

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique  
Université de Blida

Institut d'Aéronautique  
Département de construction aéronautique

Mémoire du Projet de Fin d'Etudes  
Pour l'obtention du diplôme  
D'Etudes Universitaires Appliquées



Option: Propulsion

# Etude descriptive d'un circuit carburant d'un M507B SAC

Présenté par :  
M<sup>lle</sup> BEKHOUKH Assia  
M<sup>lle</sup> ZIANI Ghada

Promoteur :  
M. ABADA Omar  
Co-Promoteur :  
M. GUELLATI Karim

Promotion : 2001/2002

# Dedicace

*Je dédie ce modeste travail à la plus merveilleuse des mamans 'DAHBIA' symbole de l'affection et de tendresse qui m'a toujours su être présente, m'a supporté, conseillé et dirigé.*

*Mon très cher père 'MOHAND' qui ma beaucoup soutenu. Et je leurs souhaite une longue vie.*

*Mes très chères sœurs, KARIMA et SAMIRA.*

*Mes très chers frères, HOCINE, MOLOUD et KARIM ainsi mes belles sœurs, DJAMILA et LILIA.*

*Sans oublier mes nièces, IMENE, NESRINE surtout ma petite adorable MARIAH.*

*A moi-même.*

*A très chère sœur copine et binôme GHADA, aussi sa très chère famille.*

*A chaque membre de ma famille et ma belle-famille.*

*A tous mes amis.*

*A la promotion 1998/1999 (lycée) surtout : MADJID, HASSEN, ZAHIA et GHALIA.*

*A la promotion 2001/2002.*

*A tout le personnel de l'atelier révision moteur, spécialement :*

*A KRIM, AZEDINE, ISMAHANE, MOHAMED, SLIMANI, TAHER et SAIDA.*

**ASSIA.B**

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ma source de soutien et de réconfort de tendresse et d'amour, mes parents que j'aime plus que tout.*

*A ma deuxième mère, ma tante Zohra que j'aime beaucoup.*

*A celle qui me protège et me soutient par ces prières et son amour ma grand-mère.*

*A mes chères sœurs : Sabrina, Dalal, Amira et Miled.*

*A mon unique frère Amine.*

*A mes tantes et oncles spécialement Hocine et son adorable épouse Wassila et leurs enfants Nina et Yanis.*

*A mon oncle Naamtane, ses enfants Sarah et Nazim.*

*A ma seconde famille BETATA que j'adore.*

*A mes cousines et cousins spécialement : Nassim, A/Djalil et Mohcène.*

*A mon amie et binôme Assia et sa famille.*

*A la famille ABBAS : tata Malika, Sihem et Ramzi.*

*A mes amis (es).*

*A tous ceux qui m'aiment.*

*Ghada. Z.*

# REMERCIEMENT

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier :

« DIEU le tout puissant », de nous avoir donné la force, le courage, la santé et la patience pour accomplir ce travail.

Nous remercions tous ceux qui ont attribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

M. GUELLATI Karim et M. ABADA Omar (promoteurs) pour leur encadrement, leurs conseils et leur orientation.

M. le président de jury pour avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Le membre de jury pour avoir accepté de juger ce travail.

M. FEZOUI Mohamed, chargé de mission la direction générale et M. AZIZ chef de service documentation pour leur aide et leur gentillesse.

L'ensemble de personnel de la (H400) et la direction technique.

L'ensemble des enseignants du département de la construction aéronautique qui ont contribué à notre formation.

Le personnel de centre de calcul : DJALAL et SID AHMED.

Nos amis pour leur soutien morale.

Nora qui nous a beaucoup aidé.

Merci à tous.

# SOMMAIRE

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

### CHAPITRE I DESCRIPTION DU CFM 56-7B

I.1 Historique.....	1
I.1 SNECMA	
I.2 GE	
I.2 Description du CFM 56-7B.....	6
2.1 Définition du moteur	
2.2 Caractéristiques du moteur	
2.3 Les modules du moteur	
2.4 Commandes des accessoires	
2.5 Accessoires d'entraînement	
2.6 Palier et roulement moteur	
2.7 les stations aérodynamiques du moteur	
2.8 Groupe moteur	
I.3 Les différents circuits du moteur.....	17
3.1 Circuit d'air	
3.2 Circuit d'allumage	
3.3 Circuit de démarrage	
3.4 Circuit de lubrification	
3.5 Le système d'inverseur de poussée	
I.4 Unité de contrôle électronique (EEC).....	24
4.1 Alimentation électronique de la EEC	
4.2 Interface de la EEC	
I.5 Système FADAC.....	28

### CHAPITRE II DESCRIPTION DU CIRCUIT DE CARBURANT SAC

II.1 Réservoirs carburant avion.....	30
II.2 Le rôle du circuit carburant.....	32
II.3 Les éléments du circuit.....	32
II.4 Description fonctionnelle.....	34
II.5 Description des composants du circuit.....	37

5.1	Le bloc pompe carburant	
5.2	IDG refroidisseur d'huile	
5.3	L'échangeur de chaleur huile/ carburant	
5.4	Réchauffeur de carburant	
5.5	Dispositif de régulation HMU	
5.6	Transmetteur de débit de carburant	
5.7	La BSV( burner staging valve)	
5.8	Filtre injecteur de carburant	
5.9	Les injecteurs de carburant	
5.10	La tuyauterie de carburant	
II.6	Fonctionnement du circuit carburant	61
6.1	Le bloc pompe carburant	
6.2	IDG refroidisseur d'huile	
6.3	L'échangeur de chaleur huile/carburant	
6.4	Réchauffeur de carburant	
6.5	Dispositif de régulation HMU	
6.6	Transmetteur de débit de carburant	
6.7	La BSV (burner staging valve)	
6.8	Filtre injecteur de carburant	
6.9	Les injecteurs de carburant	
6.10	La tuyauterie de carburant	

### CHAPITRE III : INDICATION DU CIRCUIT DE CARBURANT

III.1	Indication au cockpit	99
1.1	Système d'écran commun (CDS)	
1.2	Unités électroniques d'écran (DEUS)	
1.3	Panneau supérieur arrière (P5)	
1.4	Panneau supérieur avant (P5)	
1.5	Panneau de témoins lumineux (P7)	
1.6	Panneau électronique avant (P9)	
1.7	Stand de contrôle	
1.8	Système de surveillance de vibration avion	
III.2	Indication du circuit carburant	103
2.1	Capteur de température (EGT)	

2.2 Capteur de nombre de rotation	
2.3 Débitmètre	
III.3 Cas de fonctionnements anormaux.....	106

#### CHAPITRE IV RECHERCHE DE PANNE

IV.1 Définition de maintenance.....	110
IV.2 Différents types de maintenance.....	111
2.1 Maintenance préventive (programmé)	
2.2 Maintenance corrective (non programmée)	
IV.3 Les documents de maintenance pour 737-600/-700/-800.....	114
3.1 Document de planification de maintenance (MPD)	
3.2 Airplane maintenance manuel (AMM)	
3.3 Système sechematics manuel (SSM)	
3.4 Wiring diagram manuel (WDM)	
3.5 Illustrated part catalog (IPC)	
3.6 Standard wiring practices manuel (SWPM)	
3.7 Fault repoting manuel (FRM)	
3.8 Fault isolation manuel (FIM)	
3.9 BITE manuel (built-in test equipement)	
3.10 Structural repair manuel (SRM)	
3.11 Deviation dispatch guide (DDG)	
IV.4 Différents types de pannes.....	119
4.1 Panne simple active	
4.2 Panne passive (dormante, cachée)	
4.3 Panne multiple due a une cause unique (le mode commun)	
4.4 Panne en cascade	
4.5 Erreur de conception	
4.6 Erreur de fabrication	
4.7 Erreur de maintenance	
4.8 Erreur dans l'application du test	
4.9 Erreur de pilotage	
IV.5 Classe des pannes.....	120
5.1 Panne classe 1	
5.2 Panne classe 2	

5.3 Panne classe 3

TACHE 801.....	122
TACHE 802.....	123
TACHE 808.....	124
TACHE 807.....	125

CONCLUSION



# LISTE DES TABLEAUX

• Tableau de la famille du CFM56-7B.....	2
• Table des conditions particulières de la pompe de carburant.....	40
• Table des conditions particulières de l'IDG refroidisseur d'huile.....	43
• Table des conditions particulières du réchauffeur de carburant.....	48
• Table des conditions particulières de la BSV.....	56
• Table des conditions particulières du filtre injecteur.....	58
• Tableau des courants nuls de la position d'EHSV.....	70
• Tableau de répartition des pages dans l'AMM.....	116

# INTRODUCTION

Dans notre étude présentée dans ce mémoire, nous allons décrire le moteur CFM56-7B globalement ainsi que ses modules et ses différents circuits. Nous passerons ensuite à la description du circuit carburant (SAC), son fonctionnement ses indications et ses cas de fonctionnements anormaux.

Nous finirons par une recherche de panne concernant le circuit carburant SAC.

A cet effet, nous procéderons comme suit :

**Chapitre I :** Ce chapitre traite l'historique et la description du réacteur CFM 56-7B.

**Chapitre II :** Celui là traite les différents composants et le fonctionnement du circuit carburant (SAC)

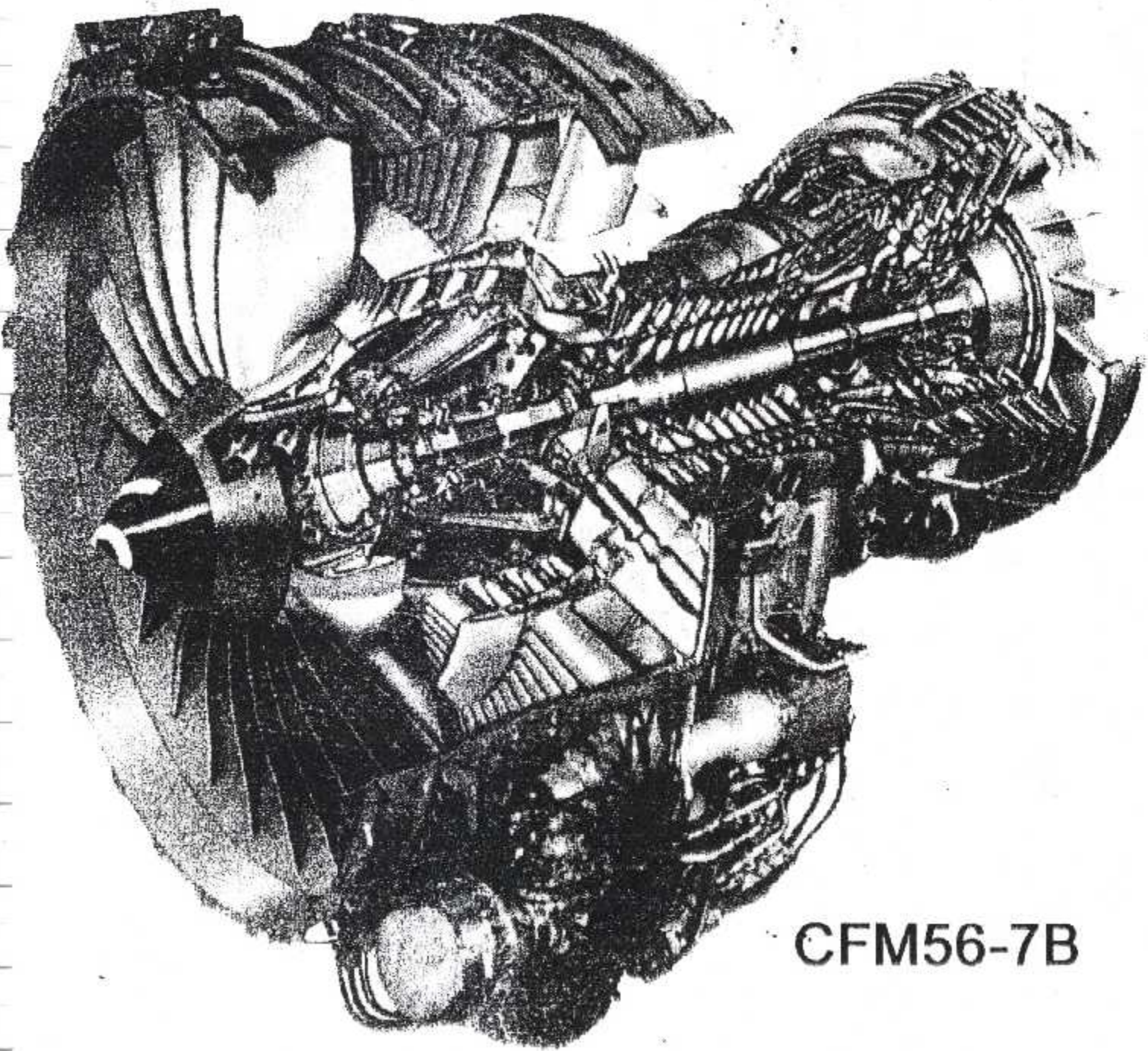
**Chapitre III :** Ce chapitre traite les indications rattachés à ce circuit et les cas de fonctionnement anormal du circuit carburant (SAC).

**Chapitre IV :** Il traite la recherche de panne du circuit carburant du moteur CFM56-7B (SAC)

# CHAPITRE I

## Description du moteur

CFM56-7B



CFM56-7B

**1.1 HISTORIQUE SUR CFM INTERNATIONAL :**

En 1974, CFM international était un effort débutant offrant un simple produit international.

Dans les cinq (05) dernières années, la famille CFM 56 a grandi pour devenir un des fournisseurs principaux des moteurs de transport aérien dans le monde. Elle confirme en 1999 sa place N°1 mondial pour les avions plus de 100 places.

CFM international combine les ressources, l'expertise technique et les services de deux grands fabricants de moteur d'avion : SNECMA en France et GE (General Electric) aux États-Unis.


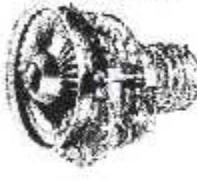
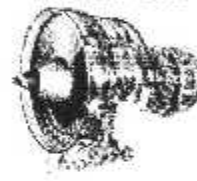
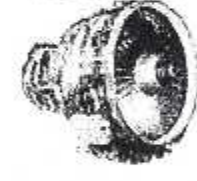
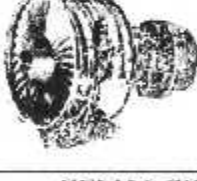

Dans le monde, vole quotidiennement 4000 avions équipés de CFM 56 et ils effectuent un décollage toutes les cinq secondes. Les CFM 56, moteur à vocation civil, équipent les AIR - BUS de la famille A 320, A 340 et les différentes versions de BOEING 737. Dans le domaine de l'aviation commerciale, CFMI motorise aujourd'hui les avions de près de 300 opérateurs.

1999 est une année record. 25 ans après la création du CFMI, c'est également l'année de la livraison du 10 000<sup>ème</sup> CFM 56, l'année a été favorable aux ventes de quadricopteurs A340-300 équipés de CFM 56-5C avec 31 avions commandés.

BOEING a finalement interrompu la production de son best-seller toutes catégories, le 737 classique équipé de moteur CFM 56-3C.

Dans le domaine de l'environnement, la nouvelle technologie de chambre de combustion à double tête DAC (double annular combustor) qui permet une réduction importante des émissions polluantes d'oxyde d'azote, a été adoptée par LAUDA AIR pour ses 737 NG. Elle est proposée en optant sur CFM 56-5B et 7B et équipés déjà entre autre les avions de SWISSAIR, AUSTRIAN, AIRLIENES et SAS.

FAMILLE DU CFM56 :

Type	Poussée	Avion équipé
CFM56-2 	22000-24000 (1b)	KC-135R C-135R E-3 KE-3A E-6A DC-8 SUPER7
CFM56-3C 	18500-23500 (1b)	BOEING 737-300/400/500
CFM56-5A 	22000-26500 (1b)	A320
CFM56-5B 	22000-32000 (1b)	A319-A321
CFM56-5C 	31200-34000 (1b)	A340
CFM56-7B 	18500-26300 (1b)	B737/600/700/800/900/BBJ

**1.1.1 SNECMA :**

En 1895, les frères Seguin ont fondé une société des moteurs de Gnome. Pendant la première guerre mondiale, la France était le fabricant principal de moteur d'avion.

La société nationale d'étude et de construction de moteurs d'avion ou SNECMA est une société publique qui est créée après la fin de la deuxième guerre mondiale et grâce à la société Gnome et Rhône, car entre les deux guerres mondiales, les sociétés françaises des moteurs du Gnome et Rhône Renault et Hispano - Suiza ont été impliqués dans beaucoup de records mondiaux.

En 29 mai 1945, la SNECMA est créée grâce au projet de loi qui est signé par le général de Gaulle.

En 1969 Hispano- Suiza est devenue une filiale de SNECMA et elle est une filiale de service.

En 1975 Sochata est créée pour assurer la réparation et la maintenance des moteurs militaires et commerciaux.

Au début des années 1950, SNECMA a développé le moteur d'avion de combat atar.

Grâce à SNECMA, la France est devenue une source, totalement indépendante de moteur par ses propres avions militaires et par les avions exportés à un certain nombre d'autres pays.

Le groupe SNECMA occupe une position importante dans les domaines aéronautique et spatiaux, parce qu'elle est concentrée sur le développement d'une technologie révolutionnaire : Le moteur à réaction.

**1.1.2 GE aircraft engine:**

Au début des années 1900, général electric (GE) était spécialisé dans les turbines à gaz. A ce moment, les états unis entrèrent dans la première guerre mondiale. GE fabriquait des compresseurs en série sous l'observation des services des armées de l'air alliées.



En 1930, l'anglais Frank Whittle a conçu une turbine à gaz pour la propulsion d'avion. En octobre 1941, le gouvernement a attribué à GE un contrat pour produire le premier moteur à réaction de l'Amérique. Une année plus tard, deux moteurs GE « I-A » propulsaient le premier avion à réaction américain, le Bell XP-59A.

GE a développé des moteurs à réaction pour des avions de chasse et des bombardiers, car plus de 1700 turboréacteurs J79 ont été construits pour les avions de chasse militaires dans le monde entier, y compris le Mc Donnell Douglas F-4 Fantôme II et le Lockheed F-104 Starfighter.

Aujourd'hui GE aircraft engines est un fabricant principal de moteurs à réaction militaires et commerciaux, avec des générateurs de gaz pour l'utilisation maritime et industrielle et il est devenu aussi un constructeur principal de moteur d'avion à réaction grâce au succès commercial du turbo fan CF 6. Ce développement de production a incité un accord de production transcontinental avec SNECMA (France).

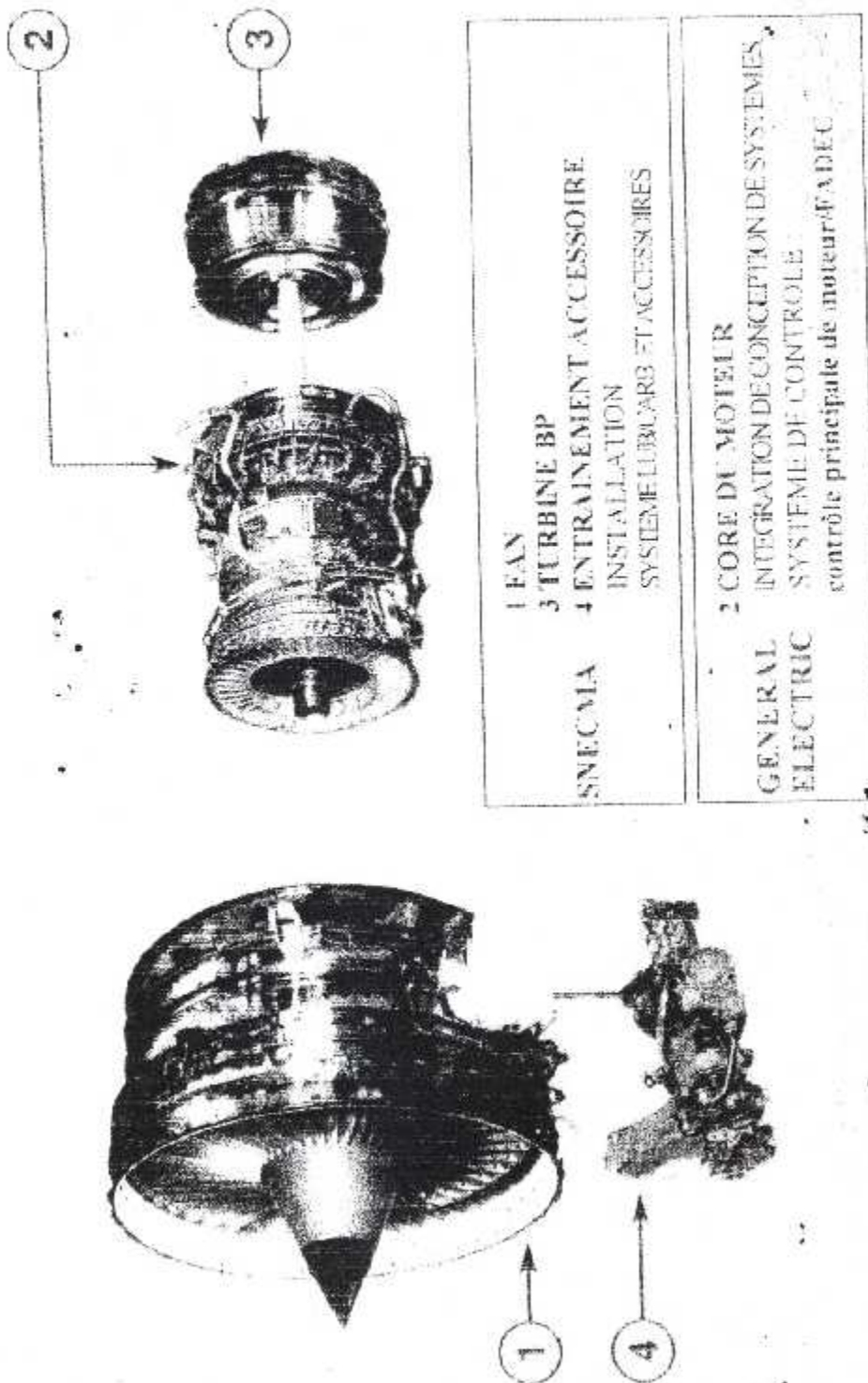
En 1969 liant les deux sociétés dans les secteurs financiers et industriels. En 1974, ce contrat est devenu légalement formalisé comme CFM international et le premier nouveau turbo fan, CFM 56 est né.

En moyenne, un avion motorisé par un CFM 56 décolle chaque sept secondes. Le cœur du CFM est basé sur le moteur GE F 101 (développé pour le bombardier B-1) qui emploie une turbine haute pression mono étage pour entraîner un compresseur à neuf étages et une turbine basse pression à quatre ou cinq étages pour entraîner le Fan réalisé par SNECMA.

CFM international a mis de nouveaux standards dans la réduction d'émission de Nox avec l'introduction de sa double chambre de combustion annulaire (DAC). La DAC réduit les émissions Nox de 45% comparés à une chambre de combustion annulaire simple (SAC).

Le CFM 56-5 DAC était le premier moteur utilisant cette technologie entrant en service commercial. Le CFM 56 est le seul moteur dans sa classe de poussée qui offre cette technologie.

Un des plus grands avantages des moteurs CFM 56 est la ressemblance de conception de ses divers modèles. Cette ressemblance permet aux compagnies aériennes des économies substantielles dans l'outillage, la formation et les investissements dans la pièce de rechange.



La conception de SNECMA et GE

**1.2 DESCRIPTION DU CFM56-7B :****1.2.1 Définition:**

Le CFM56-7B est un moteur qui a été développé à partir d'un programme qui date de 1974. Ce moteur est un turbo Fan, double corps à flux axial à haut taux de dilution ( $\alpha = 5,3$ ). Le moteur CFM56-7B produit une gamme de poussée allant de 18000 lbs. Son diamètre est de 61 inch (1,55m). Son poids nu est de 5257pounds (2385kg).

Son rôle est de délivrer une poussée à l'avion et d'assurer la puissance des circuits de bord suivant :

- Électrique
- Hydraulique
- Pneumatique

**1.2.2 Caractéristiques du moteur CFM 53-7B:**

• Modèle	CFM56-7B
• Poussée	18000 à 27300
• Diamètre du Fan	61inch (1,55mètres)
• Poids du moteur à vide	5257pounds (2358kg)
• Masse de la nacelle complète(moteur-capots)	3300kg
• Longueur	2,50 mètres
• Mach	0,8
• N1 max	5380RPM (104%)
• N2 max	15183RPM (105%)
• Taux de compression	32
• Débit d'air au décollage	385kg/h
• Vitesse moyenne d'éjection des gaz	295m/s

• Consommation spécifique	0,59 à 35kft(0,59kg de carburant par kgf de poussée et par heure)
• Taux de dilution	5,6
• Générateur électrique	90 kva
• Générateur hydraulique	3000psi à 34gallons/min
• Générateur pneumatique	limité à 3000psi et 390 à 440 f degré
• Limite de démarrage	725°C
• EGT max	950°C

### 1.2.3 Les modules du moteur :

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

- Module Fan
- Module core
- Module LPT

#### **a) Module Fan :**

Le module Fan se compose d'une soufflante à 24 ailettes et un compresseur à trois étages, qui dispose à sa sortie 12 vanes de décharge (VBV). Le tout est entraîné par la LPT.

La soufflante augmente la vitesse de l'air et un séparateur (spliter) divise l'air en deux flux :

- Flux primaire
- Flux secondaire

Le flux primaire va dans le corps du moteur, la soufflante augmente la pression de l'air et l'envoi au HPC.

Le flux secondaire va dans la tuyère du fan. Il fournit approximativement 80% de poussée durant le décollage.

**b) Module Core :**

Le module core est composé de

- Un compresseur haute pression (HPC) : C'est un compresseur axial constitué de (9) neuf étages. Il augmente la pression de l'air provenant du compresseur basse pression et l'envoi vers la chambre de combustion. IL assure également de l'air purgé pour le système pneumatique de l'avion et le système d'air moteur (VSV,VBV).
- Une chambre de combustion : Elle est de type annulaire comportant 20 injecteurs et deux bougies d'allumage (allumeurs). Dans la chambre de combustion l'air venant du compresseur haute pression est mélangé avec le carburant vaporisé des injecteurs. Ce mélange air carburant se brûle pour produire des gaz chauds qui vont à la LPT.

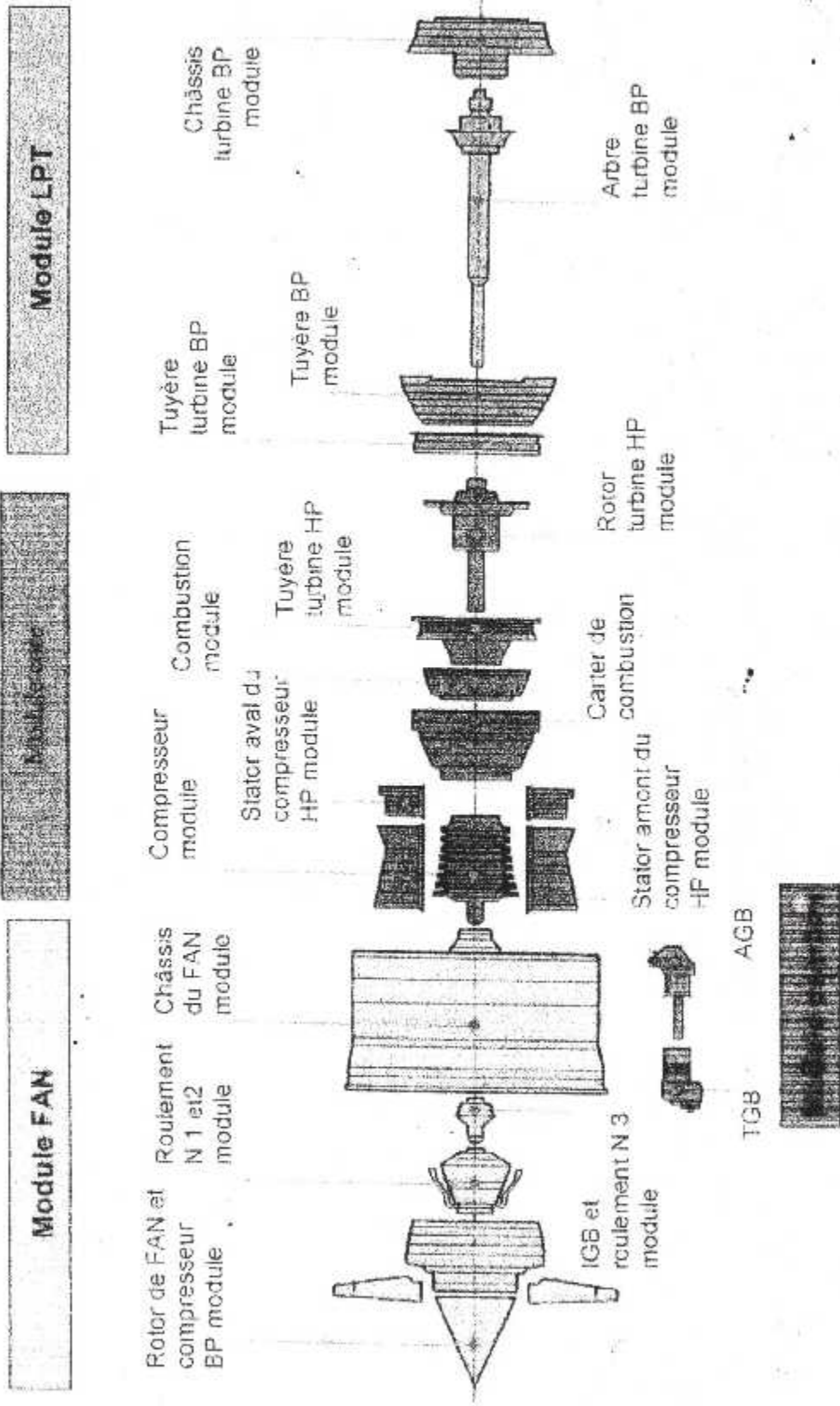
On dénombre deux types de chambre de combustion dans le CFM56-7B :

- Chambre de combustion annulaire simple "SAC", à (20) injecteurs.
- Chambre de combustion annulaire double "DAC", à (40) injecteurs.

- Une turbine haute pression (HPT) : C'est une turbine mono étage, elle convertit l'énergie des gaz chauds en énergie mécanique qu'elle utilise pour entraîner le rotor HPC et les accessoires.

**c) Module LPT :**

Le module LPT est une turbine basse pression à quatre(4) étages, elle transforme l'énergie des gaz chauds en énergie mécanique 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 galet).



Les modules du CFM56-7B

**1.2.4 La GEAR-BOX (boîte d'engrenage des accessoires AGB) :**

Le module AGB est dans le côté gauche du moteur sur le carter entrée Fan. L'attelage HP entraîne le boîtier d'engrenage des accessoires localisés sur la face avant, et reçoit le mouvement du démarreur par l'intermédiaire d'une prise de mouvement d'une boîte de transfert.

Les accessoires entraînés sont.

- Joints magnétiques
- Joints seal.
- Alternateurs EEC (unité de contrôle électrique)
- Démarreur pneumatique.
- Coussinets de ventilation manuelle.
- Pompe Hydraulique.
- Générateur intégré d'entraînement (IDG).

Le coussinet de ventilation manuelle est utilisé pour tourner le rotor N2 lors de l'inspection boroscopique.

Les unités des lignes remplaçables et les portes de services associés au module d'AGB situés sur la face arrière de cette dernière sont :

- Joints magnétiques.
- Joints seal.
- HMU (unité hydromécanique).
- Pompe carburant.
- Pompe de lubrification.
- Echangeur principal huile/carburant.
- Le servo réchauffeur carburant.

L'AGB envoie un couple du rotor N1 vers l'IGB et la TGB pour faire tourner les accessoires du moteur et de l'avion.

**1.2.5 Accessoires D'entraînement**

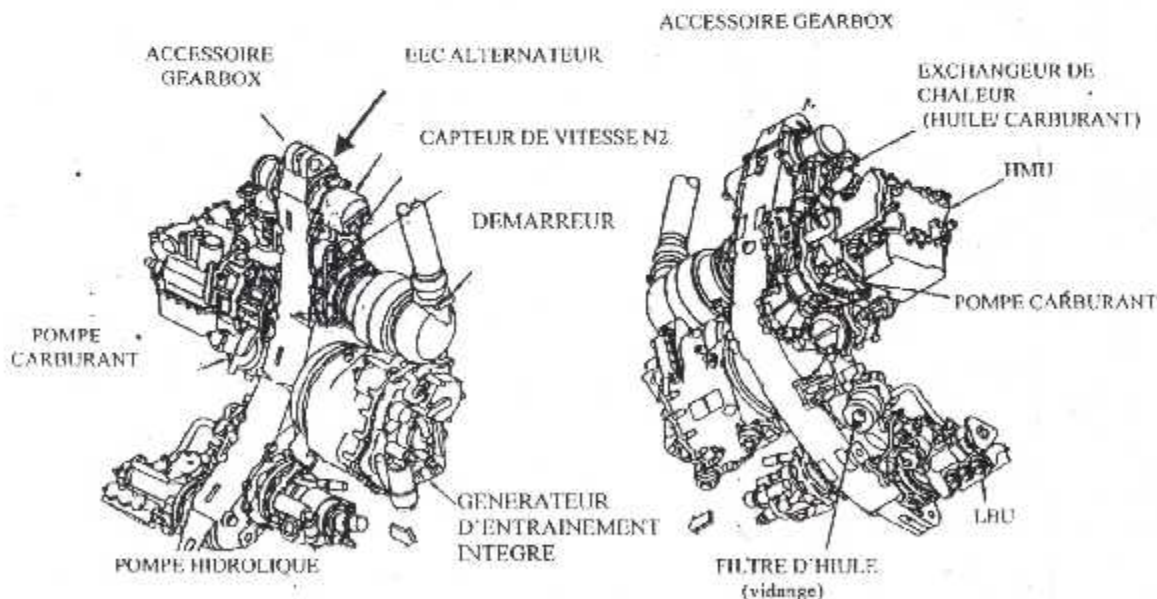
Les accessoires sont entraînés par :

- La boite à engrenage d'entrée ( IGB )
- L'arbre d'entraînement radial (RDS).
- La boite à engrenage de transfert (TGB).
- L'arbre d'entraînement horizontal (HDS).
- La boite à engrenage d'accessoires (AGB).

L'arbre N2 entraîne l'AGB à travers les arbres et les boites à engrenages suivants :

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

L'AGB fait fonctionner les accessoires avions et les accessoires moteur.



**Module accessoires Gear-Box (AGB)**



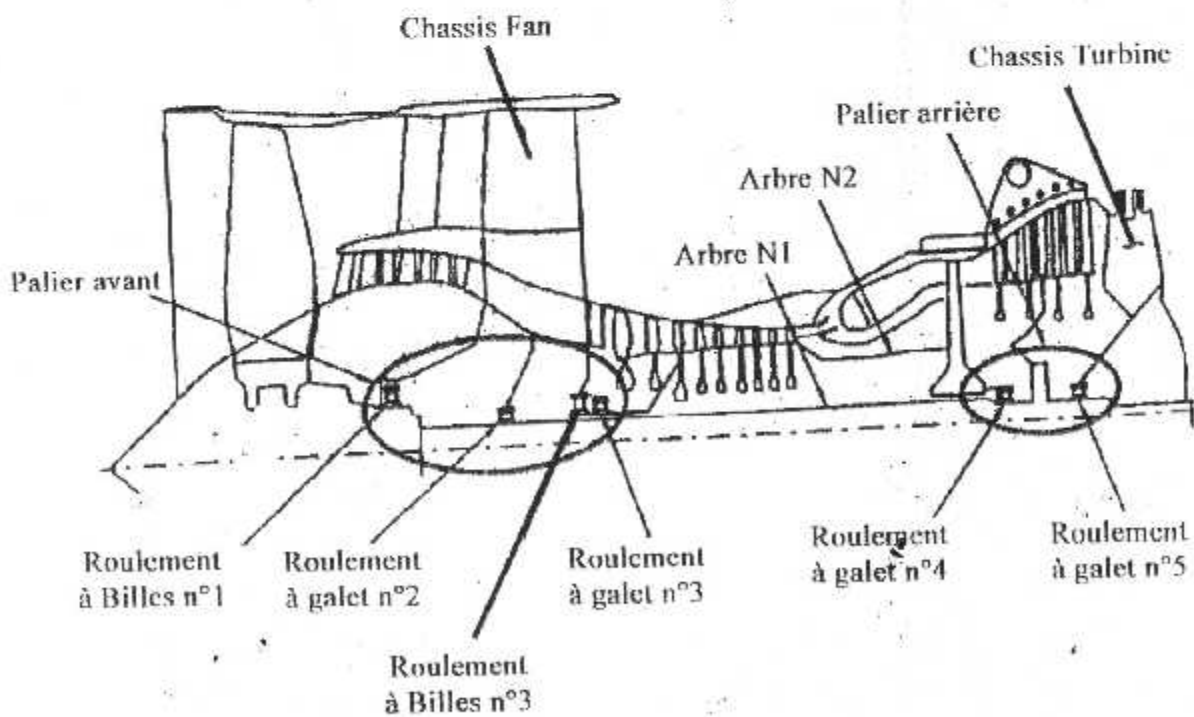
1.2.6 Paliers et Roulements Moteur :

Le moteur a deux paliers principaux, un palier avant et palier arrière. Cinq (05) roulements principaux (deux à billes et trois à galet) sont contenus dans le palier avant (roulement 1B, 2R, 3B et 3R) et le palier arrière (roulement 4R et 5R).

Les cinq (05) roulements supportent les arbres N1 et N2. Les roulement sont identifiés par des numéros allant de 1 à 5.

Les roulements à bille absorbent les charges axiales et radiales de l'arbre. Les roulements à galet absorbent seulement les charges radiales.

- Roulement à billes 1B et roulement à galets, 2R supportent l'arbre Fan.
- Roulement à billes 3B et roulement à galets 3R supportent l'arbre HPC dans l'extrémité avant et est localisé dans l'IGB.
- Roulement à galets 4R supporte l'arrière de l'arbre rotor IPT et roulement à galets 5R supporte l'arrière de l'arbre LPT.



Roulements et paliers du moteur

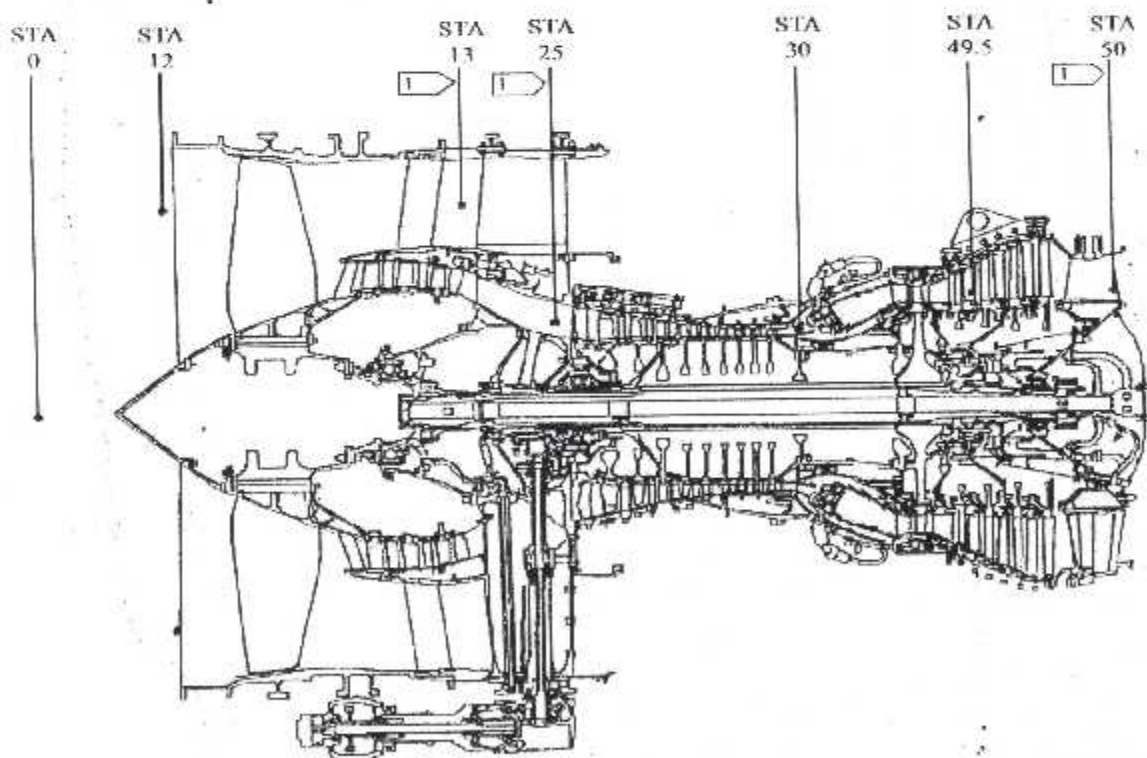
### 1.2.7 Les stations aérodynamiques du moteur :

On distingue (05) cinq stations aérodynamiques où des capteurs et des sondes sont placés.

- Station 0 : air ambiant.
- Station 12 : entrée Fan.
- Station 25 : température d'entrée HPC.
- Station 30 : décharge HPC (pression sortie HPC).
- Station 49,5 : deuxième étage de la LPT.

Si le moteur est équipé du Kit de surveillance d'état optimale, on a plus de sondes aux stations aérodynamiques suivantes :

- Station 25 : admission du HPC.
- Station 50 : décharge de la LPT.



**Station Aérodynamique**

**1.2.8 Groupe Moteur :**

Le groupe moteur comprend :

- Le bâtis moteur.
- Capotage moteur.
- Drainage moteur.

**a) Bâtis Moteur :**

Le moteur contient un bâti avant et un bâti arrière, chaque bâti attache le moteur à la contrefiche. Les attaches du bâti avant sont à l'armature de soufflante et celles de l'arrière sont à l'armature turbine.

**b) Nacelle et Mat Réacteur :**

- Capot :

Le capotage moteur comprend :

- Capot Fan.
- Capot Core.
- Capot reverse.

Les capots assurent les fonctions suivantes :

- Ils forment le canal d'écoulement du flux secondaire et sa tuyère.
- Ils comportent les dispositifs d'inversion de poussée par retournement du flux secondaire.
- Ils forment des compartiments isolés pour contenir puis évacuer des vapeurs ou des écoulements de carburant, d'huile, de fluide hydraulique qui pourraient s'accumuler dans la nacelle en cas de fuite.

- Ils contiennent les effets de l'explosion ou d'une fuite éventuelle importante d'une tuyauterie pneumatique.
- Ils sont capables de contenir un incendie éventuel pendant 15 minutes.

On distingue quatre (04) sortes de capots :

- Capot d'entrée d'air.
- Deux demi-capots de soufflante (gauche et droit) articulés au mat par des charnières qui sont attachés en bas par des verrous en dehors des opérations ci dessus.
- Deux demi-capots de la poussée de soufflante (directe et inverse), comme les capots de soufflante, ils peuvent être relevés et maintenus ouverts pour la maintenance.
- Le capot formant la tuyère primaire.

La masse de la nacelle complète (moteur et capot) s'élève à 3300 Kg.

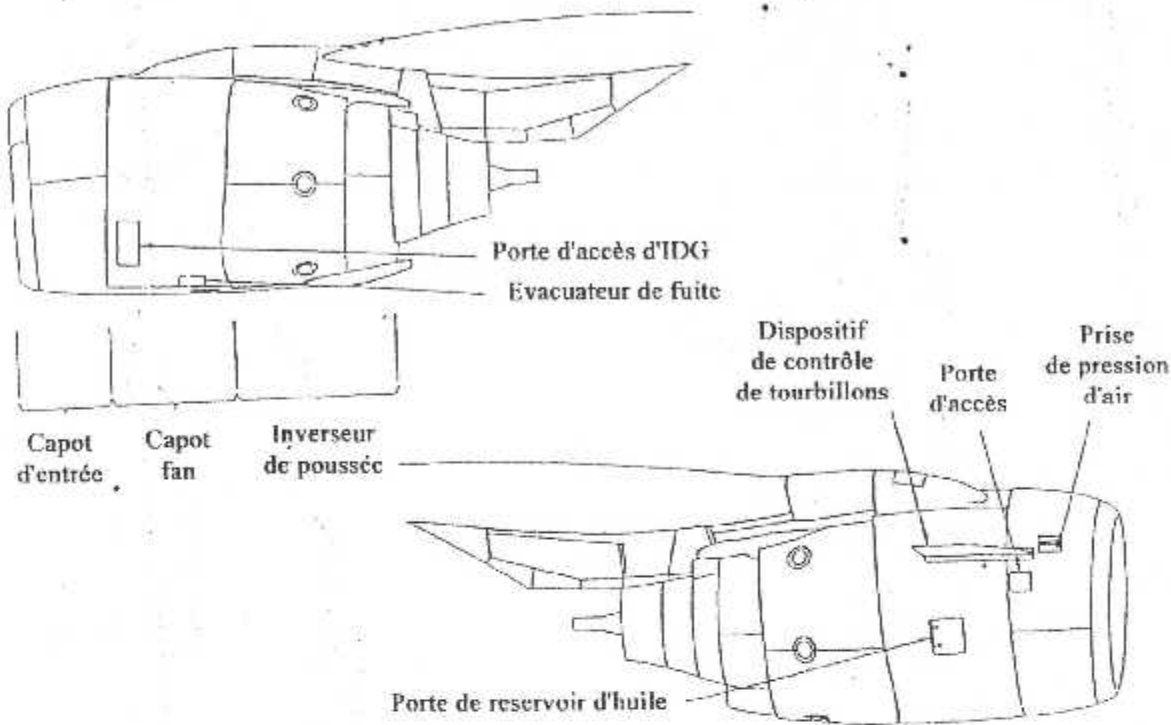
L'ensemble moteur, équipement, accessoires, entrée d'air et tuyère primaire, est souvent appelé QUICK ENGINE CHANGE. Sa masse est de l'ordre de 2335Kg.

Comme les entrées d'air moteur sont très exposés à l'accumulation de givre, le capot d'entrée d'air est anti-givré sur tout le bord d'attaque, à la demande du pilote, par l'air chaud prélevé du le 5<sup>ème</sup> étage du compresseur HP.

Au bord des capots, des joints ignifugés assurent l'étanchéité des compartiments, et principe à l'isolement des compartiments entre eux pour éviter la propagation d'un éventuel incendie

Des portes de surpression sont installées, elles s'ouvrent en cas de surpression dans la nacelle afin d'éviter la déformation des capots.

Enfin, les capots comportent de nombreuses portes de visite pour faciliter les opérations d'entretien courantes.



### Capotage du moteur

- Attaches Réacteur :

Les attaches réacteur transmettent les efforts à la structure de l'avion par l'intermédiaire du mat réacteur et des attaches voilure.

L'attache avant encaisse les efforts verticaux et latéraux, ainsi que les moments par rapport à l'axe X, mais cette attache n'encaisse aucun effort axial.

- Mat Réacteur :

Le mât réacteur réunit le moteur à la voilure et achemine, de l'avion vers le moteur et du moteur vers l'avion, tous les tuyaux, conduits et fils électriques nécessaires et qui sont les suivants :

- Tuyauterie carburant.
- Câble électrique pour signaux de commande.
- Conduit d'air sous pression (pour le conditionnement d'air de l'avion et le dégivrage voilure)
- Tuyauteries hydrauliques.
- Câble électrique de puissance alimentant le réseaux de bord de l'avion à partir des alternateurs.
- Faisceaux de câble électrique véhiculant les valeurs des paramètres moteur et d'autres signaux.

Le mât réacteur (ou pylône) est constitué de longerons en acier et de nervures en titane pour la plupart. Il est fixé à la voilure par des liaisons articulées.

### **I.3 LES DIFFERENTS CIRCUITS DU MOTEUR :**

#### **I.3.1 Circuit d'air :**

Le système à air assure :

- Contrôle du débit d'air à travers le compresseur.
- Régulation du débit d'air de refroidissement moteur.
- Le refroidissement du réacteur et des accessoires
- Refroidissement des ailettes turbine haute pression et turbine basse pression.
- Refroidissement des chambres de combustion.
- Dispositif de contrôle des jeux de turbine basse pression et haute pression.
- Refroidissement des bougies.
- Refroidissement de l'huile de l'alternateur "IDG"
- Ventilation de la EEC.
- Ventilation nacelle.
- Refroidissement et pressurisation des puisards.

**αa) Contrôle de jeux turbine haute pression (HPTCC) :**

Le contrôle de jeux HPT est assuré par la soupape HPTCC VALVE qui contrôle la quantité d'air prélevée du compresseur haute pression (HP) au niveau du 4<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> étage, renvoyé vers le carter de la turbine haute pression pour contrôler les jeux.

**b) Contrôle de jeux turbine basse pression (LPTCC) :**

La LPTCC VALVE contrôle la quantité d'air provenant du flux secondaire FAN et qui est dirigé à la turbine basse pression pour le contrôle de jeux. La valve LPTCC n'est jamais complètement fermée pour permettre le refroidissement du carter turbine basse pression.

Pour contrôler les jeux de la turbine basse pression (LPT), la LPTCC ouvre et module (calibre) la qualité d'air provenant du FAN renvoyé vers le collecteur du carter LPT.

**c) Les VSV (Variable Stator Valve):**

C'est un dispositif utilisé sur le compresseur haute pression pour ajuster l'écoulement au tour des profils d'aubes à différents régimes de fonctionnement moteur dans le but d'éviter le pompage ou avoir une marge de sécurité pour ne pas rester en pompage.

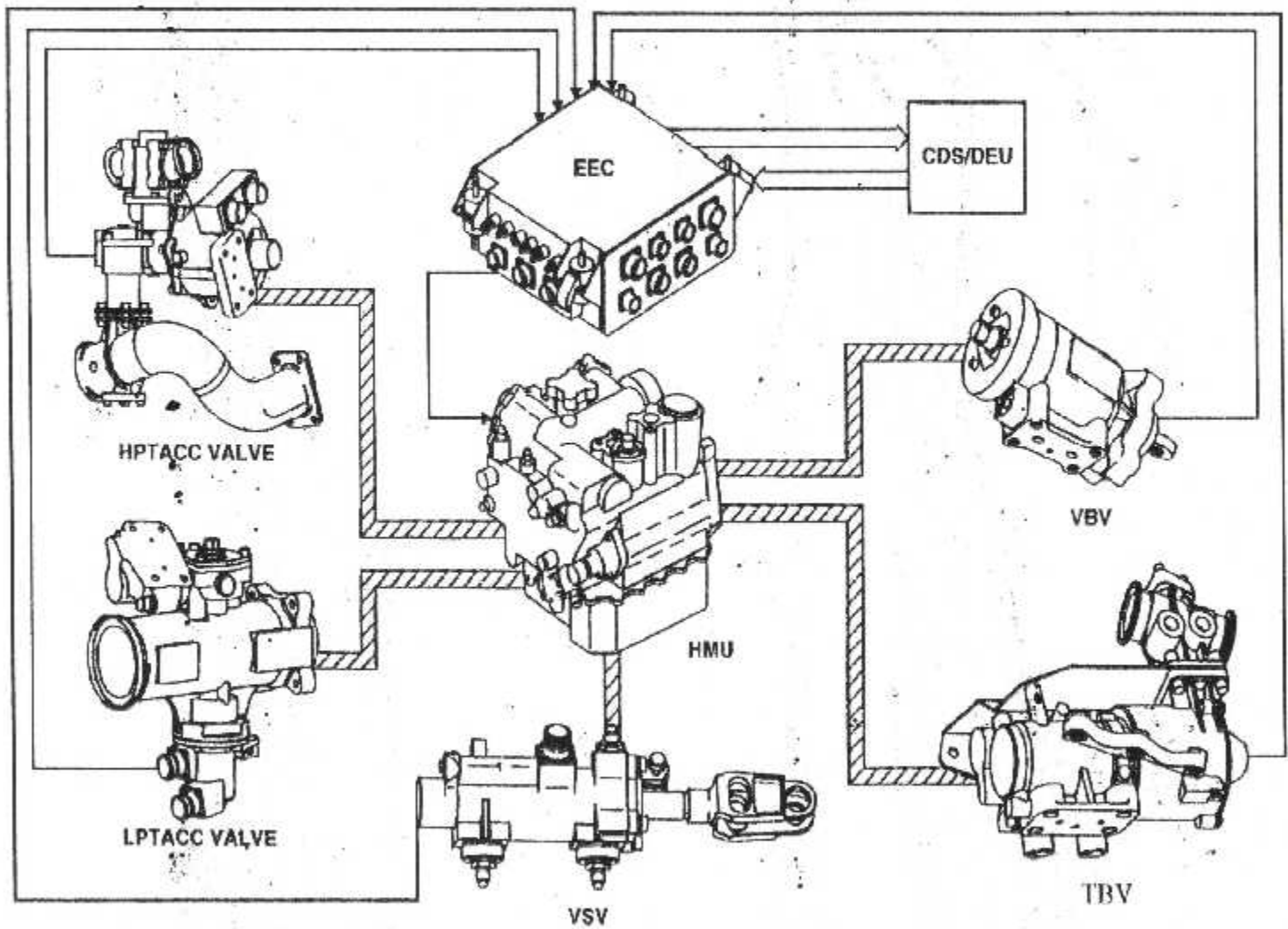
**d) Les VBV (Variable Bleed Valve) :**

Ce mécanisme permet d'effectuer une décharge d'air du compresseur basse pression vers l'écoulement de l'air secondaire ; Ceci afin d'éviter le décrochage de l'écoulement dans les aubes du compartiment compresseur basse pression. D'autre part, il permet d'éviter les particules non désirées pour atteindre le compresseur haute pression.

**d) La TBV (Transient Bleed Valve) :**

C'est un dispositif de vannes qui contrôle la quantité d'air soutiré du 3<sup>ème</sup> étage pour être renvoyé au distributeur du 1<sup>er</sup> étage de la turbine basse pression.

La TBV est ouverte pour éviter le décrochage de l'écoulement dans le compresseur haute pression et aider l'accélération rapide de N2.



Circuit d'air

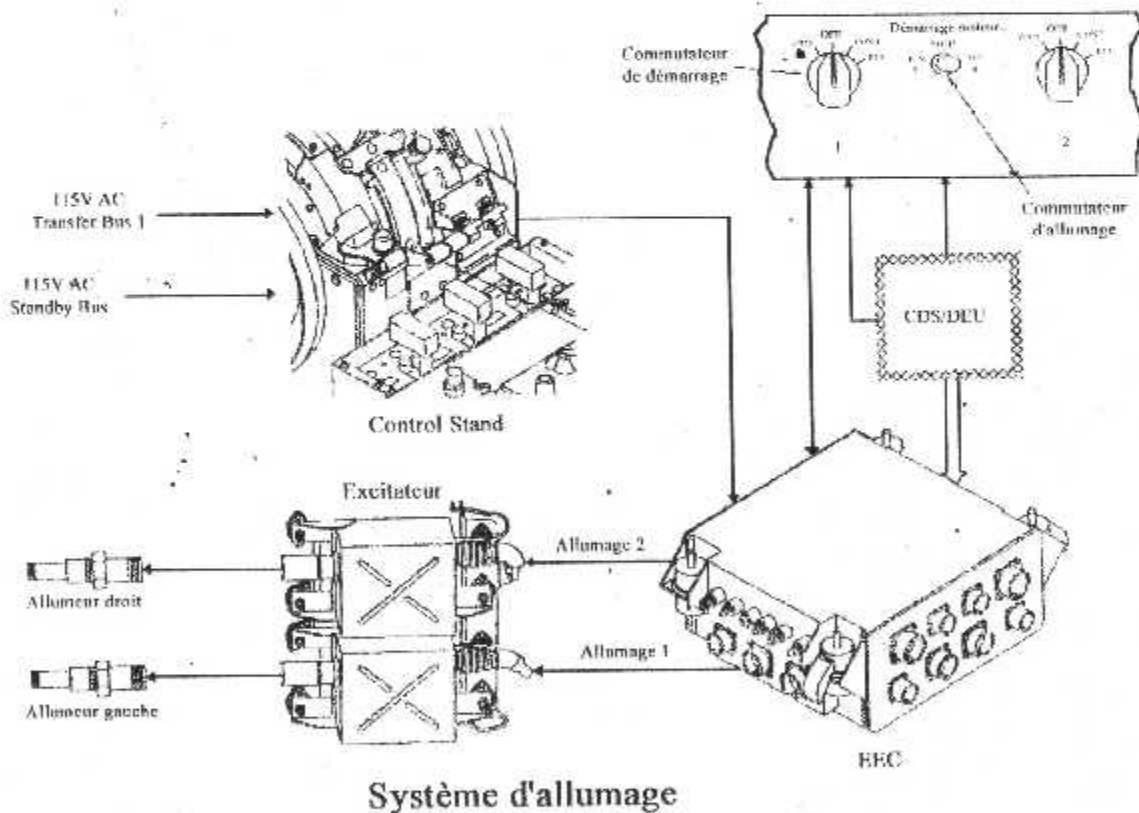


**X 1.3.2 Le circuit d'allumage du CFM56-7B :**

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

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

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

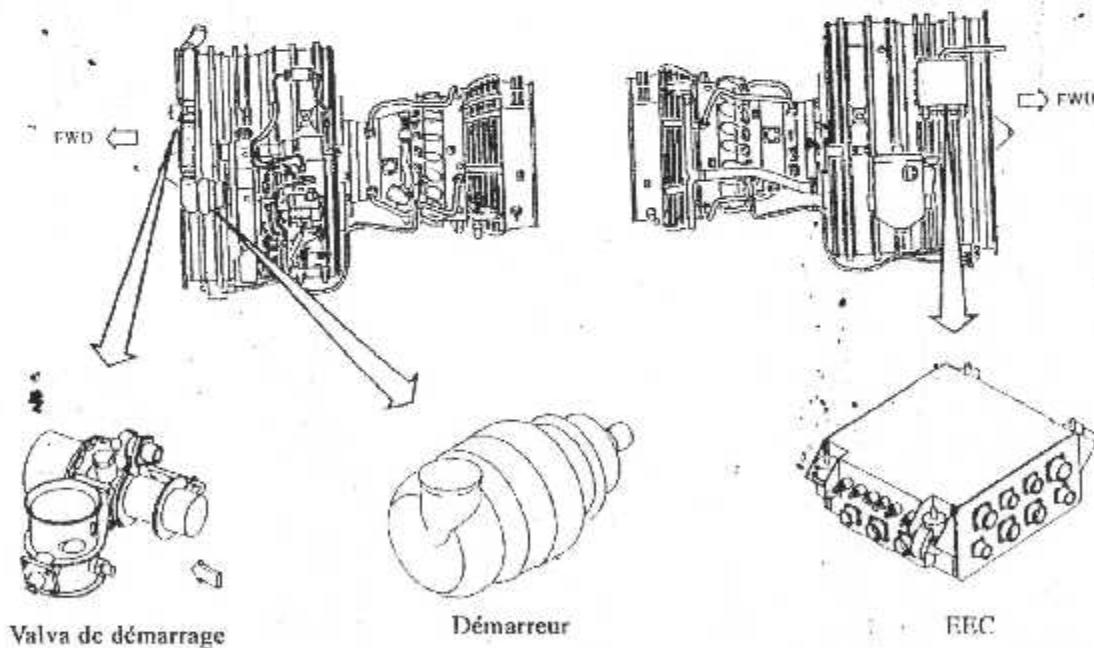


1.3.3 Circuit de démarrage du CFM56-7B :

Le système de démarrage a pour rôle d'entraîner l'arbre interne de l'attelage haute pression N2 pour actionner le moteur.

Ce système utilise la puissance ou l'énergie pneumatique pour entamer la procédure de démarrage de l'engin.

Le système de démarrage s'effectue au sol et pendant le vol. Il fournit à travers le démarreur un couple suffisant pour faire accélérer le compartiment haute pression. L'accélération se réalise jusqu'à atteindre une vitesse nominale de rotation (RPM) à la quelle on peut déclencher la combustion.

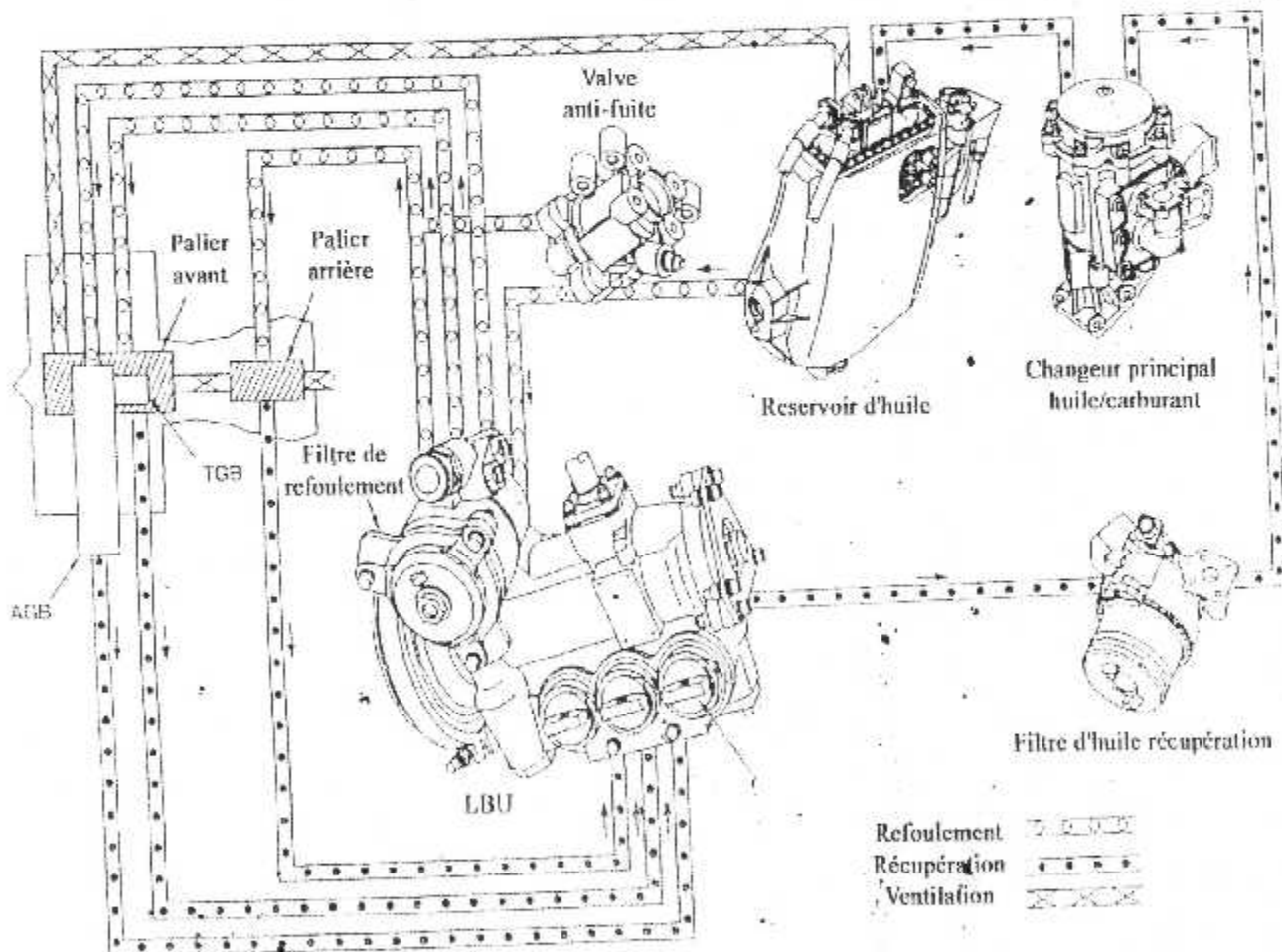


Système de démarrage

1.3.4 Circuit de lubrification du CFM56-7B :

Le système de lubrification du moteur CFM56-7B assure :

- La lubrification par gicleur de tous les roulements, les pignons moteur et les boites de transmission.
- Le refroidissement des paliers et boîtiers de transmission.
- Le drainage des impuretés vers les filtres.
- Le réchauffage de carburant.



Circuit d'huile

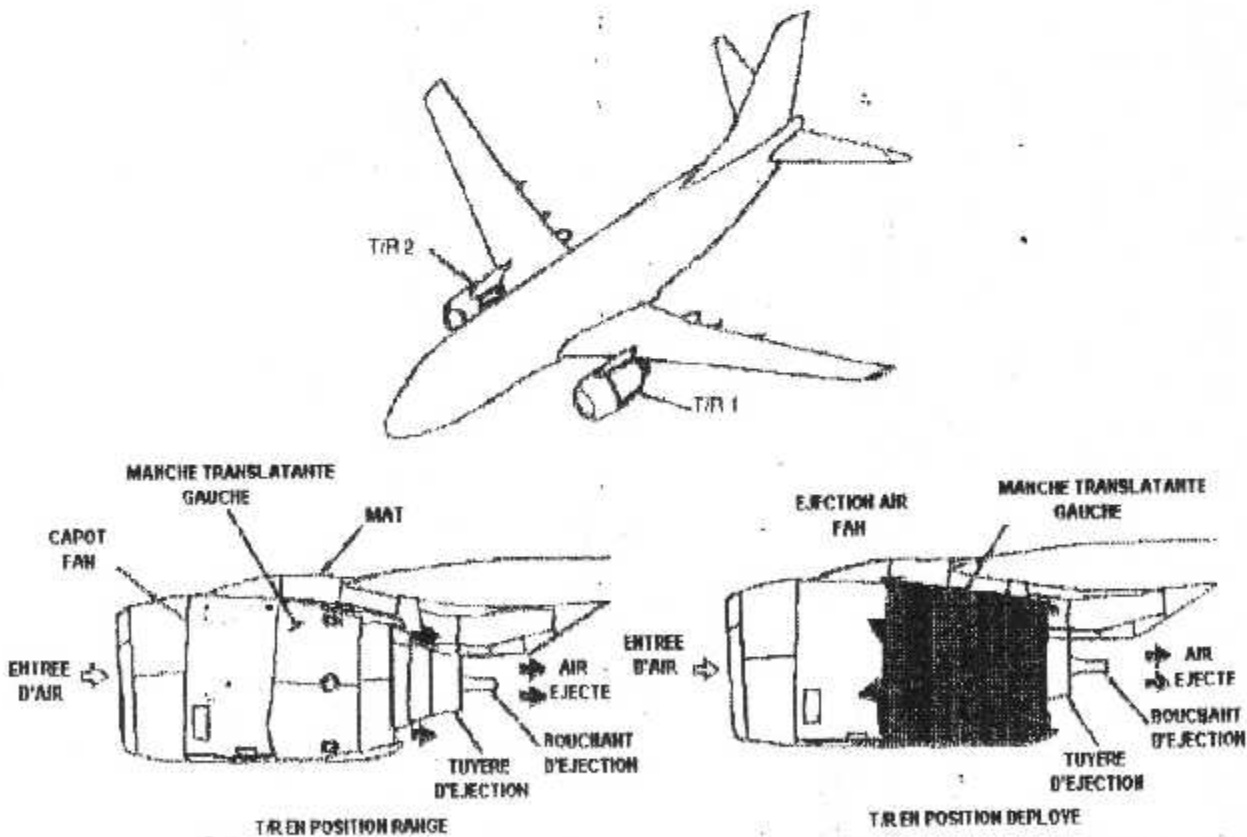
**1.3.5. Le système d'inverseurs de poussée :**

Le système d'inverseur de poussée T/R a pour rôle de changer la direction de l'air éjecté par le fan pour ralentir l'avion après l'atterrissage ou durant un décollage annulé. La direction du flux des gaz de turbine ne change pas durant l'inversion de poussée.

Le système T/R a un système de contrôle électro-hydraulique et un système d'indication.

Il a aussi deux inverseurs de poussée :

- T/R1, est l'inverseur de poussée du moteur 1 (gauche)
- T/R2 qui est l'inverseur de poussée du moteur 2 (droit).



**SYSTEME D'INVERSEURS DE POUSSÉE**

### 1.4 UNITE DE CONTROLE ELECTRONIQUE (EEC):

La EEC est positionné à 4<sup>h</sup>00, c'est un calculateur double canaux A et B où chacun contrôle les différents composants du système moteur

Les canaux A et B sont opérationnels de manière permanente.

Si l'un des canaux est défectueux et le canal dans le contrôle ne peut pas contrôler la position des VBV, les valves seront mises en position d'ouverture fiable.

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

- Contrôle de la poussée réacteur.
- Contrôle du débit d'air du compresseur.
- Refroidissement des accessoires du réacteur.
- Refroidissement des carters turbine « haute ou basse pression ».
- La protection des paramètres limités.
- Le système de test incorporé à l'équipement (BITE).
- La détection des pannes.
- Les indications des pannes.
- Les indications statuts réacteur.
- Le contrôle du circuit renversé.
- Le contrôle du circuit démarrage.

La EEC emploie des données d'entrées et calculent les sorties de carburant et de commande motrice pour avoir une bonne gestion et éviter le mauvais fonctionnement.

La EEC se consiste en plusieurs connections électrique et pneumatique, elle est connectée avec les systèmes et composants moteur/ avion suivant :

- **Connexions moteur :**

- Fiche d'identification.
- Unité hydromécanique (HMU).
- Système de contrôle d'air moteur.
- Capteurs moteur.
- Système contrôle carburant.
- Alternateur EEC.
- Système d'allumage.

- **Connexions avion :**

- Système d'écrans commun (CDS).
- Unité électrique d'écrans (DEUs).
- Calculateur d'auto manette.
- Calculateur de gestion de vol (FMC).
- Levier de démarrage.
- Indication moteur et carburant.
- Unité d'acquisition des données de vol (FDAU).
- Unité de référence inertielle des données air (ADIRU).
- Interrupteur anti-incendie.
- Manette de poussée.
- Inverseurs de poussée.
- Bus de transfert.

#### **1.4.1 Alimentation électrique de la EEC:**

La EEC est alimentée en 28 volts continus à partir du réseau avion quand le moteur ne tourne pas ou quand sa vitesse est encore faible, au démarrage ( $N_2 < 12\%$ ), et par son alternateur triphasé qui lui est propres dès que le moteur tourne à plus de 15% de  $N_2$  nominal.

Au sol, 5 minutes après l'arrêt du moteur, l'alimentation avion est automatiquement coupée pour éviter des heures inutiles de fonctionnement de la EEC.

Cette dernière reçoit aussi une alimentation en 115 volts alternatifs pour les circuits d'allumage.

#### **1.4.2 Interfaces principales :**

La EEC reçoit des entrées de :

- l'unité d'interface de commandes de train (LGCIU).
- Unité de référence à inertie de données aériennes (ADIRU).
- Régulateur de carburant (FCU).
- Système centralisé enregistreur de données de fonctionnement des équipements et de détection des pannes (CFDIU).
- Les calculateurs (ordinateur) de climatisation du poste de pilotage et de la cabine des passagers.
- Le feu et le système d'anti-givrage.

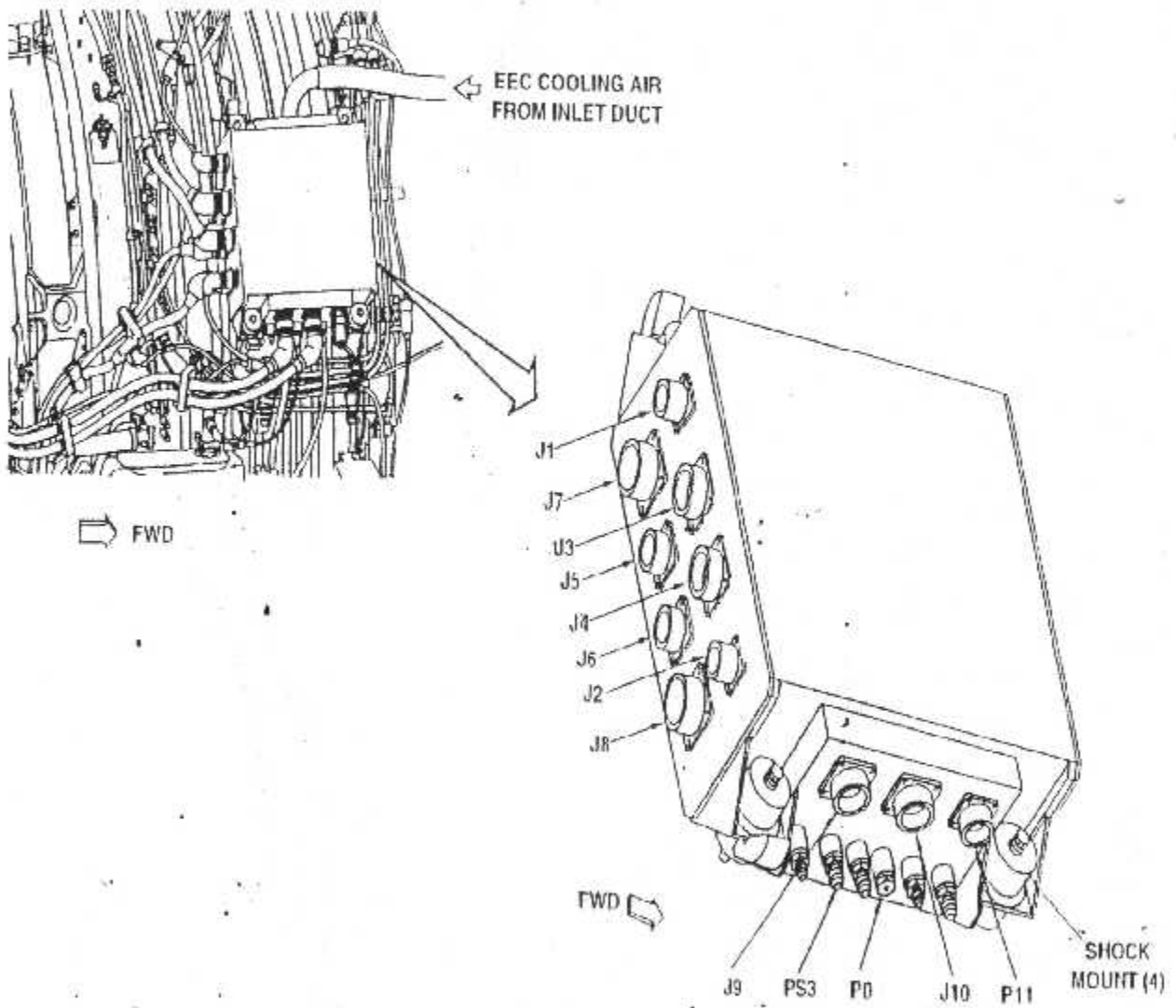
La EEC envoie des sorties à :

- les calculateurs de surveillance de prise d'air (BMC).
- Les calculateurs centraux d'alarme (PWC).
- Les calculateurs de gestion d'affichage (DMC).
- Les calculateurs de guidage et de gestion de vol (FMGC).
- Système centralisé enregistreur de données de fonctionnement des équipements et de détection des pannes (CFDIU).

On distingue une unité d'interfaces moteur (EIU) pour chaque moteur, elle se connecte par l'interface de la EEC correspondante.

La EEC est en relation avec plusieurs systèmes d'avion à travers la EIU, les premiers paramètres (N1, N2, EGT, Débit carburant) sont envoyés directement par la EEC vers l'ECAM. Les paramètres secondaires sont envoyés vers l'ECAM.

Les paramètres secondaires sont envoyés vers l'ECAM à travers la EIU.



### Electronic engine control (EEC)



### 1.5 SYSTEME FADEC :

Full Authority Digital Engine Control Système de régulation électrique numérique à pleine autorité du moteur ).

Le système FADEC de chaque moteur consiste sur deux canaux de la EEC (unité de contrôle électronique ) qui sont associés en périphérique, cette dernière est l'ordinateur du système FADEC. Il commande le moteur d'après l'équipage ou du système de commande automatique de la poussée (Auto manette) dans toute la gamme de régime autorisé de la poussée surveillance continue du fonctionnement du moteur en empêchant le franchissement des limites calculées.

Le FADEC exécute les opérations de service suivantes :

- **Contrôle de moteur :**

- Contrôle de régulation carburant.
- Contrôle de gestion de puissance.
- Contrôle de la BSV (burner staging valve).
- Contrôle de la valve de retour carburant (FRV).
- Contrôle de la vanne de décharge (VBV).
- Contrôle du stator à calage variable (VSV).
- Contrôle actif de jeux turbine haute pression (IPTACC).
- Contrôle actif de jeux turbine basse pression (LPTACC).

- **Intégration de moteur/avion :**

- Mise en marche automatique et manuelle.
- Contrôle de la poussée inverse.
- Indication moteur.
- Données de maintenance du moteur.
- Condition de données de surveillance.

**Constituants du système FADEC :**

- Un arbre incliné relie la prise de mouvement à la boîte de transfert de la Gear-Box (TGB)
- Un arbre de transfert relie la boîte de transfert (TGB) au boîtier des accessoires
- Le boîtier des accessoires est fixé à la partie inférieure du carter compresseur haute pression.
- Les différents accessoires de la Gear-box

Ces accessoires sont divisés en deux parties :

• **Sur la face amont :**

- Une pompe refoulement et (3) trois pompes de récupération d'huile
- Le dispositif de régulation carburant (HMU).
- Une pompe hydraulique de l'arbre N2 (haute pression).
- Un alternateur pour alimenter la EEC.

• **Sur la face aval :**

- Une pompe de carburant haute pression.
- Un démarreur électrique.
- Un alternateur qui produit l'électricité (IDG).
- l'ECAM à travers la EIU - T/R2 est l'inverseur de poussée du moteur 2 (droit)

# CHAPITRE II

## Circuit Carburant

SAC

**II.1 RESERVOIRS CARBURANT AVION :**

On a trois réservoirs, deux disposés dans les ailes (réservoirs principaux), et un autre (réservoir central) dans le fuselage qui a une capacité de trois fois plus que les réservoirs principaux. La majorité du carburant est disposée dans le fuselage, plus deux autres parties dans les ailes :

- Réservoir principal 1 : 3867 Kg (3,867 tonnes)
- Réservoir principal 2 : 3867 Kg (3,867 tonnes)
- Réservoir central : 12802 Kg (12,802 tonnes)
- Plein réservoir : 20000 Kg (20 tonnes)

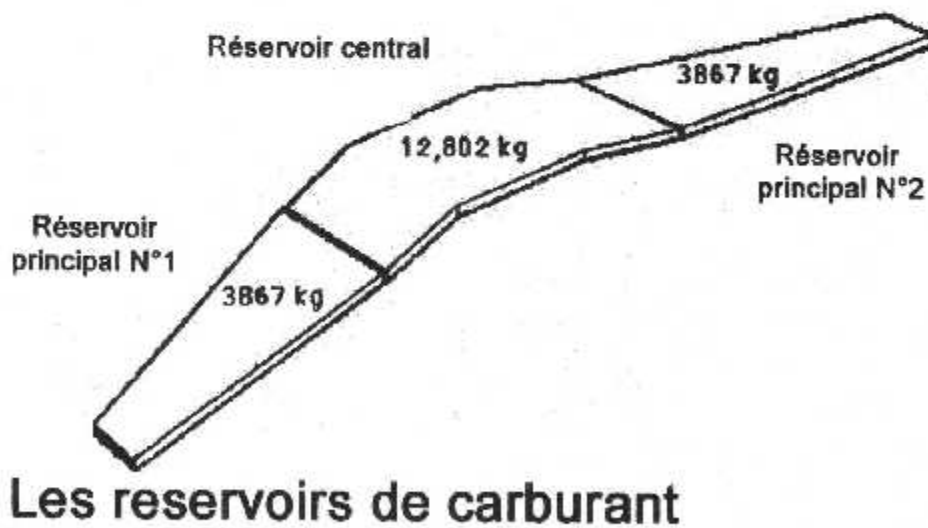
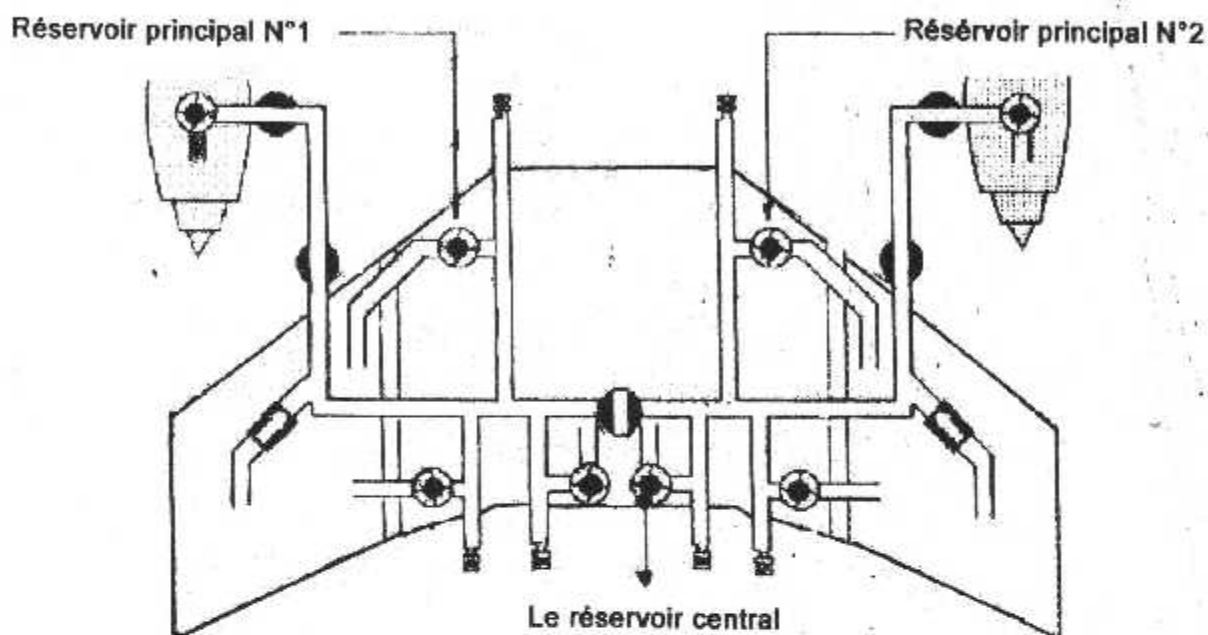
Dans le fuselage de l'aile droite (vue arrière) on trouve les jauges de remplissage, la circulation du carburant au niveau du réservoir est assurée par des pompes électriques plongées à l'intérieur, une très grande sécurité dans le câblage et l'isolation d'alimentation des pompes est prise en considération.

Donc il existe deux pompes situées à l'arrière du réservoir central et quatre autres pompes sont situées dans les réservoirs principaux (deux en arrière et deux en avant).

L'alimentation du moteur n°1 est assurée par les deux pompes du réservoir principal n°1 et la pompe gauche du réservoir central, par ailleurs le moteur n°2 est alimenté par les deux pompes du réservoir n°2 et la pompe droite du réservoir central.

La consommation importante du carburant s'effectue dans le réservoir central, c'est pourquoi on met dans ce dernier des pompes assez puissantes. La pression de refoulement des deux pompes du réservoir central est plus grande que celle délivrée par les pompes des réservoirs principaux, pour cette raison le carburant contenu dans le réservoir central sera consommé en premier lieu.

En cas de panne des pompes principales (gauche et droite) ainsi que celles du réservoir central ou si le réservoir central est vide, il y aura ouverture d'une valve (pompe de gavage) pour céder le passage du carburant.



II.2 LE ROLE DU CIRCUIT CARBURANT :

Le système de carburant fournit du carburant au moteur pour la combustion et l'asservissement. Ce circuit a pour rôle :

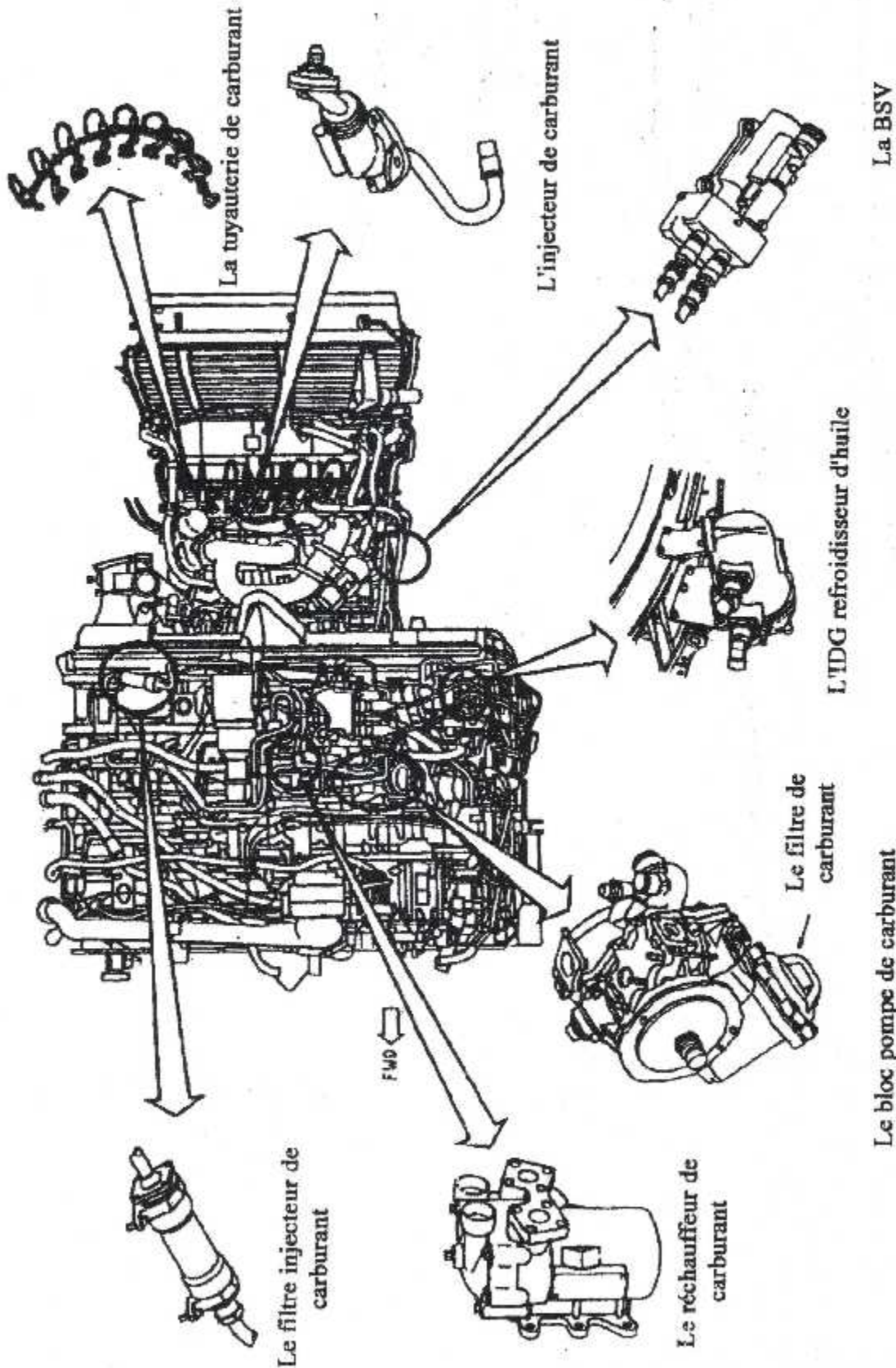
- L'alimentation des circuits hydrauliques de commande des dispositifs anti-pompement, vanne de décharge et stator à calage variable.
- L'alimentation des injecteurs de la chambre de combustion.
- L'alimentation des circuits hydrauliques d'asservissement et de contrôle du régulateur principal de carburant(HMU).
- Le refroidissement d'huile de graissage réacteur.
- Le refroidissement d'huile de graissage alternateur(IDG).
- L'alimentation des circuits hydrauliques de commandes des vannes de refroidissement des turbines haute et basse pression.

II.3 LES ELEMENTS DU CIRCUIT CARBURANT :

Les composants du circuit carburant du moteur CFM56-7B sont les suivants :

- La pompe de carburant, attaché à la face supérieure arrière de l'AGB sur le côté gauche du carter fan du moteur.
- L'IDG refroidisseur d'huile, situé sur la partie inférieure arrière dans le châssis du fan, il est positionné à 7<sup>h</sup>00.
- L'échangeur de chaleur, qui est à la position 8<sup>h</sup>00
- Le réchauffeur de carburant, qui est localisé à 9<sup>h</sup>00 sur la Gear-box au-dessus de la pompe de carburant et la HMU.
- La HMU située sur la face arrière de l'AGB.
- Le transmetteur de quantité de carburant, positionné à 10<sup>h</sup>00 sur le Fan.
- La BSV (Burner Staging Valve) qui se trouve à la partie core du moteur, elle est positionnée à 6<sup>h</sup>00 sur le carter du compresseur haute pression (HPC).
- Le filtre injecteur, attaché sur la face arrière du châssis du Fan à 10<sup>h</sup>00.
- Les injecteurs situés à 10<sup>h</sup>00 sur le carter du Fan.

- La tuyauterie de carburant attachée autour du carter de la chambre de combustion et part le long du carter du compresseur haute pression à 6<sup>h</sup>00.



## les composants du circuit carburant

II.4 DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU CIRCUIT CARBURANT :

Le carburant des réservoirs d'avion entre à l'étage basse pression de la pompe carburant à deux étages et la quitte pour aller vers le générateur intégré (IDG) de refroidissement d'huile, puis vers l'échangeur de chaleur principal huile/carburant. Ce dernier envoie le carburant vers la pompe, il traverse le filtre et entre dans l'étage haute pression où la pression du carburant sera augmentée et le carburant prend deux directions.

Une part du carburant (la plus grande) traverse la HMU, passe par le doseur asservi la FMV (valve de régulation) puis va au débitmètre et enfin aux injecteurs.

L'autre part va d'abord au réchauffeur carburant des asservissements puis au HMU pour élaborer les pressions d'asservissements nécessaires à tous les vérins et actionneurs (VSV, VBV et BSV).

Le carburant non utilisé et qui n'a pas été envoyé aux injecteurs ainsi que celui revenant des asservissements va au refroidisseur d'huile IDG, puis ce carburant retourne à la pompe BP ou si la vanne de retour FRV (fuel return valve) est ouverte vers les réservoirs avion, en effet la EEC commande l'ouverture de cette vanne si la température de l'huile est élevée.

Basé sur le contrôle de la EEC, le carburant d'asservissement est utilisé pour le contrôle des systèmes asservis. Le carburant dosé va de la HMU par un transmetteur d'écoulement de carburant et le filtre injecteur à la valve d'échafaudage du brûleur (BSV) et sur les collecteurs et gicleurs de carburant.

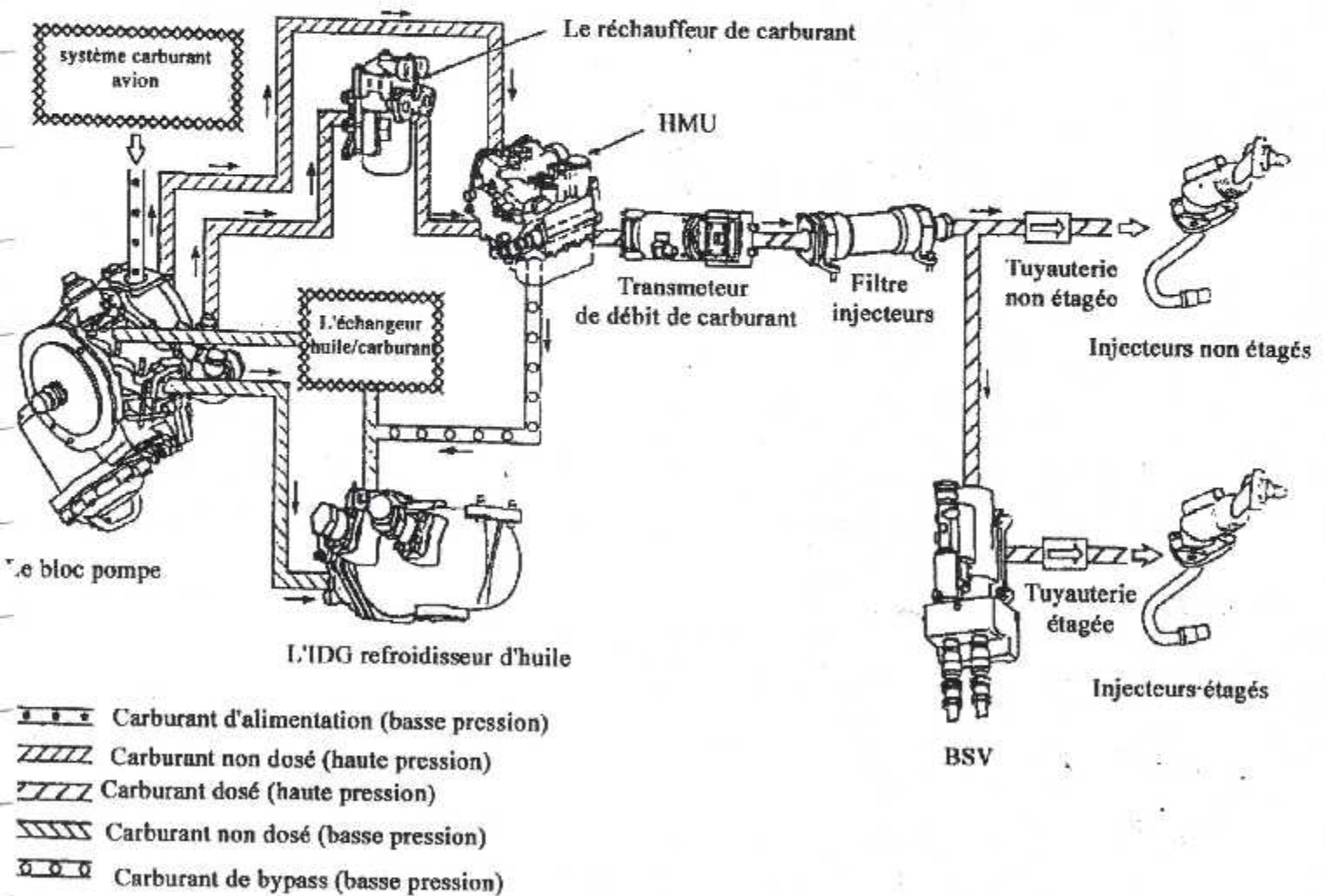
Le robinet d'arrêt haute pression (HPSOV) arrête l'écoulement du carburant dosé quand elle se ferme. Le signal de contrôle d'opération de la HPSOV vient habituellement du levier de démarrage. Le commutateur du poignet de feu, où la EEC peut dépasser le contrôle du levier de démarrage pour fermer la HPSOV

Le carburant approuvé principalement : JET A1 (AIR 3405C en France et JET B (AIR 3407 en France). La température du carburant à l'entrée de la pompe est au minimum -54°C,



et au maximum +54°C. Le minimum est -45°C si le carburant ne contient pas l'additif anti-givrage.

Les vingt (20) injecteurs pulvérisent finement le carburant dans la chambre de combustion. Un clapet diviseur de débit est activé lorsque la pression du flux carburant est élevée (après le démarrage). Dans les conditions de fonctionnement du moteur où le rapport carburant/air est bas, la valve de répartition BSV sélectionne 10 injecteurs seulement au lieu de 20 injecteurs.



Déscription fonctionnelle du circuit de carburant

II.5 DESCRIPTION DES DIFFERENTS COMPOSANTS DU CIRCUIT CARBURANT :

II.5.1 Le bloc pompes de carburant :

L'ensemble de la pompe de carburant contient :

- Une pompe centrifuge basse pression.
- Une pompe à engrenages haute pression.
- Un filtre principal de carburant.

Le carburant traverse le compartiment basse pression puis le réchauffeur de carburant après le filtre principal de la pompe,

Le compartiment basse pression pressurise le carburant et l'envoie à l'étage haute pression.

Ce dernier assure le carburant sous haute pression nécessaire à la commande du moteur.

La commande de carburant est installée sur le couvercle de la pompe. Un arbre d'entraînement de contrôle est en ligne avec un arbre d'entraînement principal.

Le couvercle de la pompe et le logement à engrenages contiennent les capteurs de température et de pression pour surveiller les performances de la pompe aux endroits importants.

La pompe de carburant est attachée avec une bride de fixation à la face arrière de la Gear-Box au côté gauche du châssis du Fan avec un couple d'attache/détache rapide.

La pompe est également faite avec des brides et des orifices de support pour un échangeur de chaleur huile/carburant, une unité de contrôle carburant et un arbre d'entraînement pour la commande de carburant.

Un élément filtrant principal remplaçable fait partie du logement du filtre de carburant.

Le bouchon de vidange est utilisé pour évacuer le carburant du boîtier de crépine avant que le couvercle soit enlevé. Le boîtier principal de crépine (logement du filtre) contient une valve de by-pass à clapet qui permet au carburant de by-passer la chute de pression du filtre lorsqu'elle dépasse la limite prédéterminée.

Tous les arbres d'entraînement des sections de cisaillement qui sont faites pour se casser si le couple nécessaire pour tourner l'arbre d'entraînement dépasse la limite maximum prédéterminée. Les arbres sont mis en position pour permettre à l'étage haute pression de fonctionner si l'arbre d'entraînement sur l'étage basse pression se casse.

L'arbre d'entraînement principal et le joint d'arbre peuvent être enlevés pour l'inspection et le remplacement sans démonter la pompe. La direction de la pompe est dans le sens des aiguilles d'une montre une fois vue de l'extrémité d'entraînement

Afin de limiter l'élévation de pression de l'étage haute pression la pompe de carburant est équipée d'une valve de décompression qui permet à l'écoulement de décharge d'être recyclé à l'admission de l'étage haute pression.

La valve de décompression peut être vérifiée et probablement ajustée sur l'extérieur de la pompe de carburant au niveau de l'essai.

Un filtre de lavage situé dans la décharge haute pression mise à travers, assure le carburant par une décharge séparée aux servo régulateurs de commande de carburant. Le filtre de lavage a une valve de by-pass de type à clapet.

- Le compartiment haute pression de la pompe a une commande à engrenage installée directement sur l'arbre d'entraînement principal.

- Le compartiment centrifuge basse pression a un inducteur et une roue à aubes, installés sur le même arbre d'entraînement. L'arbre d'entraînement de l'étage centrifuge est en ligne avec l'arbre d'entraînement principal, et entraîné par un engrenage cannelé dans les engrenages de l'étage haute pression.

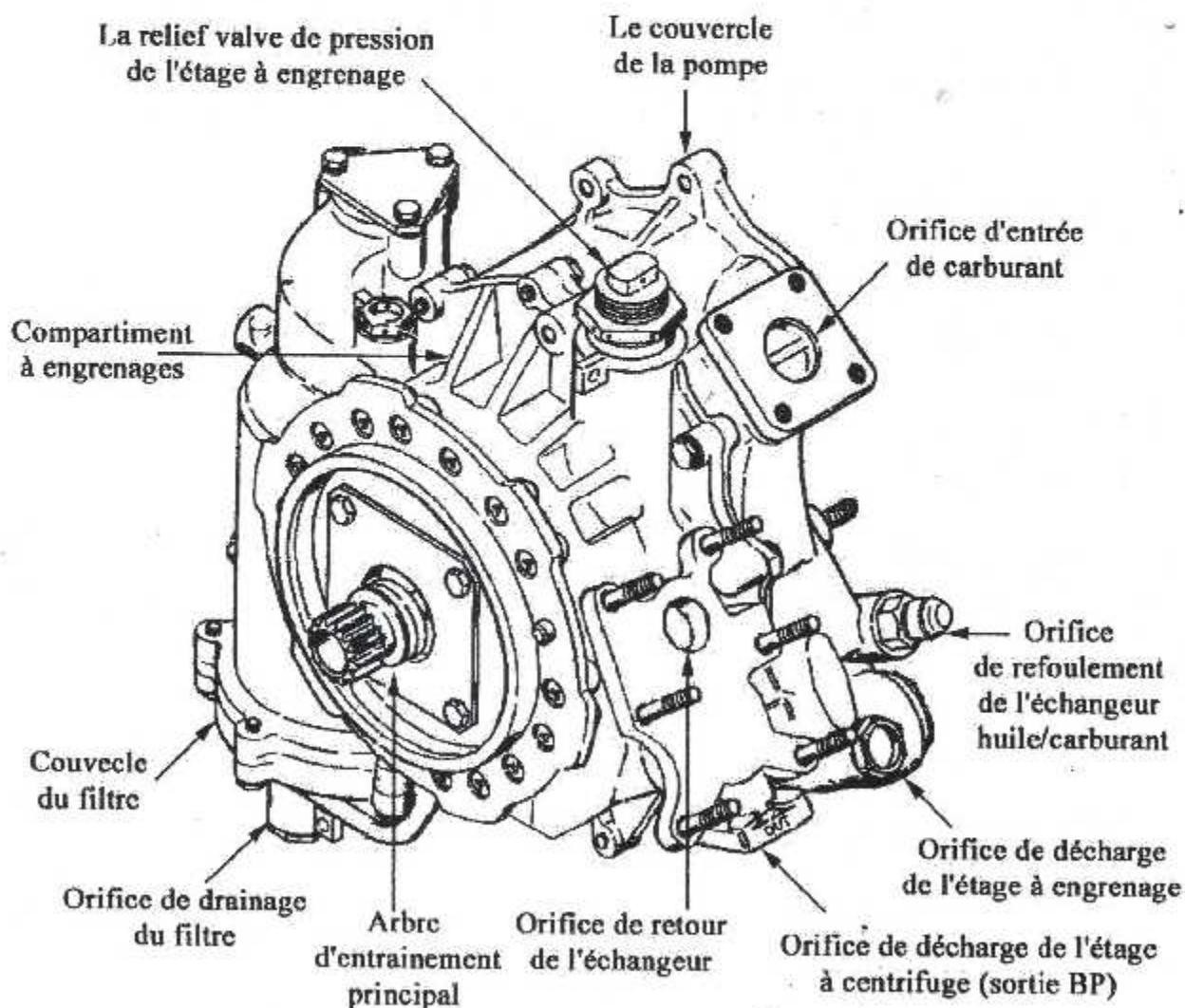
Le couvercle de la pompe de carburant contient un espace vide pour loger l'inducteur et la roue à aubes.

La bride amplifiée d'accès à l'étage d'alimentation est à côté du support de fixation de l'échangeur de chaleur. La pression de décharge de la bride amplifiée est mesurée aux robinets de pression situés sur des adaptateurs reliés à ce port.

Des robinets de pression sont disposés aux points suivants sur la pompe :

- La décharge de l'étage centrifuge (sortie BP) ;
- L'indicateur de différence de pression du filtre ;
- La décharge de l'étage à engrenages (HP).

Les robinets de pression à l'étage centrifuge et à engrenage sont à  $\frac{1}{2}$  inch d'accessoires filetés. Ils peuvent être employés comme orifices d'approvisionnement et de retour pour un système hydraulique de carburant.



**Pompe de carburant**

**Table des conditions particulières :**

<b>L'ensemble pompe de carburant</b>	
<b><u>Caractéristiques générales :</u></b>	
Orifice d'admission du filtre principal	28 micron nominal/38 micron absolus
Ecoulement du filtre de lavage	65 micron absolus
Poids	48,4 Lb (22 Kg)
<b><u>Caractéristiques opérationnelles :</u></b>	
Vitesse	6250 rpm
Pression d'entrée	30 psig (207 Kpa)
Pression élevée de l'étage centrifuge (Min)	97 psid (669 Kpa)
Pression de décharge (Max)	1145 psig (7895 Kpa)
Débit carburant (Max)	68 gpm/26112 phr (257 l/min)
<b><u>Conditions de mise en marche :</u></b>	
Vitesse	625 rpm
Pression d'entrée	30 psig (207 Kpa)
Pression de décharge (Max)	305 psig (2100 Kpa)
Débit carburant (Min)	5,4 gpm/2073,6 phr (20,4 l/min)

**II 5.2 IDG refroidisseur d'huile :**

- Le refroidisseur d'huile du générateur d'entraînement intégré (IDG) est conçu pour transférer la chaleur au carburant à partir de l'huile, utilisant l'huile du moteur de l'IDG.

Le radiateur d'huile IDG se compose d'un carter cylindrique d'alliage de fonte d'aluminium, fermé à une extrémité, ouvert et flasque à l'autre extrémité.

A l'extrémité ouverte flasque, les revêtements du support carré d'huile "admission" à l'extérieur sont placés radicalement à l'alésage et en conformité avec la bride d'admission d'huile.

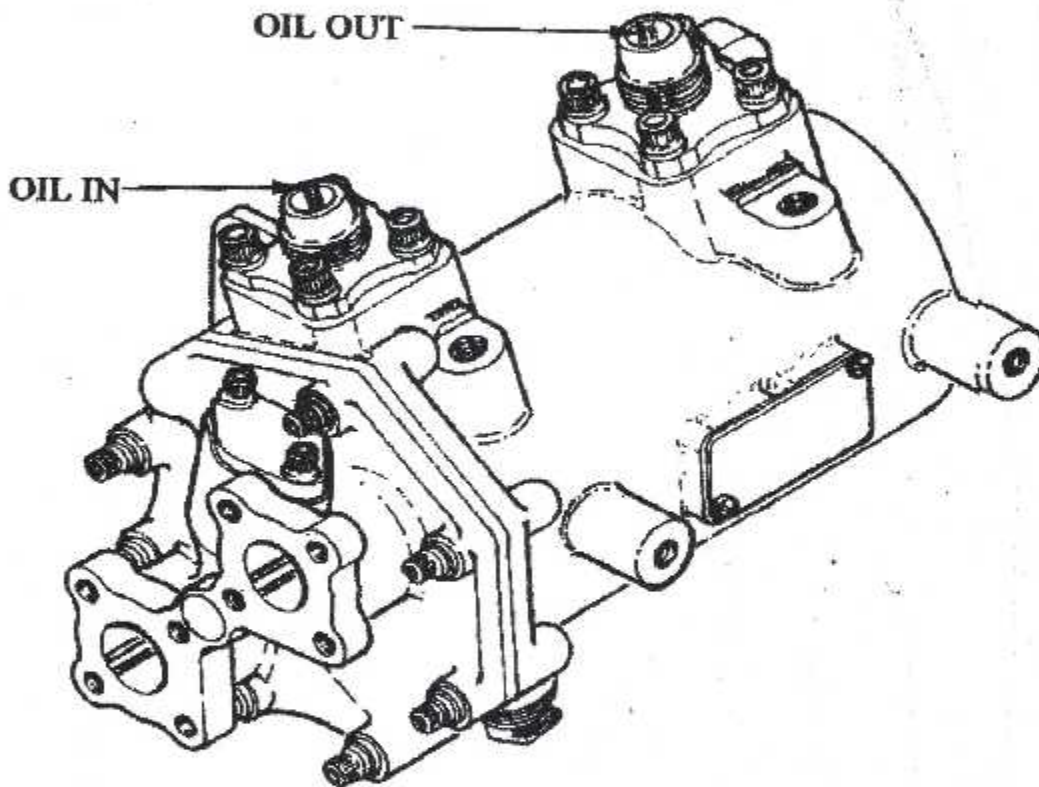
A l'extrémité fermée du cylindre se situe le support de fixation carrée de sortie d'huile. Deux supports moulés sont incorporés au cylindre, longitudinal à l'alésage et adjacent placés avec les orifices d'huile.

L'alésage du carter est précisément usiné pour s'adapter à la matrice (noyau). L'emballage préformé élastomère adapté entre le carter le tubeplate de matrice et le couvercle d'embout fournit les passages scellés et divisés de l'écoulement de l'huile et du carburant.

La matrice noyau est démontable et se compose d'un nombre de tubes de forme en "U" d'alliage d'aluminium. Les tubes sont insérés dans une série de chicanes forées par précision, séparés par des pièces de distance au dessus des pneu-tiges. Les tubes sont mécaniquement collés sur le tubeplate forgé d'alliage qui est profilé aux brides de couvercle du carter et d'embout. Le tubeplate de matrice est situé et boulonné entre le carter et les brides de couvercle d'embout. l'ensemble matrice noyau et le carter, est conçu pour diriger l'huile dans huit passages de flux radial au-dessus des tubes de "U" remplis de carburant.

Le couvercle d'embout d'alliage d'aluminium du carter a des prises de raccordement d'orifice d'entrée et de sortie situés à cote d'une valve de décompression placée au dessus des orifices de carburant.

Dans le couvercle d'embout il y a une nervure de division interne, dans laquelle, une fois le carburant réuni contre le tubeplate de la matrice noyau, elle dirige le carburant à l'intérieur de la matrice (en faisant deux passages).



**IDG refroidisseur d'huile**

**Table des conditions particulières :**

<b>Radiateur d'huile de l'IDG</b>	
Poids (vide)	8,16 Lbs (3,70 Kg)
Longueur globale	10,91 inch (277 mm)
Hauteur globale	7,71 inch
Largeur globale	5,24 inch (133 mm)
Nombre de tubes	329
Diametre des tubes	0,093 inch (2,36 mm)
Nombre de passages de carburant	2
Nombre de passages d'huile	8

**IDG radiateur air/huile :**

Le générateur d'entraînement intégré IDG radiateur air/huile est situé à la partie inférieure de la face arrière du châssis du Fan à 6<sup>h</sup>30. Il est placé en série avec un radiateur huile/carburant comme partie du système de refroidissement de l'IDG.

Pour accéder au radiateur air/huile, on ouvre le capot gauche du Fan et la moitié de l'inverseur de poussée gauche.

Le principal but de l'IDG radiateur d'huile est de refroidir l'huile de l'IDG.

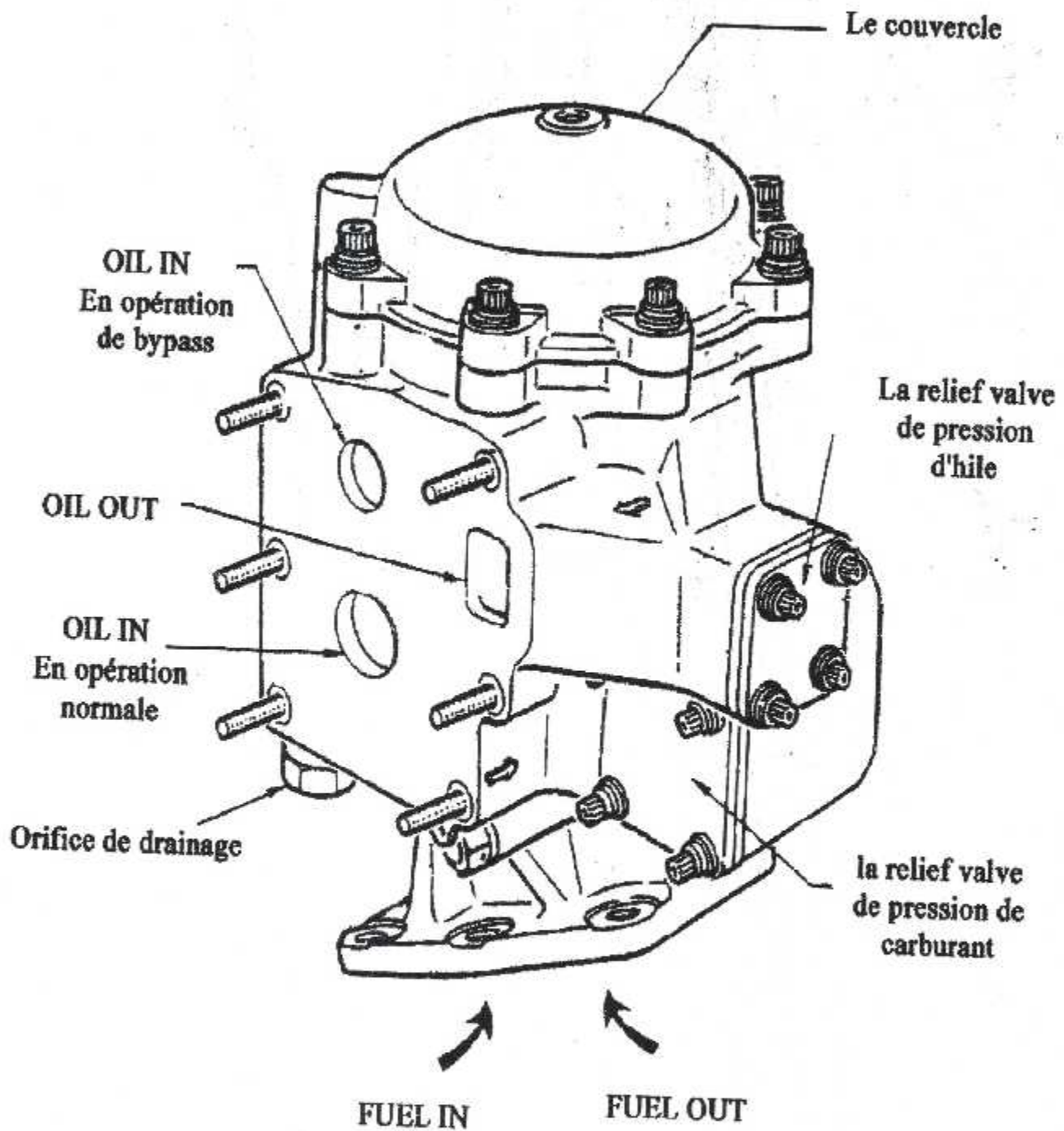
**II.5.3 L'échangeur de chaleur huile/carburant :**

L'échangeur de chaleur est le moyen de transfert de chaleur à partir de l'huile de graissage du moteur au carburant.

L'échangeur de chaleur se compose essentiellement d'un corps qui contient les composants suivants:



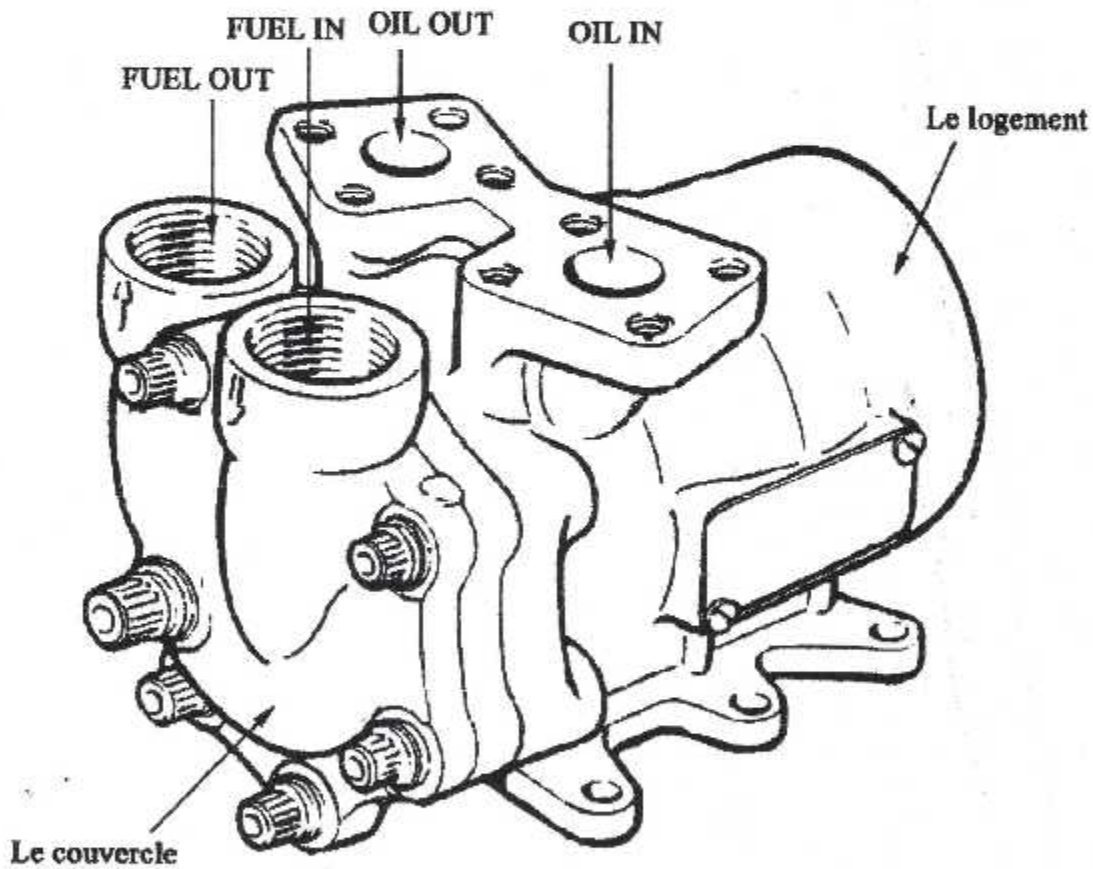
- Un noyau fixé au fond du corps par une vis spéciale. Deux joints circulaires adaptés aux réunires des têtes des vis assurent une étanchéité efficace.
- Une valve de bypass permet le passage d'une partie d'huile traversant l'échangeur de chaleur quand la chute de pression dépasse une certaine valeur prédéterminée. Cette valve est fixée au corps par quatre vis et rondelles. Un joint circulaire assure une étanchéité efficace.
- Une deuxième valve de bypass permet le passage du carburant traversant le noyau quand ce dernier est obstrué par <sup>bouchée</sup> givrage ou par d'autres causes (quand la chute de pression dépasse une certaine valeur prédéterminée). Cette valve est fixée au corps par quatre vis et rondelles. Un joint circulaire assure une étanchéité efficace.
- Quatre joints toriques (circulaires) adaptés dans des réunires usinées, autour du noyau, assurant une étanchéité efficace entre le système d'huile et le système de carburant. Un cinquième joint identique empêche de bypasser l'huile d'admission à la sortie du noyau.
- Un drainage permet la détection de la détérioration d'un des joints. Un bouchon masque l'orifice de drainage pendant le stockage et l'expédition.
- Le couvercle est fixé au corps par huit vis et rondelles. Un joint circulaire assure une étanchéité efficace.
- Un bossage (moyeu) du corps pour la ligne de carburant de retour à partir de l'échangeur thermique de l'IDG.



**L'échangeur de chaleur**

Le couvercle d'embout en alliage d'aluminium à double orifices entrée/sortie situé l'un à côté de l'autre et de même côté du réchauffeur de carburant comme les raccords carrés de l'huile entrée/sortie.

★ On incorpore une nervure de division interne qui est placée contre le tubeplate de la matrice noyau pour diriger le carburant à l'intérieur de la matrice.



Réchauffeur de carburant

Table des conditions particulières :

<b>Réchauffeur de carburant</b>	
Poids(vide)	5,06 Lbs (2,3 kg)
Longueur totale	7,75 inch (197 mm)
Hauteur totale	4,88 inch (124 mm)
Largeur totale	5,06 inch (128,5 mm)
Taille de tubes o/d	0,093 inch (2,36 mm)
Nombre de tubes	183
Nombre de passages de carburant	2
Nombre de passages d'huile	4

II.5.5 Dispositif de régulation HMU :

Le modèle allié CH-T1 est l'unité hydromécanique (HMU) du système de commande électronique numérique pleine autorité de moteur d'avion (FADEC). La HMU répond au signal électrique de la EEC pour doser le flux du carburant et pour moduler l'écoulement moteur à six circuits hydrauliques externes. La HMU inclut un système de régulation de survitesse du moteur (OSG).

La HMU mesure le débit du carburant en réponse aux commandes de la EEC, comme suit :

✶ La EEC calcule les besoins de carburant pour n'importe quelle condition de fonctionnement du moteur à partir des paramètres moteur détectés affichés. Le besoin du carburant calculé net pour chaque condition est fourni comme signal électrique au servo valve électrohydraulique de la FMV (EHSV) dans la IIMU.

✶/ La réponse d'EHSV au signal du fournisseur du EEC cause le positionnement (la position) de la soupape de dosage de la HMU.

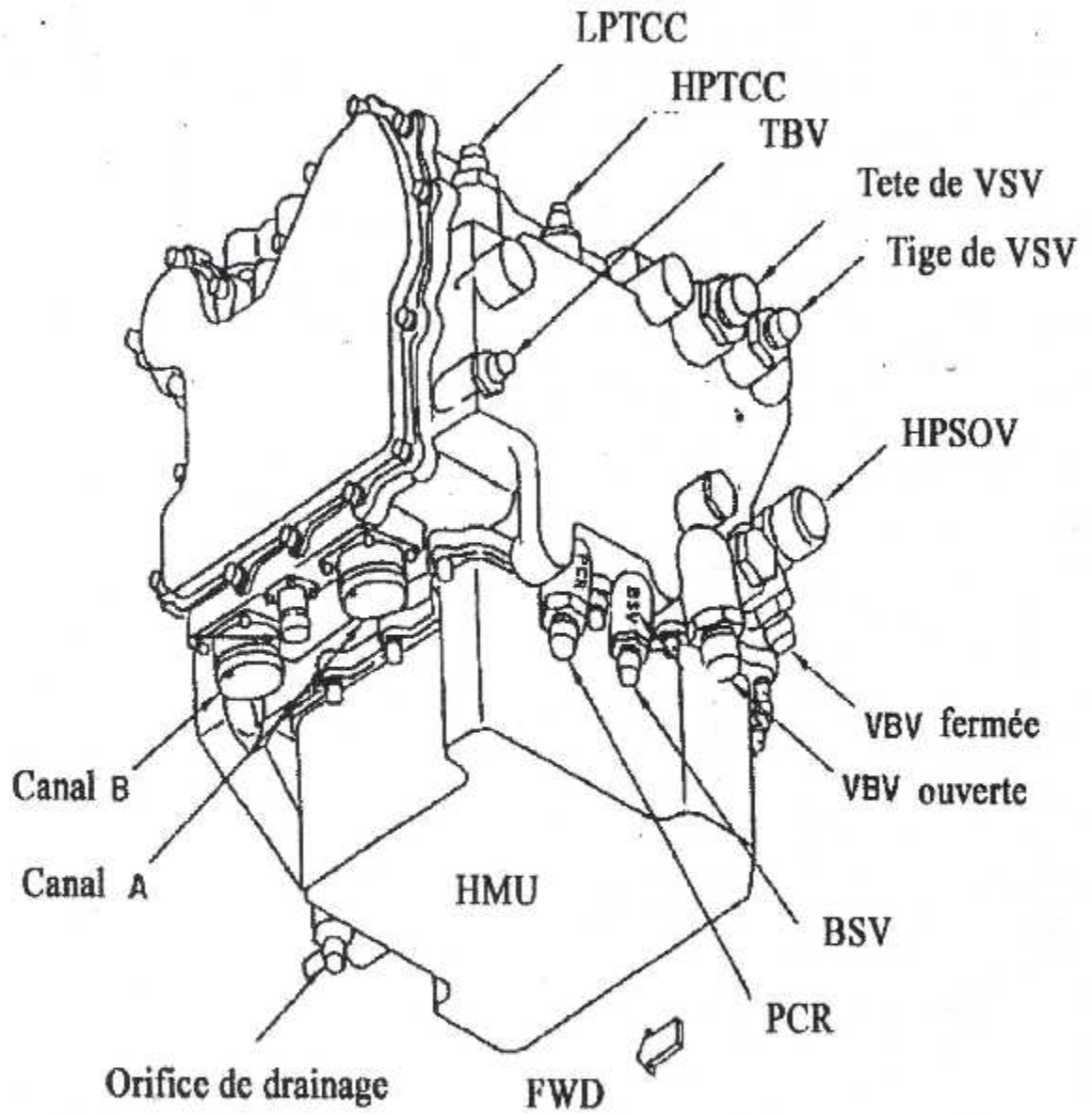
¶ La position de la soupape de dosage établit le propre carburant dosé à l'orifice de refoulement du débit de carburant commandé.

– L'OSG mécanique limite la vitesse du moteur à 106% maximum.

Les circuits hydrauliques externes du moteur fournissent le carburant pour filtrer la servo pression d'approvisionnement PSF, pression d'approvisionnement PC et la pression réglée de référence PCR à partir de l'HMU.

Les circuits hydrauliques du moteur commandés par l'HMU incluent :

- Deux vérins de la variable bypass valve (VBV), fournissent le carburant pour produire la pression PSF.
- Deux vérins de la variable stator valve (VSV); fournit le carburant pour produire la pression PSF.
- Une valve de contrôle du dégagement de turbine basse pression (LPTCC) fournit le carburant pour assurer les pressions PC et PCR.
- Une valve de contrôle de dégagement haute pression (HPTCC) pour assurer les pressions PC et PCR.
- Une TBV (transient bleed valve) assure le carburant pour les pressions PC et PCR.
- Une BSV (burner staging valve), assure le carburant pour les pressions PC et PCR.



## Dispositif de régulation(HMU)

**II.5 6 Le transmetteur de débit de carburant :**

Le transmetteur du débit de carburant est composé de deux sous-ensembles:

- Le mécanisme.
- Le logement principal.

Le mécanisme installé le long de l'axe central du logement principal, convertit le taux de masse de carburant qui traverse le logement à un écart angulaire entre deux (2) aimants qui tournent dans le mécanisme. Deux (2) enroulements électriques sur la surface externe du logement font des impulsions quand les aimants passent par ces derniers. La différence de temps entre les deux impulsions a une relation directe avec l'écart angulaire entre les deux aimants et avec taux de masse d'écoulement de carburant.

Le segment tient le mécanisme dans le logement. La sortie du logement est attachée à l'extrémité du logement par quatre vis à chapeau et rondelles plates. L'anneau de renforcement et l'emballage exécuté font un joint entre le logement de sortie et le logement de couvertures mises par des prises d'expansion sur le logement de sortie et l'admission du logement principal quand le transmetteur n'est pas en service

La palette oblique passe par un trou, dans le logement principal, dans le chemin d'écoulement. Son alignement est ajusté pendant le calibrage. Il est tenu en place par la couverture de palettes fixées au logement principal par deux (2) vis à chapeau et (2) deux rondelles plates. L'emballage exécuté et l'anneau de renforcement font un joint entre la palette oblique et le logement principal.

La bobine de démarrage est attachée à la sortie du logement principal par deux (2) vis à chapeau et deux rondelles. La bobine d'arrêt est attachée à l'entrée du logement principal par des vis, des rondelles, des rondelles d'étanchéité et des écrous. La fente dans la bobine d'arrêt qui est attachée au logement principal permet le mouvement de l'ensemble autour de la surface externe du logement principal.

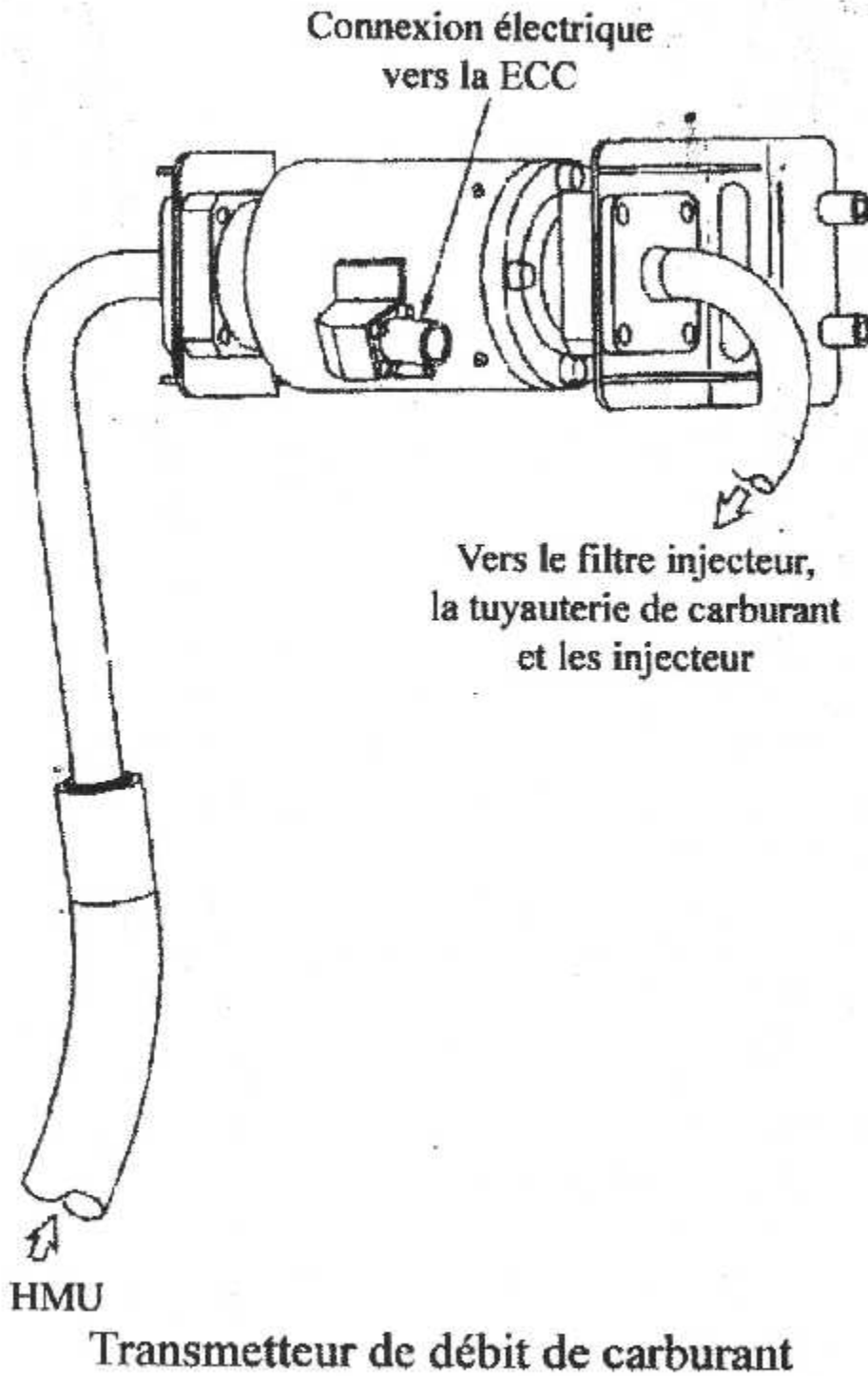
Pendant le calibrage, la position de la bobine d'arrêt est ajustée dans les limites des fentes. Le câblage électrique des deux (2) bobines passe par une gaine d'isolation et est fixé au logement principal par une bande (ruban). La coquille met une couverture sur le câblage électrique et les composants du logement. Le câblage électrique passe par la cavité dans la coquille où le connecteur est assemblé. Le câblage est fixé aux broches du connecteur par la soudure, et les joints sont couverts de gaines d'isolation. Le connecteur est attaché à la coquille par les vis de joint et les rondelles plates. L'emballage préformé fait un joint entre le connecteur et la coquille. Quatre (4) vis à chapeau et rondelle attachent la coquille au logement principal. Deux (2) des quatre (4) vis et rondelles attachent la plaque d'identité. L'emballage exécuté à l'entrée et à la sortie de la coquille, fait un joint entre la coquille et le logement principal.

Le chapeau de turbulence est fixé au ressort et au contrefiche par filetage. Cet assemblage est supporté par des roulements à billes à la sortie de l'arbre, la turbine est attachée à l'extrémité de l'arbre par l'écrou et la rondelle. Les câbles commandent la position des pièces sur la sortie de l'arbre, les rondelles empêchent l'usure des moyeux du ressort et de l'assemblage de contrefiche. Le rouet supporté par les roulements à billes est installé sur l'entrée de l'arbre. Cette position est commandée par des câbles.

Les rondelles empêchent l'usure du moyeu du rouet. L'arbre passe par le moyeu du ressort. L'extrémité libre de ce dernier est fixée au rouet par bride de serrage, rondelle, vis, et écrou. La position du ressort où est tenue par la bride est trouvée pendant le calibrage. Le palier est séré contre le moyeu du ressort par écrou et rondelle.

Le revêtement, une partie de l'arbre, a une goupille attachée à la surface intérieur de sa sortie. Cette goupille est en contact avec une autre goupille sur le rouet, empêche ce dernier à tourner au dé la de la position du débit nul pendant une surpression subite dans le débit qui dépasse 16,000 PPH (7257 Kg PH).





### II.5.7 La BSV (Burner Staging Valve) :

La BSV fait partie du système numérique de la commande électrique de la pleine autorité du moteur (FADEC). Elle aide la commande du débit de carburant vers les tuyauteries des injecteurs. Quand le moteur est au ralenti au sol ou en vol ( $N_2$  de 25% à 55%), la BSV arrête l'écoulement du carburant aux dix injecteurs étagés.

Pendant le démarrage ( $N_2 < 25\%$ ) ou l'accélération ( $N_2 > 80\%$ ), la BSV fournit le carburant pour les injecteurs étagés. Cette commande du débit de carburant donne aux injecteurs un meilleur modèle de jet.

La BSV a trois parties primaires :

- Un corps ;
- Des valves ;
- Des prises électriques.

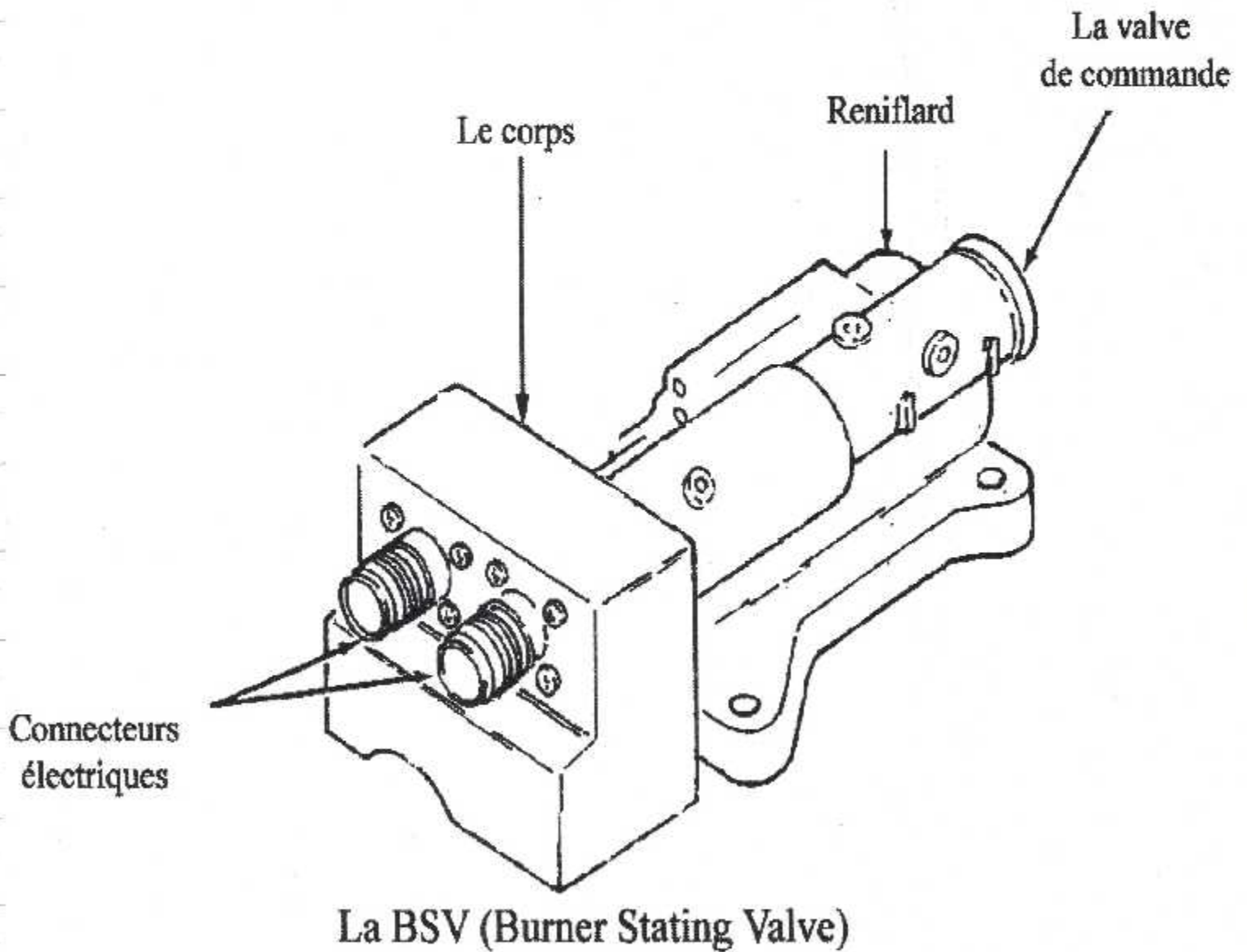
La BSV est la seule pièce coulée avec des passages coupés en surfaces internes. Tous les orifices vont à la sortie sur une bride de support plate sur le fond de la BSV. Une fois installés, les orifices sur la BSV s'alignent avec les orifices équivalents sur la tubulure du moteur de sorte qu'aucune ligne hydraulique ou pneumatique externe ne soit nécessaire.

Les cavités internes dans le corps tiennent deux valves : la soupape de commande et le reniflard. Ces valves emploient la pression du ressort et la pression carburant à partir de la HMU pour contrôler l'écoulement du carburant. Quand le moteur fonctionne, les soupapes de commande sont habituellement en position d'ouverture.

Deux goupilles électriques reliées sont installées sur la partie externe du corps. Les câbles relient les prises (canal A ou canal B) à leurs canaux équivalents sur l'ECU (unité de commande électrique) sur le moteur.

Les prises électriques ont des commutateurs de signal qui sont à double rendement. Les commutateurs de signal contrôlent la position de la valve et transmet l'indication de

position vers l'ECU. l'ECU utilise cette donnée pour contrôler la BSV et les autres composants du FADEC.



La BSV (Burner Stating Valve)

**Table des conditions particulières :**

<b>BSV burner staging valve</b>	
Longueur	7,00 inch (177,8 mm)
Largeur	2,85 inch (72,4 mm)
Hauteur	3,37 inch (85,6 mm)
Poids max (vide)	2,00 Lb (09 Kg)
Diamètres des orifices :	
Entrée P22	0,67 à 0,69 inch (17,02 à 17,65 mm)
Sortie P22	0,67 à 0,69 inch (17,02 à 17,65 mm)
PCR	0,088 à 0,093 inch (2,23 à 2,36 mm)
PC	0,088 à 0,093 inch (2,23 à 2,36 mm)
Drainage	0,088 à 0,093 inch (2,23 à 2,36 mm)
Reniflard	0,030 à 0,033 inch (0,76 à 0,84 mm)
Voltage	26 à 29 Vdc
Prise max /Résistance des commutateurs	0,15 ohm
Courant max des commutateurs	10 mA

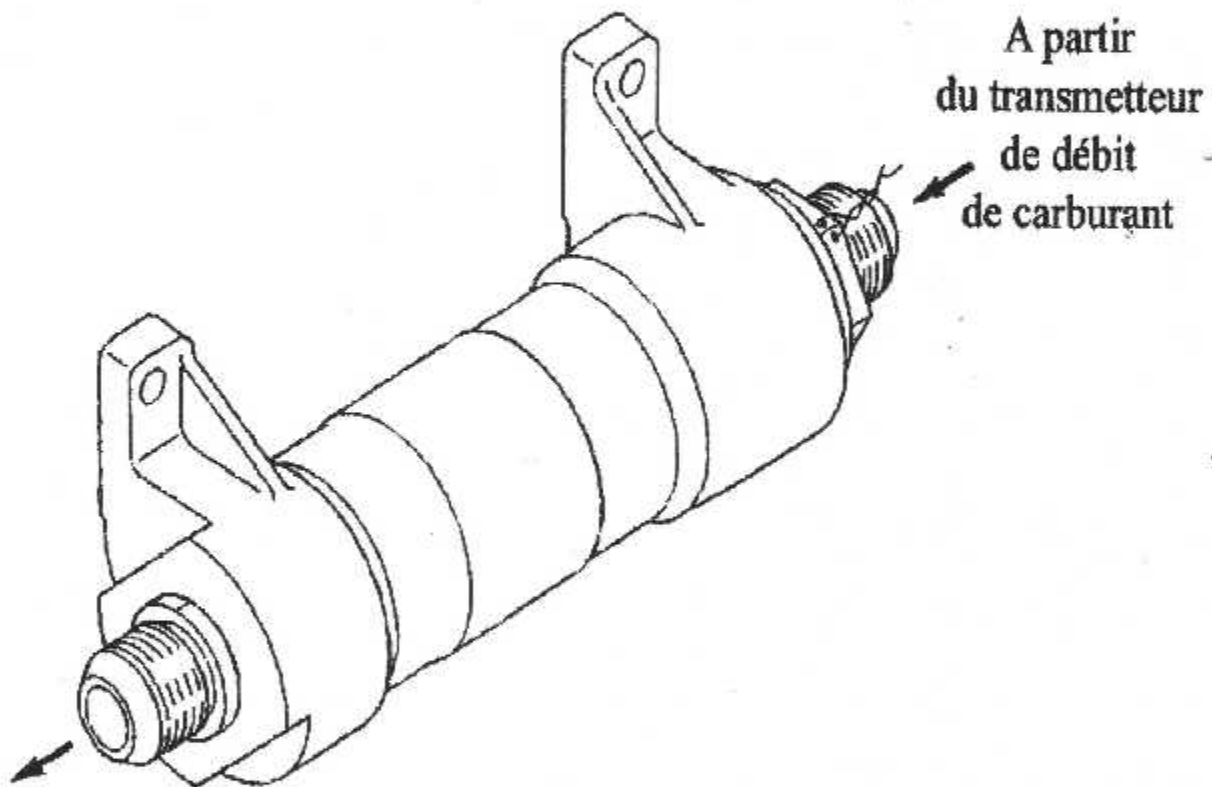
**II.5.8 Le filtre d'injecteur de carburant :**

Le filtre de carburant d'injecteur de carburant est un filtre installé juste avant les injecteurs. Il est utilisé pour filtrer les particules restantes avant de distribuer le carburant aux injecteurs. L'équipement est muni d'un bypass pour le débit de carburant non filtré quand l'élément filtrant est colmaté.

Le filtre d'injecteur est composé de :

- Une cuvette.
- Un élément filtrant avec la maille métallique scellée avec la résine époxyde.

- Une valve de bypass.
- Une connexion d'admission.



A partir  
du transmetteur  
de débit  
de carburant

Vers la tuyauterie  
des injecteurs

## Filtre injecteur de carburant

Table des conditions particulières :

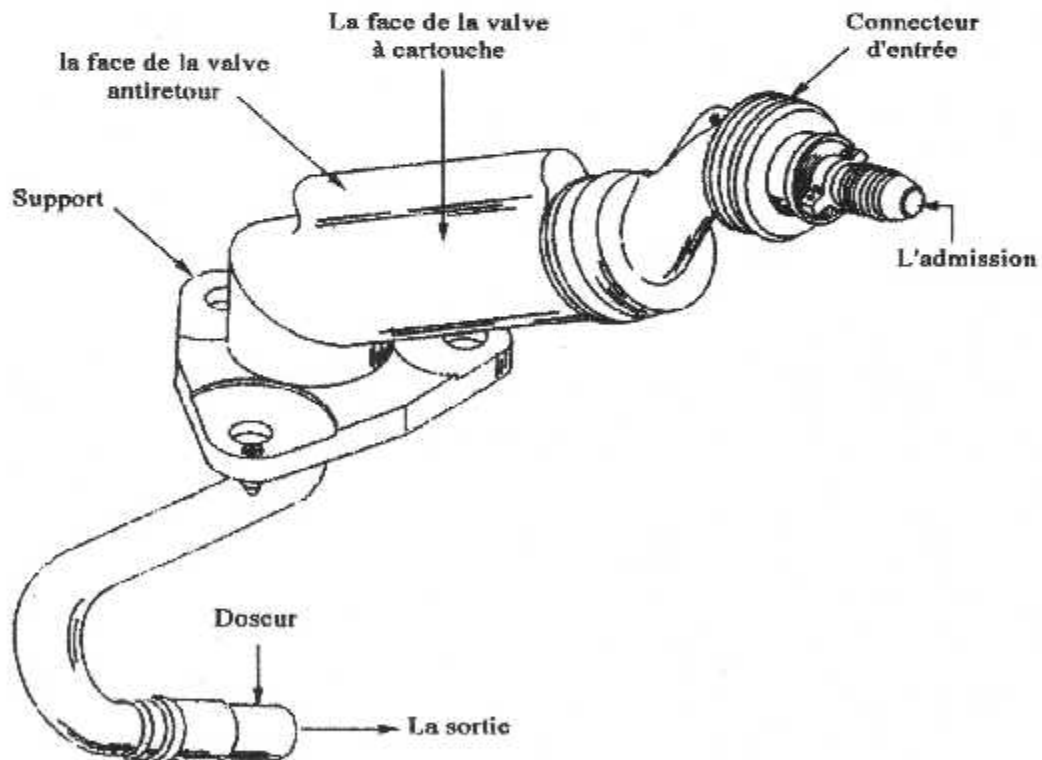
<b>Filtre d'injecteur de carburant</b>	
Dimension	9,45 x 2,75 x 2,95 inch (240 x 70 x 75 mm)
Fluide	carburant
Température du fluide	+86°F à +302°F (+40°C à +160°C)
Température externe du fluide	-40°F à +320°F (-40°C à +160°C)
Limite de température du fluide	-65,2°F à 338°F (-54°C à +170°C)
Température min de sortie de fonctionnement	-99,4°F (-73°C)
Tau de filtrage de l'élément filtrant	0,0118 inch (300 µ)
Résistance à la pression différentielle de l'élément filtrant	174 psi (1200 Kpa)
Pression de fonctionnement standard	1015 psi (700 Kpa)
Pression max de fonctionnement	1131 psi (7800 Kpa)
Pression de test	1566 à 1667,5 psi à 68°F (10800 à 11500 Kpa à 20°C)
Debit max	1219 gal/h (4614 l/h)
Calibrage de by pass.	78,3 psi à 95,7 psi 540 Kpa à 660 Kpa
Pression de fermeture de la bypass	≤65,25 psi (≤450 Kpa)
Moyenne de fuite ....	≤6.102 inch <sup>3</sup> /min à 71,05 psi (≤100 cm <sup>3</sup> /min à 490 Kpa)
Chute de pression spécifique	{ <14,5 psi à 68°F et un taux 1220 gal/h { <100 Kpa à 20°C et un taux de 4614 l/h
Chute de tension à travers le by pass	
Poids du filtre	{ <159,5 psi à 68°F et un taux de 1339 gal /h { (<1100 Kpa à 20°C et un taux de 5068 l/h)
Pression maximum tolérée	

**I.5.9 Les injecteurs de carburant :**

Les injecteurs de carburant sont des assemblages soudés. Ils délivrent soigneusement un jet de carburant calibré pour la combustion dans les turboréacteurs. Dans le circuit carburant du CFM56-7B (SAC) les injecteurs sont de type Duplex (double flux).

Un injecteur de carburant se contient :

- Un couvercle.
- Une valve anti-retour.
- Une valve à cartouche.
- Un support.
- Un doseur.



**Injecteur de carburant**

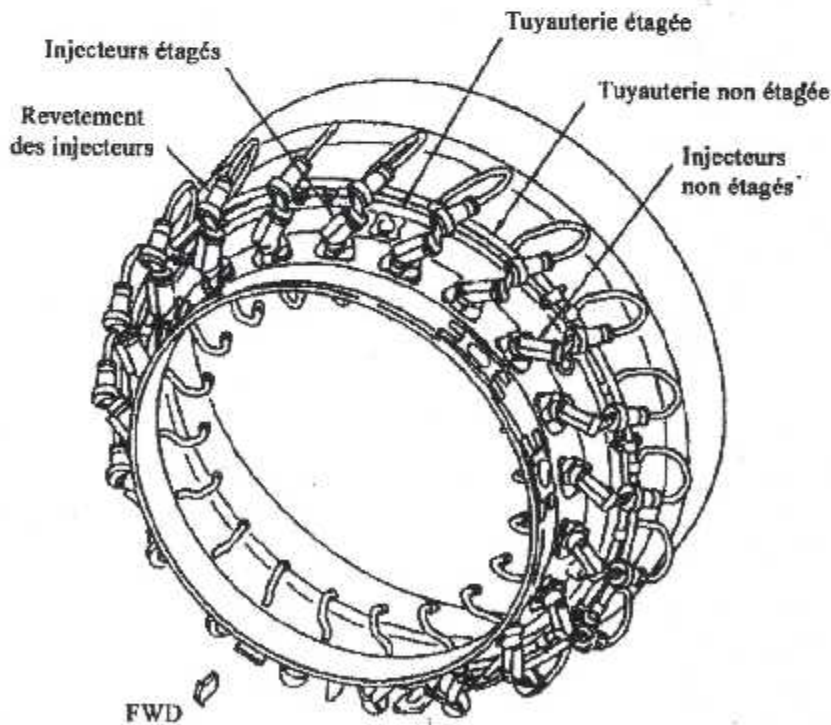
Table des conditions particulières

Injecteur de carburant	
La pression différentielle de fonctionnement	600 psig max (4137 Kpa)
Débit max	700 pph (317,5 Kg/hr)
Longueur (approximativement)	7,06 inch (179,3 mm)
Poids	1,28 lbs (0,58 Kg)

**II.5.10 La tuyauterie de carburant :**

La tuyauterie de carburant fournit le carburant aux vingt (20) injecteurs. Elle est composée de deux parties :

- Une partie alimente les dix (10) injecteurs étagés ;
- L'autre partie alimente les dix injecteurs non-étagés.



Tuyauterie carburant



## II.6 FONCTIONNEMENT DU CIRCUIT CARBURANT :

### II.6.1 Le bloc pompe de carburant :

Le carburant est assuré par la pompe de gavage de l'avion. Ce carburant entre dans l'orifice d'admission de la pompe à une pression de 30 psi (207 Kpa) approximativement.

L'étage (de poussée) basse pression centrifuge augmente la pression de carburant à 125 psi (862 Kpa) ou plus. Le flux de carburant de la pompe basse pression traverse le refroidisseur d'IDG et le réchauffeur de chaleur principal puis le filtre. Il entre alors dans l'étage haute pression.

Un clapet de bypass du filtre principal détourne l'écoulement de carburant de l'étage de poussée autour du filtre s'il devient colmaté.

L'écoulement de bypass (de la commande de carburant) joint l'écoulement de décharge de l'étage de poussée après le refroidisseur d'IDG et traverse l'échangeur de chaleur principal puis retourne au filtre.

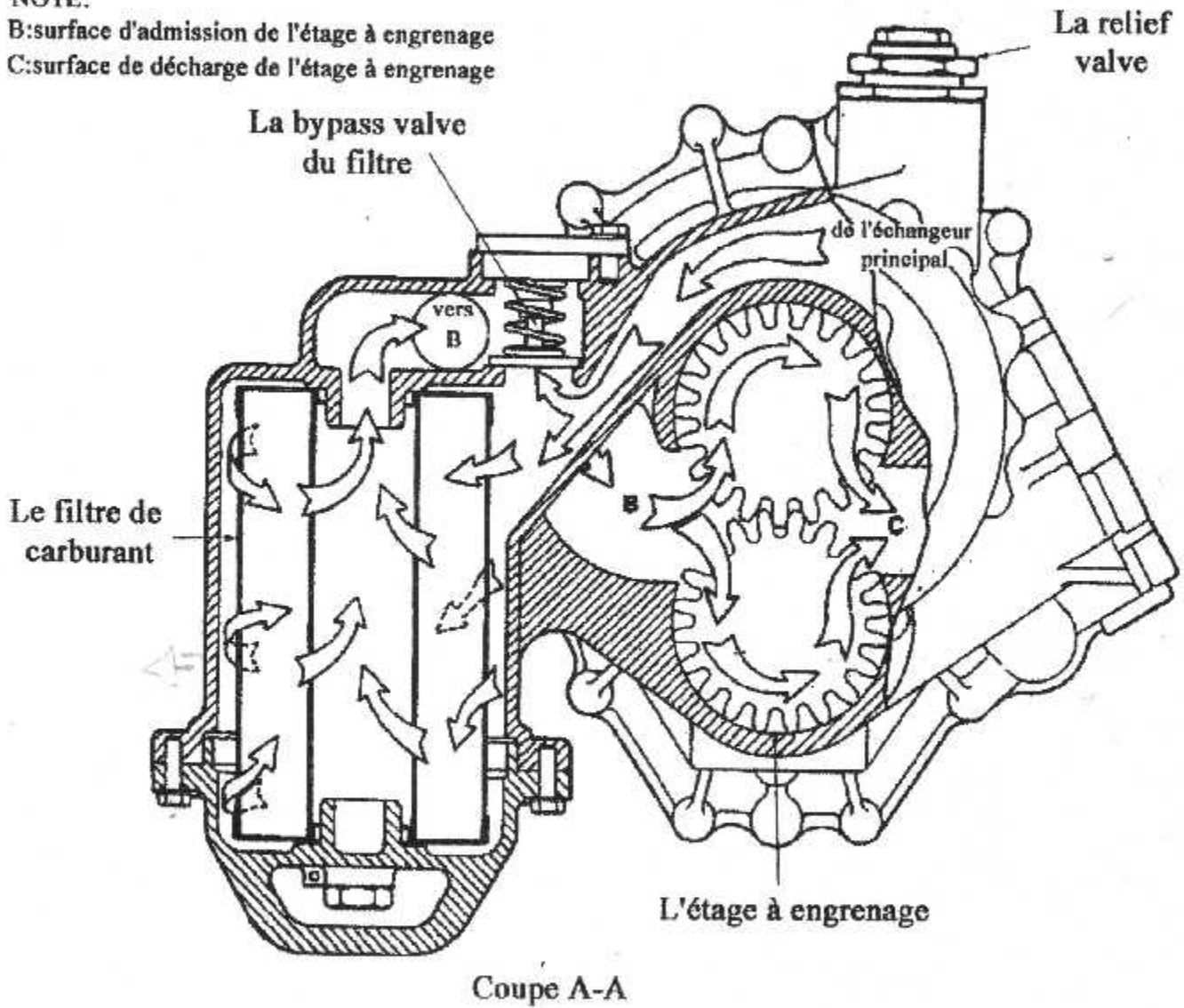
La soupape de sécurité à haute pression (relief valve) permet à l'écoulement entier de décharge de couler de nouveau dans l'admission du compartiment haute pression à engrenages pendant une courte période. Ceci garde l'augmentation de pression de l'étage haute pression dans la limite déterminée.

Une quantité de carburant est laissée hors de l'étage haute pression, par l'écoulement de lavage, pour la commande de carburant, sur le système hydraulique de carburant de mise en action (orifice d'alimentation d'échangeur de chaleur). Le filtre de lavage (wash filter) secondaire a un clapet de bypass.

NOTE:

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

C:surface de décharge de l'étage à engrenage



**Diagramme de la pompe  
de carburant**

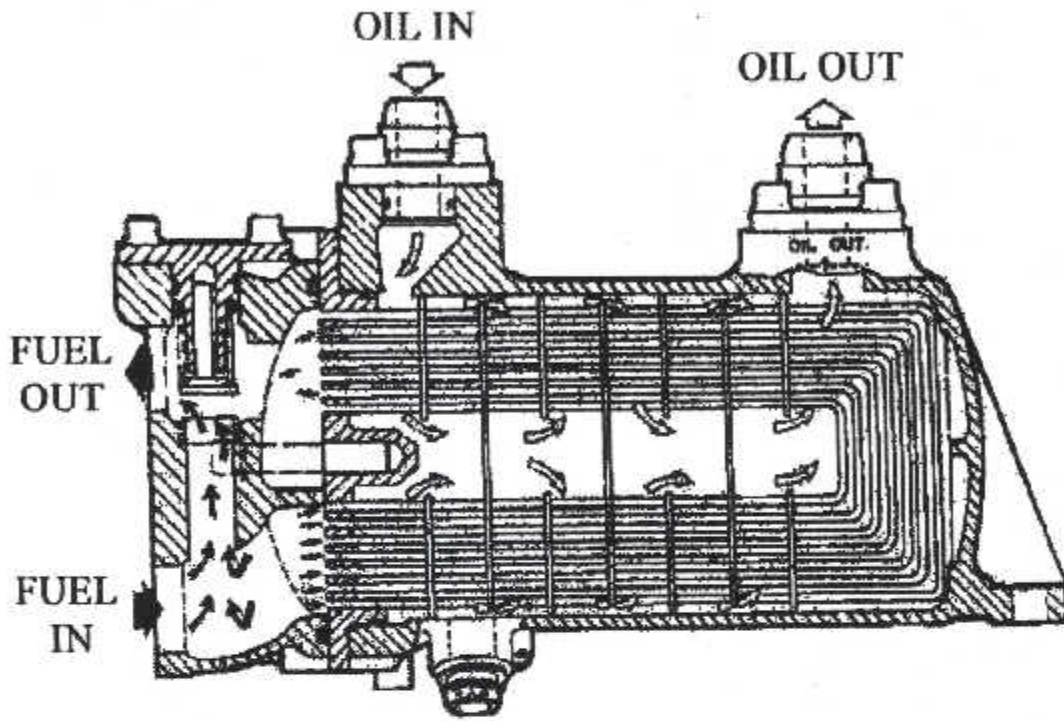
**II.6.2 IDG refroidisseur d'huile :**

Le carburant traverse les tubes de la matrice noyau par deux passages. S'il y a une accumulation de pression dans le système du côté de carburant, la valve de décompression permettra au carburant de créer le raccordement de l'orifice de la prise de carburant <sup>parusset</sup> bypassant le refroidisseur. L'huile chaude coule à travers les tubes de la matrice noyau remplis de carburant par huit passages à l'orifice de sortie d'huile.

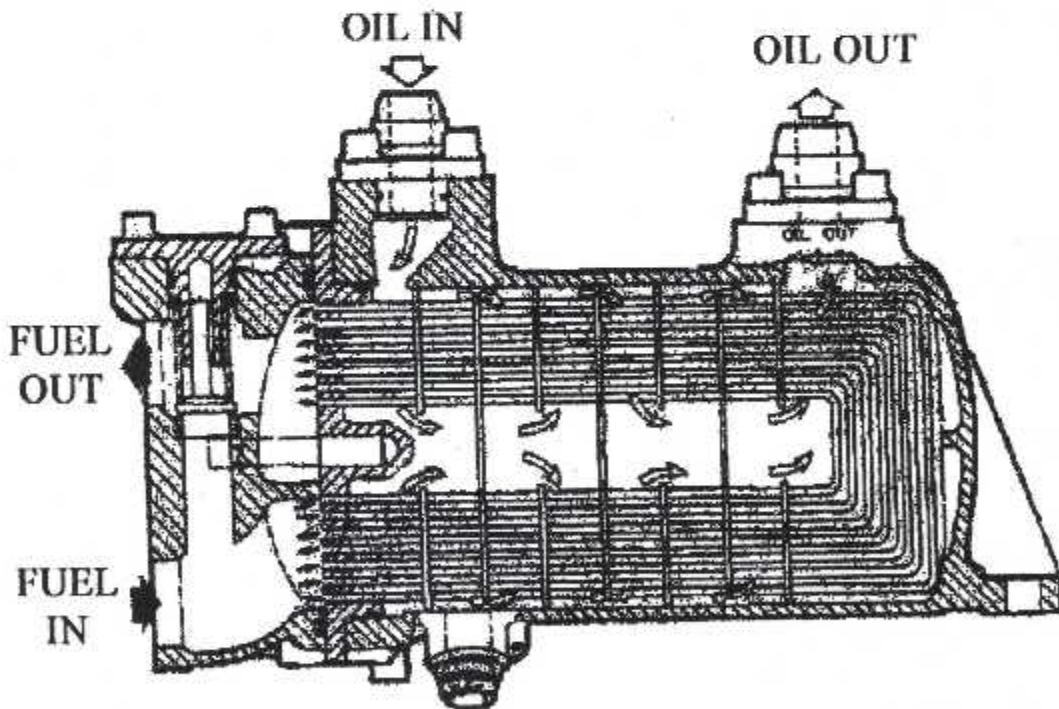
**Le radiateur air/huile :**

Le radiateur air/huile utilise pour le transfert thermique de l'huile chaude du flux qui le traverse le processus de convection.

Si le radiateur air/huile devient colmaté, une valve by pass de haute pression s'ouvre pour bypasser l'huile vers l'IDG.



Valve ouverte



Valve fermée

Diagramme d'écoulement dans le refroidisseur

**II.6.3 L'échangeur de chaleur huile/carburant :**

**a) Fonctionnement normal :**

Le but de l'échangeur de chaleur est de refroidir l'huile de graissage de moteur pour chauffer le carburant.

Le carburant circule sans interruption dans les tubes du noyau. Il entre par un orifice d'admission et coule le long du noyau. Lors du contact avec ce dernier, l'huile refroidie. Ensuite, après avoir été guidé par deux chicanes, l'huile sort par un orifice de sortie.

**b) Fonctionnement en bypass:**

- Soupape de sécurité de pression de carburant (relief valve) :

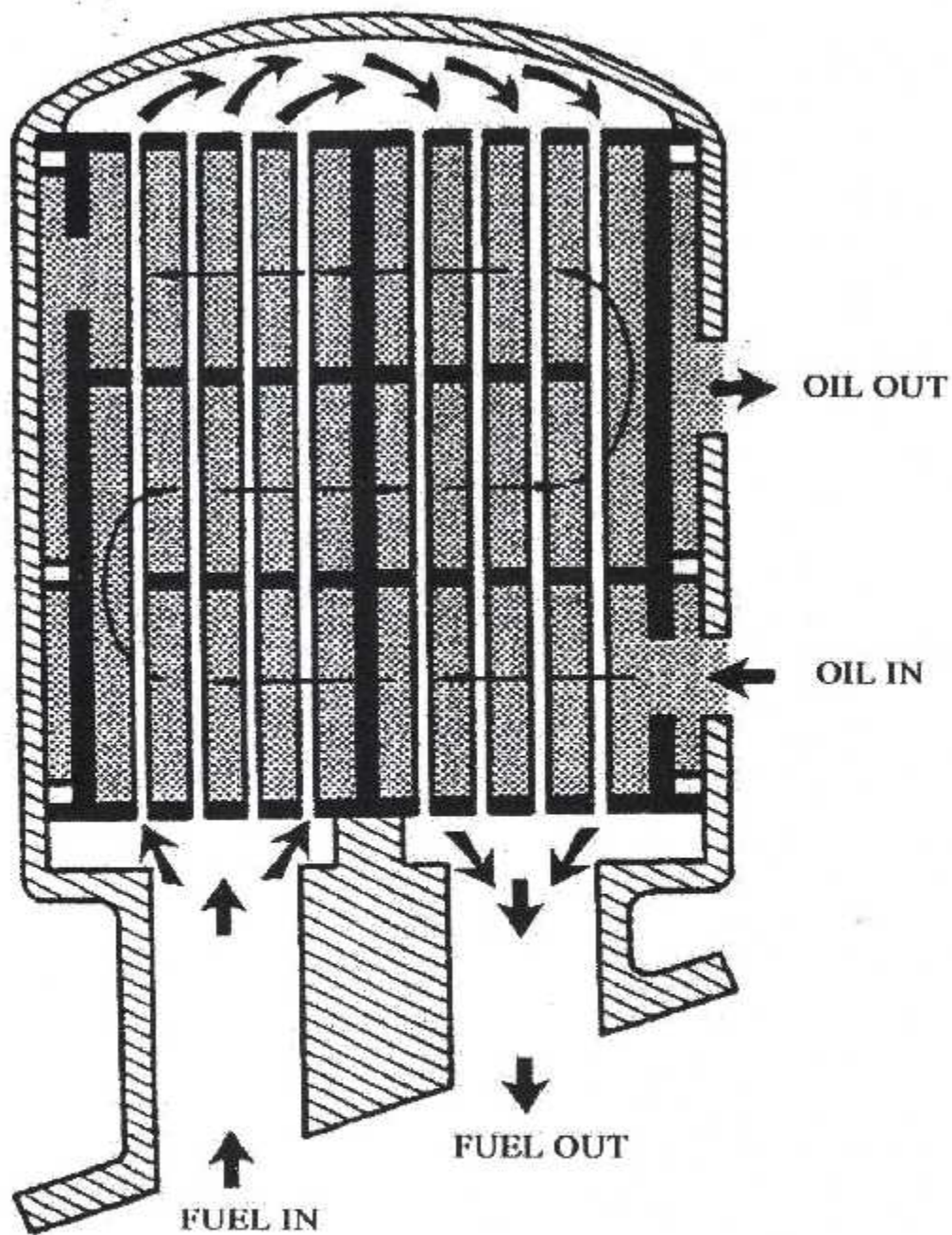
Quand la pression différentielle entre l'admission et la sortie de l'échangeur, due à une chute de pression, atteint la valeur de 26,12 à 29,02 psi (180 à 200 Kpa), le ressort est comprimé et la valve s'ouvre, le carburant est bypassé hors du noyau de l'échangeur de chaleur.

- Clapet de surpression d'huile

Quant la pression différentielle, due à une chute de pression, atteint la valeur de 123,4 à 137,9 psi (850 à 950 Kpa), le ressort est comprimé et la valve s'ouvre, l'huile est bypassé hors l'échangeur de chaleur.

- Opération de vidange :

La détérioration des joints d'étanchéité cause une inflammation ou une fuite à l'orifice de drainage du carburant ou de l'huile.



**Diagramme de l'échangeur  
de chaleur**

**II 6 4 Le réchauffeur de carburant :**

Le carburant traverse les tubes de la matrice par deux passages. L'huile chaude coulera alors à travers les tubes de matrice remplis de carburant dans quatre passages vers l'orifice de sortie d'huile. La chaleur d'huile est transmise par les parois de tubes en "U" de la matrice à l'écoulement de carburant pour fournir un transfert thermique commandé pour les conditions efficaces de fonctionnement du système d'asservissement.

Un orifice à la base du réchauffeur est conçu pour faciliter le bypass de l'huile dans les conditions différentielles à haute pression, commandé par le régulateur de la valve de pression séparée

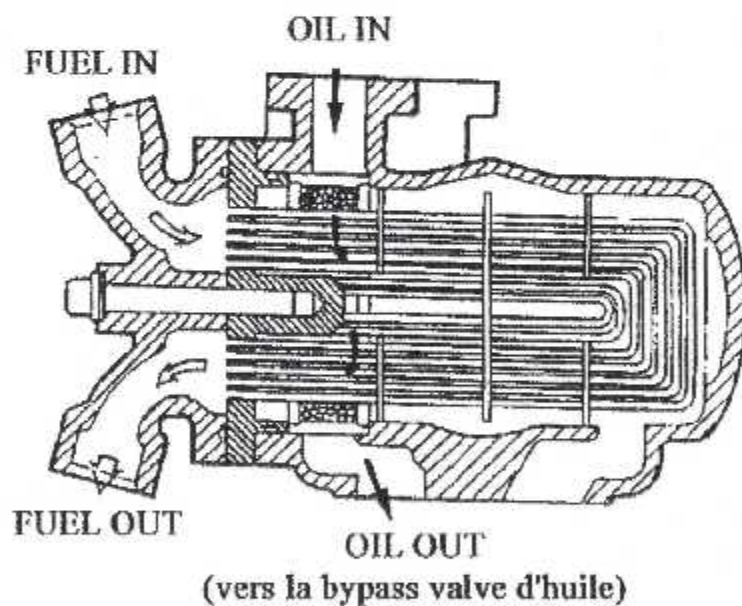
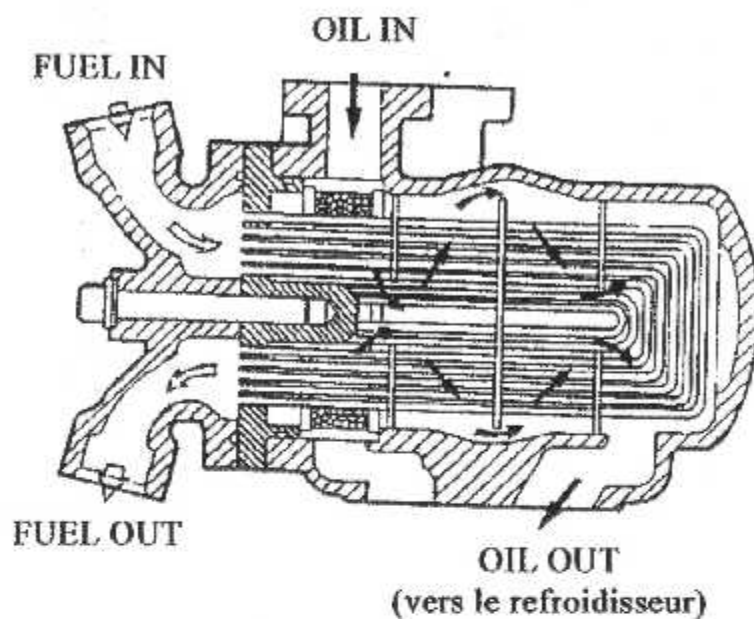


Diagramme d'écoulement dans le réchauffeurs



**II.6 5 Le dispositif de régulation HMU :****a) Les servo valves hydrauliques :**

L'EHSV installées à six endroits dans les transformateurs de commandes électriques de la EEC aux signaux hydrauliques.

Une EHSV à quatre voies contrôle la FMV dans la HMU, tandis que cinq EHSV contrôlent les systèmes hydrauliques externes. Chaque EHSV est une valve à deux étages actionnée par un torque moteur (moteur à couple).

1. Les deux étages de l'EHSV sont le premier étage d'amplificateur hydraulique qui actionne le deuxième étage de la valve. L'amplificateur hydraulique positionne la valve en réponse à l'entrée du torque moteur.

- L'amplificateur hydraulique fonctionne en dirigeant un petit jet (flux) du carburant à haute pression vers les orifices qui fournissent ce carburant à l'autre extrémité de la valve.

La position du gicleur (buse) est une fonction d'entrée du torque moteur :

Quand l'EHSV est en position nulle, les pressions égales sont dirigées vers chaque extrémité de la valve par le gicleur d'amplificateur.

En fonction, le carburant à haute pression du bec fournit aux extrémités de la valve suivant les commandes du torque moteur.

- Le carburant à haute pression est fourni aux lèvres de la valve :

L'augmentation du débit de carburant à haute pression à l'autre extrémité de la valve fait fonctionner la valve.

A la position nulle, les lèvres de la valve ferment les orifices et dirigent le carburant au composant étant fonctionné. N'importe quel repositionnement de la valve change la ventilation des lèvres de la valve.

Une lèvre dirige le carburant à haute pression vers le composant étant opéré. La lèvre centrale de la valve évacue le carburant à haute pression du composant étant opéré au régulateur de pression PCB.

2. Le torque moteur est un aimant permanent du courant continu (cc) avec la déflexion limitée d'induit.
- Le courant nul de la EEC tient le torque moteur en position nulle. L'importance et la polarité du courant sont déterminées par la conception du torque moteur.

**Tableau des courants nuls de la position d'EHSV**

EHSV	Courant nul
La soupape de dosage FMV	+ 30 mA
La valve de contrôle de jeux turbine basse pression LPTCC	- 30 mA
La valve de contrôle de jeux turbine haute pression HPTCC	- 30 mA
Le stator à calage variable VSV	- 18 mA
La valve de décharge VBV	- 30 mA

- N'importe quel changement du courant au torque moteur cause la déflexion de l'induit. La quantité et la direction de la déflexion sont déterminées par le changement de la grandeur et de la polarité du courant nul.
  - Le mouvement de l'induit positionne le bec dans l'amplificateur hydraulique. Le bec dirige l'écoulement à haute pression de carburant vers les extrémités de valve en opérant la valve.
  - Le mouvement de la valve est alimenté à l'induit du torque moteur par le ressort d'alimentation. Le ressort d'alimentation engage le point médian (neutre) de la valve.
  - La rétroaction mécanique assure le retour de l'induit, du bec, et de la valve à la position nulle après n'importe quel mouvement de la valve.
3. La TBV EHSV diffère des autres cinq EHSV puisqu'elle a seulement deux positions, et donc n'a aucune position nulle. Cet EHSV n'a aucun ressort de réaction.

**b) Commutateur de position :**

Les commutateurs de position de type à roseaux, a deux endroits dans la HMU fournissent des indications aux indicateurs de la EEC et de l'avion.

1. Chaque commutateur se compose de deux ou trois minces roseaux plats qui sont scellés dans les extrémités opposées d'une petite capsule de verre. Les roseaux sont positionnés de telle manière à étaler les surfaces de contact.

La capsule est soudée sur une carte circuit imprimé après que les câbles soient interlacés et soudés à la carte (panneau). L'ensemble capsule en verre et carte circuit est soudé avec un enduit (revêtement) de polymère. L'ensemble de la carte circuit réalisé est placé dans un logement en aluminium et collé au logement et au couvercle du commutateur. Le couvercle est alors borné au circuit.

2. Des roseaux sont faits d'un matériau magnétique. Quand un aimant est apporté près du commutateur, des roseaux sont assemblés par le champ magnétique, en établissant une continuité à travers le commutateur.

**\* c) l'alimentation de la HMU en carburant :**

Le carburant moteur est directement fourni à l'entrée principale de la HMU, à travers le réchauffeur de carburant, à l'orifice d'entrée du carburant de la HMU.

1. La prise de carburant principale est à la face du corps de la HMU. Cette pression d'alimentation de carburant est désignée PS.
2. La prise du servo carburant thermique est du côté du corps de la HMU. Un servo filtre est installé dans cette prise de carburant.

➤ Le filtre fait passer des particules plus grandes que 10630 micro-inch (270 micromètres) de l'approvisionnement en carburant d'asservissement. Cette alimentation de carburant aux systèmes d'asservissement de la HMU est indiquée PSF.

- Si la déflexion du filtre se produit par des contaminants, le filtre s'opère, contre la force du ressort, hors du jet d'approvisionnement en carburant. Un circuit de passage (chemin) après le filtre est ouvert pour assurer l'approvisionnement en carburant non interrompu aux systèmes asservis de l'HMU. Cette ouverture détente ou action se produit quand la chute de pression à travers le filtre de passe 15PS (103Kpa).

3. Du carburant à la pression PSF est distribué à :

- La VBVEHSV.
- La VSVEHSV.
- A travers un restricteur à la sonde principale et à l'intégrateur de la by-pass valve.
- Au robinet de pressurisation et d'isolement.
- Au régulateur de pression PC.
- A l'électrovanne d'arrêt.

**d) Le régulateur de pression PC :**

Le régulateur de pression PC établit la pression d'approvisionnement réglée PC. Le régulateur de pression PC maintient PC approximativement 300 psig (2069 Kpa) au-dessus de la pression réglée du corps PCB.

1. Le régulateur de pression se compose de :

- La valve de régulateur.
  - Le ressort.
  - La manche de mise en communication
- 
- Le carburant sous pression PSF est fourni comme force d'ouverture de la valve. La pression PC développée en même temps sur une autre partie de cette découpe est fournie comme force de fermeture de la valve.
  - La manche guide la valve du régulateur, et est mise en communication pour l'alimentation de PSF et de PC.

- La force du ressort est appliquée contre la valve du régulateur dans la direction d'ouverture de la valve.
  - L'extrémité du ressort de la valve est exposée à la pression PCB. L'extrémité opposée est exposée à la PC, fournie à travers une fonte d'atténuation dans le côté inférieur de la valve. Cette pression PC fonctionne contre la force du ressort et la PCB pour établir le point de fonctionnement de la valve.
  - La position de la valve du régulateur par rapport aux orifices de la douille (manche) PSF est commandée par l'équilibre entre la force du ressort et la pression différentielle PC-PCB agissant sur la valve du régulateur.
2. Quand la pression PSF est d'abord appliquée au régulateur de pression, le ressort met la valve du régulateur à la position butée (en bas) dans la douille. Les orifices de PSF sont entièrement ouverts.
  3. A mesure que la pression PC augmente, le système de PC commence à fermer la valve du régulateur (la position fermeture).
  4. La valve démarre la régulation pour maintenir PC constante (le différentiel PC-PCB), quand la force de pression de fermeture de la valve équilibre la force du ressort d'ouverture de la valve.
  5. Du carburant à la pression PC est distribué à :
    - Au régulateur de pression PCR.
    - Le FMV EHSV.
    - Valve d'asservissement de vitesse.
    - La LPTCC EHSV.
    - La HPTCC EHSV.
    - Le solénoïde de BSV.
    - La TBV EHSV.

**e) Régulateur de pression PCR :**

Le régulateur de pression PCR établit la pression de référence réglée PCR. Le régulateur de pression PCR maintient la pression PCR approximativement 150 psi (1034 Kpa) au dessus de PCB.

**1. Le régulateur de pression PCR est constitué de :**

- Une valve.
- Un ressort.
- Manche de ventilation.

- La valve du régulateur a deux contours annulaires du débit de force d'équilibrage. Un contour développe PCR. Le deuxième contour fournit le chemin de retour PCR à PCB pendant la transition des vérins LPTCC ou IPTCC.
- La manche guide la valve du régulateur est muni aux orifices de l'alimentation de la pression PC, l'alimentation de PCR et le retour de PCR.
- La force du ressort est appliquée contre la valve du régulateur pour ouvrir le passage PC à PCR. Le passage PCR à PCB est fermé.
- La pression PC est fournie à la surface qui est entre les deux contours de la valve et au contour de développement de PCR. La pression du ressort et la pression PCB actionnent pour ouvrir le passage PC à PCR à travers la valve. La pression PCR développé sur l'autre partie du contour est appliquée autant que force d'ouverture de la valve.
- Les deux extrémités de la valve sont exposées à la pression PCB.
- La position de la valve du régulateur en relation avec les orifices de la manche est contrôlée par l'équilibre entre la force du ressort et la pression différentielle PCR-PCB.

2. Quand la PC est d'abord appliquée au servo régulateur le ressort met la valve du régulateur à la position butée dans la manche, Les orifices PC sont complètement ouverts. Les orifices de retour de PCR à PCB sont fermés.

3. Comme la pression du système PCR augmente, la pression différentielle PCR-PCB commence à activer la valve du régulateur à partir de la position butée. Le mouvement est contre la force du ressort.
4. La valve démarre la régulation pour maintenir la pression PCR constante (le différentiel PCR-PCB) quand la force de pression de fermeture de la valve équilibre la force du ressort d'ouverture de la valve.
5. Le carburant à la pression PCR est distribué à :
  - L'extrémité de la tête du piston de l'intégrateur.
  - L'extrémité de la tige (l'embout) de la valve LPTCC.
  - L'embout de la valve HPTCC.
  - L'embout de la valve TBV.
  - Le solénoïde de la BSV.
6. Le chemin de passage de la valve du régulateur s'ouvre quand les vérins de la HPTCC ou la LPTCC seront décomprimés.
  - Le mouvement du vérin en direction d'extension cause une légère augmentation dans PCR.
  - L'augmentation de PCR agissant contre la force du ressort, ferme le passage PC à PCR. En même temps, le chemin de passage de la valve PCR à PCB est ouvert.
  - Le passage PCR à PCB reste ouvert aussi longtemps que la pression PCR sera supérieure à la valeur propre réglée. Ça dure le temps d'extension du vérin.
  - Quand le mouvement du vérin s'arrête, la pression PCR retourne à la valeur réglée et la valve du régulateur retourne à la position pour le développement PCR.

**D) La valve anti-retour de PCB :**

La valve anti-retour est une valve à ressort et à piston, qui maintient la PCB à 10 psi (69 Kpa) au dessus de PB.

1. La pression PCB est appliquée à l'extérieur du piston de la valve anti-retour. La force du ressort maintient la valve fermée.
2. Quand PCB est supérieur à PB par l'augmentation de la pression différentielle nominale, la PCB appliquée surmonte la force de fermeture de la valve. Le piston de la valve est placé pour ouvrir un chemin du passage PCB à PB.
3. Le chemin de PCB à PB restant s'ouvre à condition que la pression PCB soit supérieure à la pression PC par la pression nominale différentielle. Quand la surpression est détendue, la force du ressort ferme la valve anti-retour de PCB.

**g) La sonde principale et la bypass valve :**

La sonde principale et la bypass valve fonctionnent ensemble pour maintenir la différence de pression P1-P2 de la FMV. L'action de la bypass valve renvoi l'excès de carburant de nouveau à la pompe de carburant basse pression (inter-étages). La PB est la pression de retour créée par la pompe de carburant inter-étages du moteur.

1. La sonde principale positionne l'intégrateur de la bypass valve pour établir l'orifice de base pour bypasser l'excès de carburant à PB. La surface de l'orifice est déterminée par la tête de la sonde de la servo valve.
  - La force appliquée par le ressort sur un côté de la servo valve de la sonde est ajustée pendant l'essai et l'ajustement de la HMU. Les disques bimétalliques thermiques sensibles sont installés entre la vis de réglage du ressort et le support du ressort.
  - La pression P2 est fournie à l'extérieur de la tête de la sonde à travers le restricteur. La pression P2 réelle sur l'extérieur de la sonde est indiquée P2P.
    - La pression P2P est identique à la pression P2 à tout moment excepté pendant la survitesse régissant, et pendant les états de bypass ou aux conditions d'arrêt.
    - Pendant les survitesses, une valve qui contrôle la pression P2P est ouverte. La pression P2P est exhalé à la PCB par cette valve ouverte.



➤ La longueur de la membrane de la sonde est déterminée par la différence de pression  $P1-P2$ . Un changement de longueur de la membrane est transmis à partir des Contrefiches sur la membrane de la sonde principale de servo valve. Cette dernière est placée en relation avec l'orifice de la sonde principale

- La pression PSF du système de détection principale est fournie par un restricteur aux circuits d'asservissement pour la sonde principale et l'intégrateur de la bypass valve.
- La servo valve de la sonde principale est à la position nulle, quand la pression différentielle  $P1-P2$  équilibre la force du ressort dans la servo valve.
- Si la pression  $P2P$  est trop élevée, le mouvement de la membrane est écarté de la servo valve de la sonde principale. La servo valve est déplacée vers le servo orifice par la membrane. L'orifice est fermé pour augmenter la pression de fonctionnement des servo systèmes.
- Si la pression  $P1$  est trop élevée, le mouvement de la membrane est dirigé vers la servo valve de la sonde principale. La servo valve est écartée du servo orifice par la membrane. L'orifice est ouvert pour réduire la pression de fonctionnement des servo systèmes.

2. La bypass valve est de conception proportionnelle plus intégrée, elle est composée de deux valves. La valve proportionnelle fonctionne dans l'alésage de la valve d'intégrateur les deux valves sont maintenues à la position fermée.

- L'action de la valve proportionnelle est rapide pour corriger les coupures soudaines ou les surcharges subites de  $P1-P2$ . Le positionnement de la valve est en réponse à la pression différentielle  $P1 -P2$  d'un côté de la valve plus la force du ressort dans le côté opposé. L'opération de la valve change la quantité de carburant  $P1$  bypassé par l'intégrateur de la valve
- L'opération de l'intégrateur de la bypass valve est plus lente; Cette valve établit l'orifice de base pour bypasser la pression  $P1$  en cas d'excès, pour maintenir le dosage principal de la pression  $P1-P2$ . Le chemin de bypass est de  $P1$ , par des orifices, au  $PB$ .

➤ Positionnement de l'intégrateur de la bypass valve :

- La pression P1 est appliquée sur une petite surface du piston de l'intégrateur de la bypass valve.
- La pression de fonctionnement des servo systèmes, développée par la sonde principale et la force du ressort, est appliqué à une grande surface du piston de l'intégrateur.
- La servo valve de la sonde principale commande la pression de fonctionnement des servo systèmes ; elle est développée comme suit :
  - La pression PSF est dirigé vers les servo systèmes par un restricteur. Le niveau de PSF est tel que P1.
  - La sonde principale de la servo valve exhale PSF au P2P.
  - La pression différentielle P1-P2 est maintenue à 50-65 psi(345-448 Kpa).
- Avant le démarrage du moteur, la force du ressort place l'intégrateur de la valve dans la douille du clapet de bypasse . Pendant que la pression d'approvisionnement en carburant se développe, l'intégrateur est placé comme suit :
  - l'intégrateur reste fermé tandis que la FMV est ouverte.
  - L'intégrateur reste fermé jusqu'à pressurisation et le robinet d'isolement est ouvert. L'écoulement débute à travers l'HMU. La pression différentielle P1-P2 se développe à travers la FMV et la membrane de la sonde principale.
  - La réponse de la sonde ajuste la pression de fonctionnement des servo systèmes. La position de la valve dans la douille établit l'orifice de bypasse P1 à PB pour maintenir le P1-P2 principale
- La position de l'intégrateur dans la douille du clapet du bypass est infiniment variable dans la marche de travail de la valve. La sonde

principale revient toujours à la position nulle après n'importe quel changement de la position de l'intégrateur.

➤ Positionnement de la bypass valve proportionnelle :

- La pression P1(PS) est appliquée sur un des cotés du clapet de bypass proportionnel, la pression P2P ainsi que la force du ressort sont appliquées sur l'autre coté
- Les mouvements proportionnels sont équilibrés sur les deux côtés du clapet.
  - A ce moment, l'orifice approprié d'écoulement de P1 à P2 est établi.
  - Le chemin d'écoulement est de P1 à PB, après le clapet de bypass et par l'orifice de l'intégrateur.
- La position de la bypass valve est là où le réglage d'écoulement P1 à PB est permis. L'orifice de l'intégrateur mi-ouvert pendant l'opération normale de l'HMU. La bypass valve proportionnelle peut ainsi équilibrer rapidement l'écoulement.

➤ Opération de la bypass valve pendant l'arrêt :

- La FMV se ferme pour l'arrêt du moteur, se qui cause une chute de P2. En même temps :
  - Le P1 est dirigé par une cellule dans le solénoïde de la valve vers le piston du robinet d'arrêt, la pressurisation et la valve d'arrêt
  - Le P1 place le piston de la valve d'arrêt à la position d'interruption (l'arrêt) où il ferme le chemin de l'approvisionnement P2 de la sonde principale et exhale le côté de P2P à la pression intermédiaire (SOVX).
- La désintégration de P1 est plus longue après l'arrêt.
- Le P1 élevé détecté par la sonde principale ouvre la servo valve de la sonde, la pression de fonctionnement sur le ressort de l'intégrateur de la bypass valve est réduite.

- La pression  $P_I$  ouvre la valve de l'intégrateur. La pression  $P_I$  est exhalée à  $P_B$  par l'ouverture de la valve.
- Après l'arrêt du moteur, le carburant n'est plus fourni à la HMU. La valve proportionnelle de bypass est à la position d'ouverture.

#### h) La valve de dosage du carburant FMV :

La FMV établit l'orifice de livraison pour assurer le carburant dosé du moteur aux valves d'isolement et de pressurisation. La position de la FMV et d'ouverture de l'orifice est établi par la FMV EHSV en réponse aux commandes de la EEC.

1. La valve de dosage ouvre ou ferme l'orifice de livraison de carburant.
  - La FMV EHSV reçoit le PC pour positionner le piston de la FMV, et fournit la pression  $P_X$  à l'une ou l'autre extrémité du piston pour ouvrir ou fermer la FMV.
  - A la position nulle du piston, les forces sur ses deux côtés sont équilibrées. Le piston et la FMV ne fonctionnent pas. La livraison du carburant demandée est établit.
  - Un arrêt mécanique limite le travail du piston. Cet arrêt mécanique et le débit de carburant fourni par la FMV sont ajustés pendant l'essai final de la HMU.
2. La FMV EHSV est un torque moteur qui entraîne la servo valve. La EHSV contrôle la pression  $P_X$  approvisionné à l'autre extrémité du piston de la valve de dosage selon les commandes de la EEC.
  - Lorsqu'un débit élevé est demandé, la FMV EHSV réduit l'écoulement de la pression  $P_X$  pour fermer l'extrémité du piston de la FMV.
    - La pression  $P_X$  réduit à l'extrémité fermée du piston change l'équilibre des forces qui ont tenu la position nulle du piston.
    - Le mouvement du piston est dans la direction de fermeture de la FMV.

Les positions de ce signal de L'EHSV et les forces aux extrémités de fermeture et d'ouverture du piston s'équilibrent. A cette position d'équilibrage, le piston assure l'écoulement de carburant demandé.

- Deux séparateurs produisent des indications de la position de la FMV et du débit dosé de carburant aux canaux de la EEC (A et B). Les séparateurs sont actionnés par la tringlerie à l'extrémité de la tige du piston de la FMV.
  - Le débit de carburant dosé au moteur est en fonction directe de la position de la soupape de dosage FMV.
  - La rétroaction du séparateur à la position de la FMV indique à la EEC la quantité de carburant livré au moteur. Le signal de rétroaction ferme la boucle d'asservissement de l'EHSV.
  - Pendant l'accélération du moteur, le signal de rétroaction empêche l'excès d'un débit demandé. Ce signal réduit le signal d'EHSV quand l'écoulement demandé est approché, et il est indiqué à la EEC. Cette dernière annule le signal de dosage de carburant.
- La pression dans le circuit d'interruption de la IMU est déterminée par la position de la FMV. Le circuit reçoit la pression par un orifice dans la FMV. La pression dans le circuit d'interruption est indiquée PSO. La pression PSO égale la pression PI pendant l'arrêt du moteur et la pression PCB au fonctionnement

➤ les composants du circuit d'interruption sont :

- Le ressort de pressurisation.
- Le robinet d'isolement (d'arrêt).
- Le piston de la valve (robinet) d'isolement.

➤ Pendant l'arrêt du moteur, l'orifice de la FMV est ouvert. La cellule du solénoïde de la valve d'interruption (AFSO) reçoit le PI par cet orifice. Le solénoïde envoie la

pression P1 au ressort du robinet d'arrêt, à la pressurisation et au piston du robinet d'arrêt.

- La pression P1 appliquée sur le ressort de pressurisation, ainsi que la force du piston, ferment le robinet d'isolement.
- La pression P1 appliquée sur le piston du robinet d'isolement actionne le robinet contre la force du ressort pour la décharge.
- Pendant le fonctionnement du moteur, le piston d'interruption ouvre un chemin qui dirige la P2 vers la membrane de la sonde principale. En arrêt, la décharge est changée en SOVX direct à côté de P2P de la membrane de la sonde principale.

➤ Durant l'opération du moteur, l'orifice de la FMV est fermé. La P1 est supprimé du circuit d'arrêt de l'HMU. La pression PSO diminue à PCB fourni par le robinet d'isolement.

- La chute de la pression PSO du côté du ressort de pressurisation permet l'ouverture de la valve de pressurisation, quand la pression P2 est établie.
- La coupure de P1 positionne la servo valve et change la décharge libre du piston.

**i) La cellule du solénoïde du robinet d'arrêt (AFSO) :**

L'AFSO n'est pas une partie du circuit d'interruption de la HMU, mais fonctionne pour compléter le circuit d'interruption de la HMU.

**1. La cellule du solénoïde de la valve a deux positions**

- Position de verrouillage.
- Position de fonctionnement.

Le solénoïde est verrouillé en position d'opération et reste dans cette position jusqu'à remplacement.

Le verrouillage magnétique empêche le repositionnement de la valve si la puissance est temporairement interrompue.

2. La position du solénoïde de la valve est effectuée par un commutateur à commande manuelle au cockpit.
3. Pendant le fonctionnement du moteur, le solénoïde de la valve est fermé et il s'ouvre à l'arrêt.

L'arrêt qui suit le démarrage, exige que l'AFSO du solénoïde soit hydrauliquement en repos en utilisant la pression P1 de la soupape de dosage à la position minimum.

**j) La BSV (Burner Staging Valve) :**

La BSV programme l'opération des injecteurs de carburant moteur.

1. La BSV de la HMU est un solénoïde de valve qui a deux positions de fonctionnement.
2. La position du solénoïde valve est déterminée par la EEC.
3. Pendant le fonctionnement du moteur, les la pressions PC et PCR sont livrées à la BSV. La pression de sortie, PC ou PCR déterminées par la BSV de la HMU sont fournies à la BSV du moteur.

**k) Le piston du robinet d'isolement :**

Le piston du clapet d'isolement a deux positions. Il dirige la pression P2 (ou SOVX) vers la membrane de la sonde principale. Le chemin d'écoulement est à travers une rainure annulaire sur la section de la tige de la valve.

1. La pression PCB est fournie à l'extrémité de la tige de la valve à travers un restricteur et purge ajustable dans l'alésage de la valve à l'extrémité principale de la valve.

L'ensemble du restricteur et la purge est le restricteur du circuit d'interruption de la HMU.

2. Pendant le fonctionnement normal du moteur, les deux extrémités de la valve sont exposées à la PCB.
  - La force de ressort contre l'extrémité du piston de la valve positionne la valve pour diriger P2 vers la membrane de la sonde principale. Le chemin d'écoulement de P2 est de l'aval de l'orifice de la FMV, par la rainure du piston du clapet d'interruption, à la membrane de la sonde principale.
  - Les restricteurs dans l'alésage du piston de la valve créent des passages de PCB pour le circuit d'interruption de la HMU.
  
3. Pendant l'arrêt du moteur, la pression PCB à l'extrémité du ressort de la valve est remplacée par la pression P1/PSF.
  - La purge dans l'alésage du piston de la valve d'isolement permet d'augmenter la pression P1/PSF à l'extrémité de principale la valve.  
L'augmentation de P1/PSF actionne le piston de la valve contre la force du ressort et la pression PCB, pour placer la valve à la position d'interruption.
  - La valve placée dirige SOVX vers la membrane de la sonde principale, au lieu de la pression P2 fourni pendant l'opération de la HMU.  
La pression SOVX est la pression intermédiaire entre les deux restricteurs dans l'alésage de la valve.
  - La SOVX appliquée sur la membrane de la sonde principale, remplace la pression P2 délivrée. La sonde principale répond SOVX de la même manière que P2 pour placer l'intégrateur de la bypass valve. Tout le carburant est bypassé pendant l'arrêt du moteur.

1) **La valve de pressurisation et d'isolement :**

Le robinet de pressurisation et d'isolement a deux fonctions :

- Assurer que les pressions de fonctionnement sont dans les limites acquises pendant le démarrage du moteur et dans les cas de faible débit.



- Agir au tant que robinet d'isolement de livraison de carburant pendant l'arrêt du moteur.

1. La valve de pressurisation est immédiatement placée en aval de la FMV. La force du ressort ferme la valve. Les pressions PSF et P1 ou PCB sont également fournies au côté du ressort de la valve.

- La pression P1/PSF ou PCB est fournie à la même chambre qui loge le ressort de la valve de pressurisation. La livraison de P1/PSF ou PCB est assurée par le circuit d'interruption de la HMU. Le dégagement étroit entre la valve et la douille, empêche la fuite entre ces chambres.
- La pression P2 est envoyée directement à l'extrémité de la valve de pressurisation, qui est dans la veine d'écoulement de carburant.

2. En démarrage et en accélération, le robinet de pressurisation et d'isolement fonctionne comme suit :

- Pendant le démarrage initial, la pression P1 est fournie à la chambre de ressort de la valve de pressurisation. Cette la pression P1 est fournie par un orifice ouvert de la FMV quand la FMV est à la position d'interruption. Après l'ouverture de la FMV l'orifice se ferme. Une chute de pression dans la chambre de ressort de la valve de pressurisation à la pression PCB.
- Pendant la continuation du cycle de démarrage et la programmation du bas débit, la valve s'ouvre quand P2 surmonte la force de fermeture.
- L'ouverture de la valve de pressurisation et d'isolement est indiquée par un commutateur de position.
  - Le commutateur est situé dans une cavité à côté de l'alésage de robinet de pressurisation et d'isolement. Le commutateur est actionné par un aimant qui fait partie de l'arrêt du ressort de la de pressurisation.
  - Le commutateur est en position d'ouverture quand le robinet est fermé.

- Pendant l'ouverture de la valve, l'arrêt et l'aimant du ressort s'éloignent du commutateur. Ce dernier se déplace à la position fermée pour indiquer que la HMU est hors l'interruption.
3. Pendant l'arrêt du moteur le robinet de pressurisation et d'isolement fonctionne comme suit :
- La valve reste ouverte jusqu'à l'action de la FMV à la position d'interruption. A ce moment, le circuit d'interruption de la HMU s'opère.
  - La pression PCB dans le secteur de la chambre de la valve de pressurisation est remplacée par P1/PSF.
  - La pression P1/PSF, ajoutée à la force du ressort, entraîne le robinet de pressurisation et d'isolement fermé.
  - La valve de pressurisation s'active au début pour fermer le chemin P2 à P22 par des orifices de la douille. L'ajustement diamétral étroit de la valve dans la douille ferme efficacement le chemin P2 à P22.
- Le mouvement ajouté à la valve de pressurisation déplace la lèvre du joint sur la valve dans l'enclenchement avec le joint dans le siège. Cet enclenchement de joint ferme n'importe quel chemin de fuite du côté de P2 de la valve à P22.
  - L'aimant dans l'arrêt et le ressort de la valve pressurisation est placé pour fermer le commutateur de position. Le commutateur fermé fournit un signal qui indique que l'interruption s'est produite.

**m) Le régulateur de survitesse (Overspeed Governer) :**

Le régulateur de survitesse (OSG) assure la protection du moteur en cas de perte de contrôle du FADEC. Dans une telle condition, le gouverneur limite la vitesse du moteur à 106%.

1. La survitesse commandée est accomplie par un proportionnel plus le système intégral de rétroaction qui réduit la chute de pression P1-P2 à travers la FMV.

2. Une masselotte de rotation proportionnelle de la valve pour mesurer la vitesse du moteur.
3. La force de la masselotte de rotation est équilibrée par les ressorts de référence.
  - Entre 0% et 40% de la vitesse du moteur, la force de la masselotte n'augmente pas la force du petit ressort de référence, ainsi le mouvement de rotation de la valve est restreint.
    - La pression PCB est mise en communication au côté du commutateur de l'intégrateur de la valve.
    - Puisque la pression PCR est plus grande que la pression PCB, la valve de l'intégrateur est chargée vers le commutateur.
  - Entre 38% et 48% de vitesse du moteur, la force de la masselotte surmonte la force du petit ressort de référence. La valve de rotation s'active.
    - Le mouvement de la valve met en communication le PC au côté du commutateur de l'intégrateur de la valve. L'intégrateur de la valve s'actionne puisque la pression PC est plus grand que la pression PCR.
    - L'intégrateur de la valve continue à fonctionner jusqu'à ce que la pression PC égale le PCB, par l'orifice de la douille d'intégrateur.
    - Le mouvement l'intégrateur de la valve ainsi que celui de l'aimant, changent la position du commutateur. Ce signal est envoyé à la EEC pour indiquer que l'OSG fonctionne correctement.
  - A la vitesse 106%, la force de masselotte augmente la force du grand ressort référence et la valve s'active.
    - La pression 2P est liée à la pression PCB, en réduisant le signal de P2P sur la sonde principale et la bypass valve. Ceci ouvre le clapet de bypass qui réduit la chute de P1-P2 à travers la FMV

- Le mouvement de la valve li le PC additionnel à l'intégrateur qui sature la purge variable. Ceci fait actionner l'intégrateur de la valve, et connecte le P2P au PCB
- La réduction d'écoulement de carburant réduit la vitesse du moteur et la valve de rotation revient à sa position nulle.

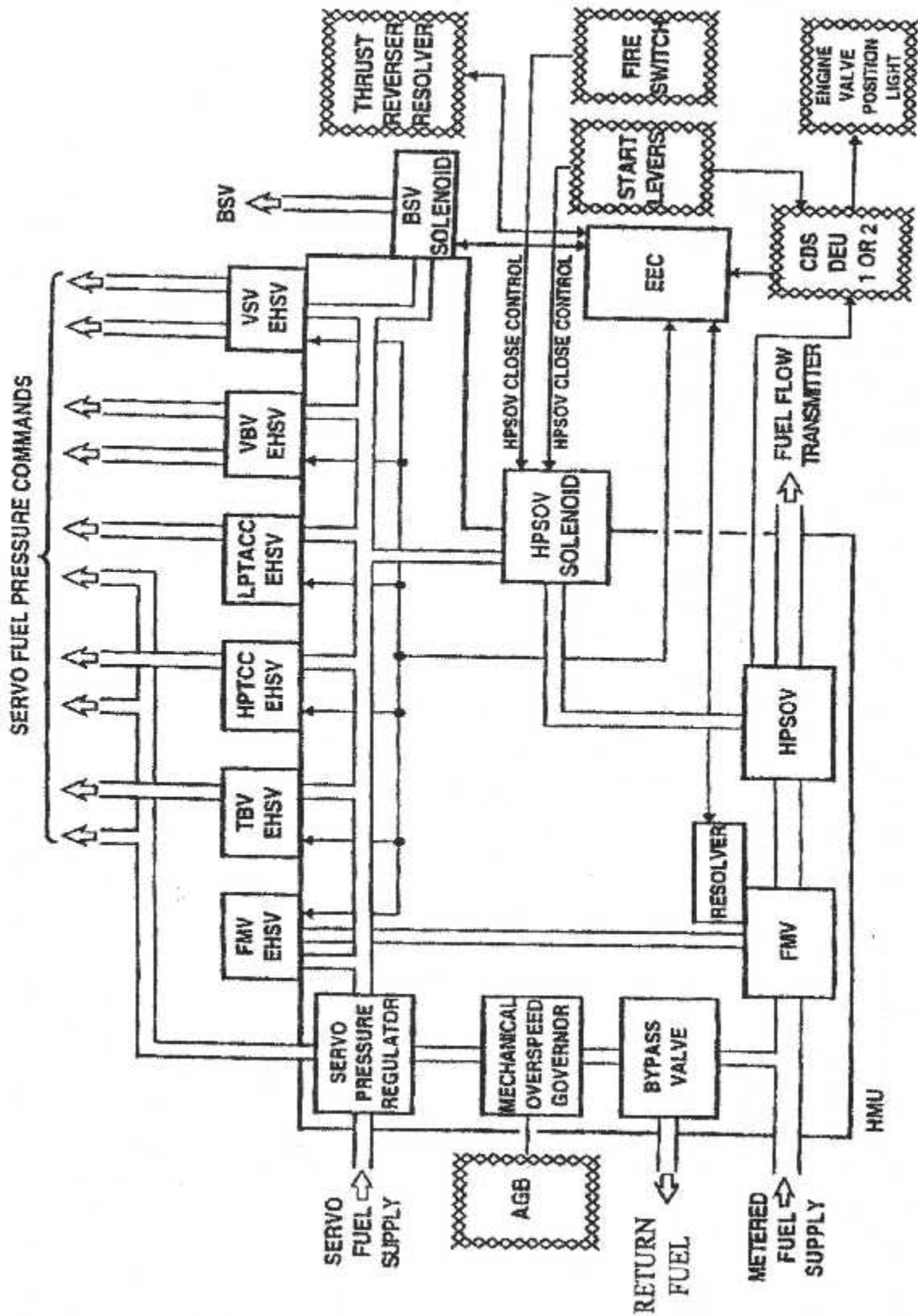
La vitesse du moteur est tenue constante à 106%.

**n) Dispositif d'interfaces électroniques (EMID):**

Cinq EHSV et un solénoïde qui convertirent les signaux électriques de l'entrée à partir de la EEC en signaux hydrauliques pour les fonctions externes.

1. Deux EHSV à deux étages et à quatre voies font fonctionner la VBV et la VSV du moteur.
  - La pression PSF est fournie à l'EHSV pour l'approvisionnement des vérins des VBV et VSV. Le PSF est aussi fourni à travers le premier étage de l'EHSV pour positionner le deuxième étage de la spool valve dans l'EHSV.
  - La spool valve de la VBV EHSV dirige la pression PSF vers l'une des deux extrémités du vérin de la BSV (extrémité ouverte ou l'extrémité fermé), l'extrémité opposée est exhalée à PCB.
  - La spool valve de la VSV EHSV dirige la pression PSF vers l'une des extrémités du vérin de la VSV (l'extrémité principale ou l'extrémité de la tige, l'autre extrémité est exhalée à PCB.
2. Deux EHSV à deux étages et à trois voies actionnent la valve du moteur LPTCC et la valve HPTCC du moteur.
  - La pression PC est fournie à l'EHSV pour l'alimentation des extrémités principales des valves LPTCC et HPTCC. La pression PC est également fournie par la le premier étage de l'EHSV pour positionner le deuxième étage de l'EHSV.

- Chaque EHSV commande la pression à l'extrémité principale de la valve (HPTCC ou LPTCC). La spool valve d'EHSV dirige la PC à l'extrémité principale de la valve, ou l'exhale à PCB.
  - Quand la prolongation d'un vérin est commandée, la spool valve dans l'EHSV est positionnée pour fournir la PC élevée à l'extrémité principale de la valve (LPTCC ou HPTCC). La PC élevée à l'extrémité principale de la valve déplace le piston contre PCR vers l'extrémité de la tige de la valve. Le vérin est détendu.
  - La pression PCR à l'extrémité de la valve retourne à PCB. Le chemin de retour de PCR est le passage du régulateur de la servo pression PCR.
  - Quand la rétraction d'un vérin est commandée, la spool valve dans l'EHSV est positionnée pour exhaler la pression PC à l'extrémité principale de la valve (HPTCC ou LPTCC). La pression PCR sur l'extrémité de la tige de la valve déplace le piston contre la pression réduite, sur l'extrémité principale de la valve. Le vérin est rétracté.
3. Une EHSV à deux étages et à trois voies opère la TBV.
- Une fois désactivée, l'EHSV fournit la pression PC à la TBV.
  - Une fois activée, l'EHSV fournit la pression PCB à la TBV.
4. Un solénoïde à trois voies et à deux positions active la BSV.
- En désactivation, le solénoïde fournit PCR à la BSV.
  - En activation, le solénoïde fournit PC à la BSV.



L'unité hydraulique

**II.6.6 Le transmetteur du débit de carburant :****a) La commande du fluide :**

Le carburant entre dans le transmetteur par l'entrée du logement principal et traverse un conditionneur qui élimine la turbulence ; Il passe alors par le mécanisme. Des rainures hélicoïdales dans le chapeau de remous donnent au flux une vitesse angulaire acquise qui fait tourner la turbine, l'arbre et les parties du mécanisme serrées ensemble sur l'arbre.

Des petites tiges flexibles à la sortie du ressort et de l'assemblage ferment et ouvrent les rainures à mesure que le taux d'écoulement augmente et diminue.

A bas taux d'écoulement, les tiges sont détendues, ainsi une grande partie de l'écoulement est dirigée dans les rainures hélicoïdales dans le chapeau de remous. La vitesse de turbine augmente rapidement avec l'augmentation du bas taux d'écoulement.

A des taux plus élevés, les tiges du ressort s'éloignent de surface du chapeau de remous de sorte qu'une partie du flux ne soit pas affectée par les rainures hélicoïdales. Ceci cause une légère diminution de la vitesse du mécanisme après l'atteinte du maximum à environ 1000 PPH (454 Kg PH).

**b) La masse du débit à la conversion de déflexion de rouet :**

La vitesse angulaire de l'écoulement qui quitte le chapeau de remous crée un couple fluide qui a un rapport avec la masse du débit. Ce couple, par son attachement au ressort, tourne la turbine, l'arbre, le moyeu du ressort et le rouet. Le même couple, appliqué au rouet, fait tourner le ressort à un angle correspondant. Le rouet décale du même angle que le ressort, relatif à la position de débit nul.

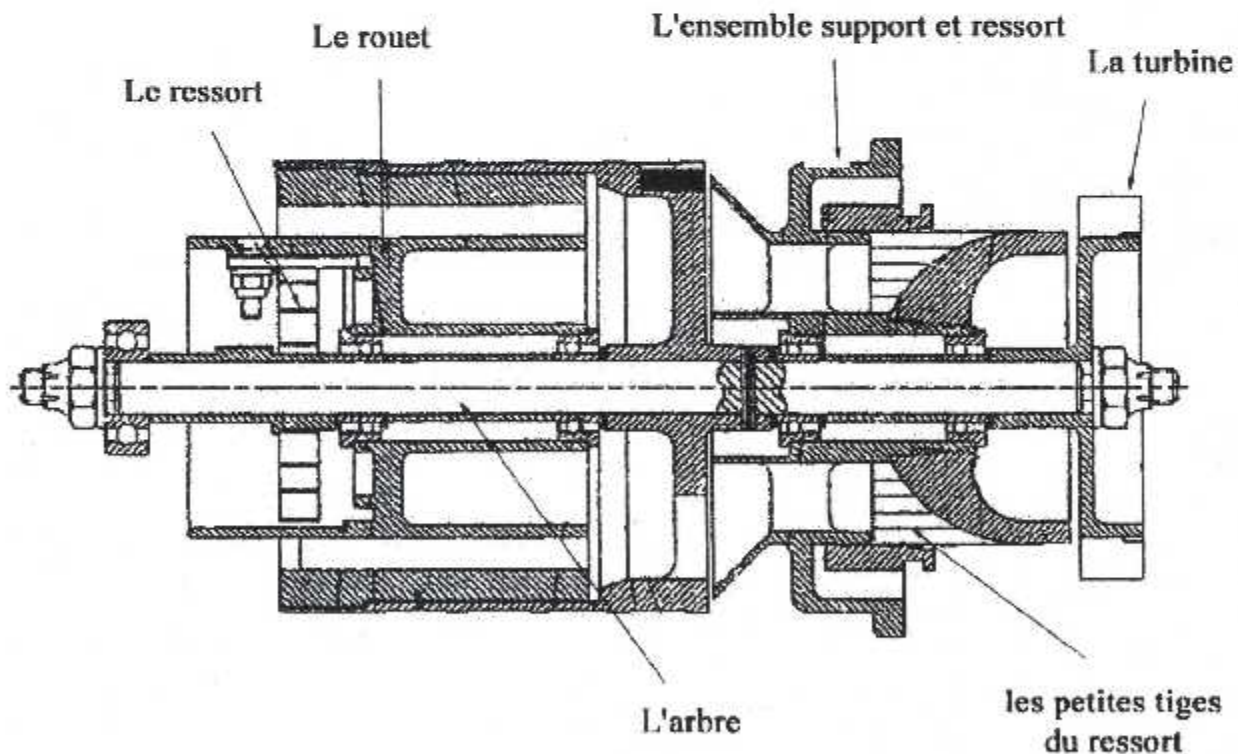
Puisque ce couple est lié à la masse du débit, le mouvement du rouet est également lié au taux d'écoulement.

## c) Capteur du signal électrique :

Le revêtement, une partie de l'arbre, entoure le rouet et un aimant de démarrage à sa sortie.

Avec l'écoulement de carburant entraînant l'arbre, chaque passage de l'aimant par la bobine cause une impulsion de démarrage conduite au connecteur. Le rouet a un aimant d'arrêt à son entrée, il induit une impulsion d'arrêt quand il passe par la bobine qui est également. Cette impulsion est aussi induite au connecteur.

L'écart angulaire de l'aimant d'arrêt avec l'aimant de démarrage augmente avec le taux d'écoulement, comme il produit plus de couple dans le mécanisme et dévie le rouet à un plus grand angle. Ceci résulte en un plus long délai entre les impulsions de démarrage et d'arrêt. Le délai est lié au taux d'écoulement et à la masse du débit mesurés pendant le calibrage.



### Transmetteur de quantité de carburant



**II.6.7 La BSV :**

Un ressort à clapet ainsi qu'une pression d'asservissement PC (haute pression) de la HMU contrôle la position du reniflard. Le ressort maintient le clapet loin du siège (position d'ouverture).

Un arbre, relié au fond du reniflard, tourne entre les passages dans les prises électriques. Quand les commutateurs sentent une détente dans l'arbre, ils envoient un signal de position à la ECU.

Lorsque la pression PCR (basse pression) est appliquée à partir de la HMU à l'orifice d'asservissement, la pression sur les deux extrémités du clapet est équilibrée. Le ressort du clapet pousse et maintient le clapet hors le siège, et la valve est ouverte.

Quand la valve de la HMU est activée, elle relie la PC (haute pression) à l'orifice d'asservissement. Comme la pression augmente, la force sur le clapet devient plus grande que la force du ressort du clapet, ce qui fait déplacer le reniflard contre le siège. L'écoulement de la pression P22 de l'entrée P22 à la sortie P22 s'arrête, mais le carburant continue à entrer dans la cavité P22.

Si la pression dans la cavité P22 est plus de 235 à 285 psig (1620 à 1965 Kpa), elle pousse la valve asservie contre le ressort de la valve. Pendant que la valve s'ouvre, elle ferme l'orifice à 0,031 inch (0,79 mm). Ceci permet à la pression dans la cavité du ressort du clapet d'augmenter jusqu'à ce que la pression sur les deux extrémités du reniflard soit équilibrée. Le ressort du clapet pousse le clapet à la position d'ouverture.

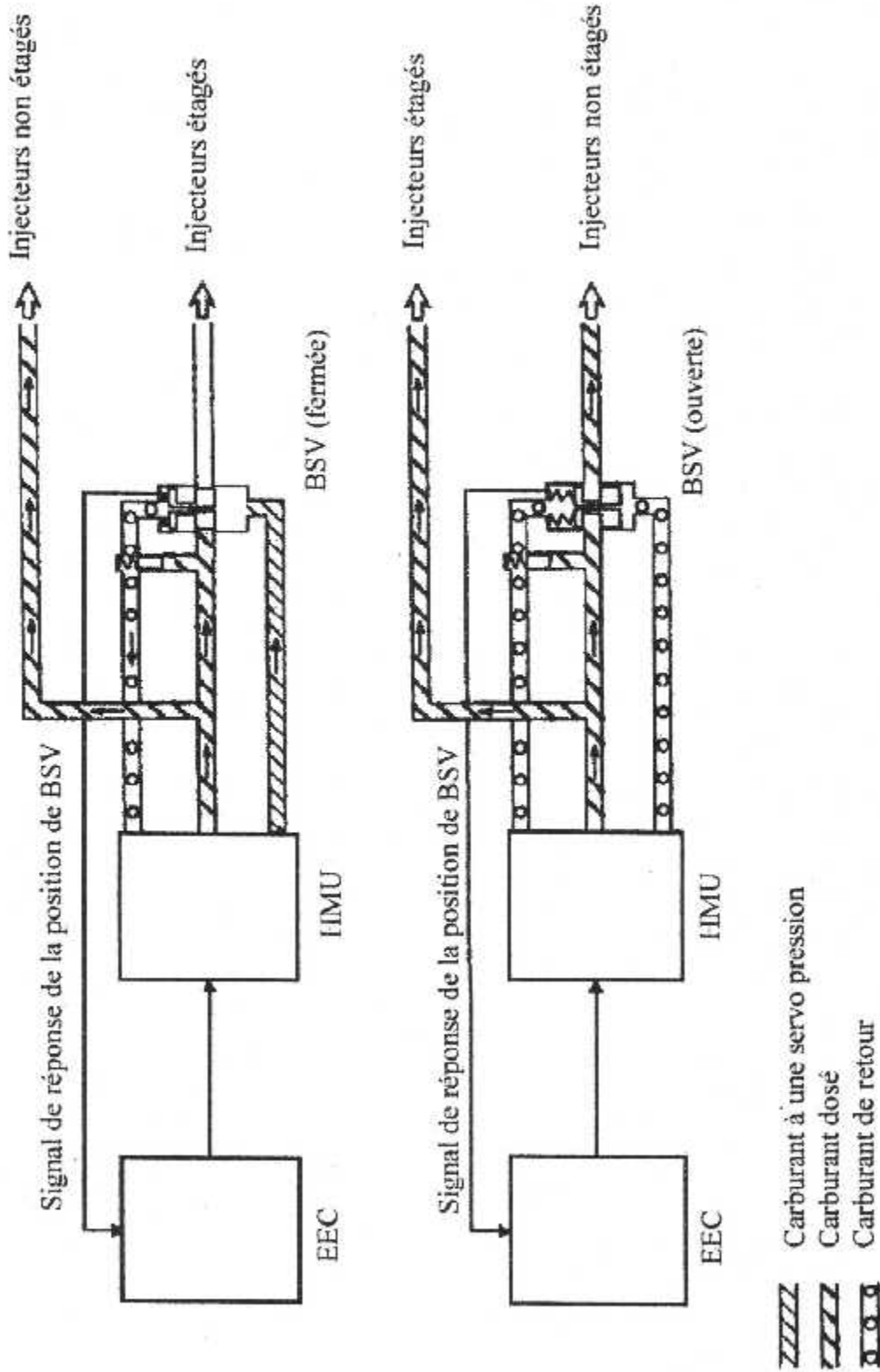


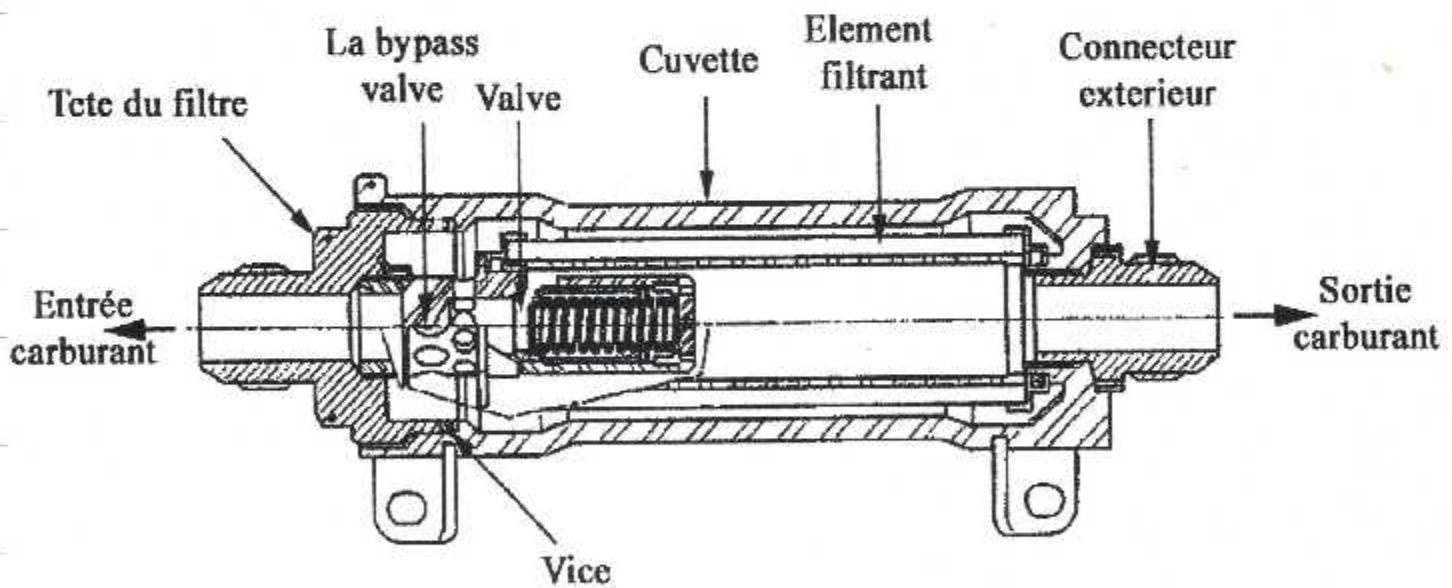
Diagramme de la BSV

**II.6.8 Le filtre d'injecteur :**

Le filtre d'injecteur reçoit le carburant par l'entrée (admission). Puis, le carburant passe par l'élément filtrant avant d'être distribué aux injecteurs.

Le colmatage de l'élément filtrant induit une augmentation de pression différentielle à 87 psi (600 Kpa), ce qui correspond à un seuil de bypass.

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



## Le filtre injecteur

**II.6.9 Les injecteurs de carburant :**

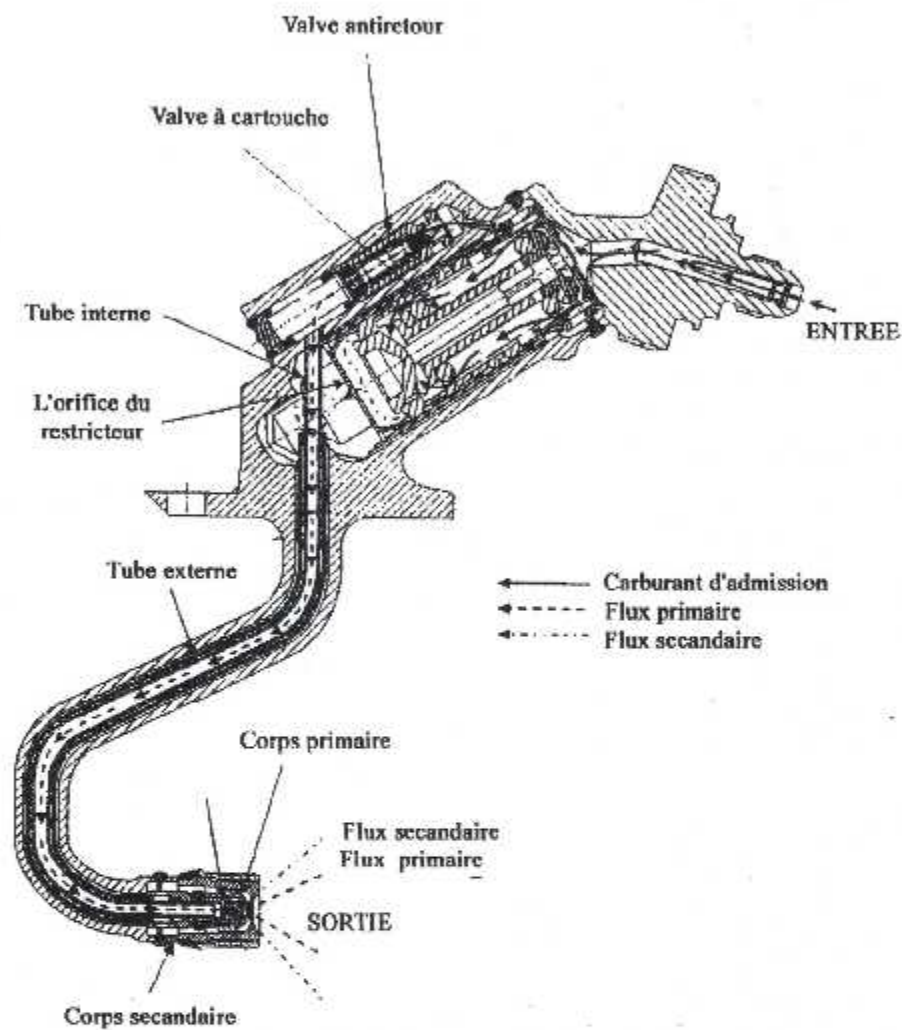
L'injecteur de carburant reçoit le carburant par l'entrée. Ce carburant traverse le tamis d'admission et s'accumule dans la partie du support qui loge les valves.

Le flux primaire passe à travers le tamis primaire, et est dirigé par un clapet anti-retour. Il traverse alors le tube intérieur du support vers le corps primaire de l'ensemble régulateur de dosage. Le carburant passe autour de la prise primaire et par le corps primaire, et entre dans la chambre de combustion avec une densité uniforme, pulvérisé sous forme conique.

Le flux secondaire active la valve à cartouche du diviseur d'écoulement. Ceci mène le carburant à travers l'orifice du restricteur et le tube externe du support au revêtement et au corps secondaire du doseur. Ce carburant passe autour du corps primaire à travers le revêtement le corps secondaire, puis il entre dans la chambre de combustion avec une densité uniforme, pulvérisé sous forme conique.

Le cône du gicleur secondaire est plus large que celui primaire et entour donc le gicleur primaire.

La pression du flux primaire est approximativement 15 Psi et celle du flux secondaire est 125 Psi.



**Diagramme d'écoulement dans l'injecteur**

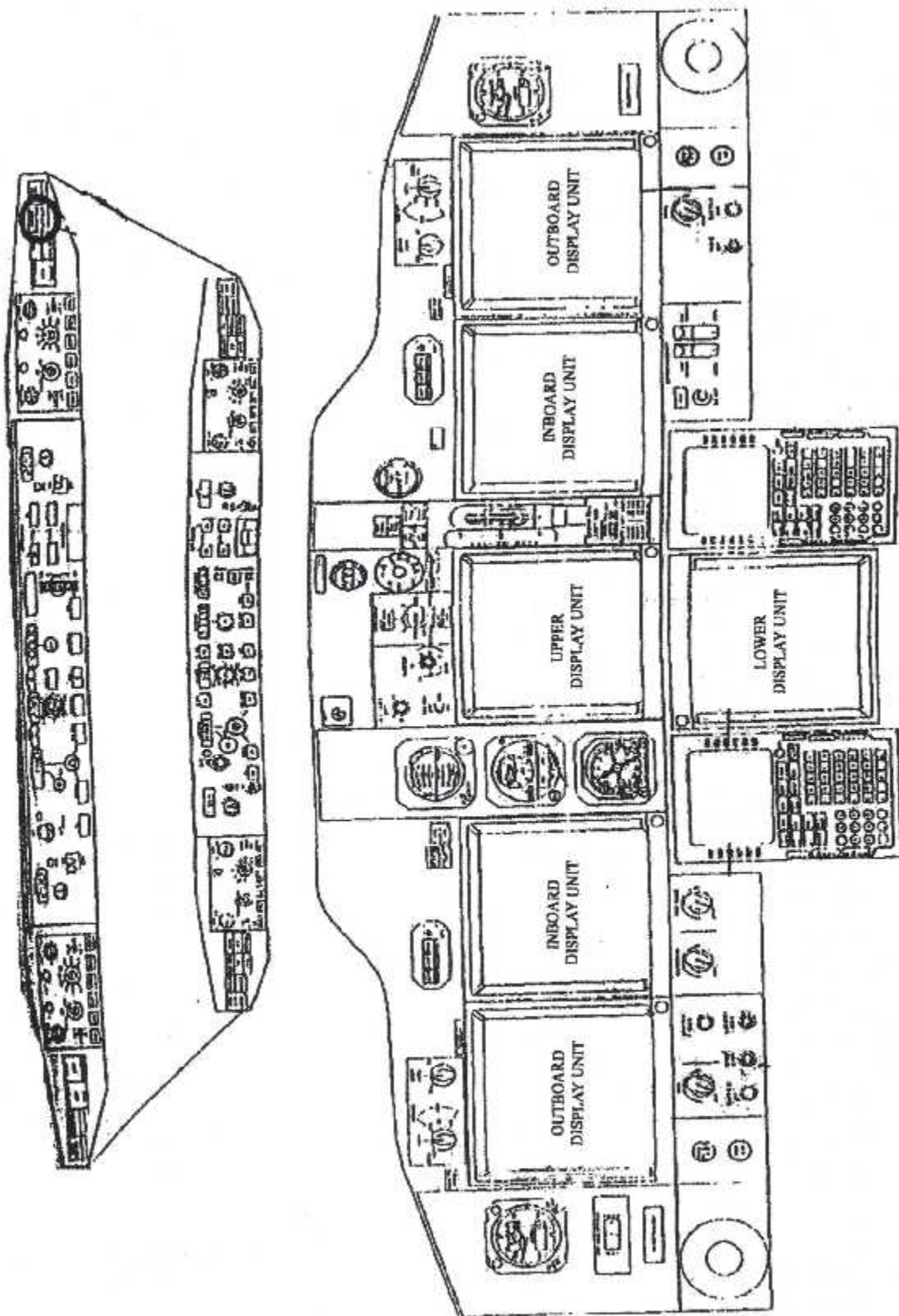
### II.6.10. La tuyauterie de carburant :

La tuyauterie de carburant non-étagés reçoit l'écoulement continu de l'HMU. Elle le fournit aux injecteurs étagés.

La tuyauterie de carburant étagée fournit le carburant aux dix injecteurs étagés. Ce carburant vient de l'HMU à travers la BSV.

# CHAPITRE III

## Indication du circuit carburant



INDICATION COCKPIT

**III.1 INDICATIONS AU COCKPIT :**

Comme les autres jets de transport, le cockpit a un :

- Panneau supérieur arrière.
- Panneau supérieur avant.
- Panneau à témoin lumineux ( incluant le Auto pilot).
- Unité d'écran commun CDS.
- Panneau électronique avant CDU.
- Stand de contrôle.
- Panneau électronique arrière.

Les indications avion et moteur au cockpit sont réparties comme suit :

**III.1.1 SYSTEME D'ECRAN COMMUN (CDS) :**

La CDS est un ensemble de six (06) écrans plats DU, qui se trouve sur les panneaux du bas du cockpit, elle a pour rôle de contrôler et de fournir des informations sur l'avion et les systèmes pour le pilote.

Les DUs sont :

- Les deux écrans de la gauche du Display Unit correspondent au pilote. (1et2).
- Les deux écrans de la droite du Display Unit correspondent au copilote. (4et5).
- L'écran (1) est appelé capitaine outboard DU.
- L'écran (2) est appelé capitaine inboard DU.
- L'écran (3) est appelé upper ( haut) DU.
- L'écran (4) est appelé first officer inboard DU.
- L'écran (5) est appelé first officer outboard DU.
- L'écran (6) est appelé lower (bas) DU.



**Le rôle de chaque écran :**

Les deux écrans(1et5) appelés PDF, donnent les informations primaires sur le vol.  
Les deux écrans (2et4) appelés ND, donnent des informations sur la navigation.  
L'écran (3) donne des informations sur le moteur( consommation de carburant, niveau d'huile, vibration, état de filtre).  
L'écran (6) donne des informations secondaires.

**III.1.2 UNITES ELECTRONIQUES D'ECRANS (DEUS) :**

On a deux (02) unités électroniques d'écrans DEUs qui reçoivent les données provenant des capteurs et systèmes avion. Les DEUs fournissent ces données à la DU.  
La DEU 1 fournit les données à l'écran (1et2) du pilote et l'écran (3).  
La DEU 2 fournit les données à l'écran (4et5) du copilote et l'écran (6).

Les DEUS sont l'interface entre les DUs de la CDS et les systèmes moteur pour afficher les données suivantes :

- N1
- N2
- EGT
- Indication de dégivrage thermique.
- Débit carburant.
- Carburant consommé.
- Pression d'huile.
- Température d'huile.
- Quantité d'huile.
- Vibration moteur.
- Pression hydraulique.
- Quantité hydraulique.
- Message d'alerte équipage.
- Message limite auto-poussée.

- Mode de pousse.
- Température d'air totale.

**III.1.3 Panneau supérieur arrière (P5) :**

Il est situé au centre (vers l'arrière) à la portée de l'équipage pour atteindre les systèmes avion et quelques interfaces moteur :

- Interrupteurs EEC.
- Témoin ENGINE CONTROL.
- Témoin ALTN (alternateurs).

**III.1.4 panneau supérieur avant (P5) :**

Il est situé au centre (vers l'avant) à la portée de l'équipage pour atteindre les systèmes avion et quelques interfaces moteur :

- Interrupteurs de démarrage moteur.
- Interrupteurs d'allumage.
- Interrupteur de l'APU.
- Interrupteur des pompes carburant.
- Témoin ENG VALVE CLOSED.
- Témoin FILTER BY-PASS (de carburant).

**III.1.5 Panneau de témoins lumineux (P7) :**

Les témoins maîtres lumineux qui sont en interface avec les systèmes moteur sont localisés dans ce panneau, vu sa situation, pour avertir et alerter l'équipage des dysfonctionnements des systèmes.

**III.1.6 Panneau électronique avant (P9) :**

Il inclut les deux unités d'écran de contrôle (CDU). La CDU est en interface avec les systèmes avions pour :

- Enregistrement des anomalies.
- Les excédantes moteur.
- Configuration du matériel.
- Configuration logiciel.
- Test de maintenance.

**III.1.7 Stand de contrôle**

Il contient les interrupteurs d'extinction d'urgence des deux (2) moteurs et de l'APU ( en cas d'incendie) et les radios de communications et de navigation.

**III.1.8 Système de surveillance de vibration avion :**

Les systèmes AVM se composent de :

- Un conditionneur de signal AVM.
- Un accéléromètre de vibration du roulement N°1.
- Un accéléromètre FFCCV.

Le système AVM fournit en permanence les données de vibration du moteur à la CDS. Il utilise le N1, N2 et les données de vibration pour les fournir à un conditionneur de signal qui amplifie les données en tant que signal analogique pour la DEU et l'unité d'acquisition des données du vol (FDAU). Les données sont affichées sur l'écran central supérieur (P2) en unité.

**III.2. INDICATIONS DU CIRCUIT CARBURANT:**

De nombreux capteurs mesurent les paramètres nécessaires à la commande, la régulation et la surveillance du moteur.

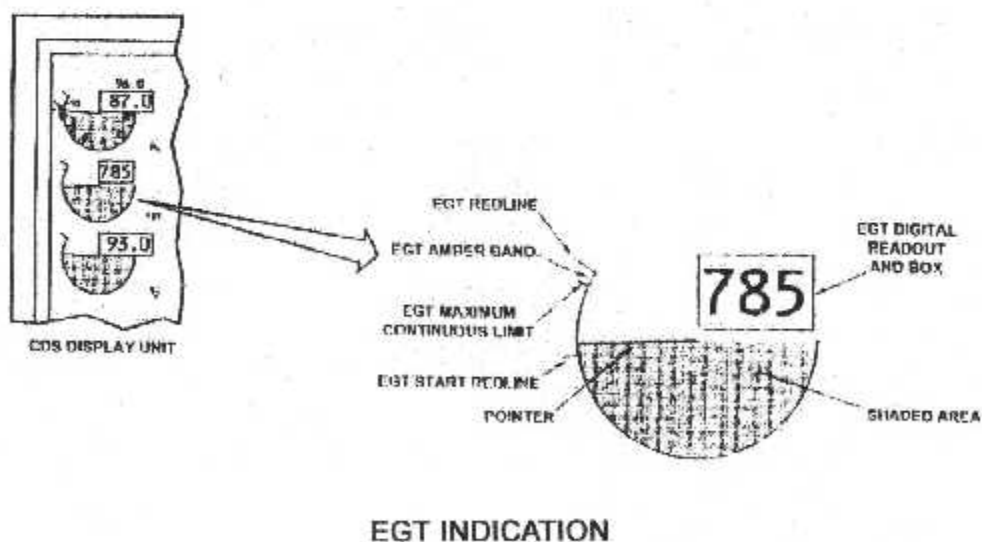
Les capteurs sont des fils en platine enroulés sur un mandrin céramique dont on mesure la résistance.

**III.2.1 Capteur de température (EGT) :**

Les neuf (09) sondes qui mesurent la température dont le plan 49.5 (température des gaz d'échappement) sont reliés en parallèle, l'indication est présentée sous forme analogique et digitale.

Elle devient de couleur ambre au-dessus de 855°C ou si l'EGT dépasse 890°C. La valeur maximum atteinte est mémorisée pour la maintenance.

Un repère rouge, indique la température des gaz d'échappement maximum admissible 950°C.



**III.2.2 Capteur de nombre de rotation :**

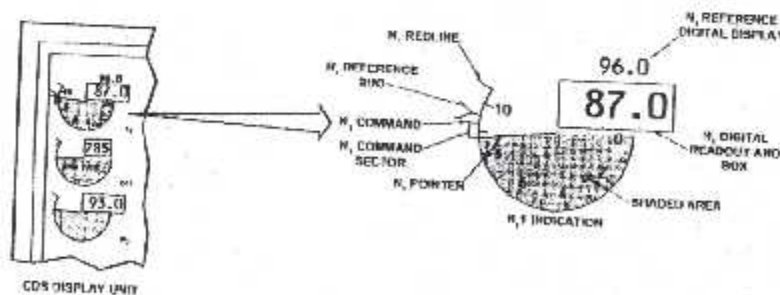
L'arbre dont on mesure la vitesse de rotation est muni d'une roue en matériau magnétique ayant un certain nombre de dents, le passage de chaque dent modifie le flux magnétique produit par l'aimant.

La variation de flux est détectée par la bobine, qui envoie une tension proportionnelle à la vitesse de rotation. La roue montée sur l'arbre basse pression comporte une dent plus haute que les autres. Cette dernière donne la référence de phase pour l'équilibrage des pales de soufflante.

N1 est la vitesse de rotation du rotor basse pression (BP) en pourcentage (%). Le paramètre principal de conduite moteur 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 par l'allumage du voyant ainsi qu'un message apparaît demandant au pilote de réduire la vitesse du moteur si N1 dépasse 104%. La valeur maximale atteinte est mémorisée pour la maintenance ( le moteur doit être déposé ).

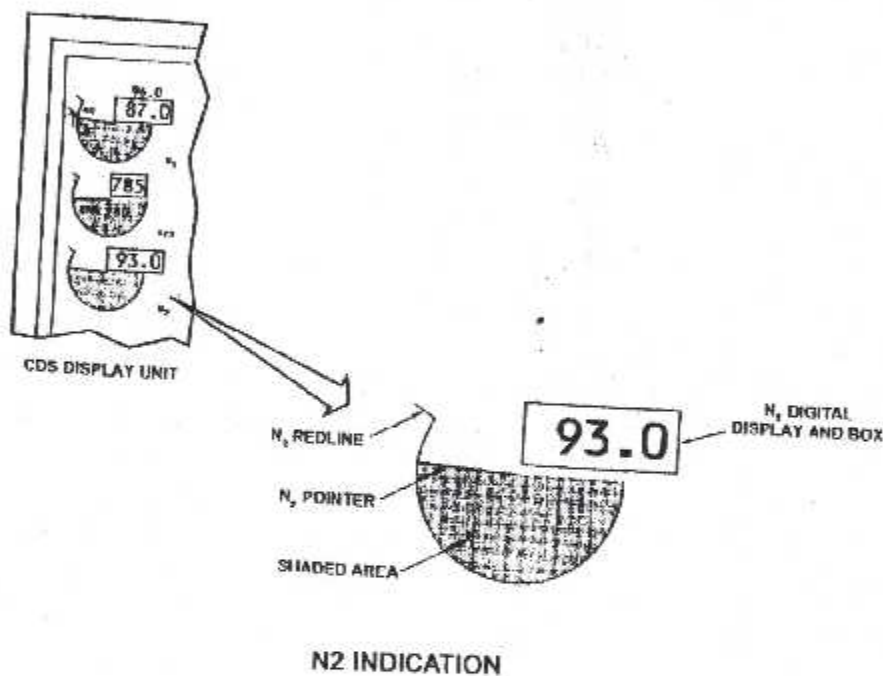
Le capteur N1 est monté sur un bras du carter de soufflante, juste derrière le palier N°2.



**N1 INDICATION**

N2, vitesse de rotation du rotor haute pression (HP) en pourcentage (%), est présentée 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.

Le capteur N2 est monté sur le relais d'accessoires.



### **III.2.3 Débitmètre :**

Il mesure le débit carburant de 0 à 6360 Kg/h, avec une erreur maximum de 45kg/h.

Le carburant traverse deux (02) turbines en série, liés par un ressort de rappel équilibrant le couple fournit par passage du carburant du fait de la différence de calage des petites ailettes des deux turbines.

Ces dernières portent chacune un aimant, ces deux (02) aimants passent devant deux enroulements, dont les signaux électriques sont exploités pour mesurer le débit carburant par mesure de leur déphasage.

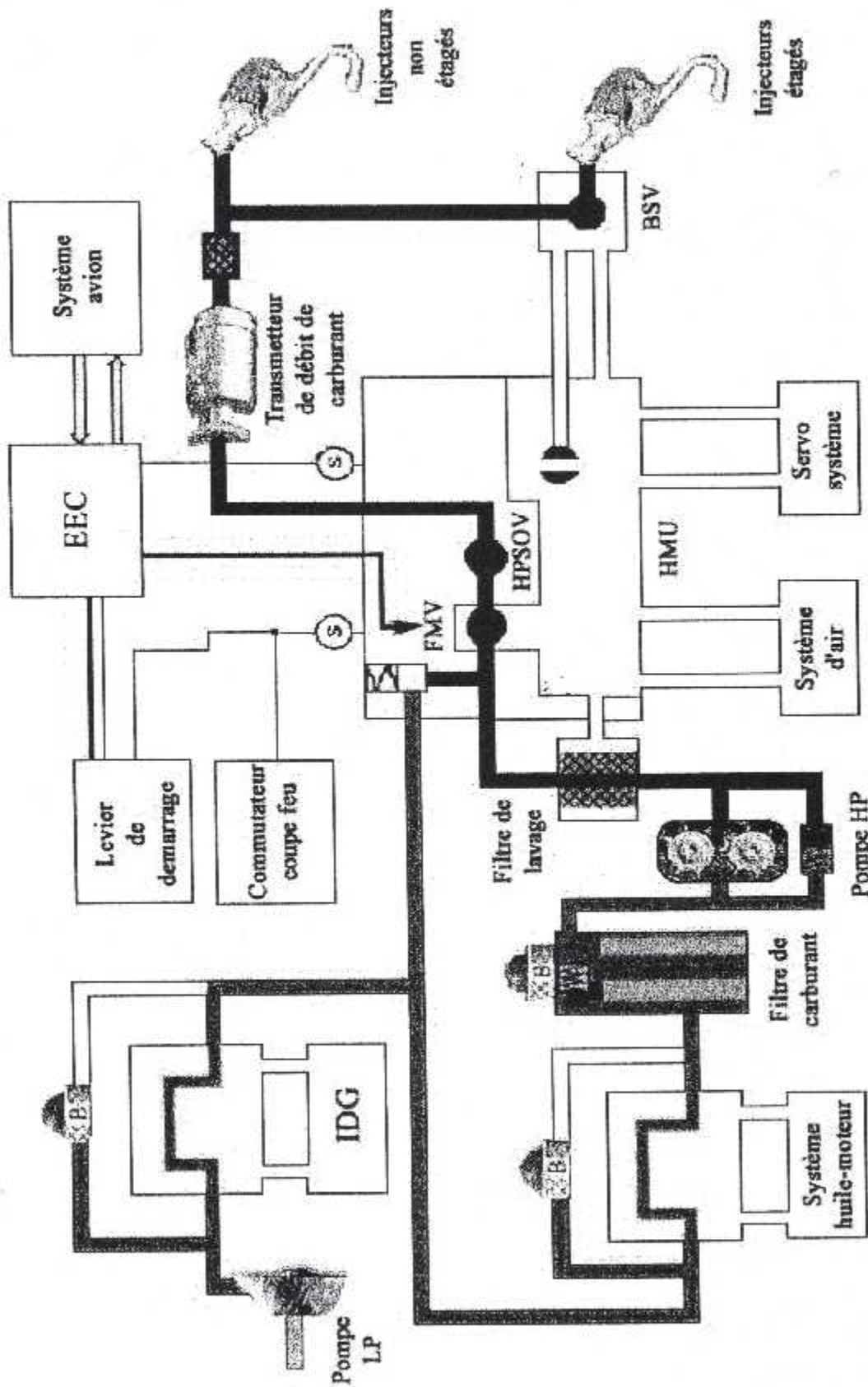
La EEC envoie des commandes à la HMU pour contrôler la valve calibrée de carburant FMV. La EEC commande le débit carburant nécessaire pour maintenir une poussée requise selon les demandes du pilote et les paramètres extérieurs tout en respectant les limites imposées.

Les contraintes à respecter sont les suivantes

- $N1 \text{ ralenti} < N1 < N1 \text{ max} = 5300 \text{ tr/min.}$
- $N2 \text{ ralenti} < N2 < N2 \text{ max} = 15300 \text{ tr/ min.}$
- $FF \text{ min ralenti} < FF < FF \text{ max}$  ( limite mécanique d'ouverture de la FMV).

### **III.3.LES CAS DE FONCTIONNEMENTS ANORMAUX :**

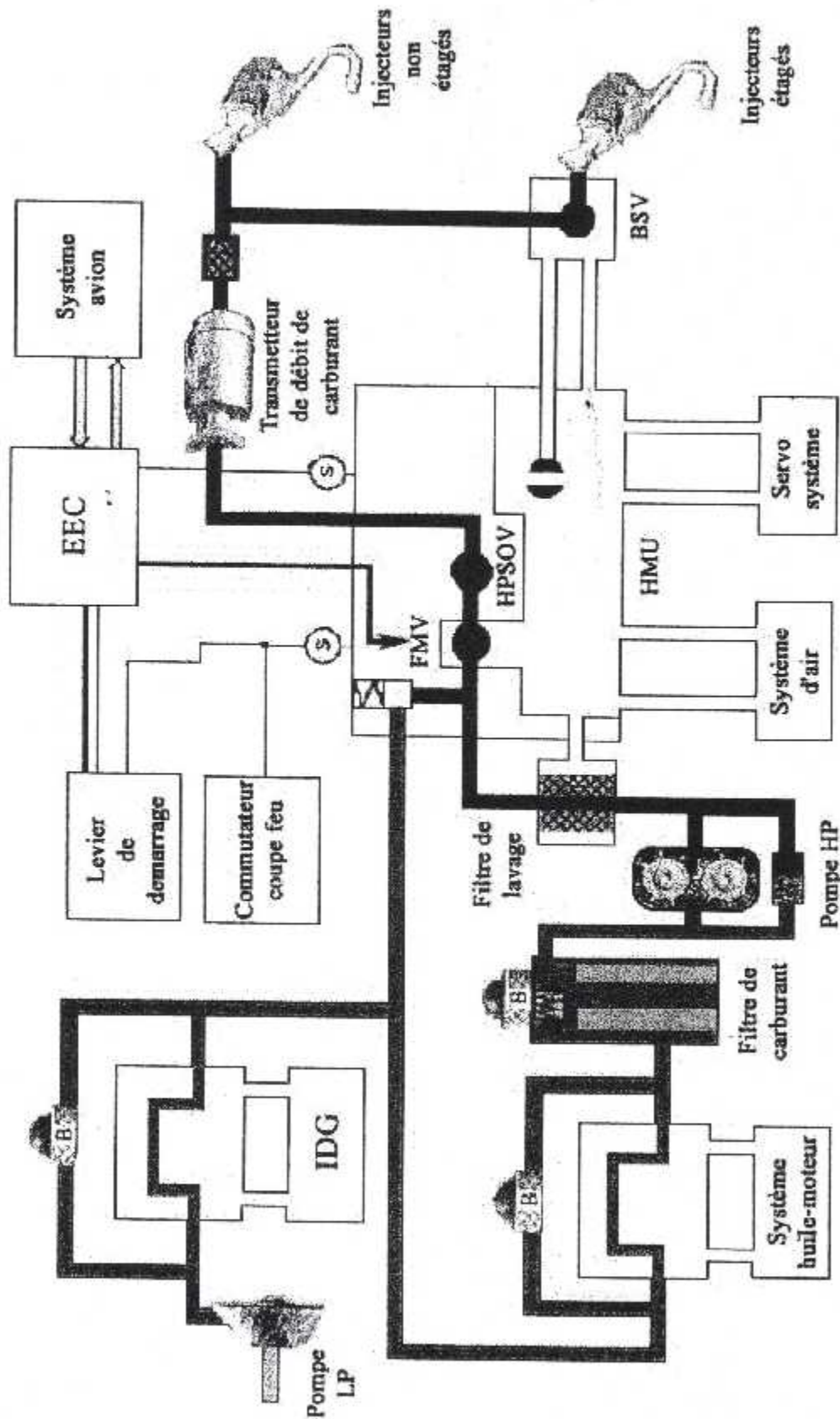
Il y a plusieurs cas de mauvais fonctionnement du moteur où la cause est dans le circuit carburant. On prend en exemple, dans le colmatage des éléments.



L'écoulement de carburant continue pour les opérations moteur.

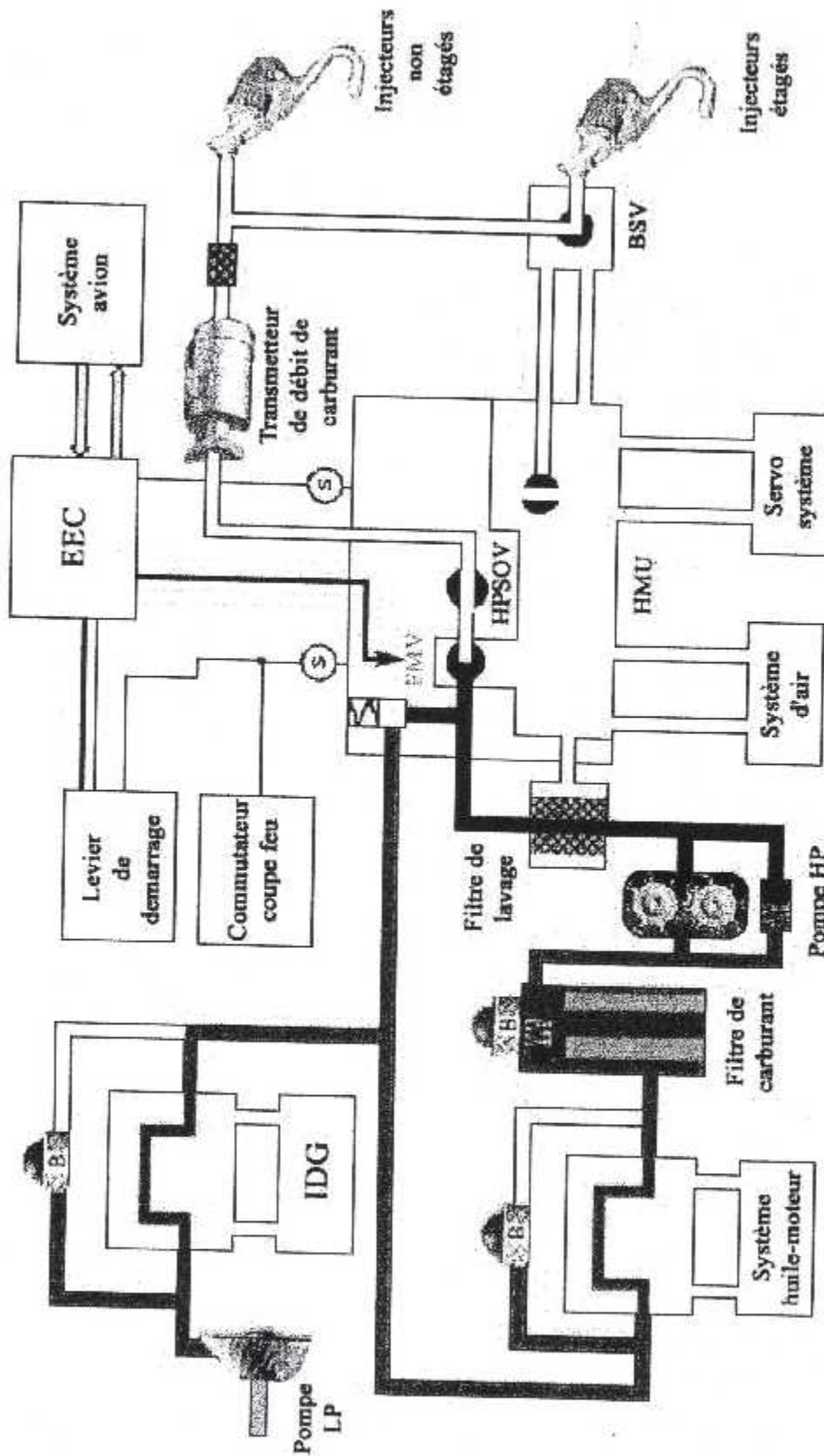
## Cas de fonctionnement Normal





Si l'IDG refroidisseur d'huile, l'échangeur de chaleur principal et le filtre de carburant se colmatent, ils ouvrent la bypass valve.

### Cas de fonctionnements Anormaux



La EEC fournit une protection pour le démarrage hors limites.  
 La EEC ferme la FMV pour protéger le moteur pendant le démarrage.

### La réponse de la EEC

# CHAPITRE IV

## Recherche de panne

IV.1 DEFINITION DE LA MAINTENANCE :

La maintenance est l'ensemble d'opérations ayant pour but de maintenir les performances potentielles et la disponibilité du matériel à un niveau fixé par l'autorité responsable (l'état). Elle est aussi le significatif d'un ensemble d'actions qui permettent de maintenir le moteur pour le rétablissement des caractéristiques de navigabilité à un même état lors de la certification en fonction de l'objectif réglementaire de sécurité dans le but d'assurer une régularité et une ponctualité à un niveau acceptable.

En aéronautique, la maintenance est un facteur très important régie par des réglementations telles le JAR -145 et est soumise à une structure organisationnelle technique importante.

La maintenance des avions s'effectue dans ces structures, citées ci dessus, selon deux types :

- La maintenance en ligne : c'est des opérations routinières qui s'effectuent sur les liges de vol (parking) ou en escale, elle comporte les inspections :
  - Avant le vol
  - Après le vol
  
- La maintenance en atelier : c'est des opérations plus approfondies que les opérations de la maintenance en ligne qui est limitée par le temps et moyens de dépose et repose.

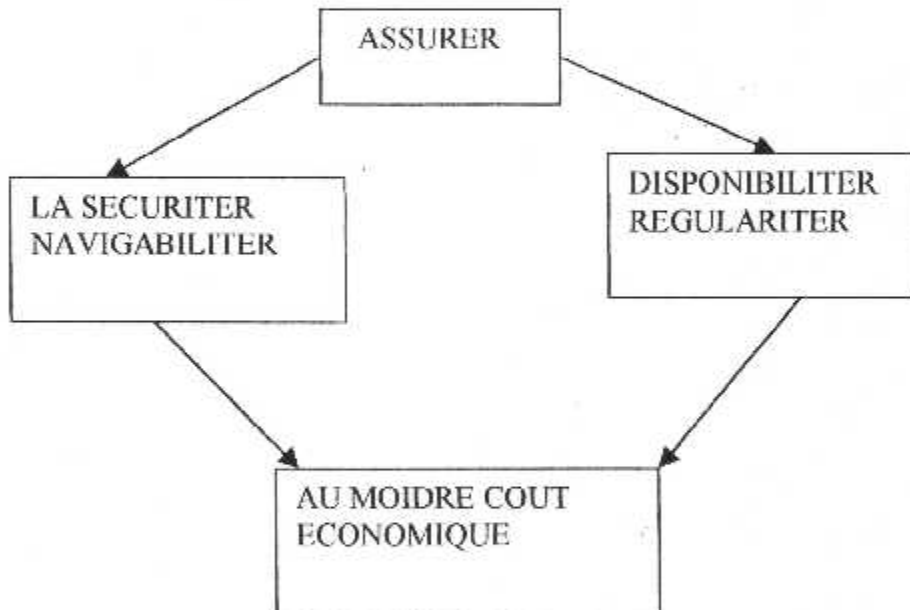
La maintenance en atelier intervient lors de pannes graves qui nécessitent la dépose du moteur et le changement de pièces importantes.

L'entretien des aéronefs nécessite une organisation, des moyens matériels et humains qui coûtent chère.

Pour des raisons économiques, une compagnie doit assurer :

- La sécurité au niveau le plus haut ( navigabilité).
- La disponibilité maximum (régularité).
- Le coût minimum ( économie).

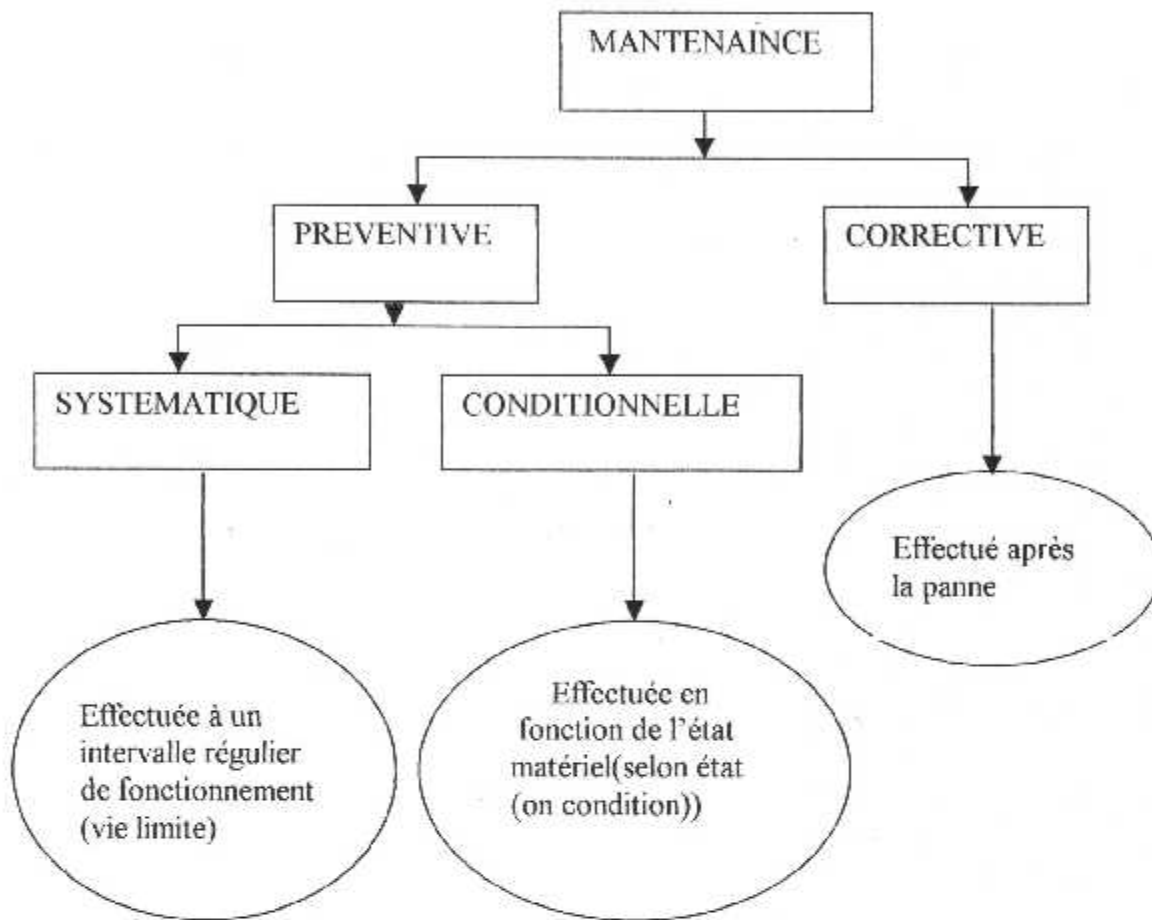
Dans le domaine aéronautique la maintenance représente 14.86 % des coûts d'une compagnie de transport aérien.



**IV.2 DIFFERENTS TYPES DE MAINTENANCE :**

Il existe deux types de maintenance :

- La maintenance préventive.
- La maintenance corrective.



**IV.2.1 Maintenance préventive ( programmée) :**

C'est l'ensemble des opérations destinées à maintenir ou à remettre l'aéronef ou un de ses éléments en état d'être exploiter normalement c'est "l'aptitude au vol" ou "l'entretien de l'avion".

La maintenance programmée est effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien.

La prévention doit éviter les pannes en cours d'utilisation par une intervention de maintenance prévue, préparée et programmée avant la data (la donnée) probable d'apparition d'une défaillance.

Il y a deux types de maintenance préventive :

**a) La maintenance préventive systématique ( vie limite) :**

La maintenance préventive systématique consiste à effectuer des interventions périodiques (visite intermédiaire, générale) selon un planning établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage.

**b) La maintenance préventive conditionnelle (selon état) :**

L'application de la maintenance préventive conditionnelle est reliée à un type d'événement déterminé en fonction de l'état matériel. Cette forme de maintenance a pour but d'assurer le suivi continu en service.

**Exemples de travaux de maintenance programmée :**

- Inspection à l'arrêt de l'avion.
- Inspection quotidienne.
- Inspection planifiée.

**IV.2.2 Maintenance corrective (non programmée) :**

La maintenance corrective est l'ensemble des opérations non programmées ayant pour objectif de remédier (corriger) les avaries survenues en fonctionnement. Ou après détection d'une défaillance.

Ces opérations sont :

- S'informer et analyser la situation.
- Etablir le diagnostic (chercher les causes les plus probables).
- Vérifier la cause.
- Dépose / pose.
- Vérifier le résultat de réparation
- Rédiger le rapport d'intervention.

Exemples de travaux de maintenance non-programmée :

- Panne en vol.
- Panne en sol.
- Problème de fonctionnement.

### **IV.3 LES DOCUMENTS DE MAINTENANCE (MANUELS) POUR 737-600/-700/-800 :**

Plusieurs différents documents travaillent ensemble pour nous permettre de maintenir l'avion. Les documents de maintenance vont aider à faire le travail de maintenance programmée et non programmée.

Les documents de maintenance non-programmée sont :

- Fault reporting manual ( FRM).
- Fault isolation manual (FIM).
- Built in-test equipment manual (BITE).
- Structural repair manual (SRM).
- Dispatch deviation guide (DDG).
- Airplane maintenance manual (AMM).

Les documents de maintenance programmée sont :

- Maintenance planning document (MPD)
- Airplane maintenance manual (AMM)

Les documents suivants fournissent des données de support pour faire la maintenance programmée :



- System Schematic Manual (SSM)
- Wiring Diagram Manual (WDM)
- Structural Repair Manual (SRM)
- Illustrated Part Catalog (IPC)

Chaque document de maintenance a une introduction pour nous montrer comment utiliser ce document.

### **IV.3.1 Document de planification de maintenance (MPD) :**

Les MPD définis les taches pour chaque type d'inspection de maintenance programmée. Les compagnies aériennes utilisent le MPD pour faire des cartes de taches que le technicien utilise durant les inspections de maintenance.

### **IV.3.2 Airplane maintenance manual (AMM) :**

Le AMM (manuel de maintenance d'avion) a deux parties :

- Partie I
- Partie II

La partie I est la SDS (System Description Section). Cette section remplace la section de description et opération des 737-300/-400/-500.

La SDS est divisée en chapitre ATA (système) ou chapitre/section (sous-système).

La SDS utilise des textes et des schémas.

La partie II est les procédures et pratiques. Ces dernières ont des données liées aux fonctions suivantes :

- Dépose / pose des composants.
- Localisation des composants.

- Pratique de maintenance;
- Servicing;
- Ajustement / teste
- Inspection / contrôle
- Nettoyage / peinture
- Réparation

Le manuel a un système de numération de chapitre suivant la norme ATA comme suit :

XX-YY-ZZ.

XX : chapitre ATA

YY : sub-système ou sous-système

ZZ : unité (composant)

Chaque page a deux numéros dans le coin inférieur droit : le ASN est numéro de page sujet.

Les pages sont réparties comme suit :

Type de page	Bloc de page
Pratique maintenance (MP)	201-299
Servicing (SRV)	301-399
Depose/pose (R/I)	401-499
Ajustement / test (A/T)	501-599
Inspection / contrôle (I/C)	601-699
Nettoyage / peinture (C / P)	701-799
Réparation (AR)	801-899
Dispatch Deviation Guide (DDG)	901-999

\*

**VI.3.3 System schematics manual (SSM) :**

Le SSM (manuel schématique des systèmes) apporte à l'utilisateur une compréhension du fonctionnement du système et l'aide dans la procédure d'isolation de panne. Il fournit l'interconnexion de tout « LRU » d'un système ou sub-système.

Il fournit aussi une connaissance générale concernant le fonctionnement d'un système.

**VI.3.4 Wiring diagram manual (WDM) :**

Le WDM (manuel de schémas de câblage).

**IV.3.5 Illustrated part catalog (IPC) :**

L'IPC (catalogue illustré des pièces détachées) fournit des données sur le remplacement d'une pièce. Ces données incluent :

- Numéro de pièce de rechange.
- Illustration de pièce.
- Données de support.
- Numéro de spécification.
- Les activités services bulletin.
- Pièce de rechange recommandée.

**IV.3.6 Standard wiring practices manual (SWPM):**

Le SWPM (manuel des techniques courantes de câblage) a des instructions pour la maintenance et la réparation du câblage de tous les avions Boeing.

**IV.3.7 Fault reporting manual (FRM) :**

L'équipage utilise le FRM pour améliorer la communication avec le personnel de maintenance. L'équipage utilise aussi le FRM pour avoir les codes de panne pour les pannes avion.

Le FRM a un log-book standard avec entête pour chaque code de panne

Le code de panne permet une maintenance rapide quand l'avion atterri.

Les codes de panne FRM nous renvoient au FIM.

**IV.3.8 Fault isolation manual (FIM) :**

On utilise le FIM (manuel des pannes d'isolation) pour réparer les pannes. On commence la procédure d'isolation de la panne avec les codes de panne du FRM ou une description de la panne. Le FIM va identifier les actions de maintenance pour corriger la faute.

**IV.3.9 Bite manual ( built-in test equipment):**

On utilise le BITE MANUAL pour avoir les données sur la panne de l'équipement de test incorporé dans l'avion. Si on commence la procédure d'isolation de la panne avec des pannes observées, le BITE MANUAL va identifier qu'elle panne observée pour le besoin de l'équipement indiqué de test incorporé.

Le BITE MANUAL a les procédures BITE du FIM.

**IV.3.10 Structural repair manual (SRM) :**

Le SRM (manuel des réparations structurales) fourni des informations descriptives et des instructions spécifiques pour aider la réparation de la structure de l'avion sur terrain. Il a des données relatives aux domaines suivants :

- Evaluation des dommages permis.
- Réparation typique.
- Identification matériel.
- Installation rapide.
- Contrôle d'alignement.
- Planification.

**IV.3.11 Deviation dispatch guide (DDG) :**

Le DDG (guide de déviation d'opération) fourni de l'équipement minimum recommandé par Boeing requis pour dispatcher dans le Master Minimum Equipment List (MMEL).

Il fournit aussi les procédures pour dispatcher avec une panne si c'est possible

**IV.4 DIFFERENTS TYPES DE PANNES :****IV.4.1 Panne simple active :**

Exemple : Blocage des commandes (aileron, empennage), fuite, rupture et court circuit.

**IV.4.2 Panne passive (dormante, cachée) :**

C'est une panne dont la présence n'est pas immédiatement détectée.

Exemple : Système redondant, système de protection.

**IV.4.3 Panne multiple due a une cause unique (le mode commun) :**

Exemple : Le feu, l'explosion, la foudre, FOD, DOD et la grêle.

**IV.4.4 Panne en cascade :**

Une panne simple pas critique en elle-même entraîne une série d'autres pannes successives.

**IV.4.5 Erreur de conception :**

Environnement différent de celui prévu.

Exemple : Erreur logicielle.

**IV.4.6 Erreur de fabrication :**

Exemple : Oubli outil, montage incorrect.

**IV.4.7 Erreur de maintenance :**

Exemple : oubli outil, montage incorrect.

**IV.4.8 Erreur dans l'application du test :**

Exemple : Banc d'essai.

**IV.4.9 Erreur de pilotage :**

Exemple : Erreur d'application des procédures, conception de l'interface (liant) équipage avion à mettre en cause.

**IV.5 CLASSE DES PANNES :**

Les pannes, classe 1, classe 2 et classe 3 n'infirment pas la sécurité de l'avion de la même façon, on distingue donc différentes classes de pannes en fonction de leur gravité (conséquence).

**IV.5.1 Pannes classe 1 :**

Elles nécessitent d'être portées à la connaissance de l'équipage parce qu'elles ont des conséquences opérationnelles (poursuite de vol), elles nécessitent obligatoirement une action du pilote pour remédier à la panne (c'est une panne NO GO), elle doit être impérativement réparée, si non, l'avion ne décolle pas.

**IV.5.2 Pannes classe 2**

Elles n'ont pas de conséquences opérationnelles pour le vol en cours et pour les prochains vols (dans la limite retour à la base principale), elles sont directement portées à la connaissance de l'équipage, elles doivent être rapportées au log book.

Ce sont des pannes qui n'ont pas besoin d'être réparées mais il faut prendre quelques précautions.

**IV.5.3 Pannes classe 3**

Elles ne sont pas indiquées à l'équipage car elles n'ont pas de conséquences opérationnelles sur l'avion et n'infirment pas la sécurité de l'avion. Elles ne peuvent être jamais réparées, si ce n'est que pour des considérations économiques et disponibilité.

Ce sont des pannes GO, sans conditions car elles n'ont pas besoin d'être réparées, leur dépannage relève alors du critère lié à la gestion de la compagnie, en outre critère économique de prestige, et de disponibilité de l'équipement.

<b>TACHE 801</b>
------------------

**1) Description :**

L'affichage de carburant n'est pas normal (haut, bas ou vide).

L'affichage de l'écoulement de carburant est normal.

L'applicable transmetteur de débit de carburant (FFT) envoie un signal analogique vers EEC qui convertit ce signal dans le format ARINC digital, après il l'envoie à la DEU. Cette dernière utilise les données de FFT pour calculer le carburant utilisé et elle les affiche sur l'unité de visualisation (DU).

**2) Cause possible :**

- DEUS.
- DEU(1).
- DEU (2).



Symptômes :

- L'affichage de carburant utilisé n
- L'écoulement de carburant est no

Tache de FIM :

Dépose/ repose du F

Remplacer un DEU :  
Dépose : AMM tache 31-62  
Repose : AMM tache 31-62

Confirmation de répa

Si la confirmation d  
n'est pas satisfaisan

Etape 3

BITE teste

Rechercher les messages de  
maintenance sur : la DEU et DU à  
l'aide de CDS BITE test, suivant  
la tache FEM 31-62 – tache 801

Non trou

message

trou

Aller aux taches d'isolation de  
la panne pour les messages de  
maintenance trouvés en premier

Confirmation de réparation

Confirmation de réparation non  
satisfaisant

Etape 2

est pas normal (haut, bas ou vide)  
mal.

3-07 tache 801

FII

-21-000-801 p401  
-21-400-801 p 401

aration

e réparation

Dépose/renose de l'autre DFII

Remplacer l'autre DEU :  
Dépose : AMM tache 31-62-21-000-801 p401  
Repose : AMM tache 31-62-21-400-801 p401

Confirmation de réparation

OK

**TACHE 802**

**1. Description :**

L'affichage de débit de carburant n'est pas normal (haut, bas, intermittent ou vide), les autres paramètres (N1, N2, et EGT) sont normaux.

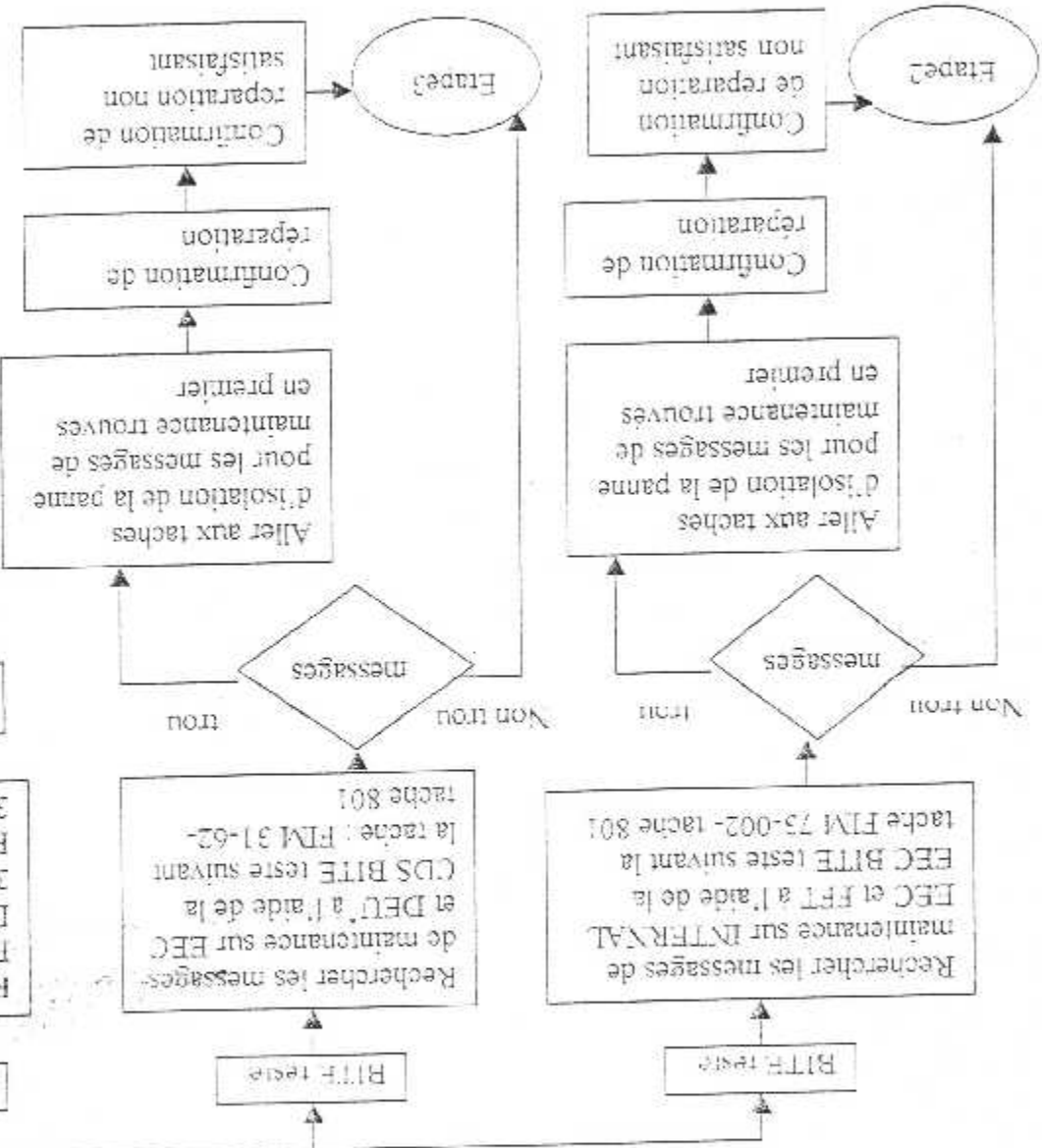
**2. Causes possibles :**

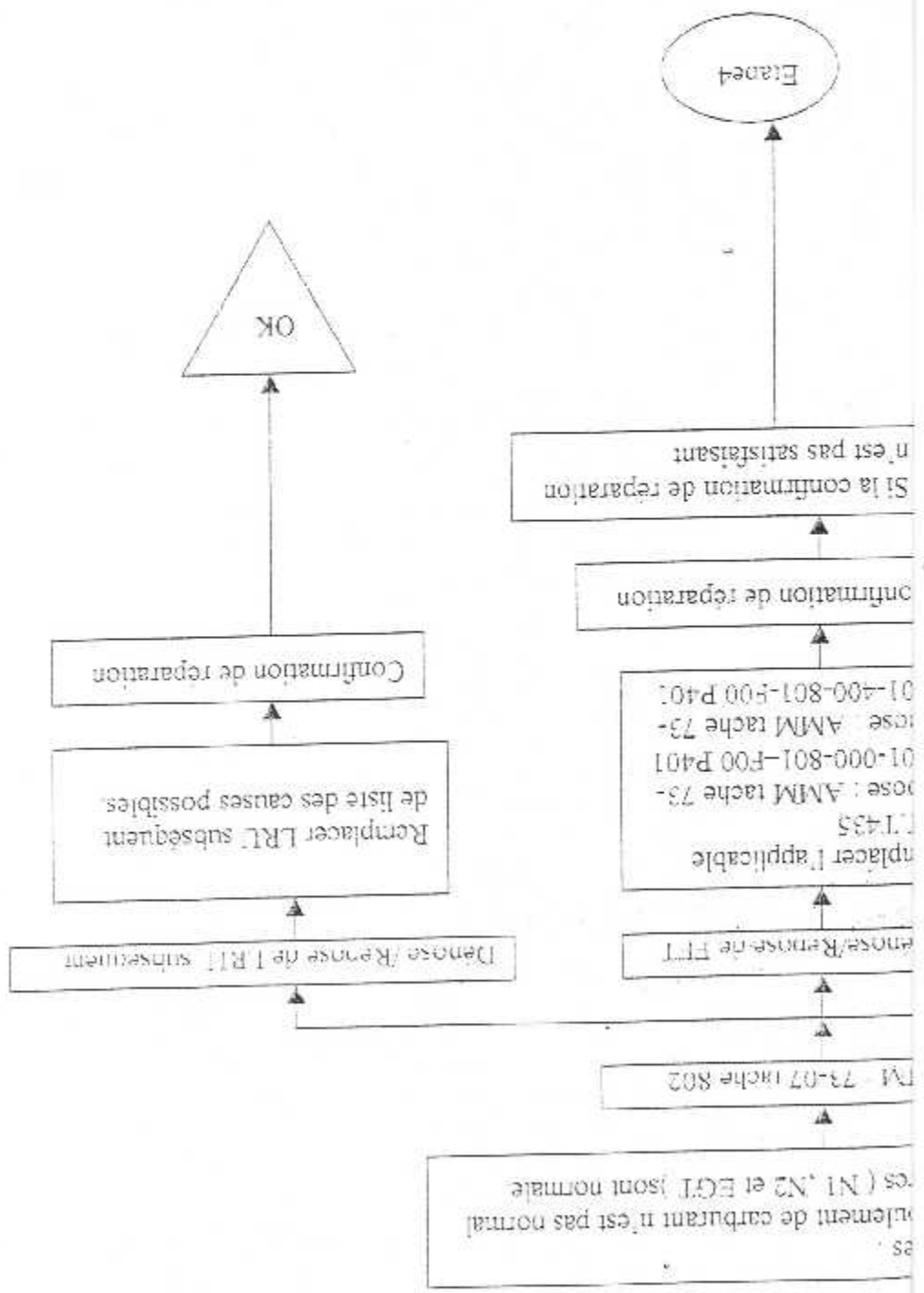
- FFT, T435.
- EEC.
- DEU, DEU1 ou DEU2.
- Câble et connecteur entre la EEC et le FFT.

Symptom  
 - L'affichage de l'éc  
 - Les autres param

Tache de l

Re  
 FF  
 De  
 31  
 Ré  
 31





Si le niveau de carburant n'est pas normal (N1, N2 et EGT) sont normale

RM - 73-07 tâche 802

Remplacement de l'applique

Remplacement de l'applique  
Remplacement de l'applique  
Remplacement de l'applique  
Remplacement de l'applique

Remplacement de l'applique

Si la confirmation de réparation n'est pas satisfaisante

Fin

OK

Confirmation de réparation

Remplacer LRT subséquent de liste des causes possibles

Remplacement de l'applique

**TACHE 808**

Extinction moteur, le redémarrage n'est pas satisfaisant.

**1. Description :**

L'extinction du moteur est due :

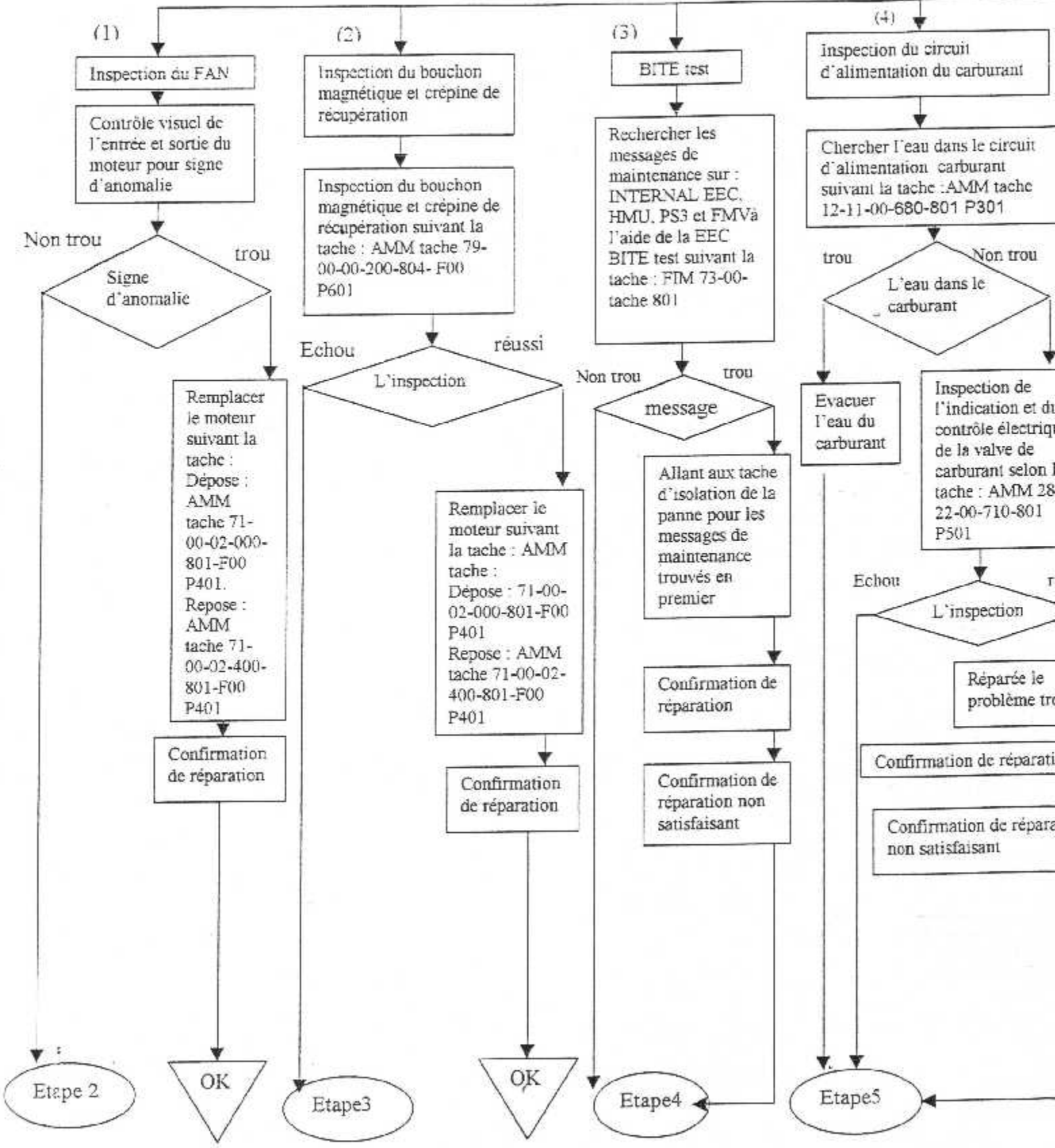
- Mauvais démarrage (démarrage lent).
- Débit de carburant bas
- Débit de carburant zéro
- N2 minimale
- Raisons non correctes
- Redémarrage non satisfaisant.

**2. Causes possibles :**

- Pompe carburant
- circuit d'alimentation carburant
- HMU
- PS3
- FEC

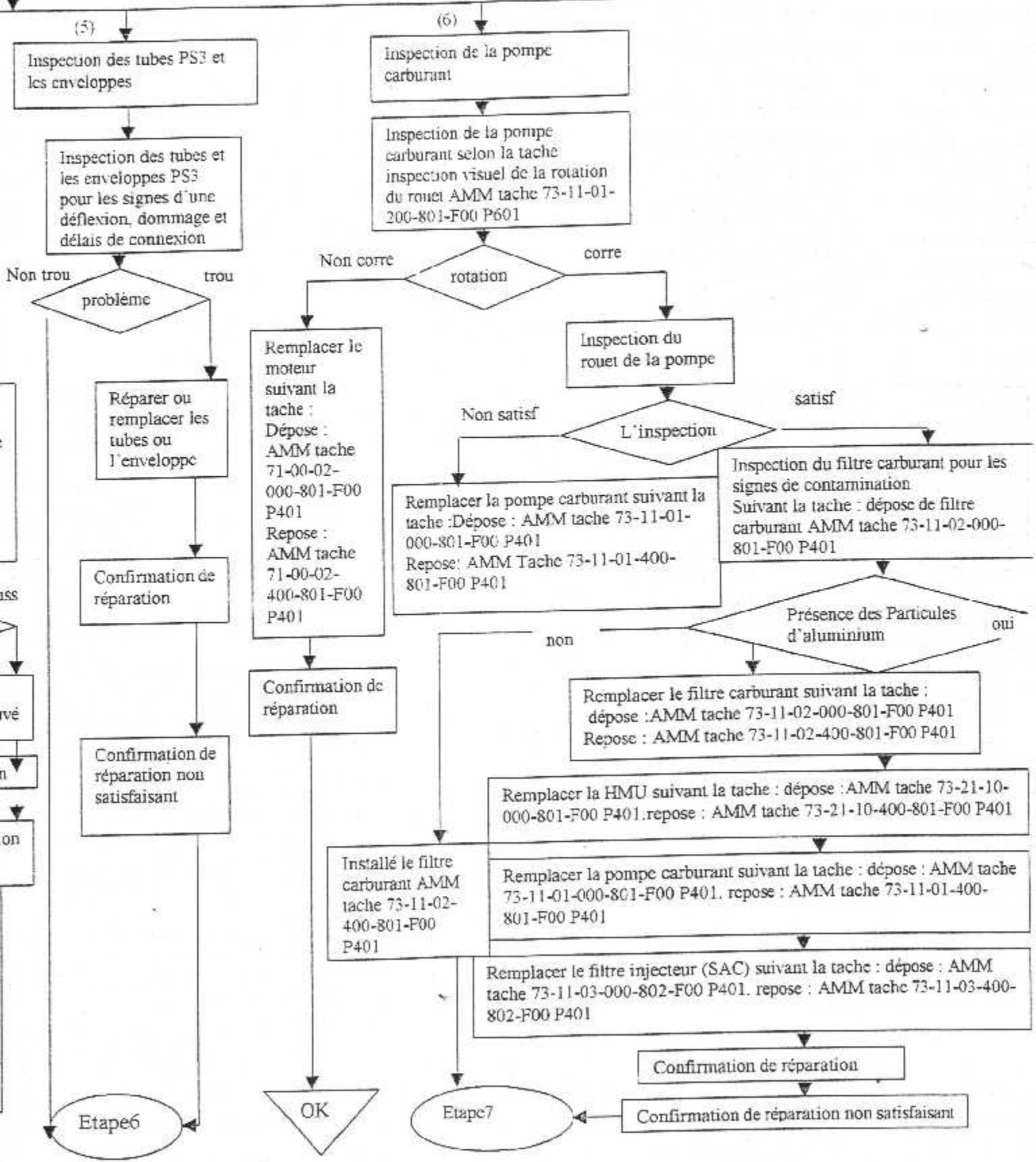
Symptôme  
 - Extinction  
 - Redémarrage

Tache de FIM : 73-00-801

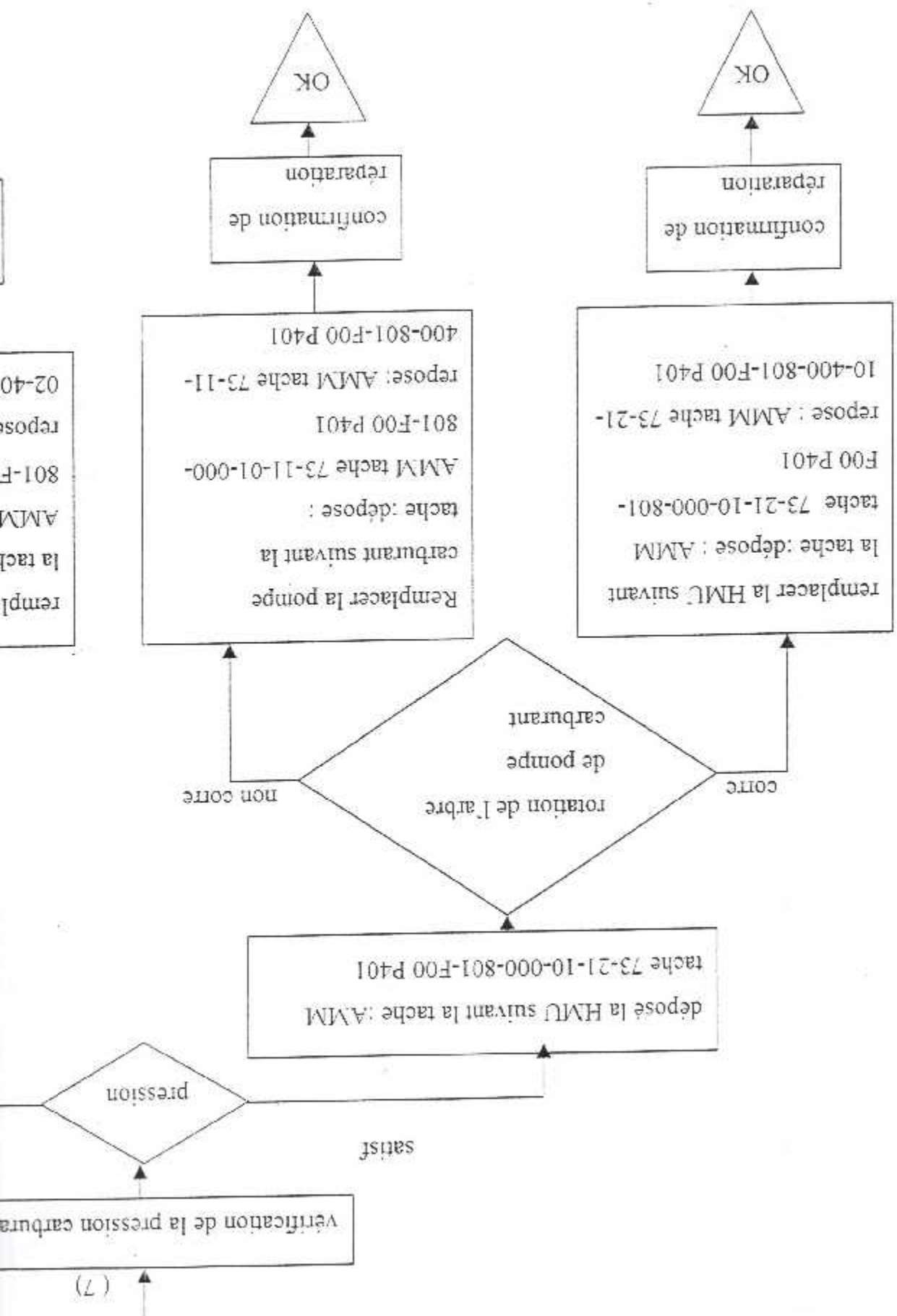


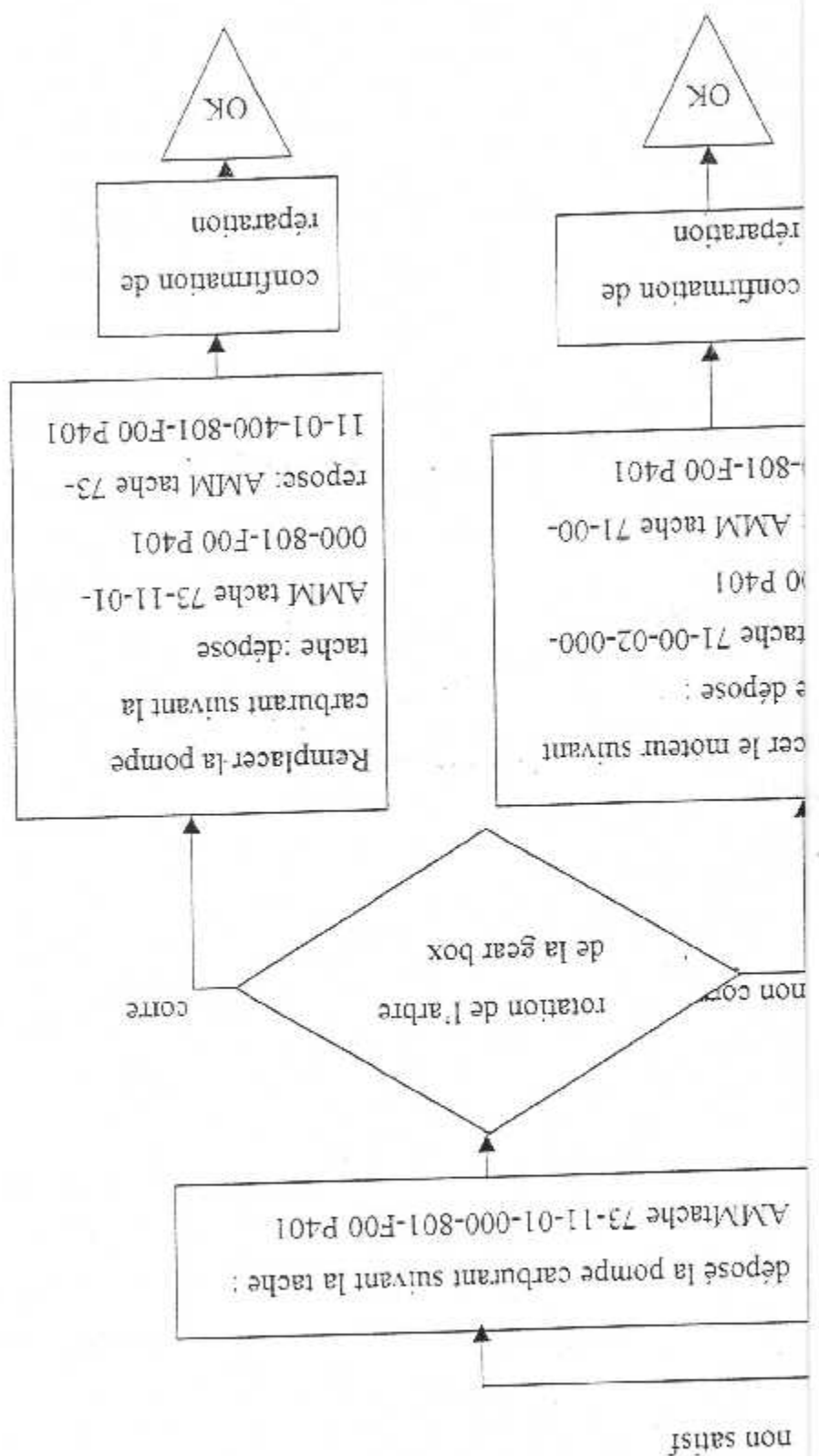
e :  
moteur.  
moteur insatisfaisant

-06 tache 808









TACHE 807

Extinction moteur, redémarrage satisfaisant.

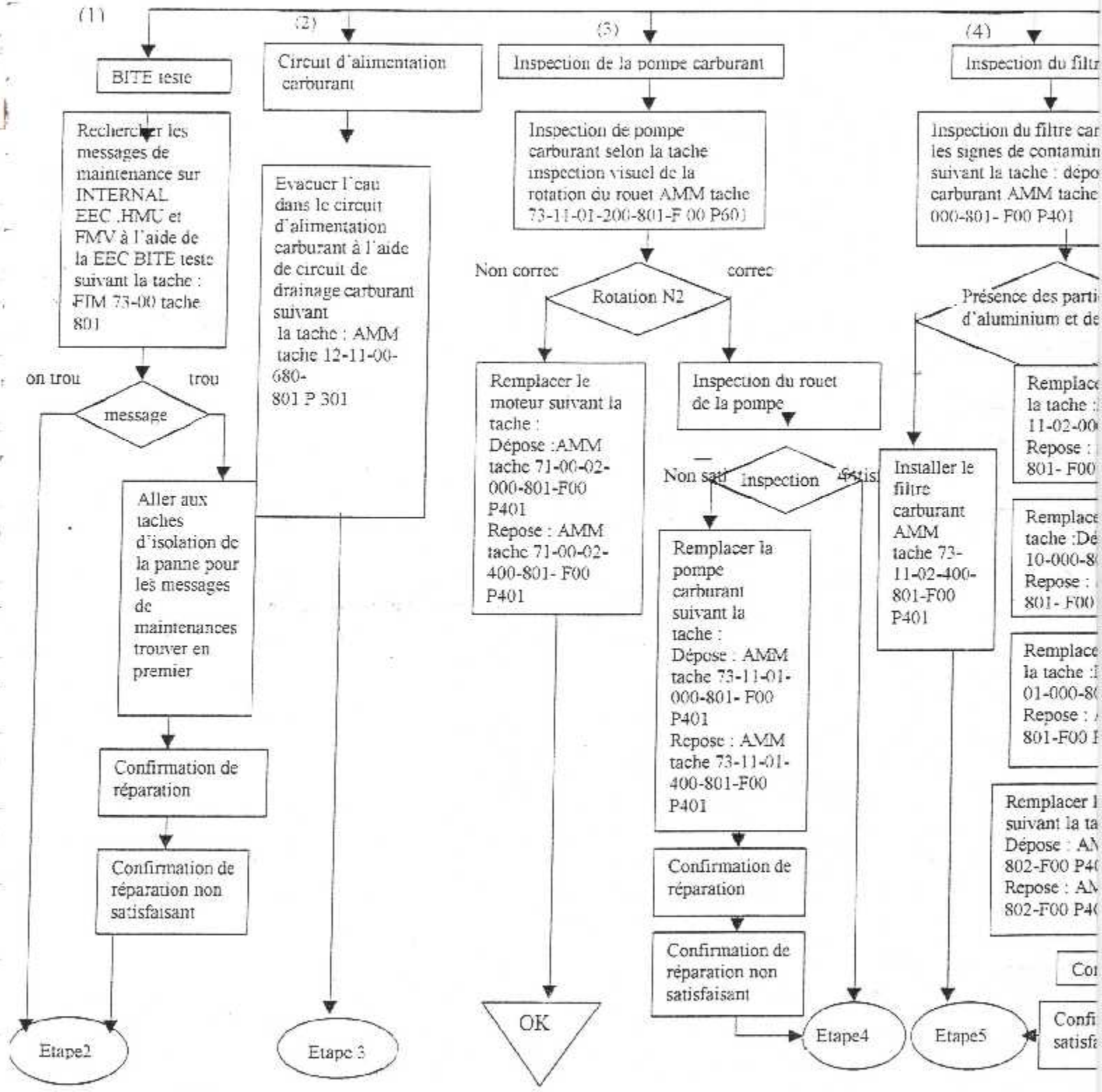
**1. Description :**

Le moteur possède une extinction. Après le redémarrage, les paramètres sont normaux.

**2. Causes possibles :**

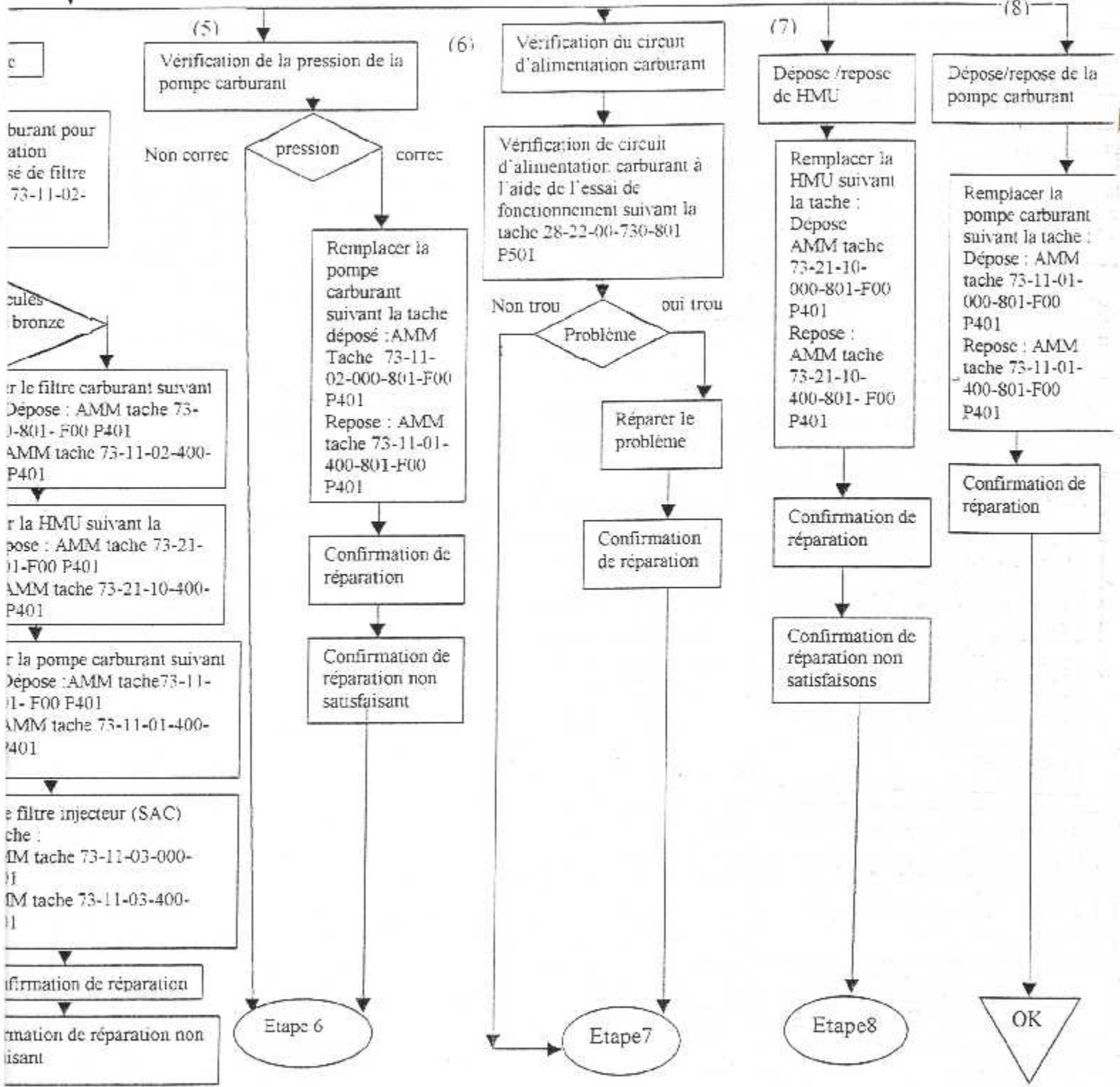
- circuit d'alimentation carburant
- HMU
- Pompe carburant

- Es  
- Redc  
Tache de



Symptôme :  
extinction moteur  
marrage moteur satisfaisant

FIM : 73-06- tache 807



carburant pour  
station  
sé de filtre  
73-11-02-

culés  
bronze

er le filtre carburant suivant  
Dépose : AMM tache 73-11-02-000-801-F00 P401  
AMM tache 73-11-02-400-801-F00 P401

r la HMU suivant la  
pose : AMM tache 73-21-10-000-801-F00 P401  
AMM tache 73-21-10-400-801-F00 P401

r la pompe carburant suivant  
Dépose : AMM tache 73-11-01-400-801-F00 P401  
AMM tache 73-11-01-400-801-F00 P401

e filtre injecteur (SAC)  
che :  
IM tache 73-11-03-000-801-F00 P401  
IM tache 73-11-03-400-801-F00 P401

Confirmation de réparation

Confirmation de réparation non satisfaisant

Etape 6

Etape 7

Etape 8

OK

# CONCLUSION

Au terme de cette étude qui nous a été soumise dans le cadre du projet de fin d'études, nous avons concentré tous nos efforts sur la description du circuit carburant (SAC).

Nous avons conclu que le circuit carburant du réacteur CFM 56-7B (SAC) est un circuit très important pour ce dernier car son fonctionnement en dépend.

Il assure la pressurisation, la filtration, la combustion, l'injection de carburant et l'échange de chaleur.

De ce modeste travail nous avons pris connaissance de :

- La description du moteur.
- Les différents modules et les composants du CFM 56-7B.
- L'étude du circuit de carburant SAC.

Nous avons également appris l'utilisation des différents documents de maintenance qui gèrent la maintenance programmée et non programmée de ce réacteur car ils ont été modernisés par rapport aux manuels de maintenance des CFM 56-3 qui équipaient les Boeing 737-300/-400/-500 par la réorganisation de leurs chapitres et sections.

La maintenance de ce moteur est une nouvelle génération de conception. Sa facilité de maintenance en piste est due à sa haute technologie et à sa fiabilité de réparation suite au nouveau système d'indications (CDU, CDS et DEU) qui permet au pilote et au technicien de localiser la panne.

Nous avons acquis une expérience qui nous a permis d'approfondir nos connaissances techniques et de nous préparer à la vie professionnelle dans le domaine de la maintenance aéronautique.

# ABREVIATION

- **AFSO** : Valve d'interruption
- **AGB** : Boite de commande d'accessoires
- **CDS** : Système de visualisation commune
- **CDU** : Boite de commande et d'affichage
- **CFMI** : CFM Internationale
- **EEC** : Système de contrôle électronique
- **EGT** : Capteur de température
- **EHSV** : Valve du servo electro-hydraulique
- **EIU** : Unité d'interface de moteur
- **FF** : débit de carburant
- **FMV** : Vanne de dosage carburant
- **FRV** : Vanne de retour
- **HMU** : Dispositif de régulation du moteur
- **HPC** : Compresseur haute pression
- **HPT** : Turbine haute pression
- **HPTACC** : Contrôle de jeux turbine haute pression
- **HPSOV** : Robinet d'arrêt haute pression
- **LPC** : Compresseur basse pression
- **LPT** : turbine basse pression
- **LPTACC** : Contrôle de jeu turbine basse pression
- **N1** : Vitesse de rotation de l'attelage basse pression
- **N2** : Vitesse de rotation de l'attelage haute pression
- **OSG** : système de régulation de survitesse
- **P1** : Pression interne de la FMV
- **P2** : Pression externe de la FMV
- **P22** : Pression de décharge de la HMU
- **PB** : Pression de bypass
- **PC** : Pression de régulation



- **PCB** : Pression de régulation de corps
- **P2P** : Pression référentielle du débit carburant
- **PCR** : Pression référentielle de régulation
- **PS** : Pression interne de la HMU
- **PSO** : Pression d'arrêt de la FMV
- **PX** : Pression de servo modulée
- **PSF** : Pression d'alimentation de servo filtré
- **RPM** : Nombre de rotation par minute
- **TBV** : Vanne de décharge et de transition
- **VBV** : Vanne de décharge
- **VSV** : Stator à calage variable
- **SOV** : Pression de contrôle de robinet d'isolation
- **SOVX** : Pression modulé de robinet d'isolation

# BIBLIOGRAPHIE

- 737 Air Frame maintenance Traing Manuel
- CFM56-7B Line et Base Maintenance
- Cours « Organisation Maintenance » et Cours « Technologie Moteur » 3<sup>ème</sup> année DEUA
- 737 Maintenance CBT (computer based training)
- CD CFM (BOOK LINE)
- FIM: Fault Isolation Manuel