهدف من هذا العمل تحضير دراسة مقارنة لدارات الإقلاع الإيقاد CF6-80C2  
FADEC CFM56-7B.  
بفضل هذه الدراسة تمكنا بوضوح من فهم مختلف التركيبات.  
بالإضافة إلى ذلك فإن الهدف هو معرفة مبدأ عمل أنظمة الإقلاع و الإيقاد و في الأخير  
جوانب الاختلاف و التشابه.

## LA LISTE DES FIGURES

### CHAPITRE I

Fig(01)	Description générale de CFM 56 - 7B	03
Fig(02)	Les efférents étages de CFM56-7B	04
Fig(03)	La boîte d'entraînement d'accessoire	06
Fig(04)	Electronic engine controller	10
Fig(05)	CDS	11
Fig(06)	Réacteur CF6-80C2	12
Fig(07)	Stator et rotor	13
Fig(08)	Module Fan	15
Fig(09)	Module corps	16
Fig(10)	Module turbine haute pression	17
Fig(11)	Module turbine basse pression	18
Fig(12)	Module boîtes d'entraînement	20
Fig(13)	Système EICAS	23
Fig(14)	Unité de control électronique	25

### CHAPITRE II

Fig(01)	Système de démarrage	26
Fig(02)	Système de démarrage	27
Fig(03)	La valve de démarrage	28
Fig(04)	Le schéma simplifier de la valve de démarrage	29
Fig(05)	Le démarreur	31
Fig(06)	Le schéma simplifier de démarreur	32
Fig(07)	Control de démarrage	34
Fig(08)	Le commutateur de démarrage	35
Fig(09)	Système d'allumage	37
Fig(10)	Endroit d'élément d'allumage	38
Fig(11)	Description du système d'allumage	39
Fig(12)	Les boîtes d'allumage	40
Fig(13)	Les files d'allumage	41
Fig(14)	Allumeur	42
Fig(15)	Commande d'allumage	43
Fig(16)	Contrôle (Allumage/Démarrage)	44
Fig(17)	Fonctionnement du système d'allumage	45

### CHAPITRE III

Fig(01)	Système de démarrage et d'allumage	50
Fig(02)	Système de démarrage	51
Fig(03)	La valve de démarrage	52
Fig(04)	Le schéma simplifier de la valve de démarrage	54
Fig(05)	Le démarreur	57
Fig(06)	Le schéma simplifier de démarreur	58
Fig(07)	Le commutateur de démarrage	60
Fig(08)	Système d'allumage	62
Fig(09)	Les boîtes d'allumage	64
Fig(10)	Les files d'allumage	66
Fig(11)	Allumeur	68
Fig(12)	Control (Allumage/Démarrage)	70

# Sommaire

## CHAPITRE I : Description des deux moteurs

I.1 Description générale du CFM56-7B	01
I.1.1 Entrée d'air	01
I.1.2 Module Fan	02
I.1.2.1 La soufflante	02
I.1.2.2 Compresseur Basse Pression	02
I.1.3 Module Corps	02
I.1.3.1 Compresseur Haute Pression (HPC)	02
I.1.3.1 Chambre de Combustion (C-C)	02
I.1.4 Module LPT	02
I.1.4.1 Turbine Haute Pression	02
I.1.4.2 Turbine Basse Pression (LPT)	04
I.1.5 Tuyère	04
I.1.6 Accessoire D'entraînement	05
I.1.7 Boîtes D'engrenage Des Accessoires	05
I.1.8 Caractéristiques Du Moteur	07
I.1.9 Indication Et Alarmes	07
I.1.10 EEC	09
I.1.11 CDS/DEUs	11
I.2 Description Du Recteur Cf6-80-C2 FADEC	14
I.2.1 Module Fan	14
I.2.2 Module Corps	14
I.2.3 Module turbine haute pression	17
I.2.4 Module turbine basse pression	17
I.2.5 Module Boite D'entraînement D'accessoire	19
I.2.6 Caractéristiques Principales Du Réacteur CF6-80-C2 FADEC	19
I.2.7 Repérage Des Différentes Stations Réacteur	21
I.2.8 SYSTEME EICAS	22
I.2.9 Unité Electronique De Contrôle Moteur ( EEC )	24

## CHAPITRE II : Démarrage et allumage CFM56-7B

II-1) Le Démarrage	26
II-1-1) Description du système	27
II-1-1-1) La valve démarrage	28
a) Le rôle et fonctionnement de la valve de démarrage	28

b) caractéristiques	30
II-1-1-2) le démarreur	31
a) Le rôle et fonctionnement de démarreur	31
b) Caractéristiques du démarreur	33
II-1-2) les commande de démarrage	34
II-2) l'allumage	36
II-2-1) description du système d'allumage	39
II-2-1-1) les boites d'allumage	40
II-2-1-2) les files d'allumage	41
II-2-1-3) les allumeurs	42
II-2-2) commande d'allumage	43
II-2-3) séquence de démarrage du cfm56-7b	46
II-2-4) séquence de démarrage anormale	48
1) cas de démarrage chaud au sol	48
2) cas de démarrage humide au sol	48
3) cas de démarrage humide au sol	48
4) protection en vol	48
<b>CHAPITRE III : démarrage et allumage de CF6-80C2 (FADEC)</b>	
III -1) Le Démarrage	49
III -1-1) Description du système	51
III -1-1-1) La valve démarrage	52
a) Le rôle et fonctionnement de la valve de démarrage	53
b) caractéristiques	55
III -1-1-2) le démarreur	56
a) Le rôle et fonctionnement de démarreur	56
b) Caractéristiques du démarreur	59
III -1-2) les commande de démarrage	60
III -2) l'allumage	61
III -2-1) description du système d'allumage	63
III -2-1-1) les boites d'allumage	63
III -2-1-2) les files d'allumage	65
III -2-1-3) les allumeurs	67
III -2-2) commande d'allumage	69
III -2-3) séquence de démarrage du CF6-80C2 (FADEC)	71
III -2-4) séquence de démarrage anormale	72
1) En cas de surchauffe lors du démarrage	72
2) Rallumage en vol	72
3) Phase de décollage	73
4) Position AUTO	73
<b>CHAPITRE IV : comparaison entre les deux circuits</b>	
IV-1. Comparaison Entre Les Deux Circuits Démarrage Et D'allumage	74
IV-2. comparaison de maintenance	76

## INTRODUCTION

Notre étude à porté sur les circuits démarrage et allumage des réacteurs CFM-56-7B de la CFM INTERNATIONAL et le réacteur CF6-80-C2 de GENERAL ELLECTRIC.

Le system de démarrage et le system d'allumage sont deux system qui se complètent, car l'un ne peut s'empassé de l'autre lors de la mise en marche du moteur.

Durant notre étude, présentée dans ce mémoire, nous avons entraînent de faire la comparaisons entre les deux réacteurs dans la partie des circuits démarrage et d'allumage, en citant ses différents modules et composant en parlant de leurs fonctionnement , et tout cela disposé dans des chapitre comme suite :

### Chapitre I :

Ce chapitre traite la description des réacteurs CFM-56-7B et CF6-80-C2 FADEC a savoir les différents modules et composants.

### Chapitre II :

Ce chapitre traite les circuits démarrage et d'allumage des réacteur CFM-56-7B.

### Chapitre III :

Ce chapitre traite les circuits démarrage et d'allumage des réacteur CF6-80-C2 FADEC.

### Chapitre IV :

Ce chapitre traite la comparaisons entre les deux circuits démarrage et d'allumage des deux réacteurs CFM-56-7B et CF6-80-C2 FADEC.

# CHAPITRE I

Description des

CFM56-7B et

CF6-80C2 FADEC

**I-1)DESCRIPTION GENERALE DU MOTEUR CFM 56-7B :**

Le moteur CFM 56-7B est un turbo Fan, double corps a flux axial a haut taux de dilution ( $\alpha=5.3$ ). Il produit une gamme de poussée allant de 19500 Lbs à 27300 Lbs.

Le diamètre Fan du CFM56-7B est de 61 inches (1.55m).

Son poids nu est de 5257 pounds (2385kg).

Il équipe la dernière génération des Boeing 737 (-600, -700, -800, -900, C40A, BBJ).

Le moteur fourni la poussée à l'avion et la puissance aux systèmes avion suivantes :

- Electronique.
- Hydraulique.
- Pneumatique.

Le CFM56-7B est un moteur a désigne modulaire qui se consiste en trois modules généraux qui sont les suivants :

- Module Fan.
- Module corps.
- Module LPT.

**I-1-1)ENTREE D'AIR :**

L'entrée d'air convertit l'énergie cinétique de l'air en énergie de pression.

Lorsque l'avion avance, l'air pénètre par ce conduit.

Qualités requises :

- Ne doit pas affecter les performances de l'avion.
- Doit diriger l'air uniformément dans le compresseur.
- Fournir l'air requis au compresseur.

**I-1-2)MODULE FAN :*****I-1-2-1)La Soufflante :***

La soufflante est composée de 24 ailettes, elle est entraînée par la LPT.

***I-1-2-2)Compresseur Basse Pression :***

C'est un compresseur à trois (03) étages, il est entraîné par également par le LPT. Il dispose à sa sortie 12 vannes de décharge (VBV) qui permettent d'évacuer dans le canal du flux secondaire l'excès d'air que fournit éventuellement dans certaines conditions le LPC, évitant ainsi le pompage de ce dernier .

La soufflante et le compresseur basse pression forment un compresseur à quatre (04) étages. Le fan accélère la vitesse de l'air, un splitter divise cet air en deux parties : L'air primaire et l'air secondaire .

L'écoulement primaire va au niveau du corps de l'engin après avoir été entraîné par le LPC pour augmenter sa pression et l'envoyer vers le HPC .

Le secondaire entre les approvisionnement de conduit du fan (tuyère du fan), Ce dernier fournit approximativement 80% de la poussée pendant le démarrage .

**I-1-3)MODULE CORPS :*****I-1-3-1)Compresseur Haute Pression(HPC) :***

C'est compresseur axial constitué de neuf (09) étages, il augmente la pression de l'air provenant du compresseur basse pression et l'envoi vers la chambre de combustion. Les trois (03) premiers étages comportent des aubes statiques à calage variable (VSV) et constitue le dispositif anti-pompage HP .

***I-1-3-1)Chambre de Combustion (C-C) :***

La chambre de combustion est de type annulaire comportant 20 injecteurs et deux (02) bougie d'allumage .A ce niveau l'air provenant du compresseur haute pression est mélangée avec du carburant vaporisé des injecteurs ; Ce mélange fut brûlé et génère des gaz chauds qui se dirige vers la HPT.

**I-1-4)MODULE LPT :*****I-1-4-1)Turbine Haute Pression (HPT) :***

C'est un module à un (01) seul étage. Elle effectue la transformation de l'énergie des gaz chauds en énergie mécanique pour entraîner le HPC et la commande des accessoires. L'ensemble HPT-HPC est appelé « attelage HP » (N2).Cet attelage tourne dans le sens horaire, il est supporté par trois (03) roulement 3B, 3R, 4R(à bille, à rouleaux, à rouleaux).

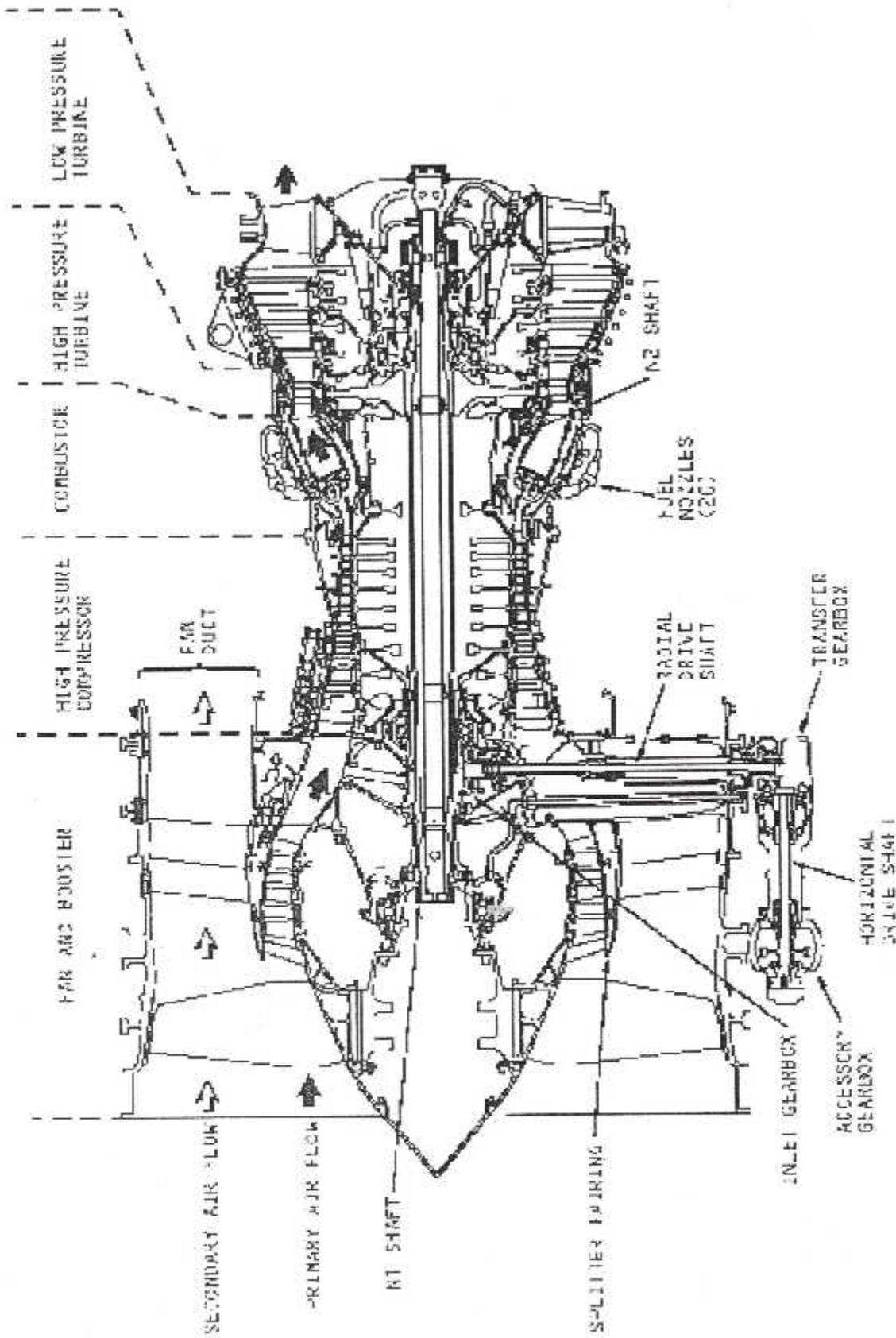


Fig (1)

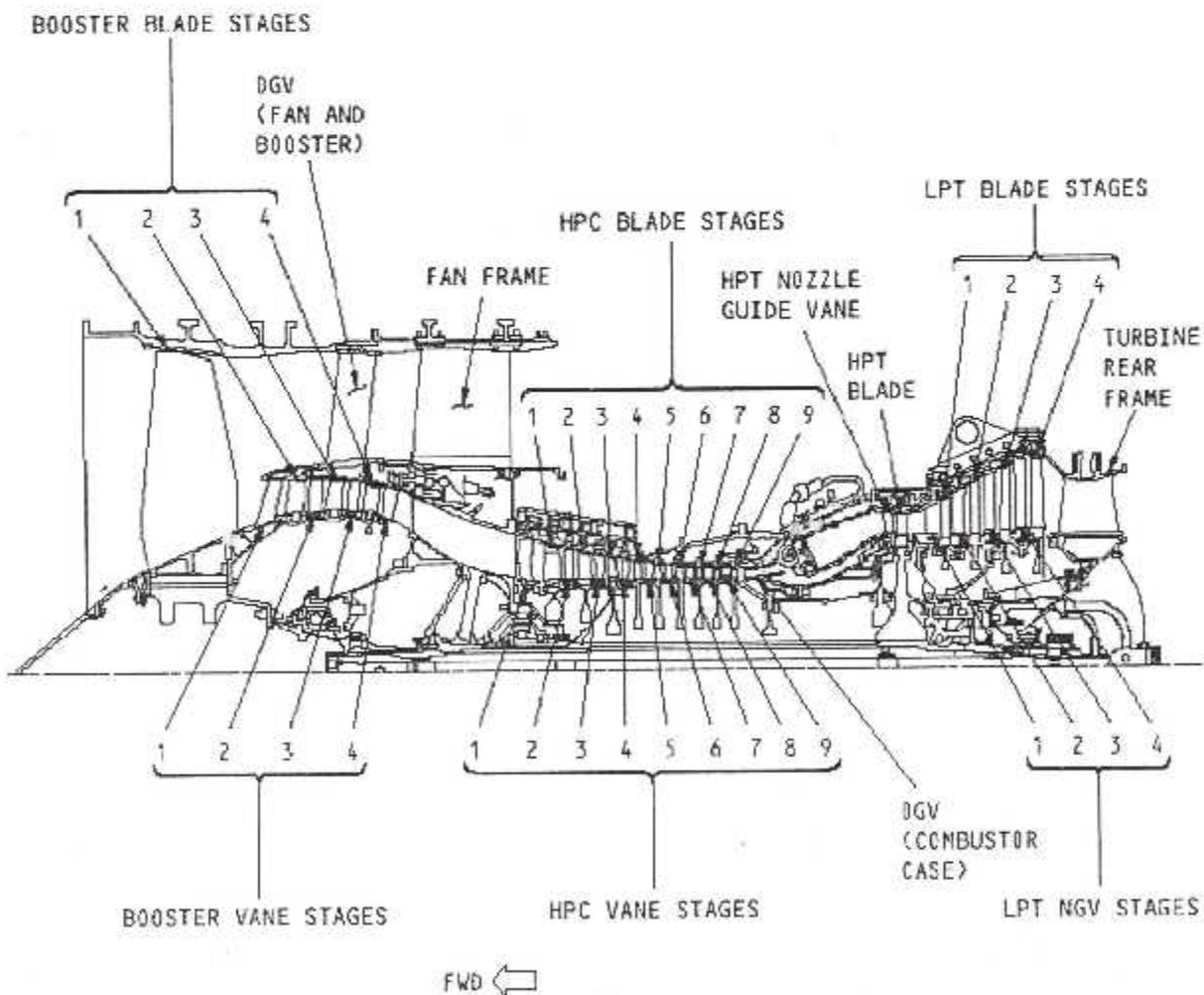
DESCRIPTION GENERAL DE MOTEUR CFM56-7B

**I-1-4-2) Turbine Basse Pression(LPT) :**

C'est une turbine à quatre (04) étages. Elle transforme l'énergie des gaz chauds en énergie mécanique qui sert pour entraîner la soufflante et le LPC. L'ensemble LPT-LPC est appelé « attelage BP »(N1). Cet attelage tourne dans le sens horaire, il est supporté par le roulement 5R (à roulement) .

**I-1-5) TUYERE :**

La tuyère convertit la pression des gaz en énergie cinétique . Le but du canal d'échappement est d'avoir la forme requise afin que la pression des gaz à la sortie du moteur soit le plus faible possible et que ces gaz évacuent l'engin le plus rapidement possible.



**Fig(2) :Les différents étages de CFM 56-7B**

**I-1-6) ACCESSOIRE D'ENTRAÎNEMENT :**

Il se compose de :

- ◆ Boite à engrenage d'entrée (IGB).
- ◆ Arbre d'entraînement radial (RDS).
- ◆ Boite à engrenage de transfert (TGB).
- ◆ Arbre d'entraînement horizontal (HDS).
- ◆ Boite à engrenage d'accessoire (AGB).

**I-1-7) BOITES D'ENGRENAGE DES ACCESSOIRES (AGB) :**

L'attelage IIP entraîne le boîtier d'entraînement des accessoires et reçoit le mouvement du démarreur par l'intermédiaire d'une prise de mouvement d'une boite de transfert . Il est fixé à partie inférieure du fan et il équipé des différents accessoires suivant :

Sur la face avant :

- ◆ Joints magnétique .
- ◆ Alternateur de la EEC.
- ◆ Démarreur pneumatique.
- ◆ Coussinet de ventilation manuelle .
- ◆ Pompe hydraulique .
- ◆ Générateur intégré d'entraînement .

Sur la face arrière :

- ◆ Joint magnétique .
- ◆ Unité hydromécanique (HMU).
- ◆ Pompe de carburant .
- ◆ Pompe de lubrification .
- ◆ Echangeur de chaleur principale huile/carburant .
- ◆ Servo réchauffeur
- ◆ carburant .

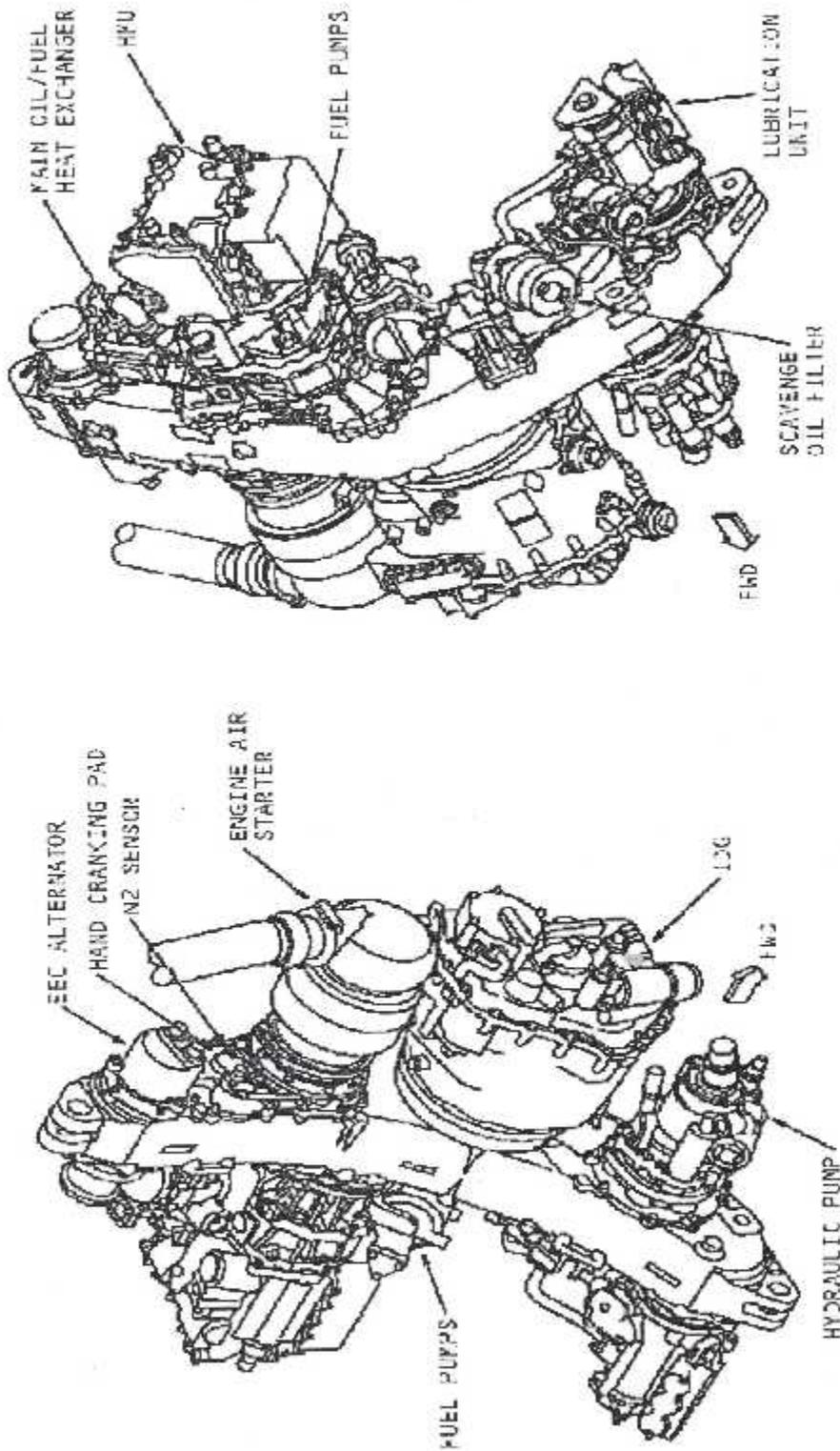


Fig (3)

LA BOITE D'ENTRAINEMENT D'ACCESSOIRE

**I-1-8) CARACTERISTIQUE DU MOTEUR :**

- Modèle ..... CFM56-7B
- Poussée ..... 18000 à 27300 Pounds
- Diamètre du Fan..... 61 Inch (1,55 mètres)
- Poids du moteur à vide..... 5257 Pounds (2358Kg)
- Masse de la nacelle complète  
(moteur+capots)..... 3300 Kg
- Longueur ..... 2,50 mètres
- Mach ..... 0,8
- N1 max..... 5380 RPM(104%)
- N2 max..... 15183 RPM(105%)
- Taux de compression ..... 32
- Débit d'air au décollage ..... 385 Kg/h
- Vitesse moyenne d'éjection  
des gaz ( décollage)..... 295 m/s
- Consommation spécifique..... 0,59 à 35Kft. c.à.d 0,59 Kg de carburant  
par Kgf de poussée et par heure
- Taux de dilution..... 5,6
- Générateur électrique..... 90 Kva
- Hydraulique ..... 3000 psi à 34 gallons/min.
- Pneumatique ..... limité à 3000 psi et 390 à 440f degrés
- Limite de démarrage de l'EGT..... 725°C
- EGT max..... 950°C

**I-1-9) INDICATION ET ALARMES :**

Les indications moteur et les messages d'alarme relatifs aux moteurs sont présentés sur les deux (02) unités d'affichages du système ECAM(système de surveillance électronique centralisé d'avion) .

❖ Les paramètres primaires sont affichés sur l'unité d'affichage supérieure, ce sont les suivants :

- N1, vitesse de rotation du rotor BP en % :c'est le paramètre principal de conduite moteur. Il est présenté sous forme analogique et digitale. les indications deviennent rouges si N1 est à 102% ; l'équipage est alerté par une alarme sonore et l'allumage de voyants, un message apparaît demandant au pilote de réduire la vitesse du moteur ;et si N1 dépasse104%, de stopper le moteur. La valeur

maximale atteinte est mémorisée pour la maintenance (le moteur doit être déposé).

- N1 LIM, N1 MAX, N1 THR, N1 CMD.
- Indications REVERE.
- N2, vitesse de rotation du rotor HP en %, est présenté sous forme digitale seulement, l'indication devient rouge si N2 atteint 105%. Les mêmes alarmes et procédures que pour les dépassements de N1 sont données à l'équipage.
- EGT (température des gaz d'échappement) : les neufs (09) sondes (thermocouples) qui mesurent la température dans le plan 49.5 (distributeur 2eme étage de turbine BP) sont reliées en parallèle, l'indication est présentée sous forme analogique et digitale.

Elle devient de couleur ambre au-dessus de 855°C (725°C au démarrage), et rouge au-delà de 890°C. Les mêmes alarmes et procédures que pour les dépassement de N1 et N2 sont données à l'équipage. Si l'EGT dépasse 890°C, la valeur maximum atteinte est mémorisée pour la maintenance.

❖ Les paramètres secondaires sont affichés sur l'unité d'affichage inférieure :

- F.USED : carburant consommé par chaque moteur depuis sa mise en route (obtenus par intégration du débit carburant instantané).
- Quantité, pression, température de l'huile. En cas de baisse importante de pression d'huile, un gong répétitif retentit, des voyants rouges clignotent, et un message s'affiche demandant à l'équipage de stopper le moteur.
- Température nacelle.
- Vibrations : les signaux de capteurs sont transmis à un calculateur, l'EVMU (unité de surveillance de vibrations moteur). Un seul capteur est utilisé à la fois (le second est en secours du 1<sup>er</sup>). L'EVMU fournit les indications de vibrations des deux rotors, par analyse du spectre de signal d'ensemble est prise en compte des vitesses de rotation N1 et N2 ; tout ceci permet d'extraire les composantes du balourd de 1<sup>er</sup> ordre de chacun des rotors. Le signal d'ensemble est filtré par des filtres de bande étroite asservis sur N1 et N2. On obtient ainsi les valeurs réelles de vitesse de vibrations, que l'EVMU rapporte aux valeurs maximums correspondantes aux N1 et N2 actuelles (le niveau de vibration est bien sur en fonction de N1 et N2).

Un autre module de l'EVMU, à partir du signal de vibration, de N1 actuelle, et de l'impulsion de référence, calcule la phase et l'amplitude du déséquilibre de la soufflante.

Enfin, l'EVMU stocke en mémoire les valeurs de phase et d'amplitude du balourd des deux rotors lorsque le moteur est neuf ou vient d'être équilibré. Ces valeurs sont utilisées pour définir les seuils consultatifs ; si les vibrations d'un moteur dépassent le seuil motorisé, l'indication VIB clignote.

**I-1-10) EEC :**

La EEC est la composante primaire de commande du système de carburant et contrôle, qui est composée de deux CHANNEL (canaux), canal A et l'autre de sécurité B, (l'inverse est juste), le moteur dépend de son fonctionnement d'où elle est la mémoire centrale du moteur.

La EEC emploie des données d'entrées et calcule les sorties du carburant et de commande moteur pour avoir une bonne gestion et éviter le mal fonctionnement.

La EEC se relie à ces systèmes et composants d'avion (ci-dessous) par les deux DUEs et CDS :

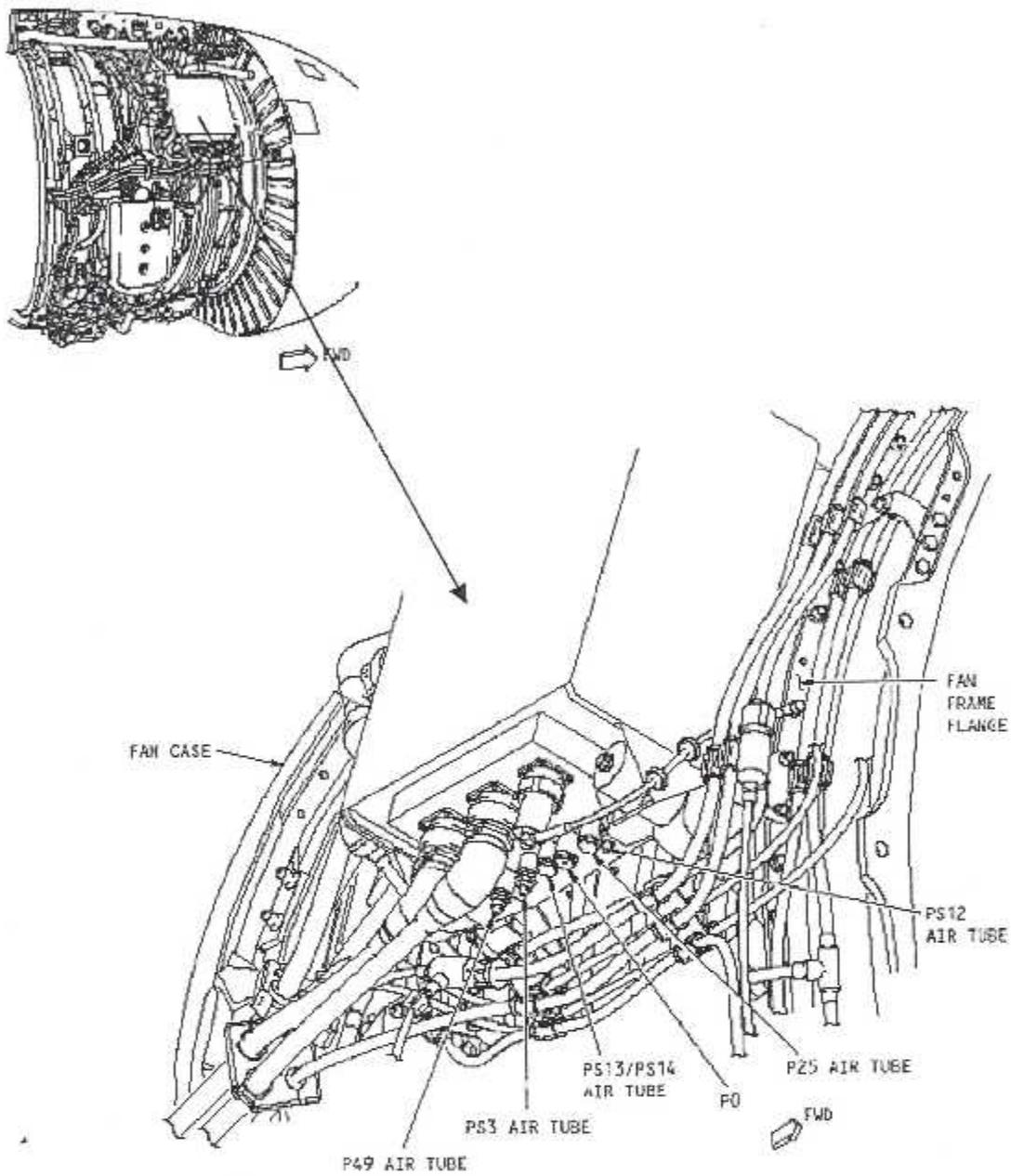
- Indication de moteur et de carburant .
- Levier de démarrage ou commande de démarrage .
- Unité de référence à inertie de données aériennes 1 et 2 (ADIRU).
- Ordinateur de gestion de vol (FMC) et la boîte de détection de données de vol.
- Unités d'acquisition de données de vol (FDAU) ou boîte de détection de données de vol.

La EEC envoie des données d'entrées de plusieurs sondes de moteur aux DUEs, cette dernière envoie des données à l'unité d'affichage (DUs) de la CDS (système de visualisation), ceci devient des données d'affichage du moteur. Au ralenti, le levier de démarrage fut envoyé, et dessus commence le contrôle à la EEC qui actionne le circuit d'allumage de moteur et met HPSOV (robinet d'arrêt haute pression ) en position "Ouvvert".

L'ADIRU envoie des données totales de pression et de température à la EEC, cette dernière utilise les données d'entrées pour calculer la poussée du moteur.

Le FMC assure un raccordement entre le CDU, le DUEs et la EEC, il fournit également quelques données à l'usage de la EEC. Le CDU montre des données de maintenance de la EEC et envoie des commandes à celle-ci pour faire ces essais de MORDURE (touche) du système.

Le FDAU rassemble des données de paramètres de moteur et les envoie à l'appareil d'enregistrement sur la bande magnétique.

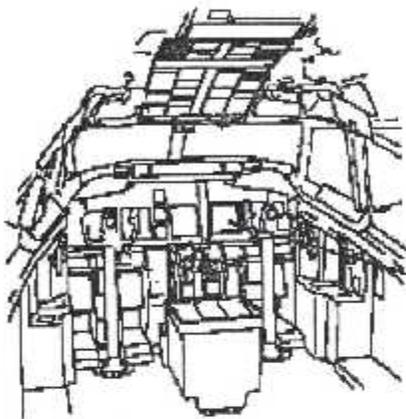


### ELECTRONIC ENGINE CONTROLLER

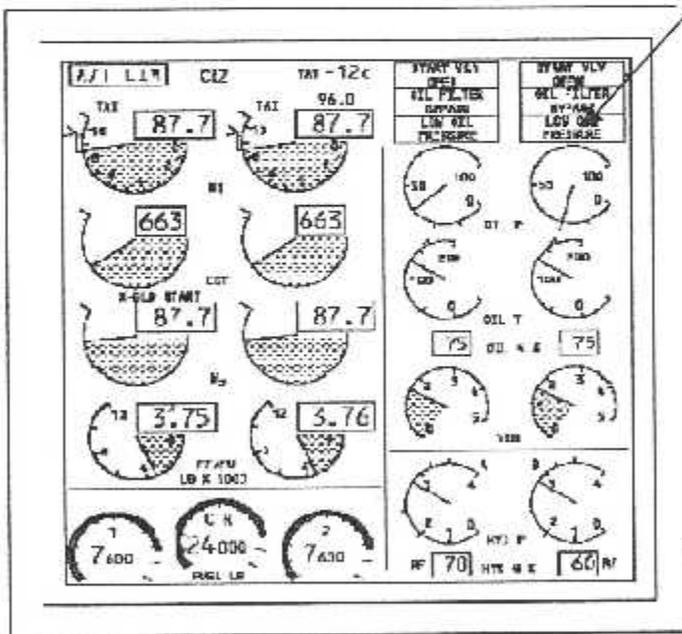
(FIG 04)

**I-1-11) CDS/DEUs :**

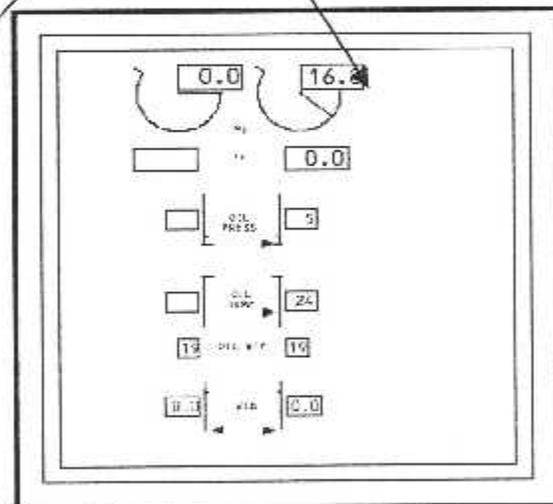
La EEC envoie des données d'entrées de plusieurs sondes de moteur aux DUFs, cette dernière envoie des données à l'unité d'affichage (DUs) de la CDS (système de visualisation), ceci devient des données d'affichage du moteur. Au ralenti, le levier de démarrage fut envoyé, et dessus commence le contrôle à la EEC qui actionne le circuit d'allumage de moteur et met le HPSOV (robinet d'arrêt haute pression) en position « ouvert »



COMMON DISPLAY SYSTEM(CDS)



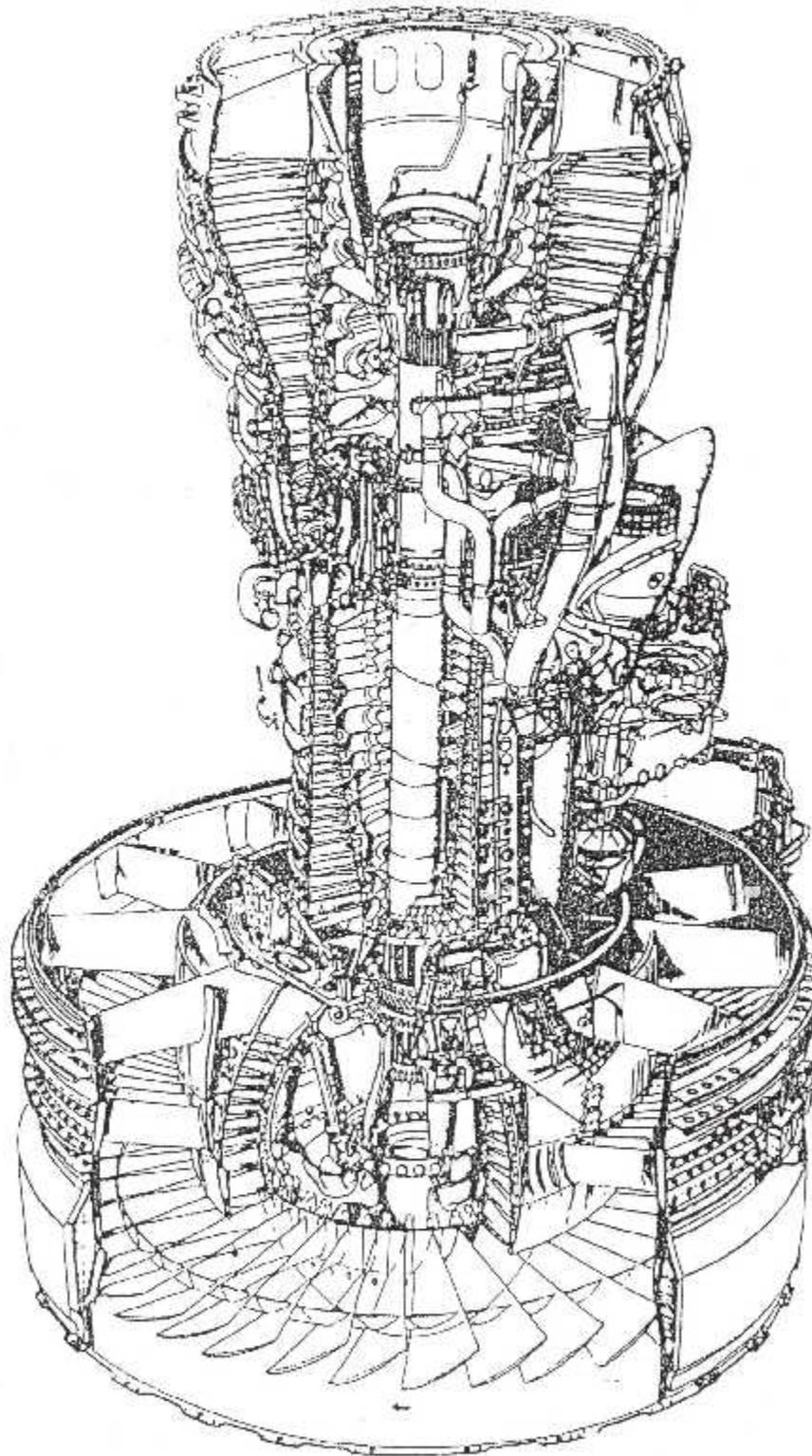
**PRIMARY ENGINE DISPLAY**



**SECONDARY ENGINE DISPLAY**

**Fig(05) :CDS**

L'écran "PRIMARY ENGINE DISPLAY" donne des information secondaire .  
 L'écran "SECONDARY ENGINE DISPLAY" donne des information sur le moteur (consommation de carburant, Niveau d'huile, état de filtre).



CF6-80C2 ENGINE SECTION

FIG ( 06 ) : REACTEUR CF6-80-C2

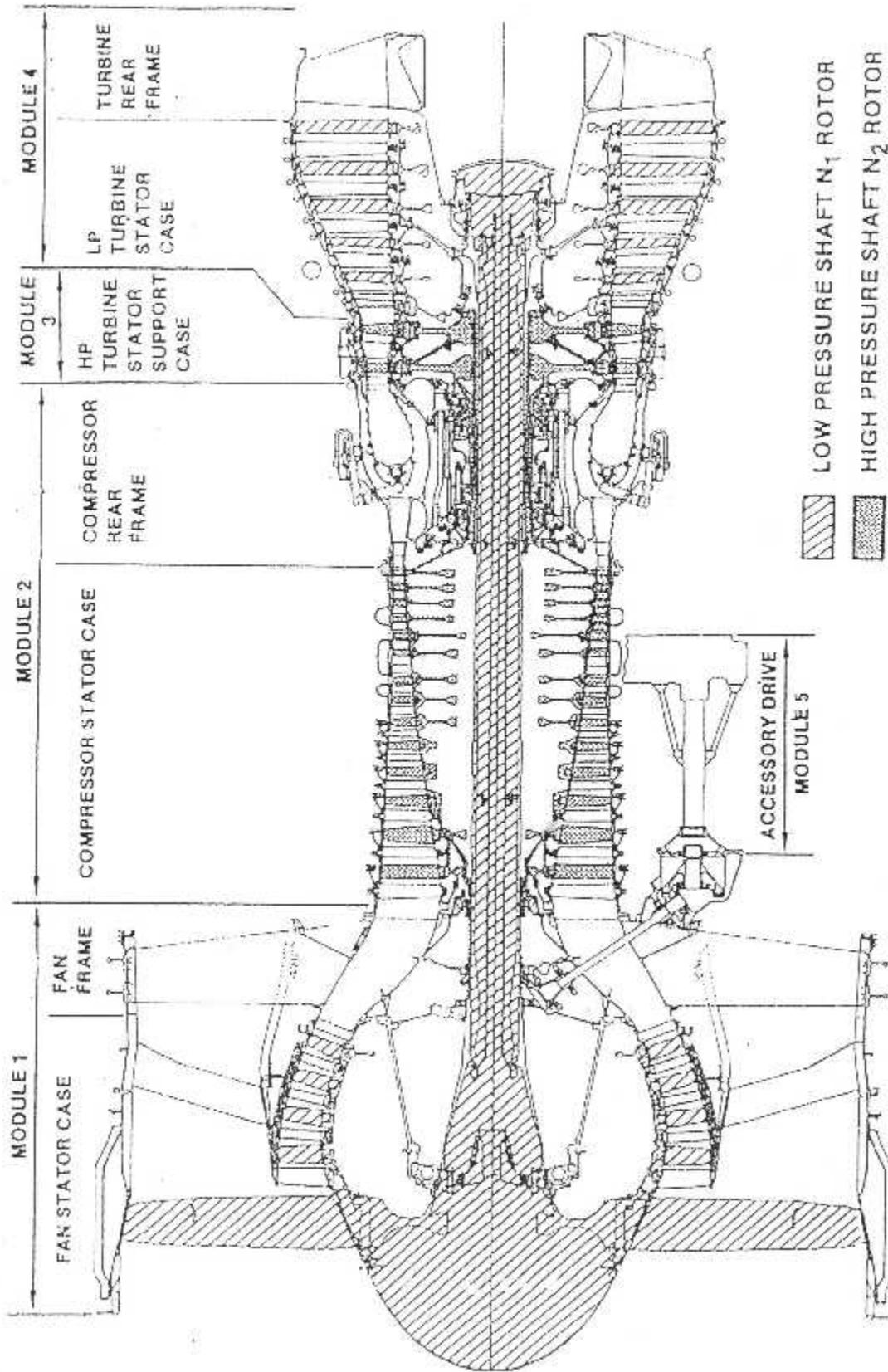


FIG ( 07 ) : STATOR ET ROTOR

ROTOR, STATOR, FRAMES

## I-2. DESCRIPTION DU RECTEUR CF6-80-C2 FADEC :

Le réacteur **Général Electric CF6-80-C2 FADEC** équipe le BOING 767-300, c'est un moteur double corps, double flux et à taux de dilution élevé.

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

- **Module Fan**
- **Module Corps**
- **Module Turbine Haut Pression**
- **Module Turbine Basse Pression**
- **Module Boite d'entraînement d'accessoires**

### I.2.1)Module Fan :

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

Le module fan est entraîné par la turbine basse pression.

### I.2.2)Module Corps:

Ce module est constitué d'un compresseur haute pression à quatorze ( 14 ) étages, d'une chambre de combustion de type annulaire équipée de trente ( 30 ) injecteurs et de deux ( 02 ) allumeurs à haute tension position 3.30 et 5.30 heurs et du premier étage statorique turbine haute pression.

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

Les cinq ( 05 ) premier étages du compresseur haute pression comportent des aubes de stator à calage variable.

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

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

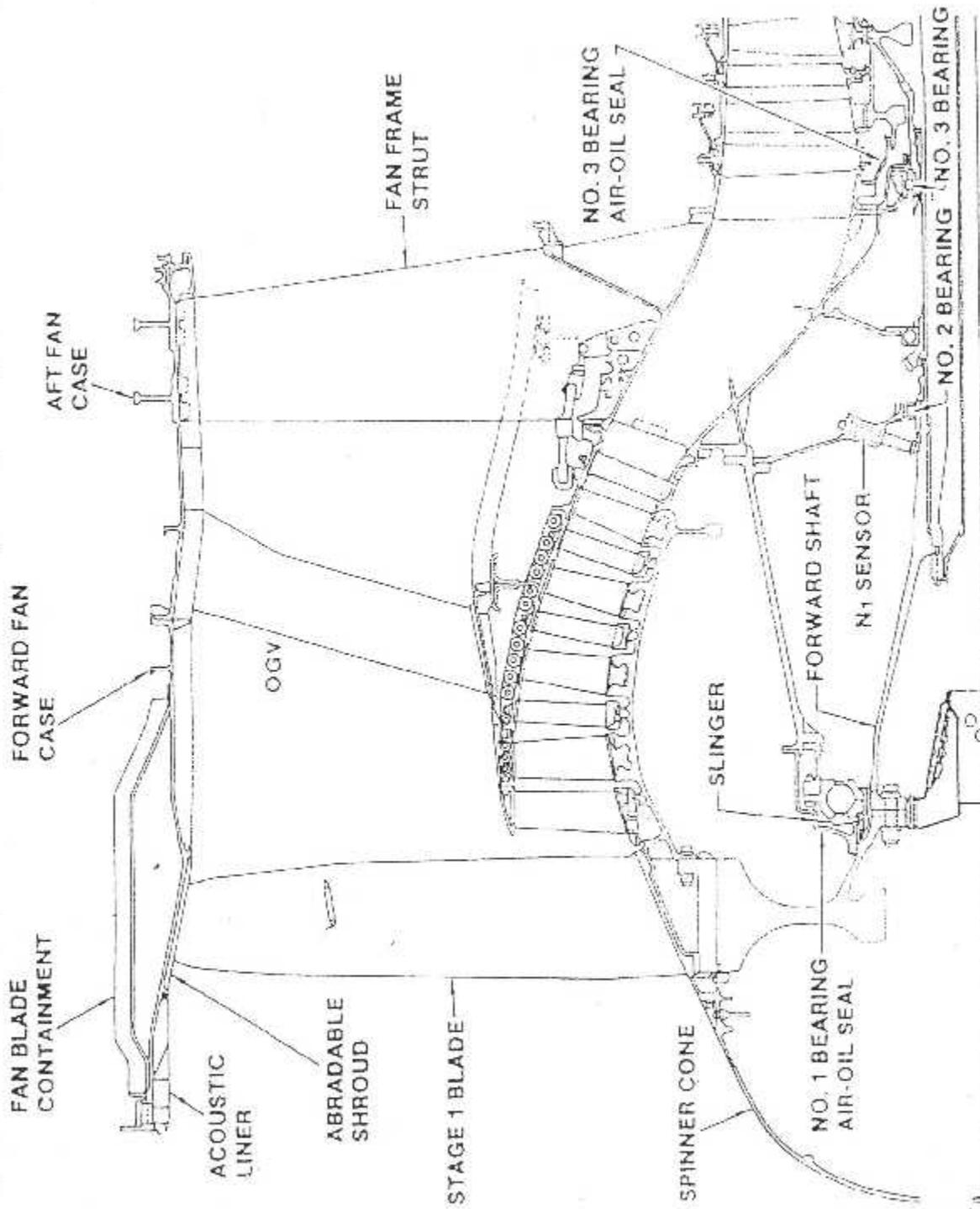


FIG (08) : MODULE FAN

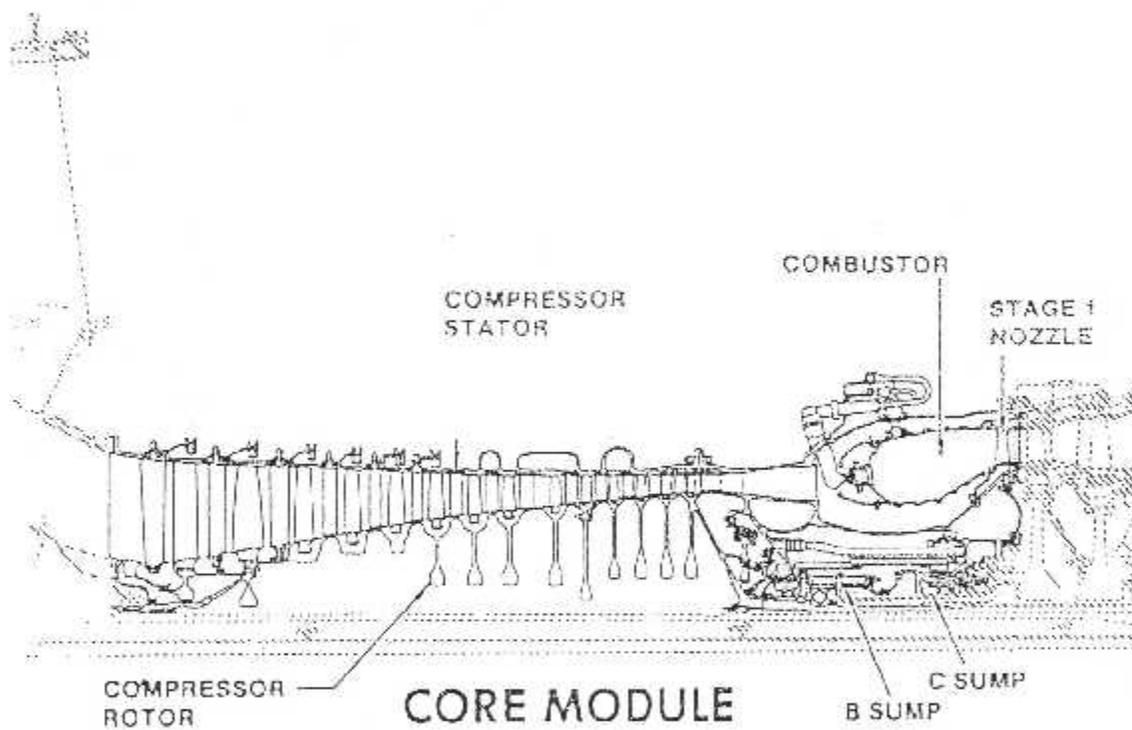


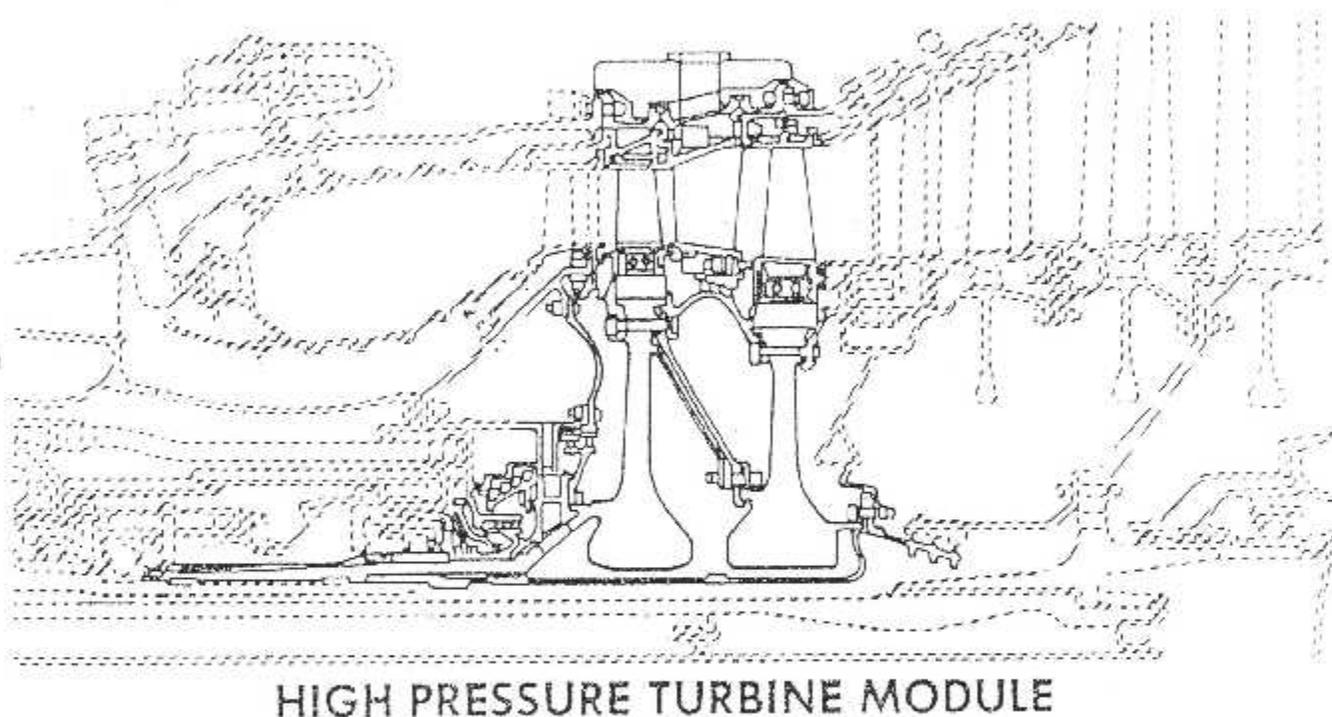
FIG ( 09 ) : MODULE CORE

**I.2.3) Module turbine haute pression :**

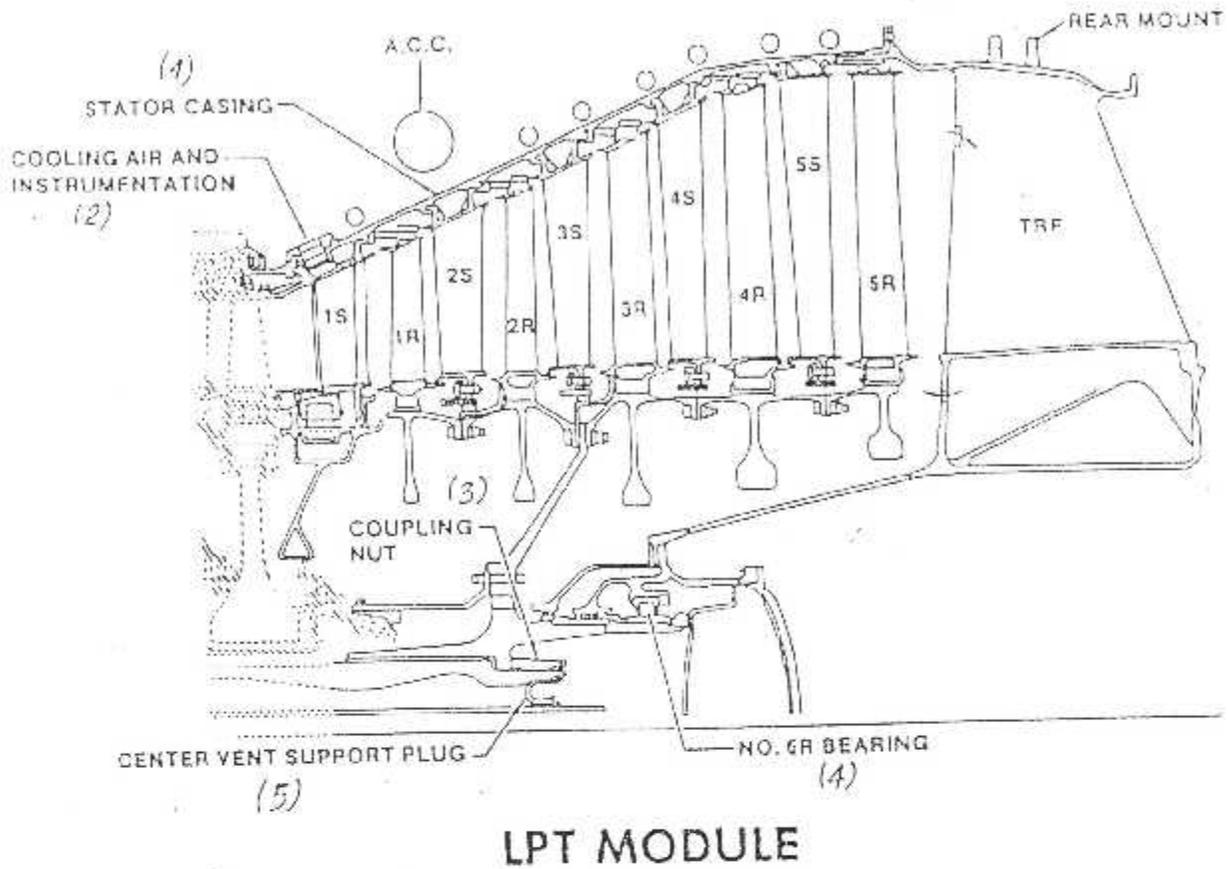
Ce module est constitué de deux ( 02 ) étage. La turbine haute pression entraîne le compresseur haute pression et la boîte d'entraînement d'accessoires.

**I.2.4) Module turbine basse pression :**

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



**FIG ( 10 ) : MODULE TURBINE HAUTE PRESSION**



- 1- Carter du stator
- 2- Air de refroidissement et appareillages
- 3- Ecrin d'accouplement
- 4- Le palier N° 6R
- 5- Bouchon du support de la ventilation centrale

MODULE DE LA TURBINE BASSE PRESSION

**FIG ( 11 ) : MODULE TURBINE BSSE PRESSION**

**I.2.5) Module Boite D'entraînement D'accessoires :**

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

Les différents accessoires qui équipent le boîtier sont :

**Sur la face avant :**

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

**Sur la face arrière :**

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

**I.2.6) CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU REACTEUR CF6-80-C2 FADEC :**

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

- Poussée statique maximale : ( F )  
Z=0 température ambiante < 32,2°C F=23134 daN
- Poussée assurée par le flux primaire : 20 % de la poussée totale.
- Poussée assurée par le flux secondaire : 80 % de la poussée totale.
- Poussée inverse : 40 % de la poussée du fan.
- Masse du réacteur nu : 4216 Kg.
- Diamètre de l'entrée d'air : 2,49 m .
- Taux de dilution : 5,15/1.
- Rapport manométrique de compression : 29,9/1.

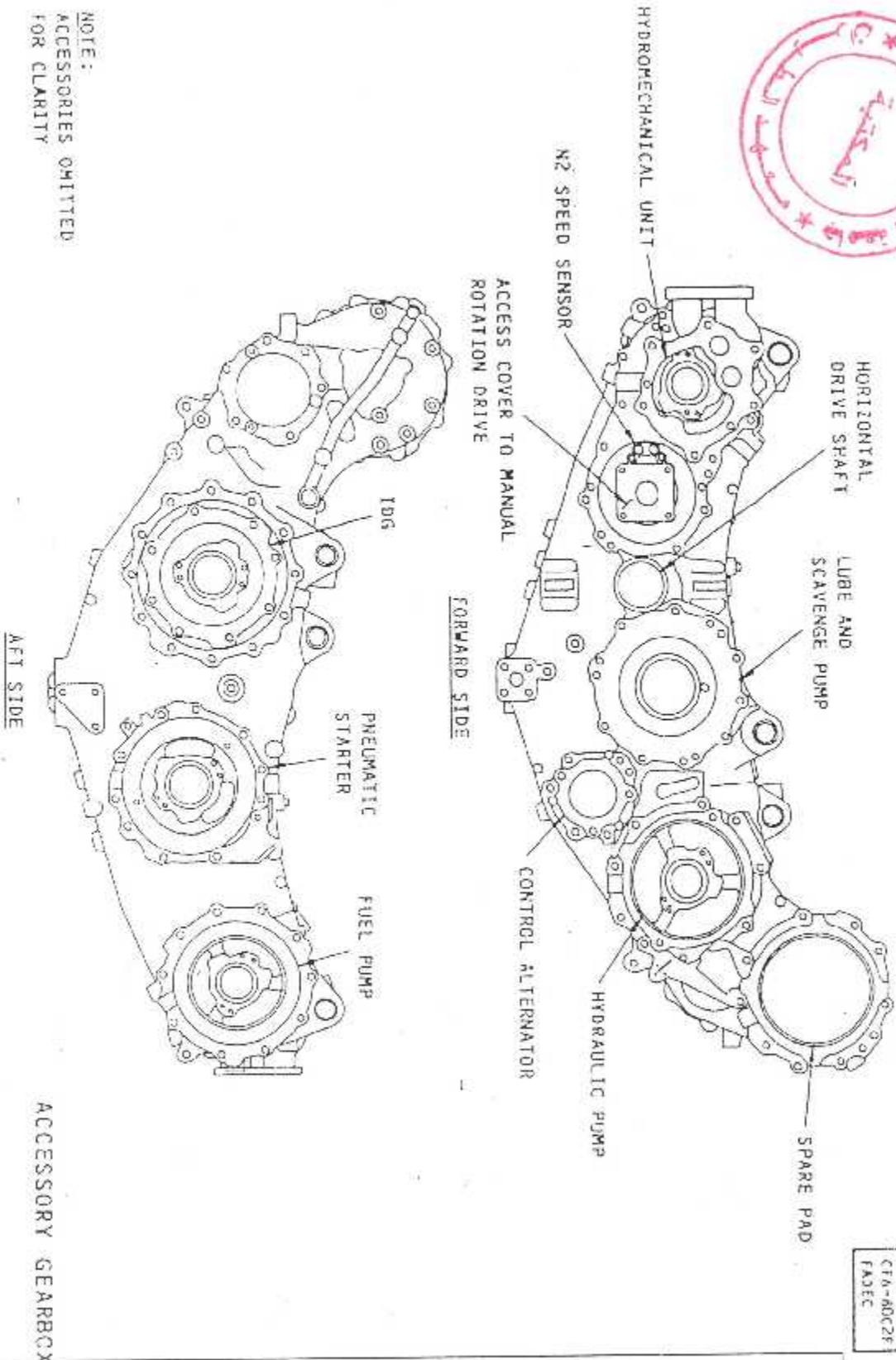


FIG ( 12 ) : MODULE BOITE DENTRAINEMENT D'ACCESSEIRE

➤ Capotages :

Capot fan  
Capot reverse  
Capot corps

➤ Régime N1 :

100 % = 3280 tr/m..  
117,5 % = 3854 tr/m ( maximum ).

➤ Régime N2 :

100 % = 9827 tr/m..  
112,5 % = 11055 tr/m ( maximum ).

➤ EGT 960°C Maximum .

**1.2.7) REPERAGE DES DIFFERENTES STATIONS REACTEUR :**

- Station 0 : condition ambiantes .
- Station 1.2 : entrée d'air.

**Flux Primaire :**

- Station 2 : entrée du compresseur basse pression.
- Station 2.5 : entrée du compresseur haute pression.
- Station 3 : sortie du compresseur haut pression.
- Station 4 : entrée turbine haute pression.
- Station 4.9 : entrée turbine basse pression.
- Station 5 : sortie ensemble basse pression.
- Station 9 : éjection du flux primaire.

**Flux Secondaire :**

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

**I-2-8) SYSTEME EICAS :**

La surveillance du fonctionnement des réacteurs est effectuée à partir d'un système électronique sophistiqué appelé EICAS (engine indicating and crew alerting system). Ce system facilite la tache aux pilotes et aux personnel de la maintenance.

Cette assistance opérationnelle est apportée par des message et des données visualisées sur deux tubes cathodiques. Le traitement des données est entièrement automatique et en tant que tel ne demande aucune action ou sélection particulière de la part de l'équipage.

**➤ Composition Du Système :**

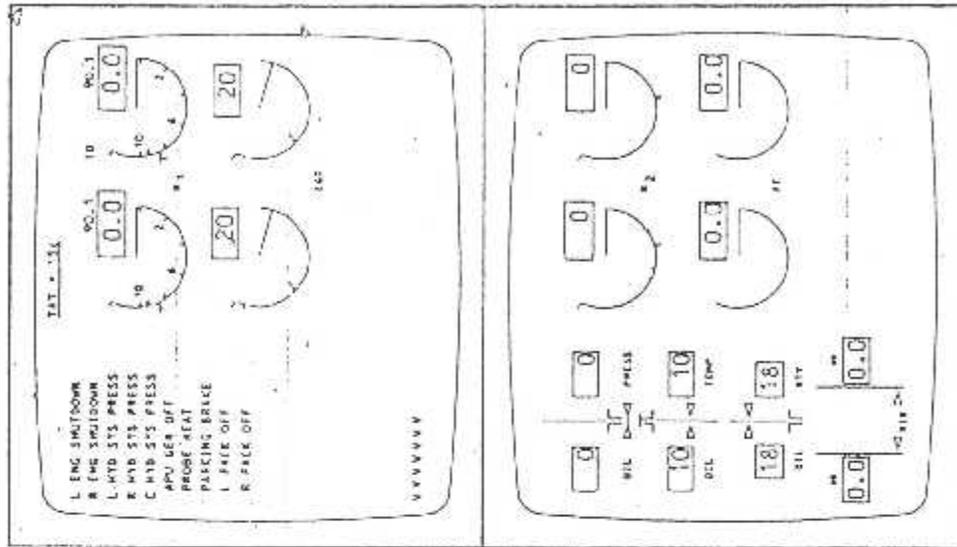
Le système EICAS comprend :

1. Deux (02) calculateurs ( calculateur gauche et droit ).
2. Deux (02) tubes cathodiques multicolores.
3. Deux (02) panneaux de commande.
4. Un (01) panneau de maintenance.
5. Deux (02) modules de permutation.

Le calculateur EICAS affiche tous les paramètres moteur ainsi que toutes les donnée avion nécessaires pour l'équipage.

Les paramètres primaires N1, EGT et les message d'alarmes sont affichés sur l'écran EICAS supérieur. Tandis que sur l'écran EICAS inférieur sont affiches les paramètre secondaires N2, mesures du débit carburant, les messages STATUTS et les message de maintenance.

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



EICAS - ENGINE INDICATION AND CREW ALERTING SYSTEM

Fig(13) : Système EICAS

**I-2-9) UNITE ELECTRONIQUE DE CONTROLE MOTEUR ( EEC ) :**

L'unité de contrôle électronique réacteur ( EEC ) est un microprocesseur électronique digital. Il est fixé sur le coté gauche du carter fan position 8.30 heures. Il est composé de deux ( 02 ) canaux identiques :

- Canal A
- Canal B

il comporte quinze ( 15 ) prises électriques identiques comme suit de J1 à J15. le câblage électrique des quinze prises est codé par des couleurs facilitant ainsi l'identification des prises électriques.

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

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

L'unité électronique de contrôle moteur ( EEC ) a deux ( 02 ) modes de fonctionnement :

- Le mode contrôle.
- Le mode test.

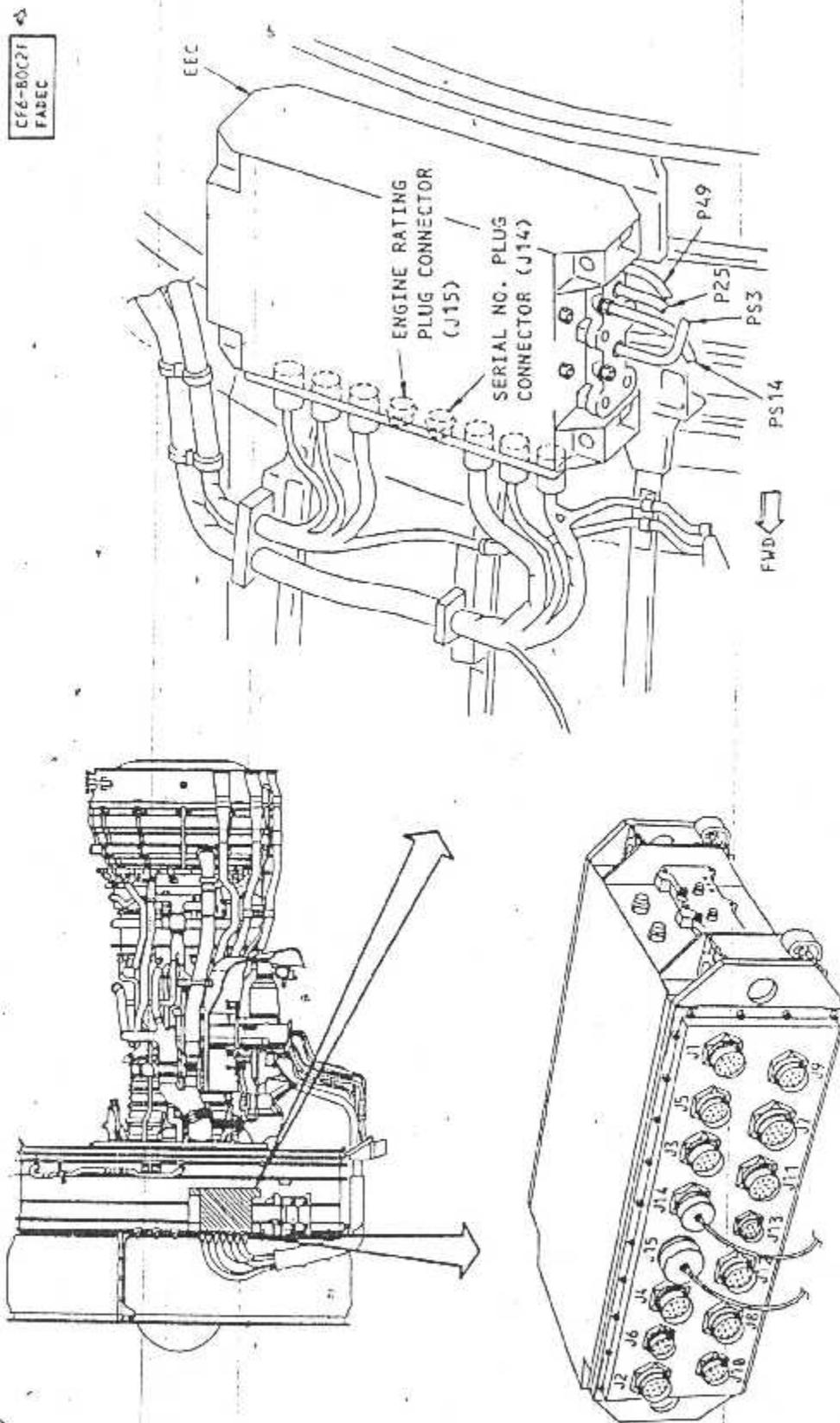


Fig (14) :Unité de control électronique

# CHAPITRE II

Démarrage et

allumage

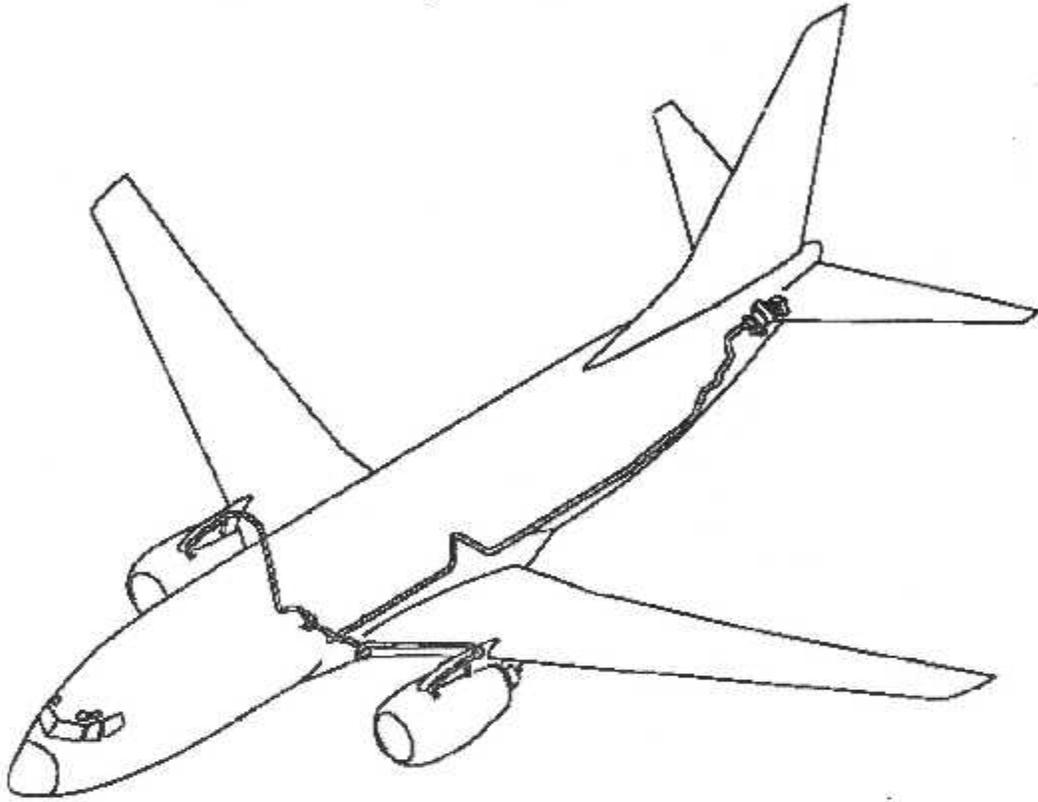
CFM56-7B

## II-1) LE DEMARRAGE :

Le système de démarrage emploie la puissance pneumatique pour tourner l'arbre interne de l'attelage haut pression N<sub>2</sub> dans le but d'actionner le moteur.

La puissance pneumatique vient d'un ces sources :

- APU (Auxiliary Power Unit).
- GPU (Ground Power Unite).
- Autre moteur déjà en route.



SYSTEME DE DEMARRAGE

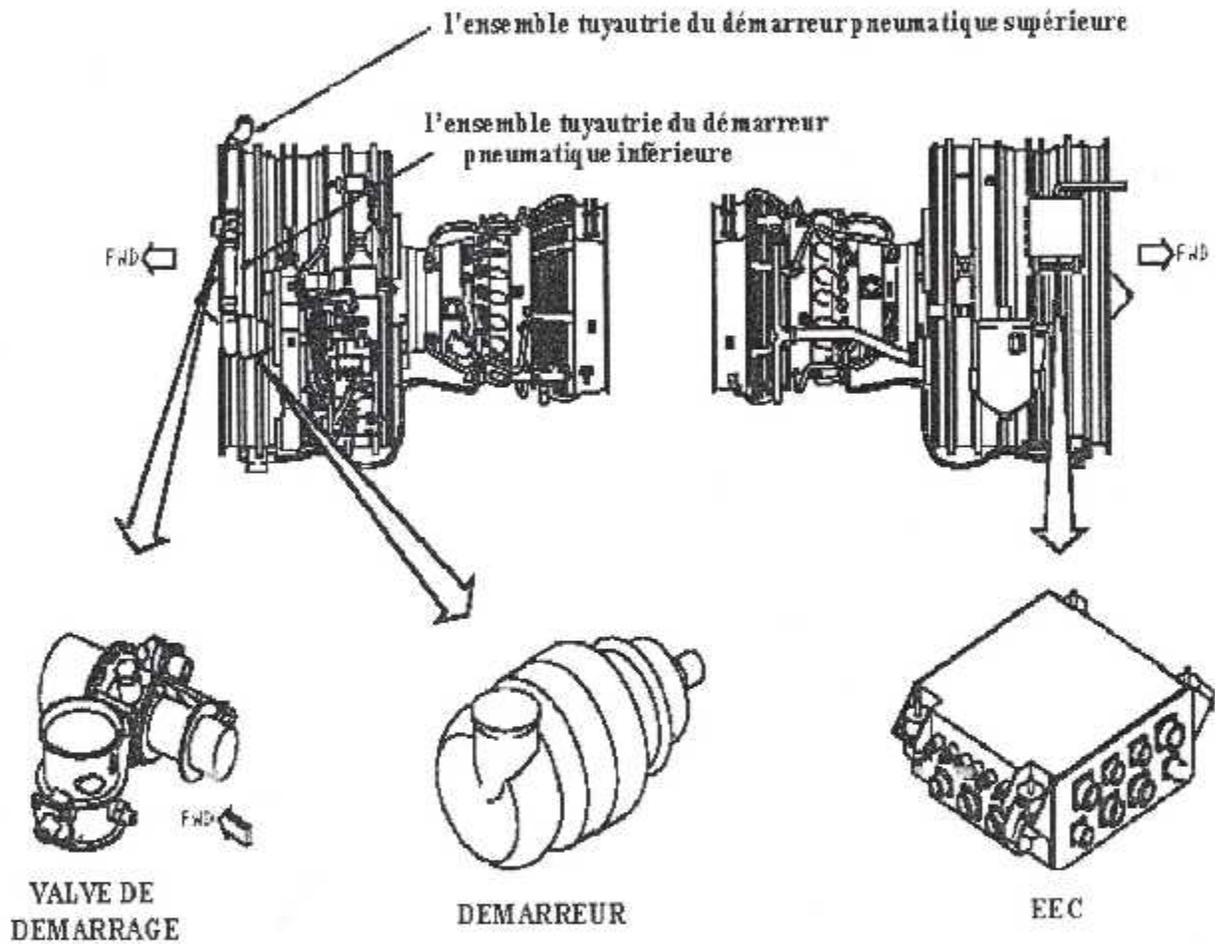
FIG (01)

Le système de démarrage opère au sol et pendant le vol. Il fournit suffisamment de couple à travers le démarreur pour faire accélérer le compartiment haut pression. L'accélération se réalise jusqu'à une vitesse nominale de rotation (RPM) à la quelle la on peut déclenché la combustion.

**II-1-1)Description du système :**

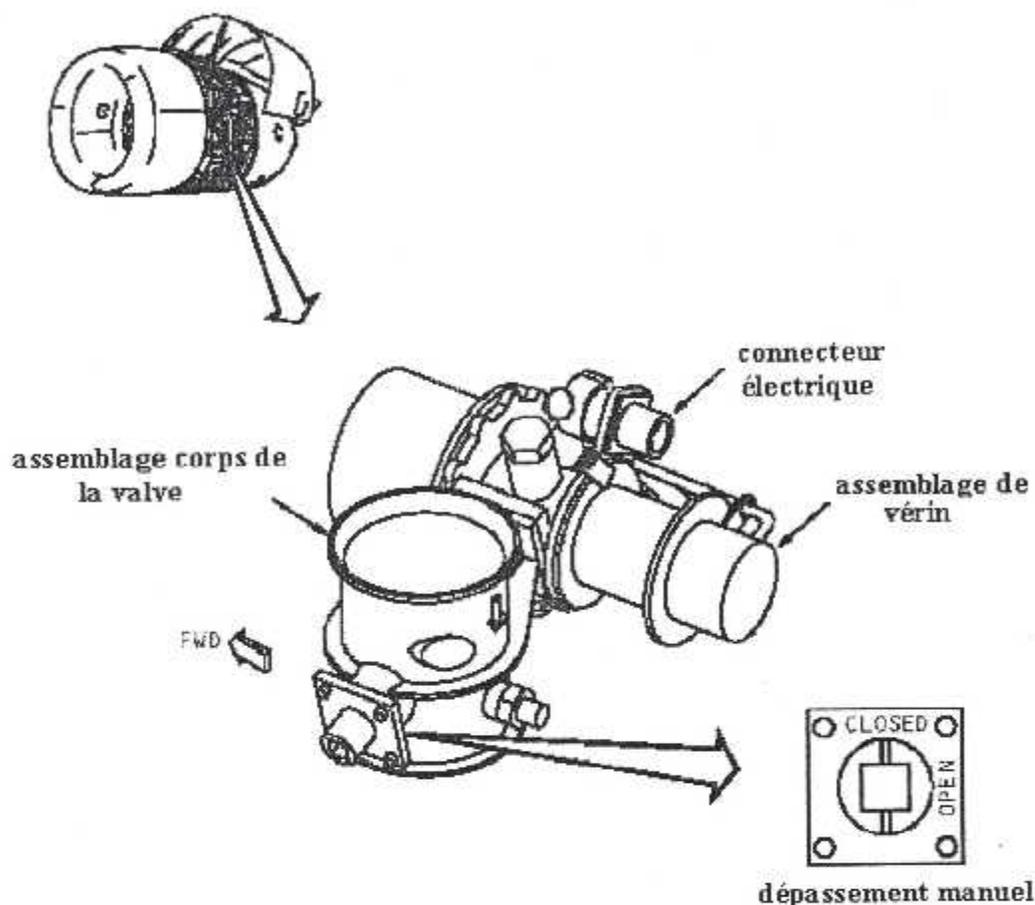
Le système de démarrage du moteur CFM-56 7B a ces composants sur cote gauche :

- 1-Valve de démarrage.
- 2-Démarrer.



**SUSTEME DE DEMARRAGE**

**FIG (02)**

**II-1-1-1) La valve démarrage :**

LA VALVE DE DEMARRAGE

FIG (93)

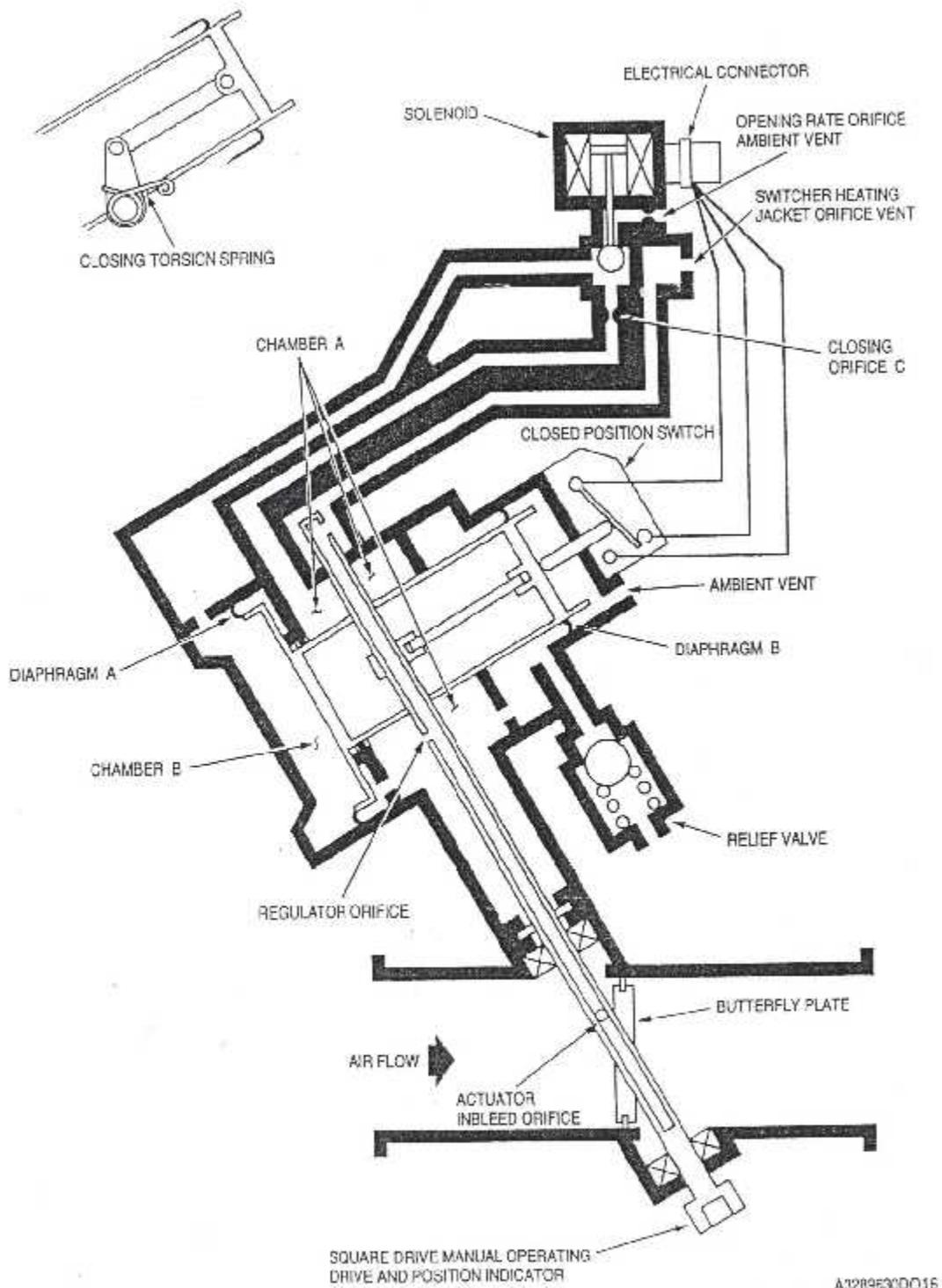
**a) Le rôle et fonctionnement de la valve de démarrage :**

Le rôle de la valve de démarrage est de libérer le passage de l'air sous pression en direction du démarreur.

La valve de démarrage est un robinet d'isolement de papillon. Elle se trouve au dessus du démarreur sur carter fan, elle est électriquement commandé par un électro-aimant et actionnée par pneumatiquement par l'air sous pression.

La valve est maintenue par un ressort de rappelle à la position fermer.

Le solénoïde est un électro-aimant activé par une puissance électrique d'une valeur de 28V en courant continue ,cette dernière provient de la batterie ou d'un bus de transports électrique.



A3289630016

Fig(04) :Le schéma simplifié de la valve de démarrage

La commande et le contrôle de la valve est assuré par la EEC.  
 Quant le solénoïde est mis sous tension, la pression dans la conduite (250000pa) a ce moment est supérieure à la force de raideur du ressort de rappelle, par conséquent la valve se met sur la position "OPEN".

Dans le cas de dysfonctionnement du solénoïde l'ouverture de la valve est assurée manuellement par une clé tube à empreinte carré d'une dimension de 3/8 inch. l'ouverture et la fermeture de la valve peut être vérifiée visuellement par la port de service.

### b) caractéristiques :

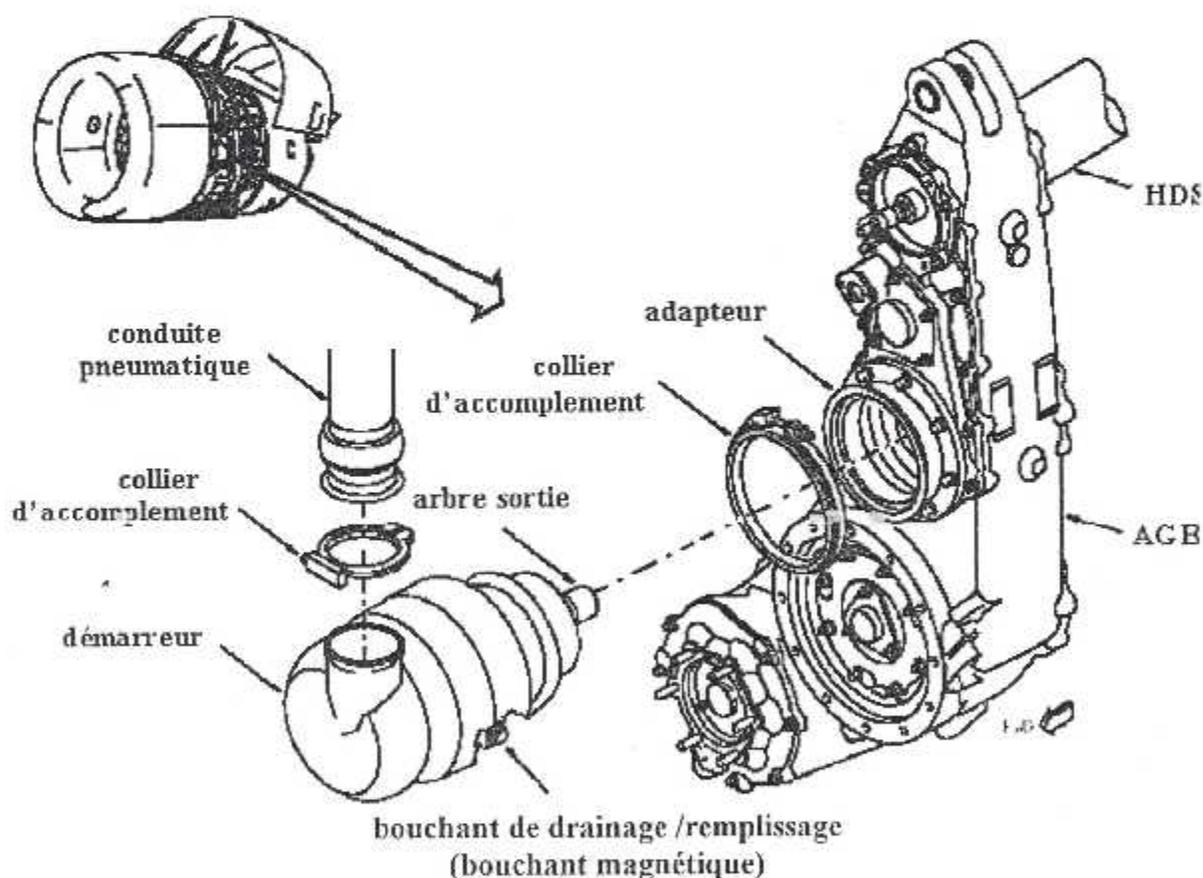
position normale.....	fermeture de vanne papillon
la pression de fonctionnement d'admission s'étendent.....	10 à 45 PAS de k de psi (69 à 310.5)
température ambiante d'air	
air d'admission.....	-65 à 325°F (-54 à 163°C)
air ambiant.....	-65 à 250°F (-54 à 121°C)
estimation électrique de solénoïde	
la tension de fonctionnement.....	14 à 30 volts de C.c
courant de fonctionnement.....	1.0 ampères maxi 28 volts de C.c et 70°F(22°C)
estimation électrique de commutateur d'indicateur de position	
3 ampères inductifs au niveau de la mer, 2,5 ampères à 50.000 pi (15240 m)	
5 ampères résistifs au niveau de la mer à 50.000 pi (15240 m)	
tension.....	30 volts de C.c ou 125 à 250 volts à C.a.
la prise électrique.....	joint à BACC45FS1467S ou à équivalent
pesez.....	5,34 livres (2.42 kilogrammes) maximum.
Dimensions	
Hauteur.....	9,5 po. (24.13 centimètres) maximum.
Longueur.....	8,2 po. (20.82 centimètres) maximum.
Largeur.....	5.25 po. (13.33 centimètres) maximum.

### II-1-1-2) LE DEMARREUR :

**a) Le rôle et fonctionnement de démarreur :** Le démarreur a pour rôle d'accélérer le corps haute pression du moteur N<sub>2</sub> jusqu'au régime de ralenti, d'autre part il permet de ventiler le moteur sans carburant durant les procédures de maintenance.

Le démarreur est fixé à 8 heures sur la face avant de l'AGB. Il est retenu par une goupille qui permet de repérer le positionnement exact du démarreur dans son logement de l'AGB.

Le démarreur est constitué d'une turbine mono étage à écoulement axial et d'un embrayage permettant l'engagement et le désengagement de l'arbre d'entraînement.

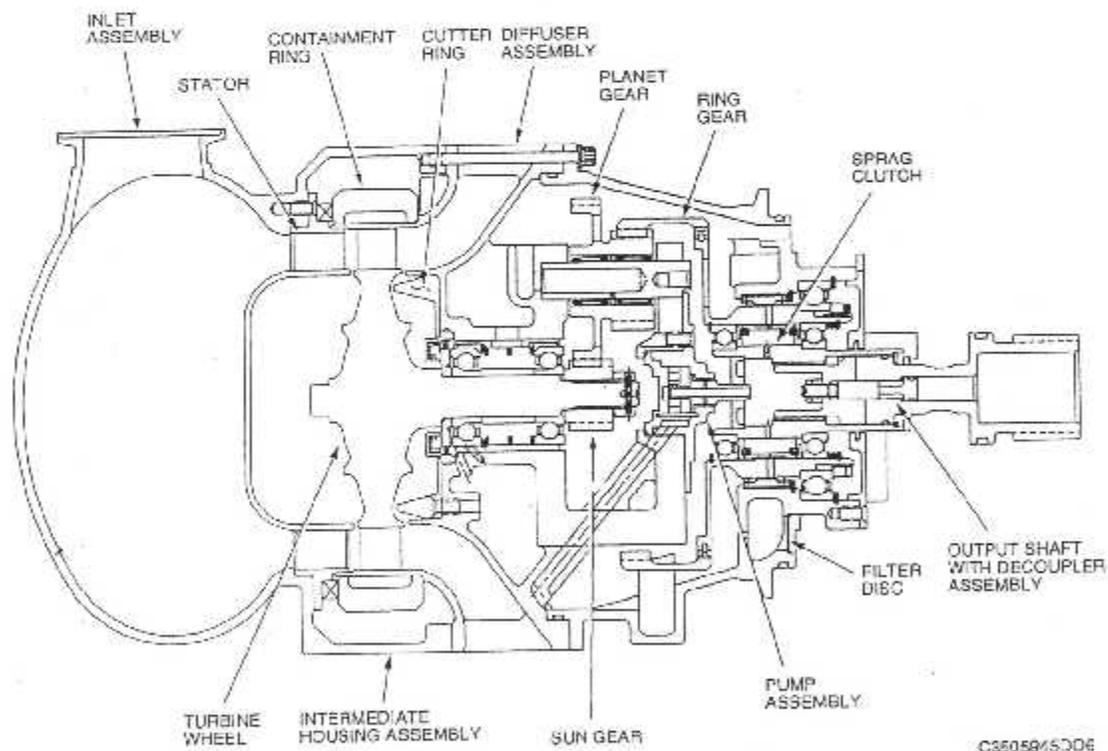


### LE DEMARREUR

FIG(05)

Une fois la valve de démarrage est excitée, l'air sous pression entraîne la turbine du démarreur, elle même qui fait tourner les réducteurs du démarreur et engage l'embrayage pour faire tourner l'arbre d'entraînement et les engrenages de l'AGB lui même est directement relié à l'arbre.

Lorsque la rotation de l'arbre  $N_2$  atteint la valeur  $N=55\%$  la valve reçoit un signal de la EEC qui commande la fermeture de la valve en la désexcitant, a ce moment l'air sous pression ne passe pas, l'embrayage se désengage et la commande d'allumage et opérationnelle. La rotation de l'arbre  $N_2$  devient autonome jusqu'à atteindre le régime ralenti "IDLE".



**Fig(06) :Le schéma simplifié de démarreur**

**b) caractéristiques du démarreur :**

Type de turbine..... étape simple, axial écoulement  
 Embrayage de réduction..... composé planétaire (vitesse tournante d'anneau)  
 Interne enclenchement ..... Type d'embrayage de cale  
 Vitesse de coupure de démarreur..... maximum de 8100 t/min  
 Tours d'axe de rendement..... dans le sens des aiguilles d'une montre vu de  
 l'extrémité d'axe de rendement

**Lubrification:**

Type de système.....Éclaboussure humide de cavité d'Assisté  
 avec la pompe de lubrification  
 Capacité..... 30,5 pouces cubiques (500 CC)  
 Spécifications de lubrifiant.....MIL-I-7808 ou MIL-I-23699

Raccordement d'air d'admission..... 3,760 pouces (95.50 millimètres) de  
 diamètre, nominal

**Dimension d'enveloppe:**

Longueur.....17,5 pouces ( 44.5 centimètres )  
 approximativement  
 Largeur..... 8,3 pouces ( 21.1 centimètres ) approximativement  
 Hauteur..... 8,8 pouces ( 22.4 centimètres ) approximativement

Poids (sec) .....29,2 livres maximum (de 13.25  
 kilogrammes)

**II-1-2) LES COMMANDE DE DEMARRAGE :**

Il y a (4) positions de l'interrupteur de démarrage pour démarrer le moteur :

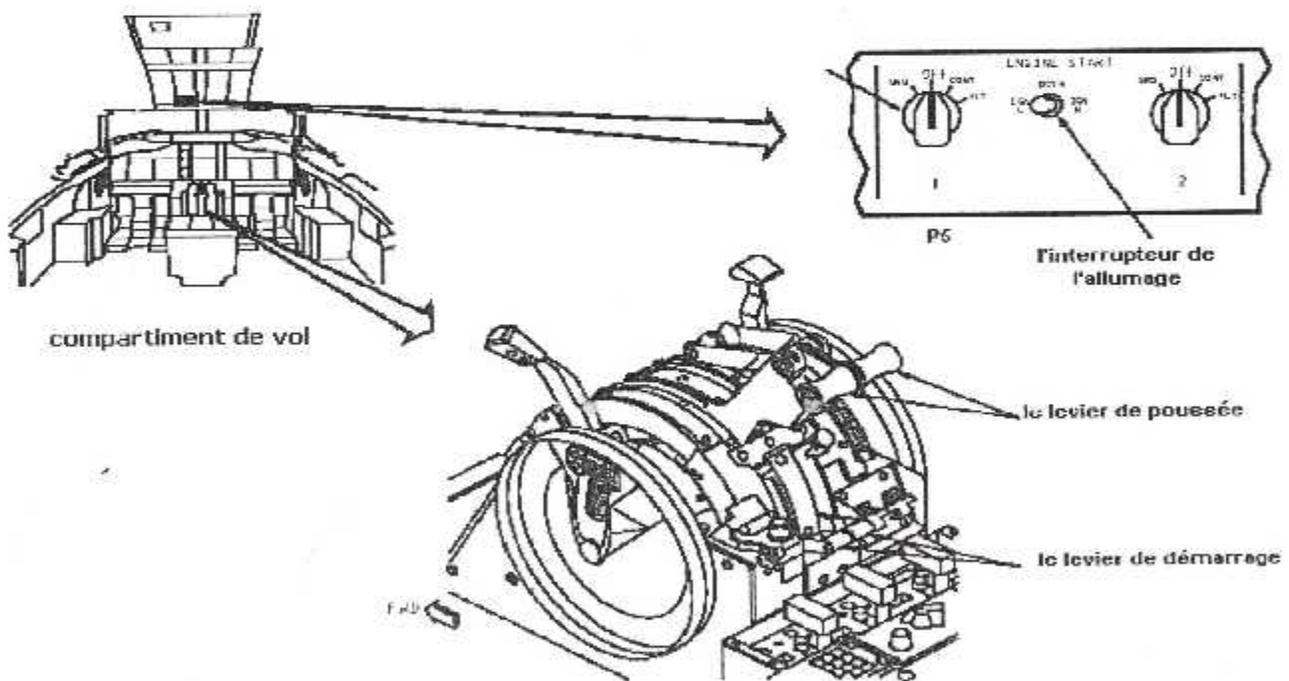
-1- **GRD** démarrage au sol l'engagement du démarrage et l'allumage et le carburant sont fournirent quand le levier de démarrage est déplacé à la position IDLE.

-2- **OFF** (éteint) pas de démarrage .

-3- **CONT** (allumage continu) cette position est utilisée pour :

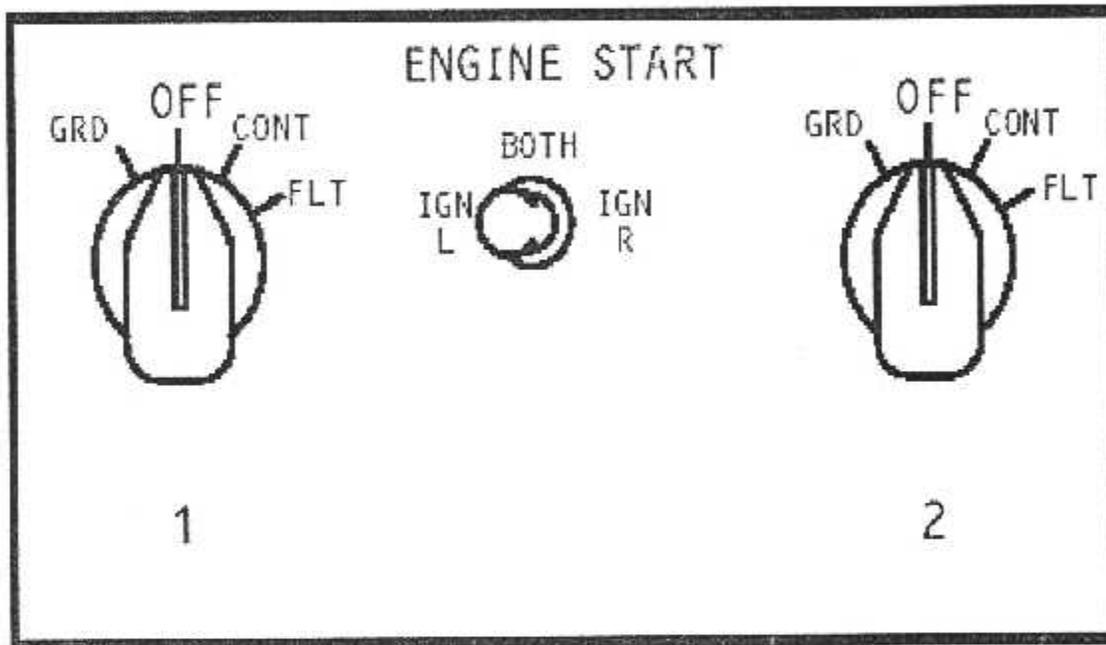
- Décoller .
- Approche .
- Atterrissage .
- Mauvais temps .

-4- **FLT** démarrage en vol sans l'utilisation du démarreur .



**CONTROLE DE DEMARRAGE**

Fig(07)



LE COMMUTATEUR DE DEMARRAGE

Fig(08)

## **II-2) L'ALLUMAGE :**

Le système d'allumage permet d'enflammer le mélange air/carburant au cours du démarrage moteur au sol, ou du redémarrage moteur en vol (s'il a extinction accidentelle ou volontaire).

Si les conditions météo sont telle que l'équipage craint un arrêt moteur en vol, il y a la possibilité de commande d'allumage continue (alors que normalement l'allumage est coupé dès que le moteur est démarre), il est d'ailleurs sélecte avec l'anti-givrage nacelle.

L'allumage est commandé par la position du sélecteur de mode de panneau de démarrage moteur qui est installé sur la console centrale du cockpit, entre les deux pilotes.

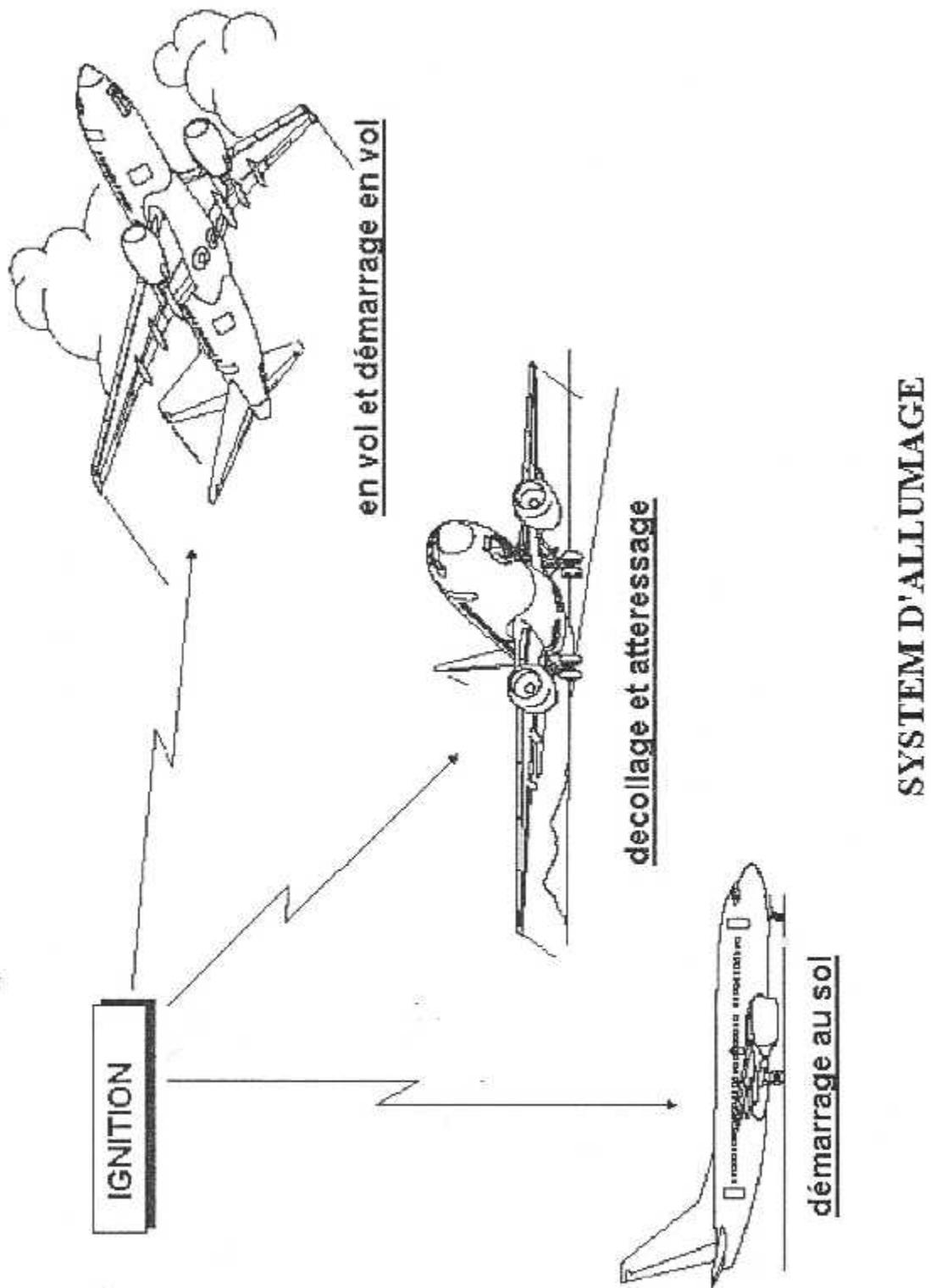
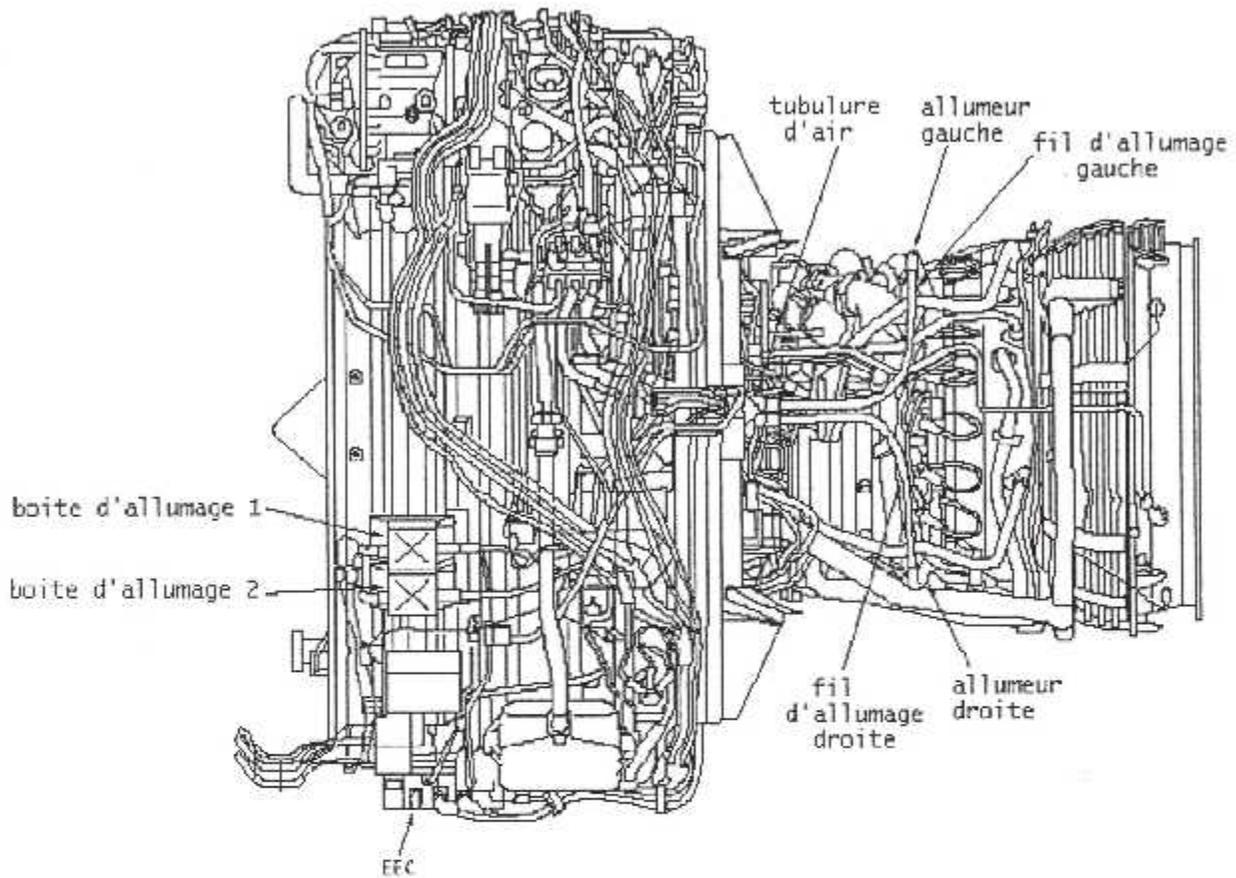


Fig (09)



**ENDROIT D'ÉLÉMENT D' ALLUMAGE DE MOTEUR**

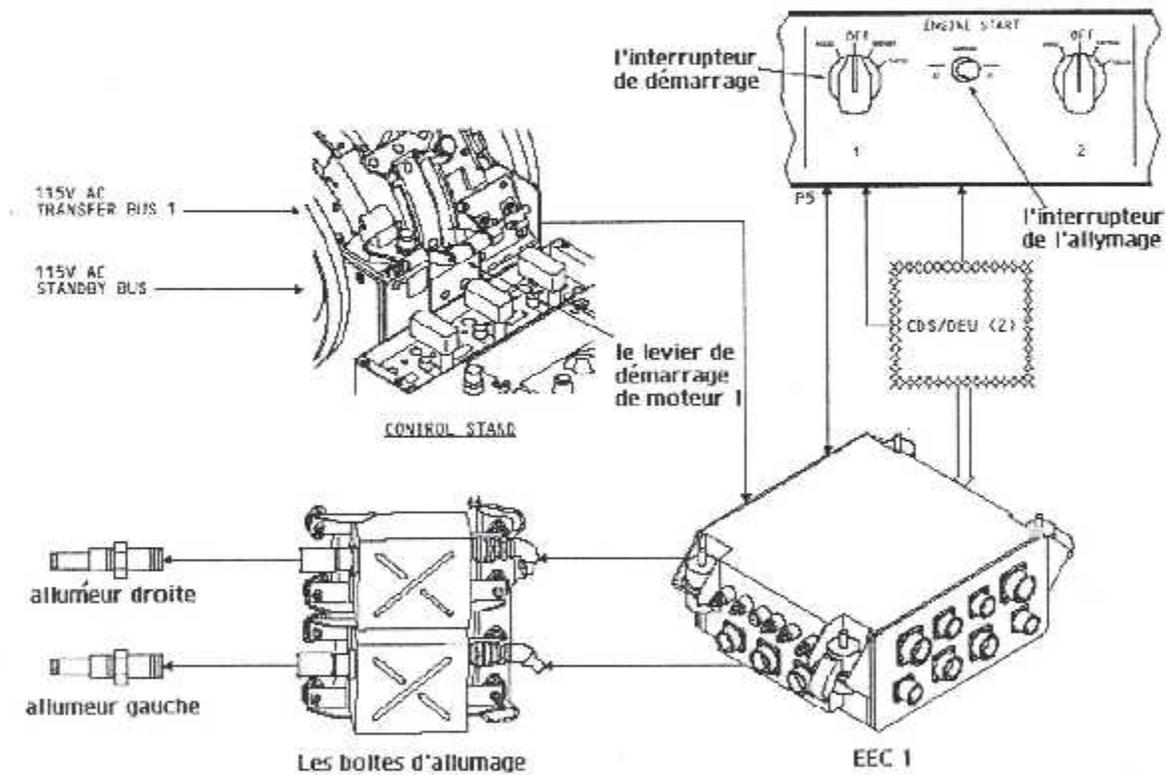
**Fig(10)**

**II-2-1) DESCRIPTION DU SYSTEME D'ALLUMAGE :**

Le système d'allumage de moteur CFM56-7b comprend deux circuits indépendants, le circuit A et le circuit B.

Chacun se compose des éléments suivants :

- Les boîtes d'allumage .
- Les câbles d'allumage .
- Les allumeurs .



DESCRIPTION DU SYSTEME D'ALLUMAGE

Fig(11)

### II-2-1-1) LES BOITES D'ALLUMAGE :

Les boites d'allumage se compose de deux boites en aluminium, souder contenant de l'air sec, renfermant des circuits de condensateurs chargeable et déchargeable .

Les excitateurs sont localiser dans le chassic du fan arriere à la position 5h. Les connecteurs électrique fournissent à ces boites d'allumage de l'énergie avion (à l'avion) et l'énergie à haut voltage à la sortie (l'arriere) aux allumeurs.

Les excitateurs d'allumage fournissent une production de 14000 à 18000 voltes à un taux d'approximativement une 1 impulsion par seconde à l'allumage.

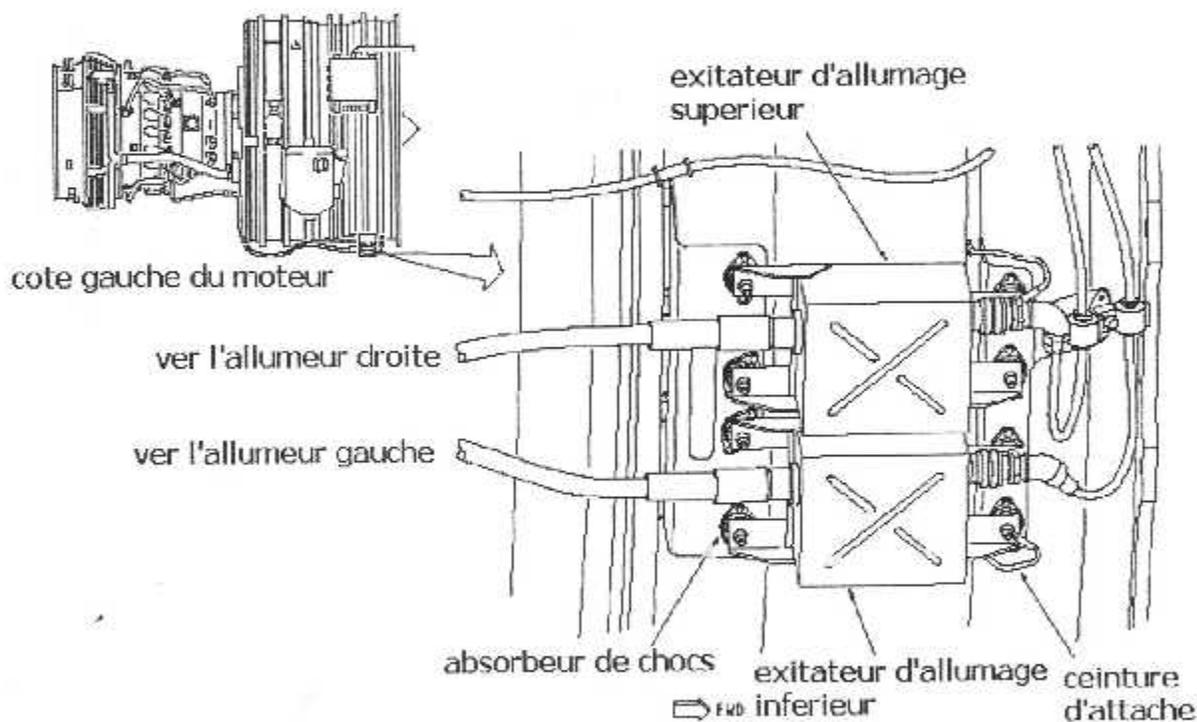


Fig (12) :LES BOITES D'ALLUMAGE

L'excitateur transforme, rectifie et stocke l'énergie dans un condensateur(14,5-16OULE). Les condensateurs déchargent 1.5 JOULE en envoyant une impulsion électrique à l'allumeur chaque 2 seconde.

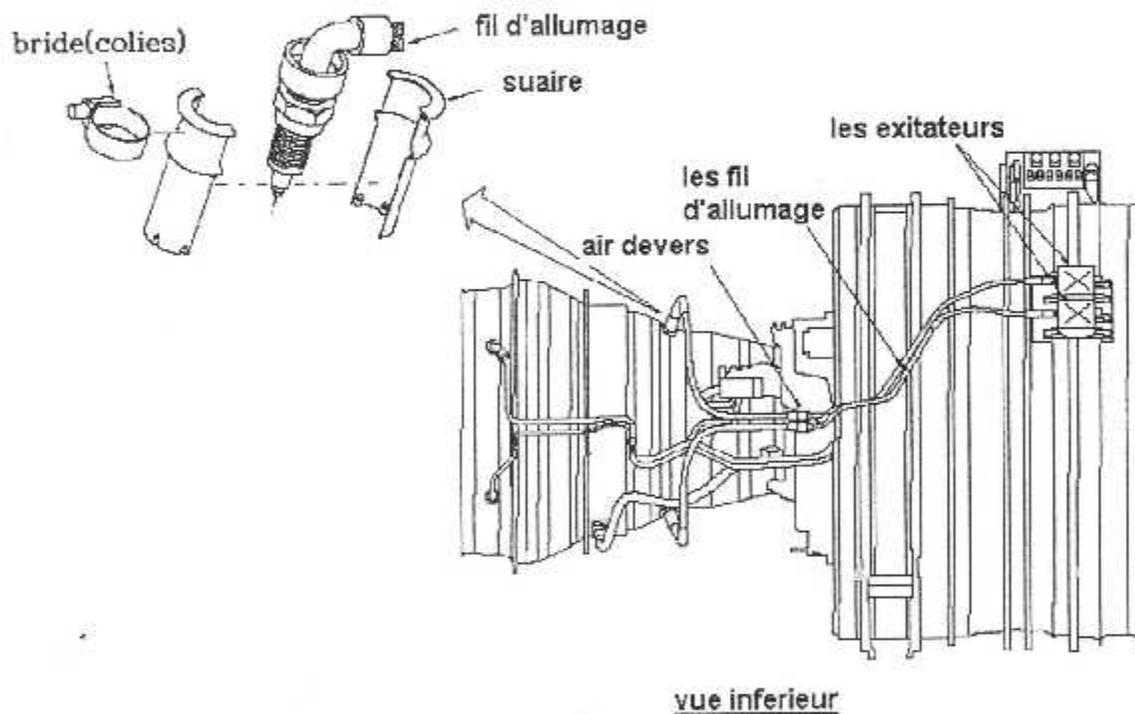
Par sécurité, des résistances sont fournies or dissiper une charge résiduelle éventuelle des condensateurs.

### II-2-1-2) LES FILES D'ALLUMAGE :

Les deux câbles d'allumage comprennent 14 calibre conducteur en cuivre avec un isolement en caoutchouc dans un conduit flexible.

Les câbles vont des excitateurs d'allumages sur le chassie de fan vers le bas aux tuyaux d'air à 6h, coté bas du module de corps du moteur et relie les allumeurs dans le chassie de chambre de combustion.

Les câbles d'allumage distribuent un voltage élevé et un base énergie d'impulsions électrique des l'excitateurs d'allumage allumeurs .



**Fig(13) :LES FILES D'ALLUMAGE**

Ils fournissent aussi un écoulement d'air frais pour la moitié inférieure du câble et du câble de connections de l'allumeurs.

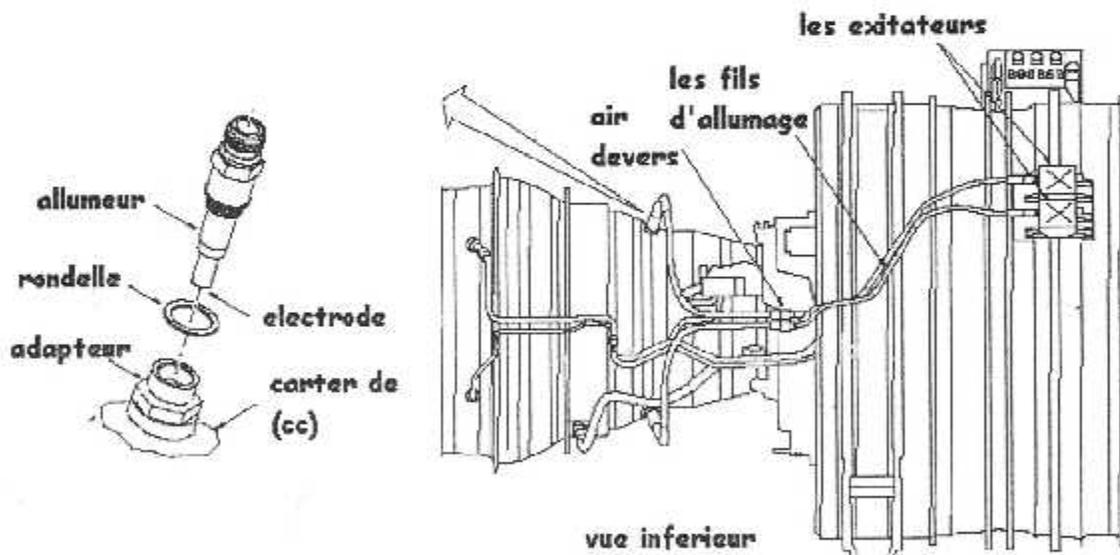
L'air frais venu du compresseur basse pression(LPC) qui fournit le tuyau d'air à 6h et s'écoule à travers un échangeur d'air déchargeant à travers des ports d'écoulement juste au dessus du câble de la prise de connections.

**II-2-1-3) LES ALLUMEURS :**

Les allumeurs contiennent une électrode centrée d'un carapace en oxyde d'aluminium.

Les allumeurs sont enfilés à un adaptateur qui est enfilé au chassie de la chambre de combustion et bloqué à un frein d'arrêt à arrêtoir, une bride de support lisse sur la jambe avec une garniture de nickel cémentée à chaque cote fournit un joint d'air à l'adaptateur placée du côté droite de l'armateur arrière du compresseur aux position 4h et 8h.

Les allumeurs fournissent des étincelles électrique exigées pour le démarrage ou le maintient de la combustion.



**ALLUMEUR**

**Fig (14)**

## II-2-2) COMMANDE D'ALLUMAGE :

Les contrôles fournissent une interface au système d'allumage.

La EEC contrôle le système d'allumage en se basant sur les données du cockpit.

Les composants contrôlant le système d'allumage du moteur sont :

- 1-Les commutateurs ou les interrupteurs de démarrage du moteur.
- 2-Les commutateurs ou les interrupteurs d'allumage .
- 3-EEC.

Il y a trois positions de l'interrupteur du système d'allumage :

- 1-IGN.L(opération d'allumeur gauche).
- 2-IGN.R(opération d'allumeur droite).
- 3-BOTH(opération des deux allumeurs à la fois).

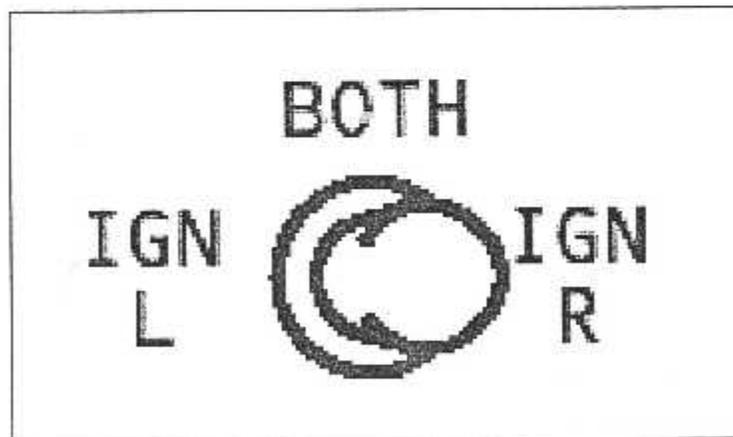


Fig (15)

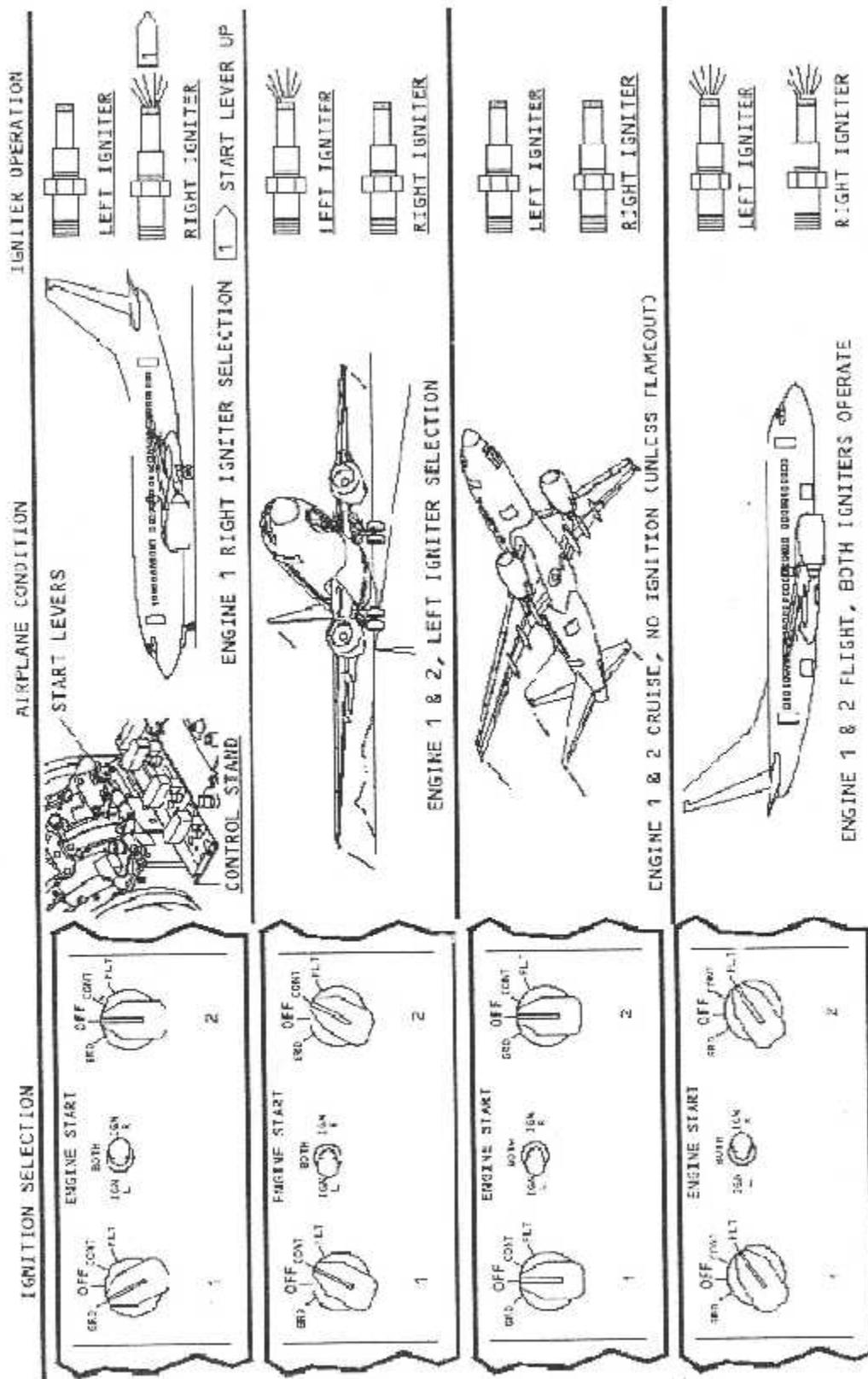
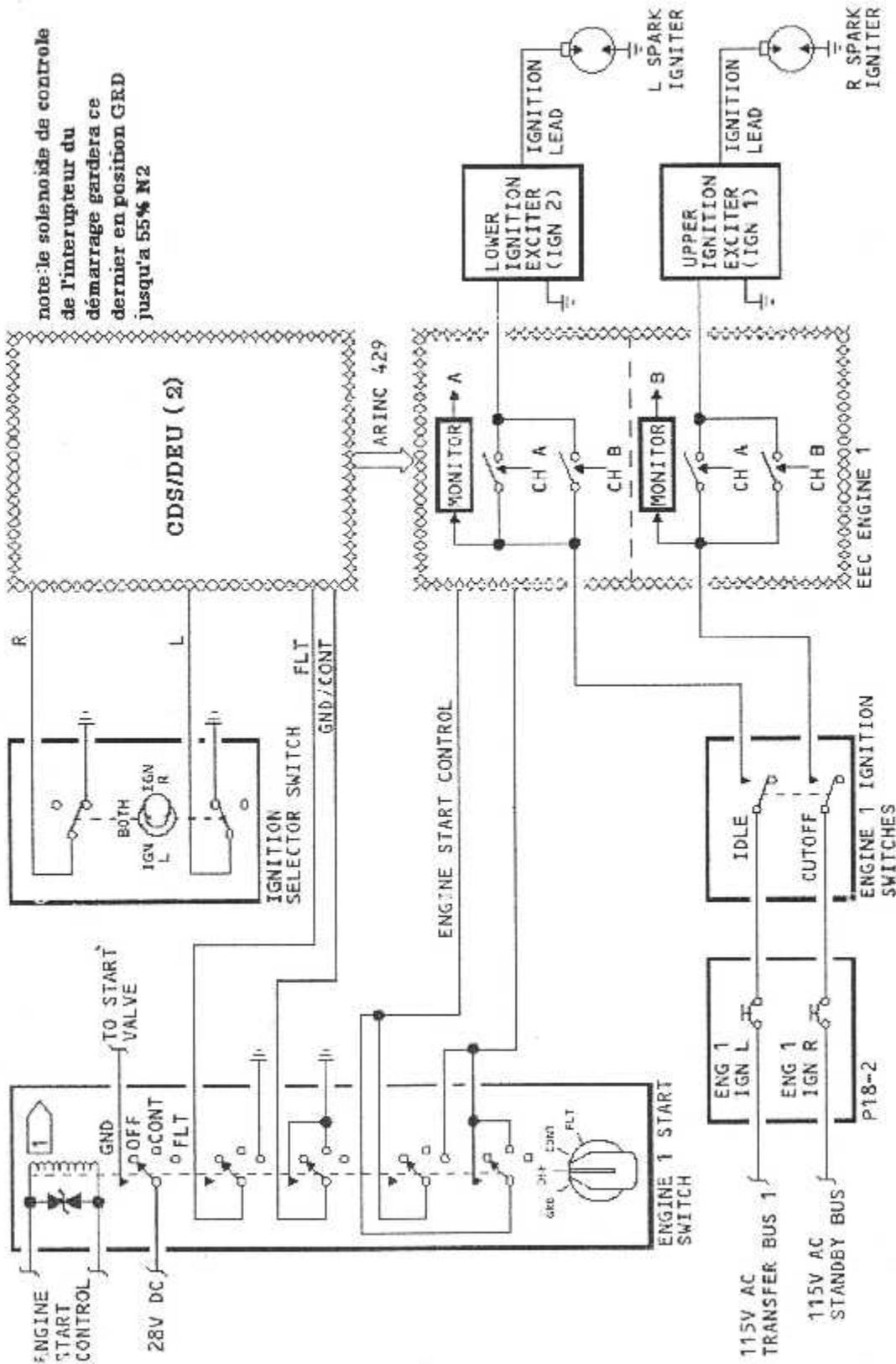


Fig (16)

CONTROLE(ALLUMAGE/DEMARRAGE)



FONCTIONNEMENT DU SYSTEM D'ALLUMAGE

Fig(17)

**II-2-3) SEQUENCE DE DEMARRAGE DU CFM56-7B :**

Après avoir démarré l'APU quand la vitesse APU est supérieure à 95% RPM.

1) On met le switch de soutirage APU sur position marche.

La vanne de soutirage APU s'ouvre, l'air va vers la vanne de soutirage moteur.

2) On met le sélecteur d'allumage soit sur position :

- LEFT (gauche)
- RIGHT (droit)
- BOTH (ensemble)

L'EEC arme le circuit d'allumage.

3) On met le sélecteur de démarrage sur position GND (sol).

a) L'EEC affiche un trait mauve sur l'indicateur EGT équivalent à 725°C valeur maximale perméable des gaz d'échappement lors du démarrage.

b) La vanne de démarrage s'ouvre le voyant START VALVE OPEN s'allume ambre.

c) Le démarreur tourne le N2 accuse.

4) A 25% N2

On met la manette de démarrage sur position marche :

a) Le robinet carburant haute pression s'ouvre.

b) La boîte d'allumage est excitée.

5) A 55% N2 RPM

L'unité électronique d'affichage (DEU) coupe l'alimentation électrique à la vanne de démarrage.

a) La vanne de démarrage se ferme le voyant START VALVE OPEN s'éteint.

b) Le démarrage s'arrête.

c) Le sélecteur de démarrage revient automatiquement sur OFF.

Le moteur se stabilise au ralenti

Le trait mauve disparaît sur l'indicateur EGT

Les paramètres N1, EGT, N2, Débit carburant, Pression d'huile, Température d'huile se stabilisent.

### **Position allumage permanent :**

Cette position est sélectionnée par le pilote lors :

- Du décollage
- Des turbulences
- De l'atterrissage

Cette position permet d'exciter la boîte d'allumage dans ces cas pour éviter l'extinction de la flamme.

### **Réallumage en vol :**

Après arrêt moteur en vol l'action corrective est de redémarrer le moteur le plus rapidement possible.

Sur le CFM56-7B l'EEC connaît la vitesse avion.

Si la vitesse avion est élevée (Supérieure à 320 nœuds) l'EEC n'affiche aucun message et le pilote redémarre le moteur sans assistance du démarreur.

Il lui suffit tout simplement de mettre la manette de démarrage sur position marche.

- 1) Le robinet carburant s'ouvre
- 2) Les deux boîtes d'allumage sont excitées
- 3) Le moteur démarre et reprend son régime normal.

Si la vitesse avion n'est pas élevée (inférieure à 260 nœuds) l'EEC affiche le message suivant en couleur mauve sur l'indicateur N1 du moteur alerte X BLD START ce qui signifie que le réallumage doit se faire avec assistance du démarreur pour cela il faut :

- 1) Démarrer l'APU
- 2) Quant le RPM APU est supérieur à 95%.
- 3) On met le switch de soutirage sur position marche, la vanne de soutirage s'ouvre, l'air va vers la vanne de démarrage.
- 4) On met le sélecteur de démarrage sur position GND (sol)
  - a) La vanne de démarrage s'ouvre le voyant START VALVE OPEN s'allume ambre.
  - b) Le démarreur tourne le N2 accuse
- 5) A 25% N2

On met la manette de démarrage sur position marche

- a) Le robinet carburant haute pression s'ouvre
- b) Les deux boîtes d'allumage sont excitées
- 6) A 55% RPM

L'unité électronique s'affiche supprime l'alimentation électronique à la vanne de démarrage cette dernière se ferme, le démarreur s'arrête.  
Le moteur reprend son régime normal.

## **II-2-4) SEQUENCE DE DEMARRAGE ANORMALE :**

### **1) CAS DE DEMARRAGE CHAUD AU SOL :**

Si l'EGT atteint la valeur maximale au démarrage.

L'EEC

- 1) Fait clignoter la valeur de l'EGT sur l'indicateur EGT. Il est alors recommander d'arrêter le moteur en mettant la manette de démarrage sur position arrêt.
- 2) Si personne n'arrête le moteur, l'EEC affiche la valeur EGT en couleur rouge (725°C) et arrête le moteur automatiquement et arrête le moteur automatiquement.
  - a) fermant le robinet carburant haute pression
  - b) désexciter les boites d'allumage.

### **3) CAS DE DEMARRAGE HUMIDE AU SOL :**

Après avoir mis la manette de démarrage sur position marche, si après 15 secondes la valeur de l'EGT n'augmente pas l'EEC arrête le moteur automatiquement

Ces deux protections :

DEMARRAGE CHAUD

DEMARRAGE HUMIDE

Sont valables au sol seulement.

### **4) PROTECTION EN VOL :**

L'EEC a une seule protection en vol.

Si en vol le N2 est inférieure à 57% l'EEC excite les deux boites d'allumage pendant 30 secondes.

- a) Si le N2 augmente l'EEC éviter l'extinction moteur.
- b) Si le N2 diminue et atteint 45% RPM l'EEC affiche le message suivant en couleur ambre sur l'indicateur EGT « ENG FAIL » ce qui signifie moteur arrêté.

# CHAPITRE III

Démarrage

et

allumage

CF6-80C2 FADEC

### **III-1) DEMARRAGE :**

Le système de démarrage de moteur fait tourner le rotor de N2 pour mettre en marche le moteur. Le rotor de N2 est fait tourner par le démarreur pneumatique par les arbres d'entraînement horizontal et radial. Le système peut être employé pendant le vol et sur la terre. le système de démarrage est également employé pour démarrer un moteur sur la terre.

La puissance pneumatique est de n'importe quelle de ces trois sources:

- Group pneumatique.
- Unité auxiliaire de puissance(APU).
- Un autre moteur qui est déjà en marche.

Les composants de système de démarrage pour chaque moteur sont la valve de démarrage et le démarreur.

Commutateurs de commande d'allumage et de démarrage sur panneau commande du système de démarrage de moteur.

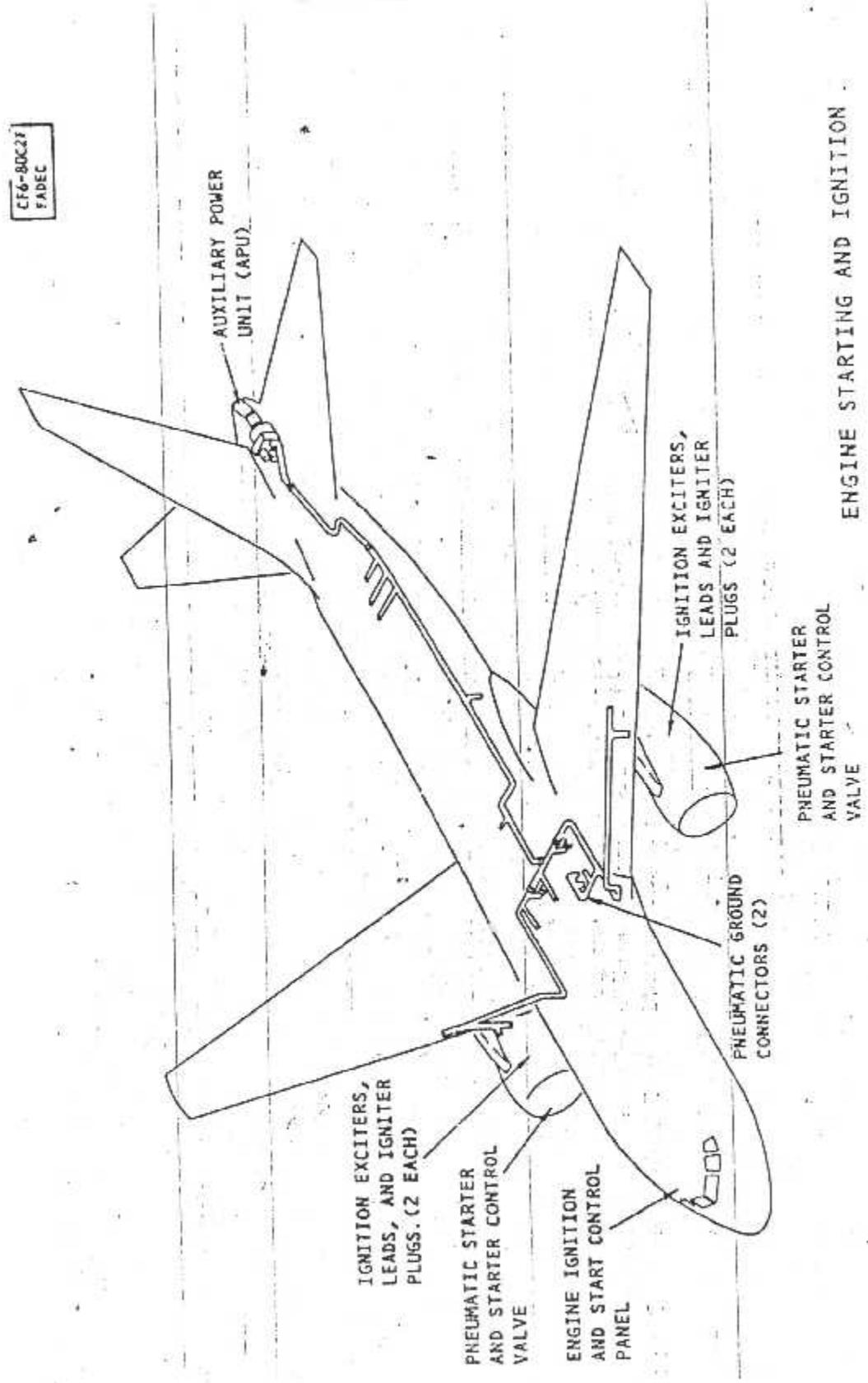


Fig (01) LE SYSTEME DE DEMARRAGE ET D'ALLUMAGE

### III-1-1) Description du système :

Les composants de système de démarrage pour chaque moteur CF6-80C2 sont :

- la valve de démarrage
- le démarreur.

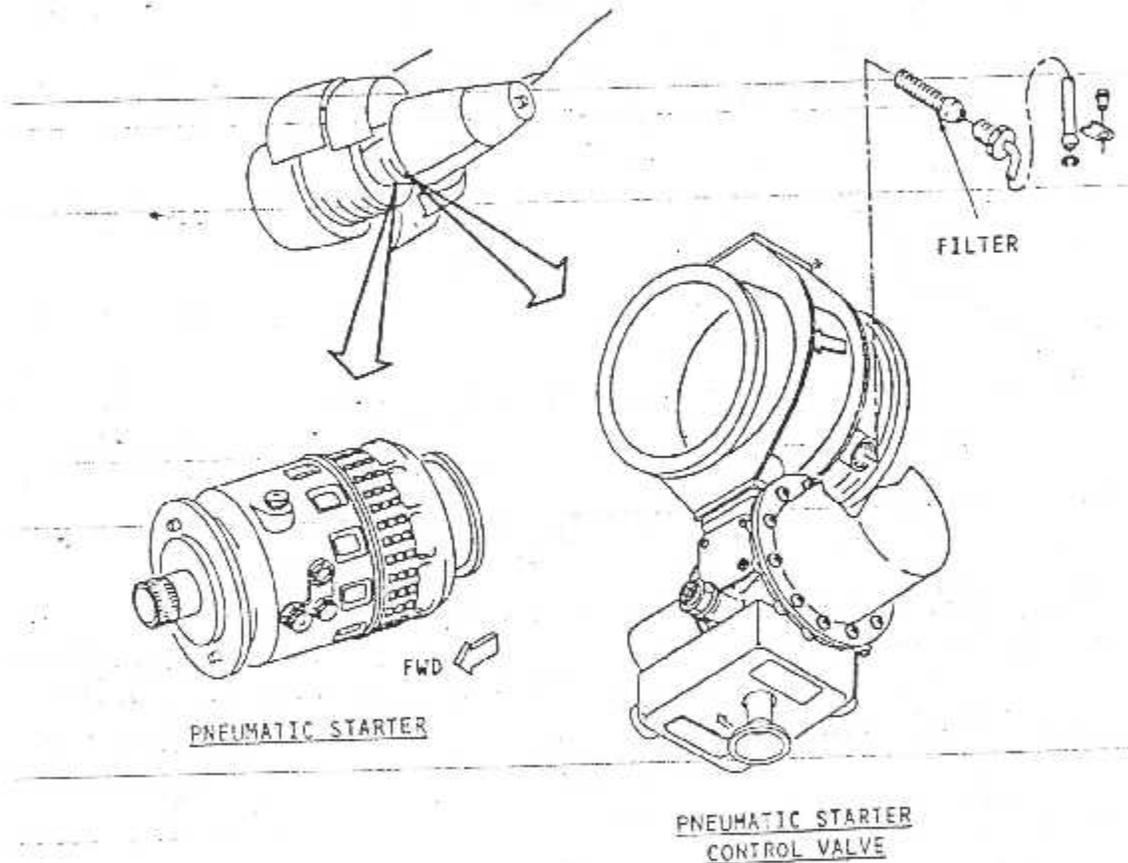
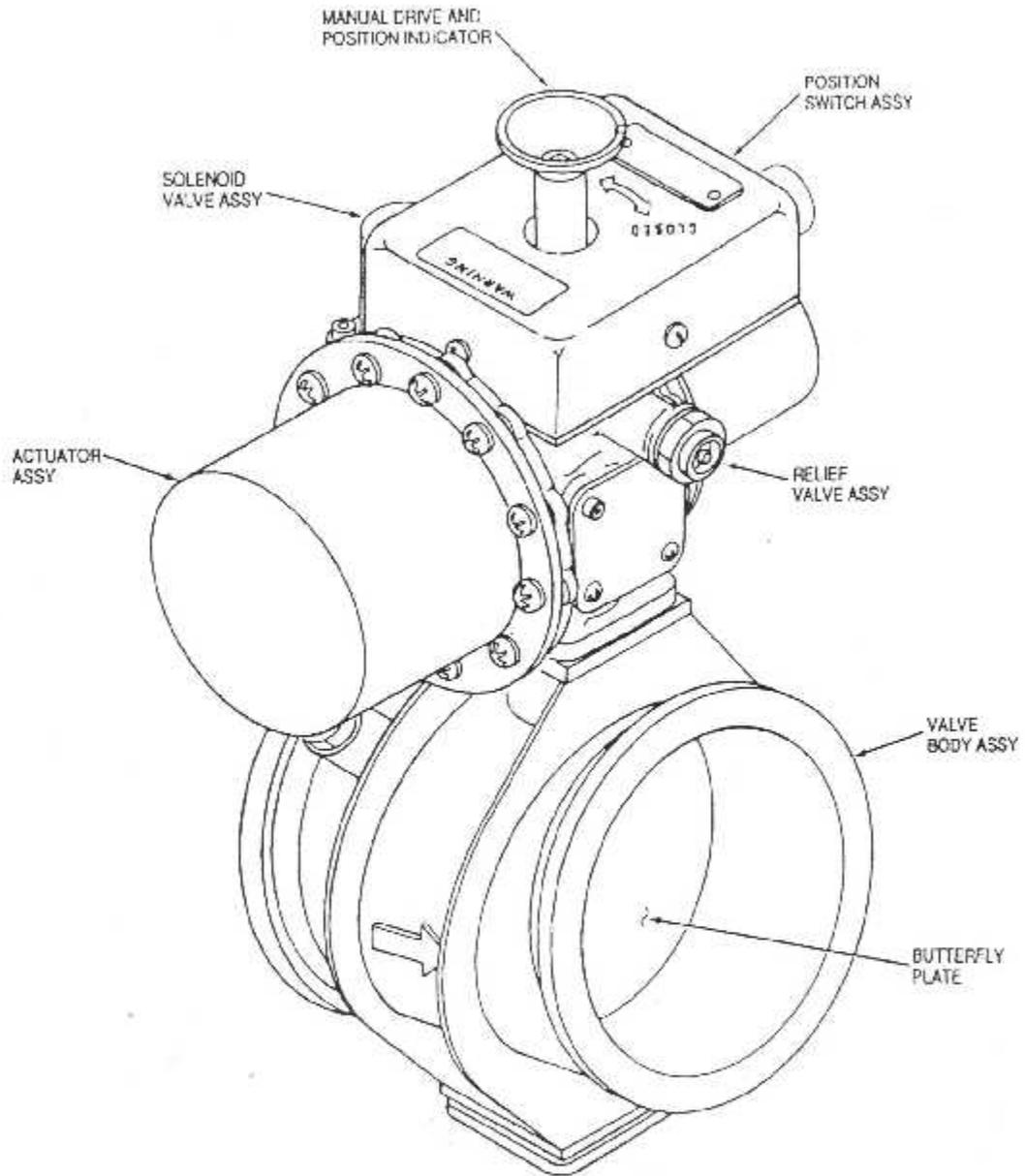


Fig (02) SUSTEME DE DEMARRAGE

**III-1-1-1) La valve démarrage :**



A879626C031\*

**Fig (03) LA VALVE DE DEMARRAGE**

### **a) Le rôle et fonctionnement de la valve de démarrage :**

la valve de démarrage est montée à l'arrière du démarreur pneumatique entre l'entrée de démarreur et le conduit approvisionnement d'air. La valve control l'écoulement d'air au démarreur. Un filtre protège le déclencheur de valve.

La valve de démarrage est une valve fermée à ressort de type de papillon. Elle est contrôlée électriquement avec un solénoïde et d'une manière pneumatique actionné. Il peut être fonctionner manuellement à l'aide d'un outil d'entraînement carré . Il y a des commutateurs pour les positions de valve ouverte et valve fermés. La sortie de valve est montée sur l'entrée de démarreur pneumatique à l'aide d'une bride de bande en V. Le conduit d'air pneumatique d'approvisionnement de démarrage est relié à l'entrée de valve.

Avec la puissance pneumatique disponible, la EEC active le solénoïde de la valve de démarrage pour ouvrir la valve. Deux commutateurs sont enfermés dans un carter de valve. Les commutateurs sont actionnés par un bras sur l'axe de valve et fournissent l'indication de position approvisionnement.

Pour l'opération manuelle de la valve est atteinte avec une commande carrée de 3/8 pouce par un trou dans la porte d'accès de verrou d'inverseur de poussée. Les instructions sont sur la porte. La valve doit être jugée ouverte contre un ressort. La communication avec le compartiment de vol doit être maintenue.

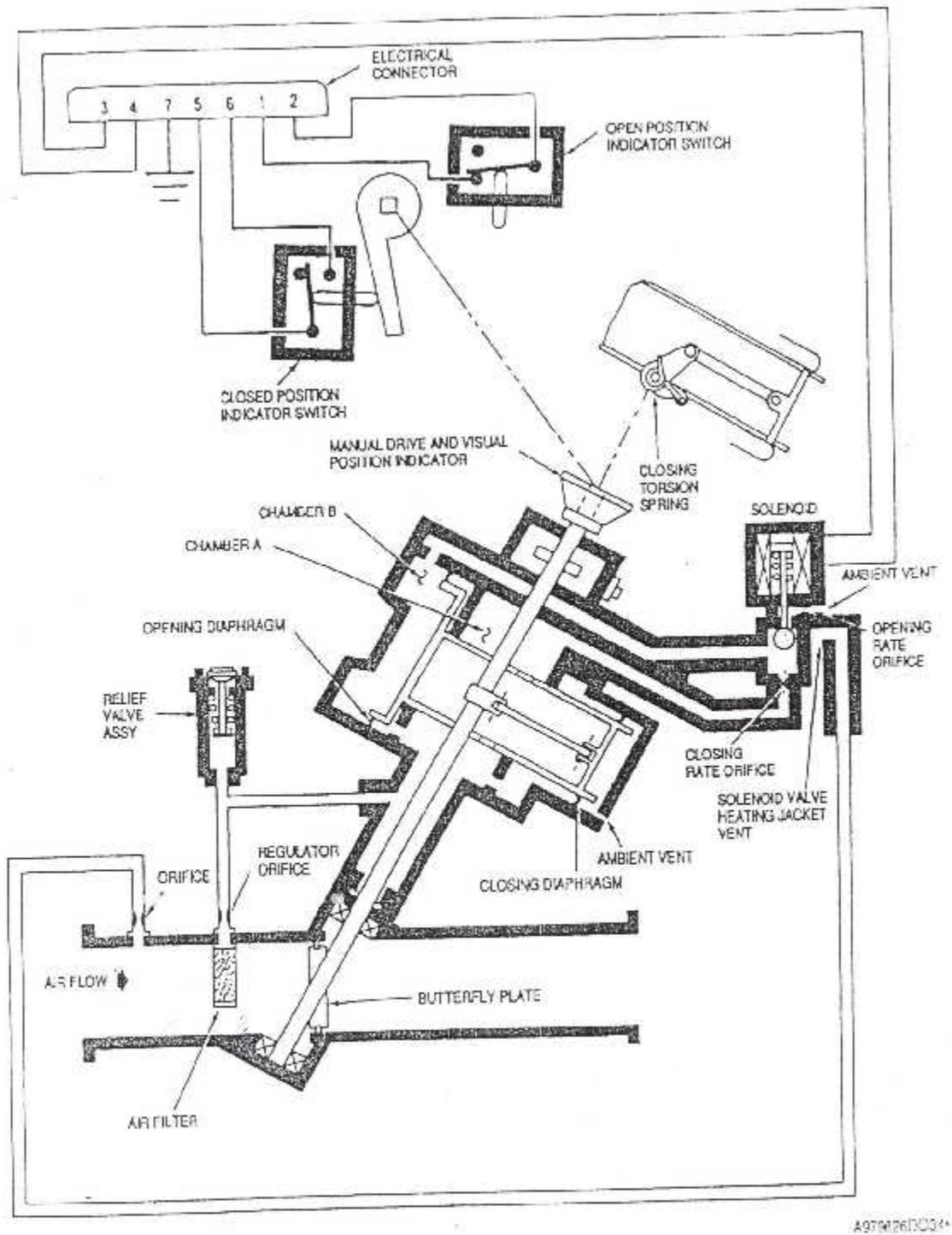


Fig (04) Le schéma simplifié de la valve de démarrage

**b) caractéristiques :**

- Position Normale De Valve : maintenue d'une manière pneumatique et par un ressort pour la fermeture.
- La pression de fonctionnement d'admission s'étendent: 10 à 50 psig (69 à 345 kPa).
- Température D'Air à l'Admission pour Fonctionnement (Codes A-C, G-J): -65 à 325°F (-54 à 163°C).
- Température D'Air à l'Admission pour Fonctionnement (Codes D-F, K): -65 à 450°F (-54 à 232°C)
- Gamme de La Température Ambiante : -65 à 350°F (-54 à 177°C).
- Tension De Fonctionnement De Solénoïde : 14 à 30 vdc.
- Courant De Fonctionnement De Solénoïde (Codes A-C, G-J) :1.0 amp (max) à 28 vdc et 70°F (21°C).
- Courant De Fonctionnement De Solénoïde (Codes D-F, K ) : 0.250 amp (max) à 28 vdc.
- L'estimation électrique de switche de position : (125 à 250 vac ou 30 vdc).
- Inductive: 3 amp au niveau de la mer à 2,5 amp à 50000 pieds (15250 m).
- Resistive: 5 amp au niveau de la mer à 50000 pieds (15250 m).
- Courant maximum de élancement : 24 amp.
  
- Dimensions :
  - Longueur : 5,70 inch (144,8mm) maximum.
  - Largeur : 7.10 in. (180.3 mm ) max .
  - Hauteur: 12.36 in.(313.9 mm) max.
  
- Poids:
  - Codes A-C : 6.35 lb (2.88 kg) max.
  - Code D :7.10 lb (3.22 kg) max.
  - Code E 7.25 lb (3.29 kg) max.
  - Code F : 7.50 lb (3.40 kg) max.
  - Codes G-J : 6.45 lb (2.93 kg) max.
  - Code K :7.65 lb (3.47 kg) max.

### **III-1-1-2) LE DEMARREUR :**

#### **a) Le rôle et fonctionnement de démarreur :**

Le démarreur pneumatique est monté du côté arrière de la boîte d'entraînement d'accessoire dans la position de 6:00. Il fait tourner le rotor de N2 (attelage haute pression) pour démarrer le moteur. Il a des ports pour entretenir et un détecteur de morceau magnétique.

Le démarreur pneumatique est une turbine mono-étage, à écoulement axial, montée avec une bride de bande en V au côté arrière de la boîte d'engrenages des accessoires entre la pompe de carburant et les goupilles d'alignement d'IDG. deux sont employées pour aligner le démarreur. Le démarreur pèse environ 35 pounds (16 Kg).

Une prise de remplisseur est située de chaque côté du démarreur. Un ajustage de raccord de pression, la prise de débordement, et un bouchon de vidange qui est un détecteur de morceau magnétique.

Quand la puissance pneumatique est fournie à l'entrée de démarreur, la turbine fait tourner le rotor de N2 par le train d'engrenages, embrayage, commande de cannelure et boîte d'engrenage. L'embrayage permet l'arrêt de démarreur quand la puissance pneumatique est coupée. Quand le N2 est plus grand que 40 %, Au-dessous de cette vitesse l'embrayage est engagé.

Le démarreur peut être engagé normalement quand le N2 est en-dessous de 20 %, et en cas de feu, quand le N2 est en-dessous de 30%.

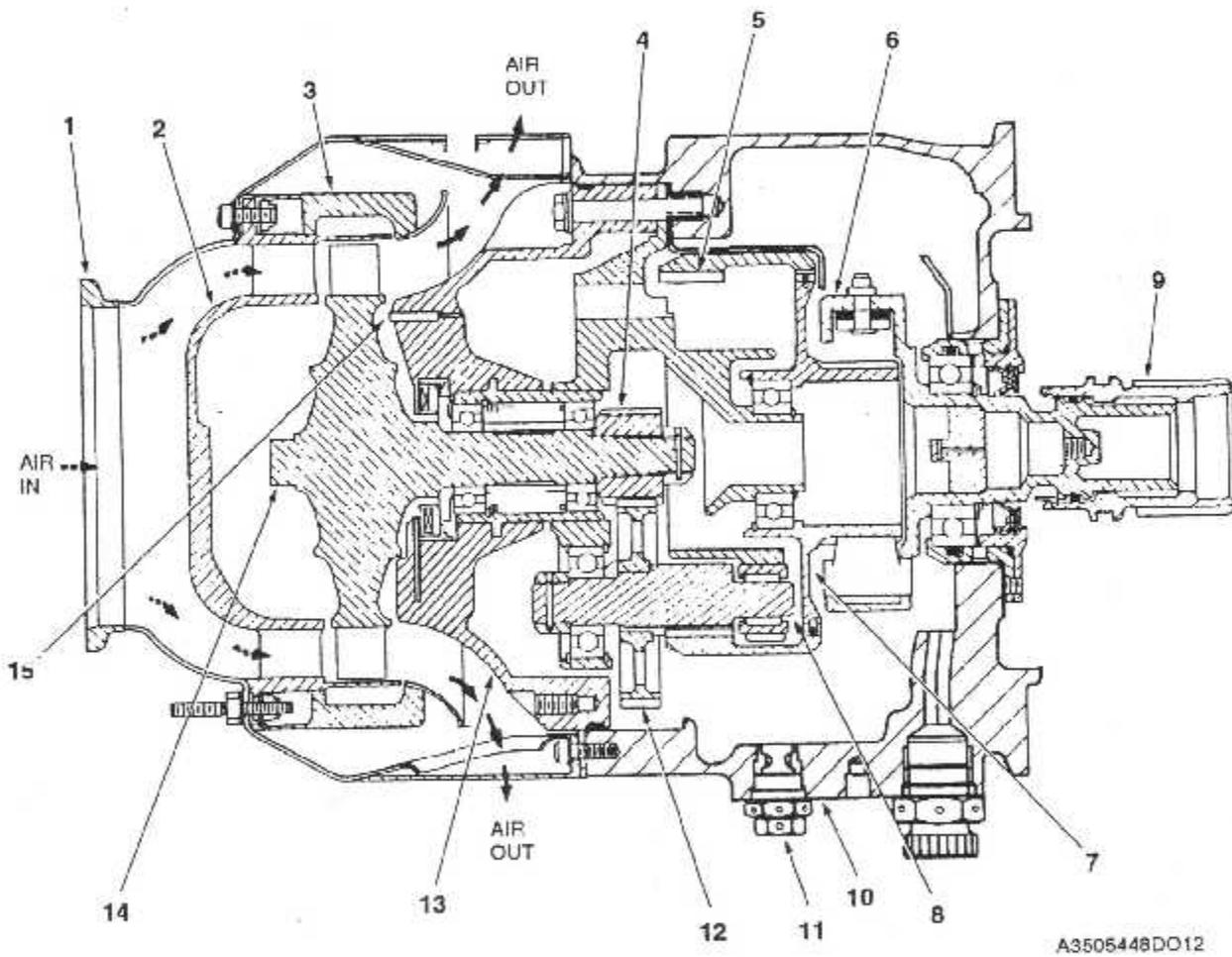


Fig (05) Le démarreur du CF6-80C2 (FADEC)

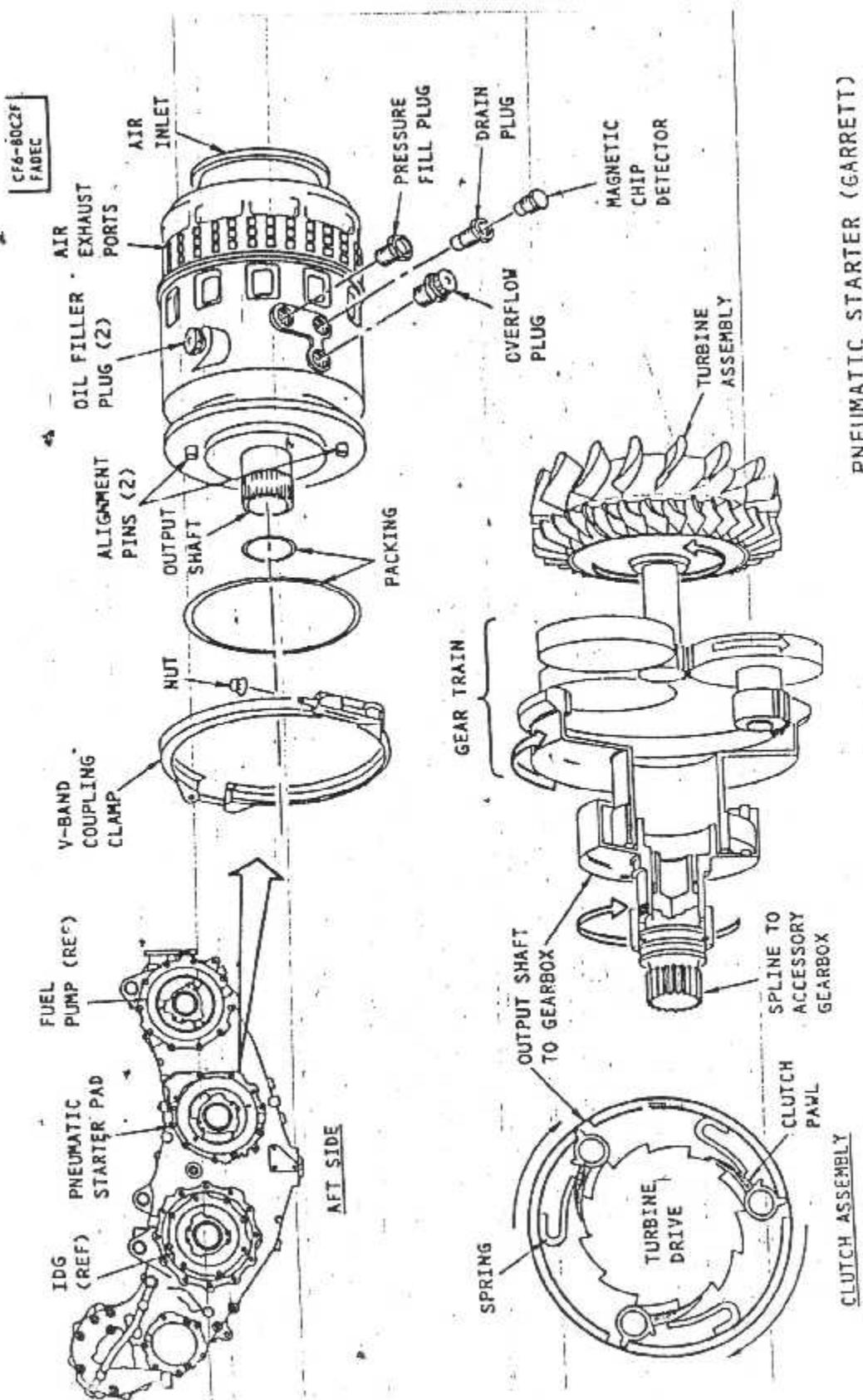


Fig (06) Le schéma simplifié de démarreur

**b) caractéristiques du démarreur :**

- Type De Turbine:..... un seul étage, écoulement axial.
- L'embrayage de réduction: .....Dent composée et pignon d'engrenage.
- Engagement interne : ..... cliquet multiple et de type d'encliquetage.
- Vitesse de Dégagement d'arbre d'entraînement : .....3900 rpm.
- Vitesse De Rengagement D'Arbre D'entraînement : .....3300 rpm.
- Direction de la rotation d'arbre de sortie:dans le sens horaire à partir de l'extrémité d'arbre de sortie.
- Lubrification
  - Type de système : .....Eclaboussure.
  - Capacité: .....27,05 onces liquides (800 ml) approximatif.
  - Caractéristique de lubrifiant : .....MIL-L-7808 ou MIL-L-23699.
  -
- Le connecteur d'admission d'air: .....4.631 à 4.641 inches (117.63 to 117.88 mm) diamètre.
- Poids (sec): 34.1 pounds (15.47 kg) max.
- Longueur (arbre de sortie) : 14.175 inches (36.045 cm) max.
- Diamètre (filtre et bouchons de vidange): 9.33 inches (23.70 cm) max.

1) ADMISSION

2) STATOR

3) ANNEAU DE RETENUE

4) LE PIGNON

5) PIGNON DROIT INTERNE

6) L'ARBRE D'ENTRAÎNEMENT

7) MOYEU INTERNE DE PIGNON

8) LES DENTS DE PIGNON

9) L'ARBRE DE SORTIE

10) L'ENSEMBLE LOGEMENT DES ENGRENAGES

11) BOUCHON DE VIDANGE MAGNETIQUE

12) L'ENSEMBLE PIGNON D'ASSORTI

13) L'ENGAGEMENT D'ÉCHAPPEMENT

14) LA ROUE DE TURBINE

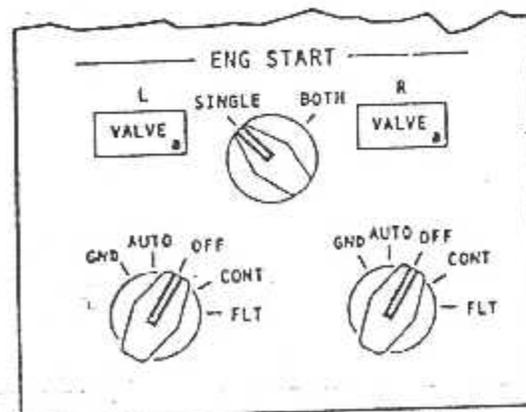
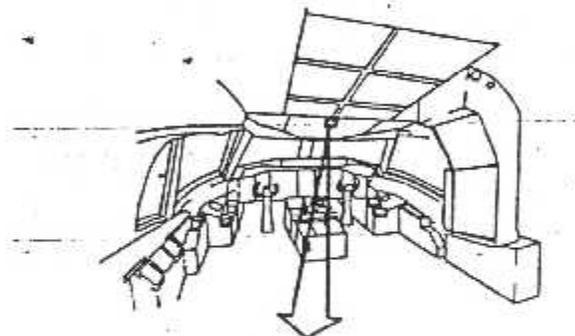
15) ANNEAU AXIAL DE RETENUE

### III-1-2) LES COMMANDE DE DEMARRAGE :

Le panneau de commande d'allumage et de démarrage de moteur est sur le panneau P5 supérieur. Le panneau inclut les commutateurs de commande d'ignition/start, le commutateur choisi d'allumage, et deux de transit ou lumières de valve de désaccord.

Il y a (4) positions de l'interrupteur de démarrage pour démarrer le moteur :

- **GND** : l'allumage est autorisé , et la valve de démarrage est ouverte jusqu'à ce que le N2 atteigne 50 % quand le commutateur se déplace automatiquement à la position AUTO .
- **AUTO** : l'allumage est permis quand le système thermique d'antigivre de moteur est allumé (mauvais temps), ou quand les ailerons sont vers le bas (décollez et atterrissage).
- **OFF** : l'allumage est éteint .
- **CONT** : l'allumage est continu .
- **FLT** : allumage (DOUBLE et SIMPLE comme protection) pour démarrage en vol .



ENGINE IGNITION AND START CONTROL  
PANEL (P5)

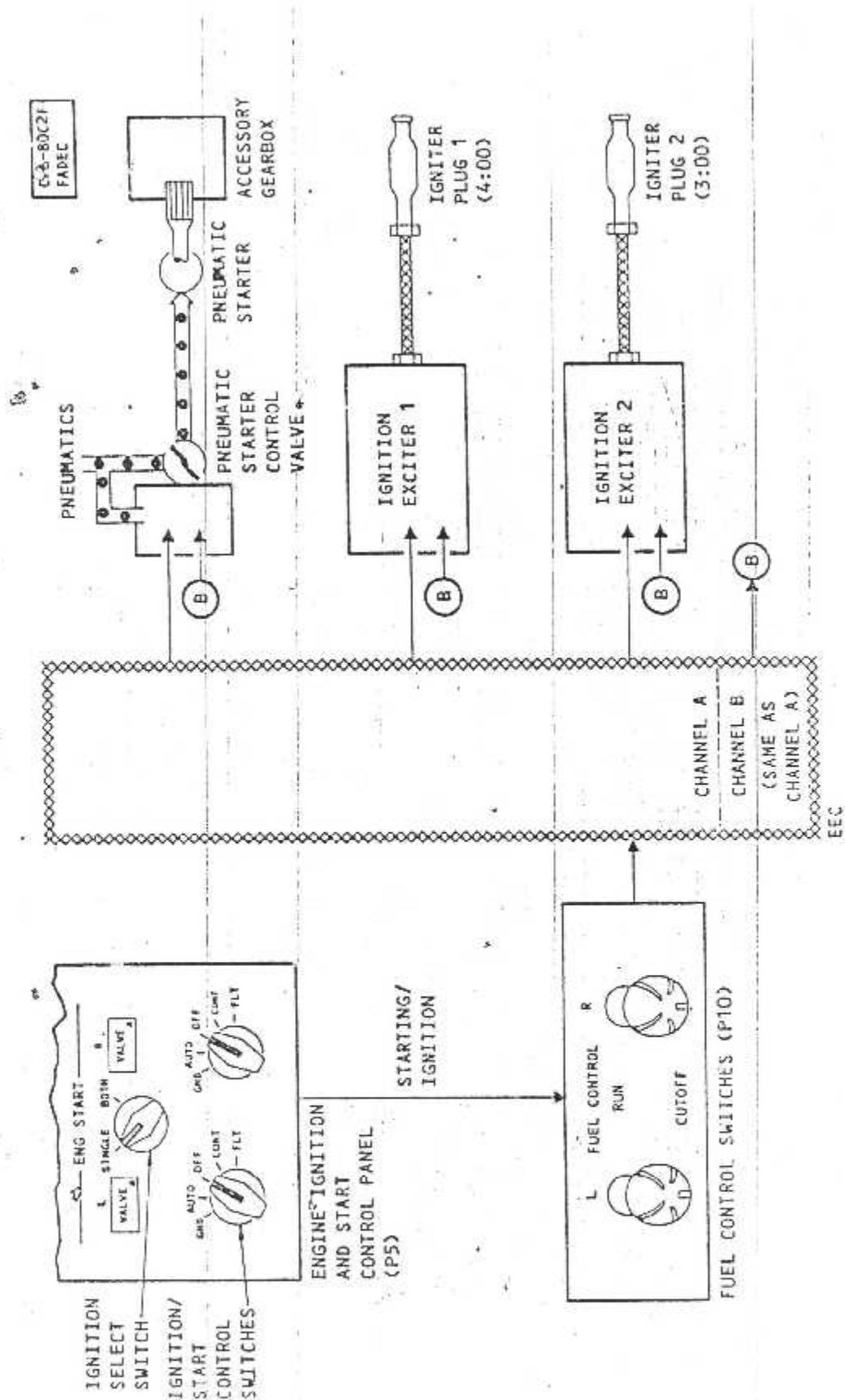
**Fig (07) LES COMMUTATEUR DE DEMARRAGE**

### **III-2) L'ALLUMAGE :**

Le circuit d'allumage fournit l'étincelle d'énergie haute tension au démarrage ou soutient la combustion du mélange de carburant/air dans la chambre de combustion. au cours du démarrage moteur au sol, ou du redémarrage moteur en vol (s'il a extinction accidentelle ou volontaire).

Chaque circuit d'allumage de moteur a deux circuits électriquement et physiquement indépendants. chaque circuit a une prise reliée la boîte d'allumage par un fil protégée.

L'allumage est commandé par la position du sélecteur de démarrage et d'allumage moteur qui est installé sur le panneau P5 supérieur.



**Fig (08) SYSTEME D'ALLUMAGE**

### **III-2-1)DESCRIPTION DU SYSTEME D'ALLUMAGE :**

Le système d'allumage de moteur CF6-80C2 comprend deux circuits indépendants :

Chacun se compose des éléments suivants :

- Les boîtes d'allumage .
- Les câbles d'allumage .
- Les allumeurs .

#### **III-2-1-1)LES BOITES D'ALLUMAGE :**

Les deux boîtes d'allumage identiques convertissent 115 volts,400 Hz de courant alternatif en 14-to-18 kilovolt ont palpitent rendement au taux d'approximativement une impulsion par seconde.

Les excitateurs obtiennent normalement la puissance des autobus principaux à courant alternatif. Alternativement, les excitateurs peuvent recevoir la puissance de l'autobus de secours à C.a. La EEC commande la source de puissance pour les excitateurs d'allumage. Les boîtes sont évalués pour l'opération continue.

Chaque excitateur est une unité hermétiquement scellée avec deux connecteurs. Un connecteur reçoit la puissance de la EEC. L'autre connecteur envoie la puissance à la bougie par le fil d'allumage.

Les excitateurs sont au-dessous de la EEC (non montrée) du côté gauche inférieur du carter fan .Accès est par le capot de fan .La boîte d'allumage (1) est au dessus de la boîte (2) .La boîte (1) allume l'allumeur (1) la boîte (2) allume l'allumeur (2).

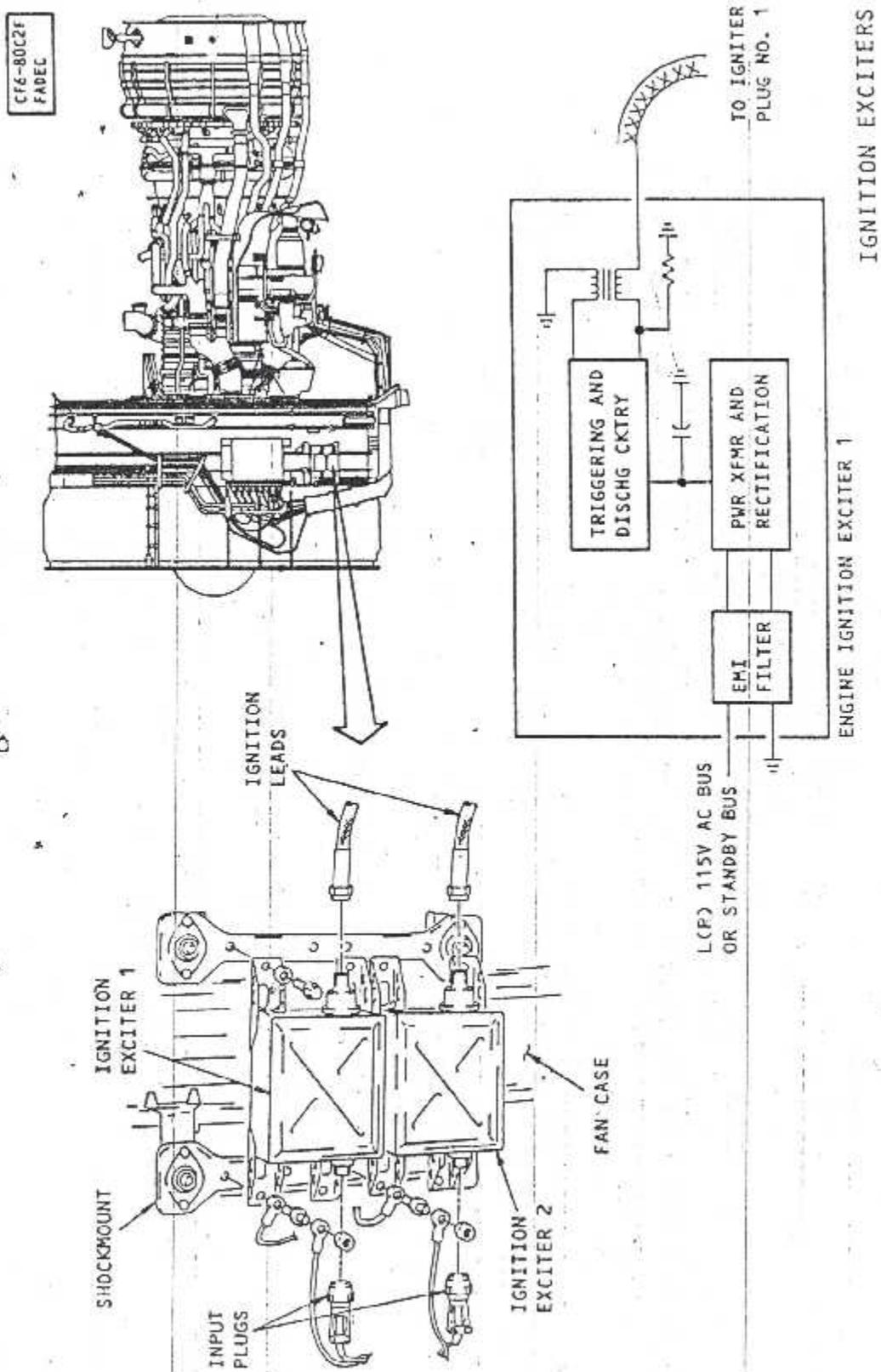


Fig (09) LES BOITES D'ALLUMAGE

### **III-2-1-2) LES FILS D'ALLUMAGE :**

Les fils d'allumage portent le courant électrique des boîtes d'allumage aux bougies d'allumage. Les deux fils vont des boîtes d'allumage par le joint de feu de pylône, aux bougies d'allumage. l'accès aux fils d'allumage est par les capots de ventilateur et l'inverseur de poussée droit demi.

Le conducteur est cuivre avec l'isolation en caoutchouc de silicone dans un conduit flexible. Le conduit a la tresse de cuivre intérieure et une tresse externe de nickel. Il y a une douille en plastique au-dessus de la section froide du fil et du refroidissement à l'air jacket/conduit au-dessus de la section chaude.

L'air de du conduit de refroidissement de carter de turbine refroidit les fils. après refroidissement du fil, l'air passe par un port juste au-dessus de l'écrin d'accouplement pour refroidir la bougie d'allumage.

Observations des mesures est obligatoire de sécurité quand l'enlève ou manipulation des fils d'allumage à haute tension.

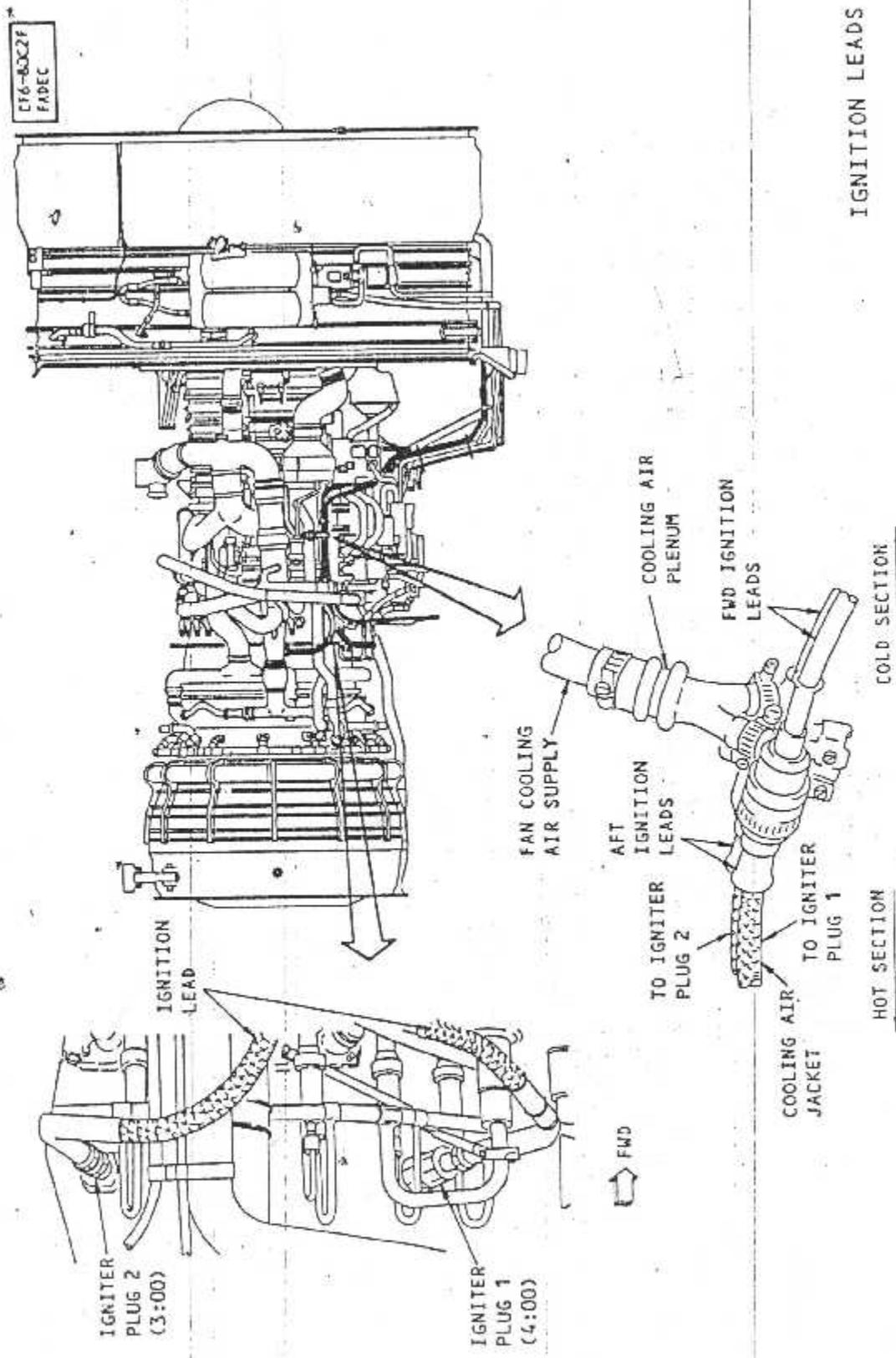


Fig (10) LES FILES D'ALLUMAGE

### **III-2-1-3)LES ALLUMEURS :**

L'allumeur est un bouchant contiennent une électrode centrée d'un carapace en oxyde d'aluminium.

L'allumeur 1 est au position 5 :00. l'allumeur 2 est au position 3 :30.

L'accès aux allumeurs est par l'inverseur de poussée droit demi. Il y a deux types d'allumeur utilisées: type 3 et 4.

Les allumeurs du type 3 glissent dans des adaptateurs boulonnés à l'armature arrière de compresseur (CRM) ; des entretoises de garniture sont installées sur l'allumeur selon les besoins .

Les allumeurs du type 4 sont filetées dans des adaptateurs boulonnés aux CRF ; les entretoises d'origine de garniture entre l'adaptateur et CRF assurent la profondeur appropriée d'allumeur . Une monture maintenue d'allumeur protège et refroidit l'allumeur du type 4 .

quand les allumeurs du type 4 sont enlevées, l'allumeur peut être remplacée ou réinstallée sans installer des entretoises de garniture, aussi longtemps que l'adaptateur n'est pas enlevé. Un contrôle de profondeur doit être fait quand les allumeur du type 3 sont remplacées.

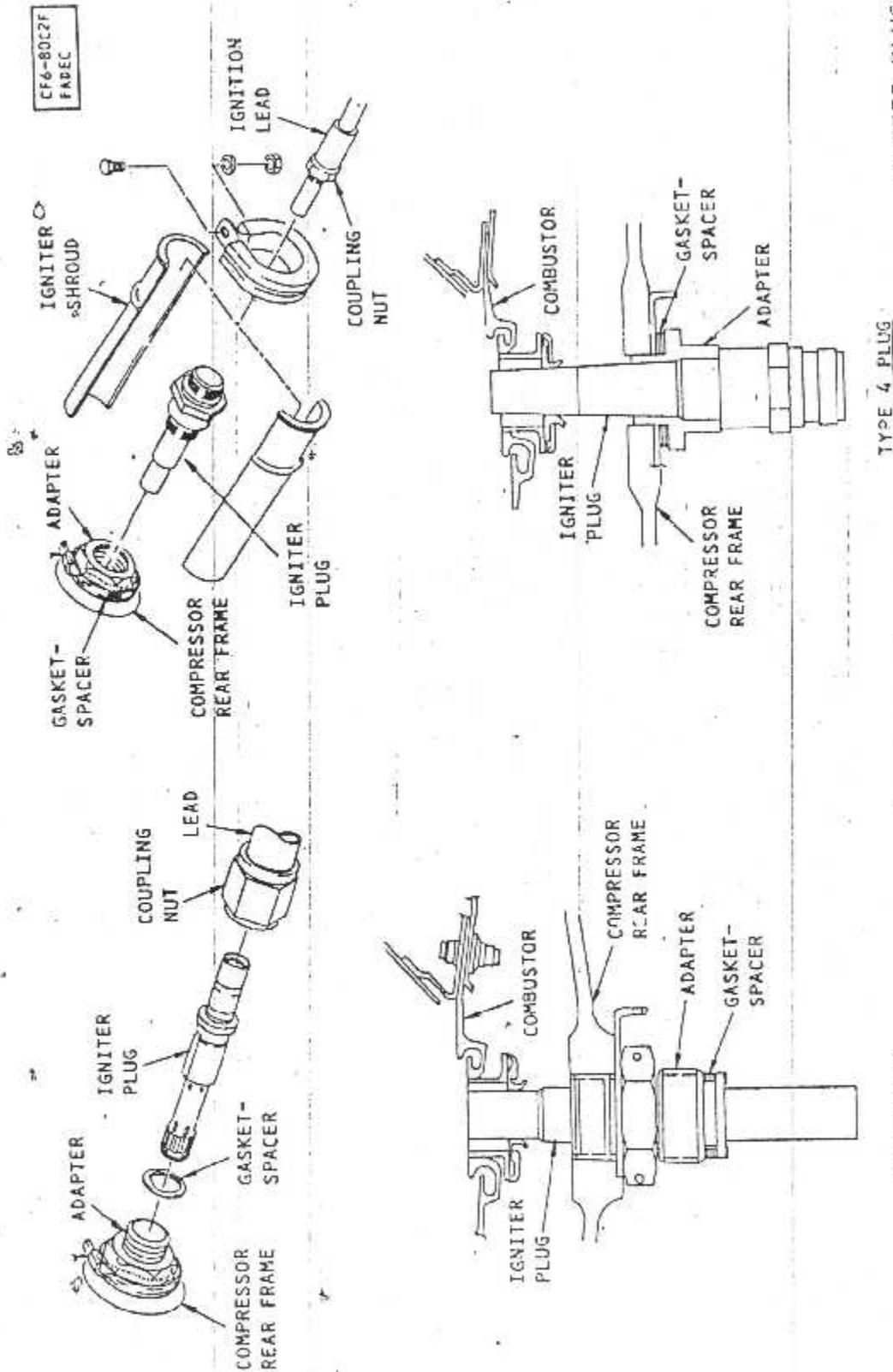


Fig (11) LES ALLUMEURS

### III-2-2) COMMANDE D'ALLUMAGE :

Les contrôles fournissent une interface au système d'allumage.

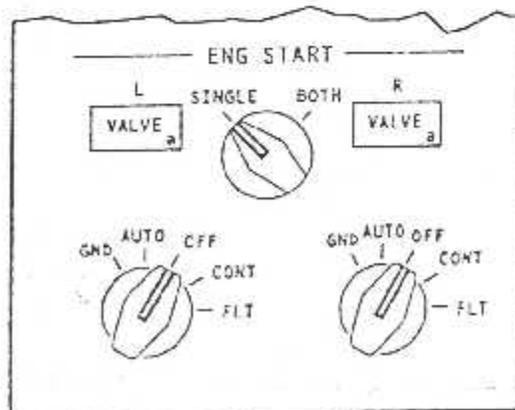
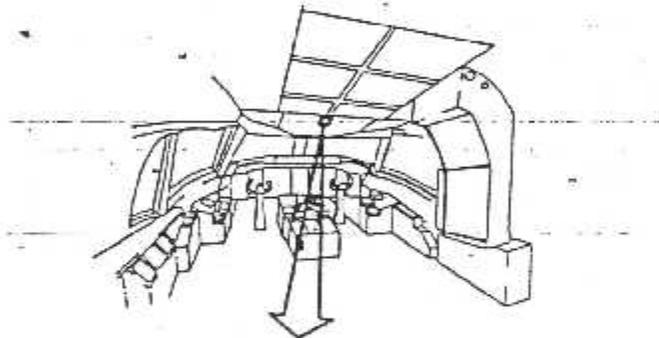
La EEC contrôle le système d'allumage en se basant sur les données du cockpit.

Les composants contrôlant le système d'allumage du moteur sont :

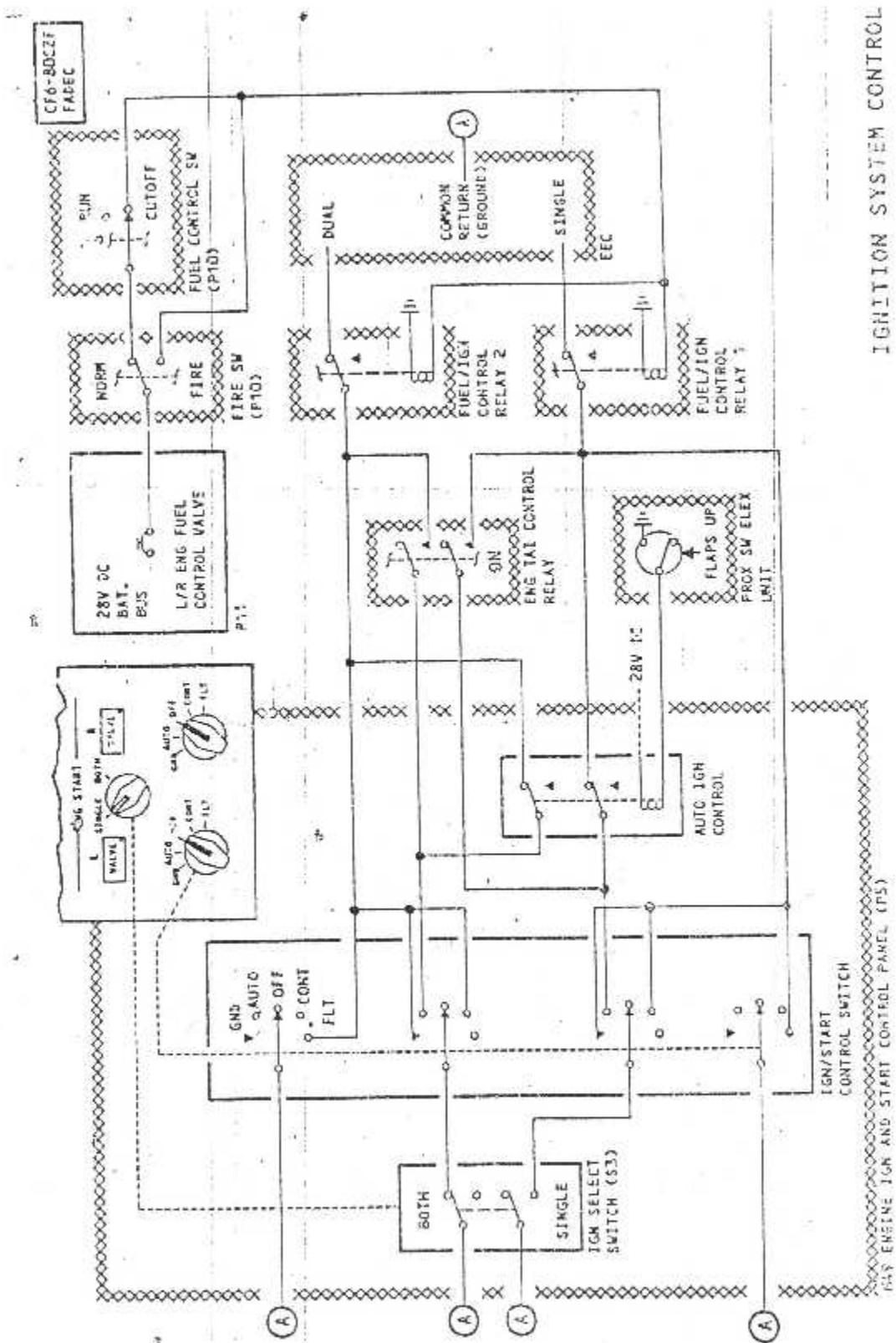
- 1-Les commutateurs ou les interrupteurs de démarrage du moteur.
- 2-Les commutateurs ou les interrupteurs d'allumage .
- 3-EEC.

Il y a deux positions de l'interrupteur du système d'allumage :

- 1-SINGLE (allumage avec une seule boite d'allumage)
- 2-BOTH (allumage avec deux boites d'allumage)



ENGINE IGNITION AND START CONTROL  
PANEL (PS)



IGNITION SYSTEM CONTROL

IGN/START CONTROL SWITCH (P5)  
IGN/ENGINE IGN AND START CONTROL PANEL (P5)

Fig (12) CONTROL DU SYSTEME D'ALLUMAGE DEMARRAGE

**III-2-3) Séquence de démarrage du CF6-80C2 (FADEC) :**

Après avoir démarré l'APU quand la vitesse de rotation de l'APU est supérieure à 95% RPM.

- 1) On met le switch de soutirage APU sur position MARCHÉ.  
La vanne de soutirage s'ouvre l'air va vers la vanne de démarrage moteur.
- 2) On met le sélecteur d'allumage soit sur position SINGLE ou sur position BOTH. L'EEC ouvre le circuit d'allumage.
- 3) On met le sélecteur de démarrage sur la position SOL (GROUND)  
Si l'EEC affiche automatique

- a) Sur l'indicateur N2 équivalent à 15% RPM valeur ou le pilote doit mettre la manette de démarrage sur marche.
- b) Un trait mauve s'affiche sur l'indicateur EGT équivalent à 725<sup>0</sup>C valeur de la température des gaz d'échappement maximale admissible lors des démarrages.
- c) la vanne de démarrage s'ouvre.
- d) Le démarreur tourne.
- e) Le N2 accuse

## 4) A 15% N2

On met la manette de démarrage sur position marche

- a) Le robinet carburant haut pression s'ouvre.
- b) La boîte d'allumage est excitée.
- c) Le trait mauve disparaît au l'indicateur N2.
- d) L'indicateur N1, EGT, débit carburant accusant.

## 5) A 50% N2

- a) la vanne de démarrage se ferme.
- b) le démarreur s'arrête.
- c) le trait mauve disparaît sur l'indicateur ET.
- d) le sélecteur de démarrage revient sur la position AUTO au régime ralenti les paramètres N1, N2, EGT, débit de carburant, pression d'huile, température d'huile se stabilisent.

### **III-2-4 SEQUENCE DE DEMARRAGE ANORMALE :**

#### **1. En cas de surchauffe lors du démarrage :**

Si lors du démarrage moteur EGT atteint rapidement sa valeur maximale 720°C.

- a) L'indicateur EGT devient rouge.
- b) L'action corrective est d'arrêter le moteur manuellement en mettant la manette de démarrage sur position ARRETE.

#### **2. Reallumage en vol :**

En cas d'arrêt moteur en vol, il est impératif de le reallumer le plus rapidement possible.

Il y a deux méthodes pour le reallumage en vol.

- ✓ Avec assistance du démarreur.
- ✓ Sans assistance du démarreur.

##### a) Avec assistance du démarreur :

Cette procédure s'applique quand la vitesse avion n'est pas trop élevée il faut :

1. Démarrer l'APU.
2. On met le switch de soutirage APU sur marche.
3. On met le sélecteur de démarrage sur position GND.
4. la vanne de démarrage s'ouvre.
5. Le démarreur tourne.
6. 15% RPM.

On met le manette de démarrage sur marche l'EEC excite les deux boîtes d'allumage et ouvre le robinet carburant haute pression.

7. Le moteur démarre et après reprend sur régime normal.

##### a) Sans assistance du démarreur :

Quand la vitesse avion est élevée

Pour redémarrer il suffit tout simplement

1. De mettre le manette de démarrage sur position marche, l'EEC excite les deux boîtes d'allumage et ouvre le robinet haute pression carburant.
2. Le moteur démarre et reprend sur régime normal.

### 3. Phase de décollage :

Dans la phase décollage le pilote met le sélecteur de démarrage sur position allumage continue.

Cette position permet d'exciter la boîte d'allumage en permanence. Afin d'éviter l'extinction de la flamme lors de décollage, ce système permanent.

Il est aussi utilisé dans les suivants :

1. alors des turbulences.
2. alors de l'atterrissage.

### 4. Position AUTO :

La position AUTO du sélecteur de démarrage permet :

- 1) D'exciter la boîte d'allumage automatiquement par l'EEC quand les voles sont sortie.
- 2) D'exciter la boîte d'allumage automatiquement par l'EEC quand le dégivrage entrée d'air moteur est sélecte.

# CHAPITRE VI

Comparaison

entre

les deux circuits

## IV-1. Comparaison Entre Les Deux Circuits Démarrage Et D'allumage

CF6-80C2 FADEC	CFM56-7B
<p>SELECTEUR D'ALLUMAGE :</p> <p>Deux positions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-SINGLE (1 seul boîte)</li> <li>-BOTH (2 boîtes)</li> </ul>	<p>SELECTEUR D'ALLUMAGE :</p> <p>Trois positions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-LEFT (gauche)</li> <li>-RIGHT (droite)</li> <li>-BOTH (les deux boîtes)</li> </ul>
<p>SELECTEUR DE DEMARRAGE :</p> <p>Cinq positions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ARRET</li> <li>▪ SOL</li> <li>▪ AUTO</li> <li>▪ ALLUMAGE CONTINUE</li> <li>▪ REALLUMAGE EN VOL</li> </ul>	<p>SELECTEUR DE DEMARRAGE :</p> <p>Quatre positions :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ARRET</li> <li>▪ SOL</li> <li>▪ ALLUMAGE CONTINU</li> <li>▪ REALLUMAGE EN VOL</li> </ul>
<p>MANETTE DE DEMARRAGE :</p> <p>15% N2</p>	<p>MANETTE DE DEMARRAGE :</p> <p>25% N2</p>

<p>ARRET DEMAREUR :</p> <p>50% N2</p>	<p>ARRET DEMAREUR :</p> <p>55% N2</p>
<p>BOITE D'ALLUMAGE :</p> <p>02</p> <p>POSITION DES BOUGIE :</p> <p>3h30-5h30</p>	<p>BOITE D'ALLUMAGE :</p> <p>02</p> <p>POSITION DES BOUGIE :</p> <p>4h00-8h00</p>
<p>VANNE DE DEMARRAGE :</p> <p>Le fonctionnement de la vanne de démarrage se réalise par l'air comprimé qui passe par un filtre qui se trouve dans la conduite pneumatique avant le papillon de la vanne.</p> <p>Ouvert par le sélecteur de démarrage sur position sol .</p> <p>En cas de panne ouverture manuelle il faut ouvrir le capot FAN et a l'aide d'une clé à main manuellement la vanne de à 15 % N2 et la referme à 45 % N2</p>	<p>VANNE DE DEMARRAGE :</p> <p>Le fonctionnement de la vanne de démarrage se réalise par l'air comprimé qui passe par un orifice qui se trouve sur l'axe d'ouverture et fermeture de papillon sur ce dernier..</p> <p>Ouvert par le sélecteur de démarrage sur position sol .</p> <p>En cas de panne ouverture manuelle sur le capot FAN il y a un orifice de la vanne de démarrage il suffit d'introduire la clé sans ouvrir le capot FAN, on ouvre la vanne à 15% N2 et on la ferme à 55 % N2.</p>

	<p>NB :</p> <p>Les risques de brûlures n'existe pas sur le CFM-56-7B car le démarrage manuel se fait capot fermé.</p>
--	---

#### IV-2. COMPARAISON DE MAINTENANCE :

CF680C2 FADEC	CFM567B
<p><u>Test au sol :</u></p> <p>On peut tester les choix d'allumage au sol la procédure est la suivante :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- une personne au cockpit.</li> <li>2- Une autre personne près du moteur .</li> </ol> <p>La personne au post de pilotage met la manette de démarrage sur position MARCHÉ .</p> <p>La personne près du moteur doit entendre l'éclatement des bougies .</p> <p>-Si il y a l'éclatement des bougies le test est concluant.</p> <p>-S'il n'y a pas d'éclatement des bougies ce qui signifie que le system d'allumage n'est pas concluant.</p>	<p><u>Test au sol :</u></p> <p>On peut les choix d'allumage au sol la procédure est la suivante :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- une personne au cockpit.</li> <li>2- Une autre personne près du moteur .</li> </ol> <p>La personne au post de pilotage utilise l'écran d'affichage (CDU ) pour faire le test sans toucher la manette de démarrage</p> <p>A la fin du test , si le test est concluant le message test s'affiche, dans le contraire le message test FAIL s'affiche.</p>

<u>En cas de panne du system d'allumage :</u>	<u>En cas de panne du system d'allumage :</u>
Lors d'une panne, la panne n'a pas d'indication.	Lors d'une panne, la panne est affichée sur le CDU dans le menu PANNE RECENTE.
Il faut faire le recherche de panne.	L'EEC affiche le numéro du message et le test concernent la panne.
Cette recherche de panne prend un peut de temps.	A partir du numéro de message on va directement au FIM ( FAULT ISOLATION MANNAL ).
Une fois que la panne a été trouvé on va ver le FIM.	Le FIM nous permet d'avoir les causes probables de la panne.
	La maintenance est plus rapide sur le CFM-56-7B

## CONCLUSION

A l'issue de ce travail on a pris connaissance :

- ❖ Des différents modules et composants des deux réacteurs qui sont le CFM-56-7B du CFM INTERNATIONAL et CF6-80-C2 FADEC du GENERAL ELECTRIC .
- ❖ Le fonctionnement des deux réacteurs CFM-56-7B et CF6-80-C2 FADEC.
- ❖ Des deux circuits d'allumage et de démarrage des deux réacteurs CFM-56-7B et CF6-80-C2 FADEC.

Ce travail nous a permis d'étudier, plus précisément, en détail les deux system de démarrage et d'allumage de chaque réacteur .

Le system de démarrage et un ensemble de circuits a base essentiellement pneumatique, assisté par des accessoires activés électriquement et contrôlés électroniquement

Le system d'allumage et un ensemble de circuits a base essentiellement électrique contrôlé électroniquement.

Sur le plan maintenance, les deux circuits sont d'une conception facile et accessible pour les opérations d'inspection et d'éventuelles opérations de réparation ( depose /pose ). Ceci permet de réduire relativement les temps et les coûts de maintenance.

On peut conclure finalement, que les deux système se complètent puisque l'un ne s'empassent de l'autre lors de la mise en marche du moteur.

## ABREVIATION

- **ADIRU** : Système de transmission de données numériques entre l'avion en vol et le sol.
- **AGB** : Boîte D'entraînement D'accessoire.
- **CDS** : système de commande commun.
- **CDU** : boîtes de commande d'affichage.
- **DUE** : Unité d'affichage électronique.
- **EEC** : Unité de control électronique.
- **EICAS** : Système de control des paramètres moteur et d'alerte équipage.
- **FADEC** : Système de régulation électronique numérique a pleine autorité du moteur.
  
- **FMV** : Vanne de dosage carburant.
- **FMC** : Ordinateur de gestion de vol.
- **HMU** : Unité hydromécanique.
- **HPC** : Compresseur haute pression.
- **HPT** : Turbine haute pression.
- **HPSOV** : Robinet d'arrêt haute pression.
- **IDG** : Générateur d'entraînement intègre.
- **LPC** : Compresseur basse pression.
- **LPT** : Turbine basse pression.
- **N1** : Vitesse de rotation de l'attelage basse pression.
- **N2** : Vitesse de rotation de l'attelage haute pression.
- **RPM** : Nombre de tours par minute.
- **VBV** : Vanne de décharge.
- **VSV** : Stator à calage variable.

# **BIBLIOGRAPHIE**

- ❖ **GENERAL ELECTRIC AIRCRAFT ENGINES .**
- ❖ **BASIC ENGINE AND FADEC SYSTEMS CF6-80-C2.**
- ❖ **THESE « démarrage CFM56 »( bibliothèque de l'institut aéronautique).**
- ❖ **CD CFM56-7B .**
- ❖ **CD 737 FLIGHT .**
- ❖ **MANUEL DE MAINTENANCE DES COMPOSANTS.**