

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE DE BLIDA  
INSTITUT D'AERONAUTIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE  
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DES ETUDES UNIVERSITAIRES  
APPLIQUEES (DEUA)  
Option : Propulsion

THEME

63/02  
05H2002  
(EX)



*présenté par :*  
Mr. KERTAL Ahmed

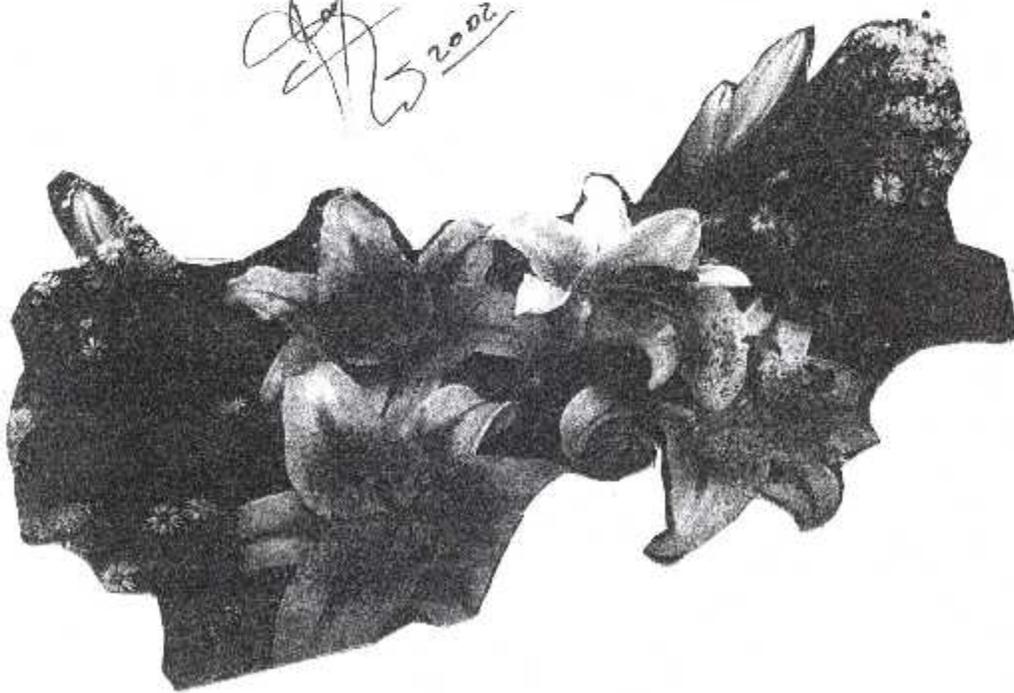
*Dirigé par :*  
Mr. KBAB Hakim

Promotion:2002

أهدي هذا لعملي التواضع والوالد المحترم والوالدة  
الغالية، ولما كل أفراد العائلة .  
والكل من يحمل لقب قرطال - أئوتى - أئوتى عابدة -  
والأصدقاء : زبير، هادي، خليل، عبدالرزاق  
محمد، حسين، ياسين، سفيان، زكرياء، أمه  
طاهر من: علي، نور، إسماعيل، صادق  
يوسف، خالد، مراد، صلاحية، سكيرية .  
وكل طلبة معهم، لخيران - البلدة -

أئوتى قرطال

2002



# Remerciements

*Nous remercions notre dieu (allah) de nous avoir attribué assez de courage et de volenté pour arriver à terminer ce travail et de nous avoir accordé la vie afin de voir éclore le fruit de nos efforts*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tous ce qui, de près ou de loin, ont contribué à la pleine élaboration de ce projet et tout particulièrement à monsieur KEBAB Hakim (notre encadreur) qui nous a guide pas a pas vers le but et qui s'est dépensé à fond pour nous venir en aide et nous donner tous les explications et outils de travail nécessaires à l'aboutissement de notre études .*

*Nous remercions aussi monsieur MESSAOUD Menaouer ,et monsieur ABADA Qmar pour tous ses aides*

*A tout le corps de l'institut d'aeronautique*

*Notre respect au membres de jury qui certainement nous feront l'honneur d'apprécier notre travail.*

*M.kertal ahmed*



## ABSTRACT

We have study the *air system* witch covers primary ,secondary and parasite (cooling and pressurisation ) airflows and the system used to control the air flow .

Also , we have study the fault isolation technic witch is used by LUFTHANSA company .

## RESUME

Dans ce travail on a étudié le *système d'air* qui consiste, le flux de propulsion , le flux de pressurisation, le flux de refroidissement et le flux de contrôle qui permet de contrôler le flux de compresseur et le flux de la turbine

Et on a essayé de prendre une vue générale sur la technique de recherche de panne utilisée par les constructeurs du moteur CFM56-5B

# Sommaire

## Chapitre I : historique

CFM international.....	01
------------------------	----

## Chapitre II : Description du moteur CFM56-5B

II.1- Description.....	04
II.2- Les modules du moteur.....	07
1) Module fan.....	07
2) Module core.....	08
3) Module LPT.....	10
4) Module AGB.....	11
II.3- Les stations du moteur.....	13
II.4- Les systèmes FADEC.....	14
II.5- Les systèmes de réglages de pression.....	17

## Chapitre III : le système d'air du moteur CFM56-5B

III.1- Introduction.....	18
III.2- Le comportement nacelle.....	19
III.3- La section du moteur.....	21
III.4- Le contrôle du compresseur.....	22
III.5- Le contrôle du compresseur HP.....	23
III.6- Le contrôle de la turbine HP/LP.....	34
III.7- Le système de contrôle du jeu de la turbine HP.....	38
III.8- La valve du contrôle du jeu turbine HP.....	39
III.9- Le système de contrôle du jeu de la turbine LP.....	41
III.10- La valve du contrôle du jeu de la turbine LP.....	42
III.11- Refroidissement des accessoires du moteur.....	44
III.12- Refroidissement des câbles d'allumage.....	45
III.13- Système pneumatique de contrôle du jeu de la turbine HP.....	46
III.14- Refroidissement de la turbine HP.....	48
III.15- Système de refroidissement de la turbine HP.....	49
III.16- L'air de pressurisation des roulements.....	50
III.17- Refroidissement et étanchéité du compartiment du roulement N°4.....	52

## **Chapitre IV : Maintenance et Recherche de panne du moteur CFM56-5B**

IV.1- Maintenance du moteur CFM56-5B.....	53
IV.2- Recherche de panne du moteur CFM56-5B .....	54
IV.3- Procédure de détection des pannes.....	55
IV.5- Mode menu du logiciel de maintenance.....	57
IV.6- Exemples de recherche de pannes.....	62

### **Conclusion**

# LA LISTE DES FIGURE

## CHAPITRE I : HISTORIQUE

(fig.I-1) LES DEFFERENTS MODULES DU MOTEUR REALISE PAR CFMI.....	1
(fig.I-2) LES MOTEURS DE LA FAMILLE CFM 56 .....	3

## CHAPITRE II : DESCRIPTION DU MOTEUR CFM 56-5B

(fig.II-1) LES COMPOSANTS PRINCIPALs DU MOTEUR CFM56-5B .....	5
(fig.II-2) LES DIMONSIONS EXTERNES DU CFM 56- 5B.....	6
(fig.II-3) LA SOUFFLANTE ET LE COMPRESSEUR BP.....	8
(fig.II-4) LE ROTOR DU COMPRESSEUR IIP.....	8
(fig.II-5) LA CHAMBRE DE COMBUSTION.....	9
(fig.II-6) LE ROTOR DE LA TURBINE HP.....	10
(fig.II-7) L'ASSEMBLAGE DE LA TURBINE BP.....	11
(fig.II-8) L 'ASSEMBLAGE DE L'AGB.....	12
(fig.II-9) LES STATIONS AERODYNAMIQUES.....	13
(Fig.II-10) : PRESENTATION DU SYSTEME FADEC.....	14
Figure (II-11) : L'UNITE ELECTRONIQUE DU CONTROLE MOTEUR (ECU).....	15
Figure (II- 12) : L'UNITE HYDROMECHANIQUE (HMU).....	16

## CHAPITRE III : LE SYSTEME D'AIR DU MOTEUR CFM 56-5B

(fig. III-1) REFROIDISSEMENT DE LA NACELLE EN VOL.....	20
(fig.III-2) REFROIDISSEMENT DE LA NACELLE EN SHUTDOWN.....	20
(Fig.III-3) LA BSBV ET LE MECANISME D'ENTRAINEMENT.....	23
(fig.III-4) LE VERIN DU SYSTEME ANTI-POMPAGE.....	24
(fig.III-5) SYSTEME D 'ENTRAINEMENT' DU VSV.....	25
(fig.III-6) POSITIONNEMENT DES VERIN DU SYSTEME VSV.....	26
(fig.III-7) LES VALVES DE PRELEVEMENT DU 7ème ET DU 10ème ETAGE.....	27
(fig.III-8) LE SYSTEME ANTI-GIVRAGE DE L'ENTEE DAIR DU MOTEUR.....	28
(fig.III-9) CIRCULATION D'AIR.....	29
(fig.III-10) LE SYSTEME VBV.....	30
(fig.III-11) DIAGRAMME FONCTIONNLE DU SYSTEME VBV.....	31
(fig.III-12) LE SYSTEME DU CONTROLE ACTIF DE JEU DE ROTOR.....	32
(fig.III-13) LA VALVE RACC.....	33
(fig.III-14) SHEMATISATION DE LA VALVE RACC.....	34
(fig.III-15) SYSTEME DE-CONTROLE DU JEU ACTIF HP/LP.....	35
(fig.III-16) LE VERIN ET LA VALVE D'ACC DE LA TURBINE HP/LP.....	36
(fig.III-17) DIAGRAMME DU SYSTEME ACC DE LA TURBINE HP/BP.....	37
(fig.III-18) SHEMA FONCTIONNEL DE LA HPTCC.....	39

(fig.III-19) LA VALVE DU CONTROL DE JEU DE LA TURBINE HP.....	40
(fig.III-20) SYSTEME DE CONTROL DU JEU TURBINE HP.....	40
(fig.III-21) SHEMATISATION DU SYSTEME LPTACC.....	41
(fig.III-22) LA VALVE DU CONTROL DE JEU DE LA TURBINE BP.....	42
(fig.III-23) SCHEMA OPERATIONEL DE LA VALVE LPTACC.....	43
(fig.III-24) SYSTEME DE REFROIDISSEMENT DE L'UNITE DE CONTROL ELECTRONIQUE (ECU).....	44
(fig.III-25) REFROIDISSEMENT DU SYSTEME D'ALLUMAGE.....	45
(fig.III-26) SYSTEME D'AIR DE REFROIDISSEMENT DE LA TURBINE HP.....	46
(fig.III-27) REFROIDISSEMENT DES AUBES DE LA TURBINE HP.....	47
(fig.III-28) LA VALVE DE CONTROL DU SYSTEME REFROIDISSEMENT.....	48
(fig.III-29) SYSTEME DE REFROIDISSEMENT DE LA TURBINE HP.....	49
(fig.III-31) LE SUPPORT DU ROULLEMENT N° 1 ET N° 2.....	51
(fig.III-32) LETANCHIETE DU COMPARTIMENT DES ROULMENTS AVANTS..	51
(Fig.III-33) REFROIDISSEMENT D'AIR DU COMPARTIMENT DE ROULLEMENT N° 4.....	52

#### **CHAPITRE IV : MAINTENANCE ET RECHERCHE DE PANNE DU SYSTEME D'AIR**

Figure (IV-1) : FONCTIONNEMENT EN MODE NORMALE DU LOGICIEL DE MAINTENANCE.....	55
Figure (IV-2) : PROCESSUS DE DIAGNOSTICS DE LA FONCTION ECU MAINTENANCE.....	56
Figure (IV.3) :MEMORISATION DES PANNES.....	57
(Fig.IV-4) MENU DE LOGICIEL DE MAINTENANCE .....	58
(Fig.IV-5) MENU DE DERNIERE PANNES CLASSE 1 ET 2.....	58
(Fig.IV-6) MENU DE DERNIERES PANNES CLASSE 1 ET 2.....	59
(Fig.IV-7) MENU DE RECHERCHE DE PANNES .....	59
(Fig.IV-8) MENU DE RECHERCHE DE PANNES .....	60
(FIG.IV-10)MAINTENANCE DU MODE NORMAL.....	61

## GLOSSAIRE

ANGLAIS

FRANCAIS

Accessory gearbox .....	boîtier des accessoires
Actuation lever guide .....	guide de la barre de commande
Actuator .....	vérin
Area .....	Surface – zone
Balance .....	équilibrage
Ball Bearing .....	Roulement à billes
Blade .....	Ailette
Body .....	Corps
Booster .....	gavage
Box .....	boîte
Bracket .....	support
Chamber .....	chamber
Check valve .....	Clapet de contrôle by – pass
Clearance .....	Jeu – espace
Clearance control manifold .....	Rampe de contrôle des jeu
clog .....	colmatage
coil .....	bobinage
combustor .....	chambre de combustion
cooling .....	Refroidissement
core cowl .....	Capot réacteur
cowl .....	Capot
cracking pressure .....	Pression d'ouverture
device .....	système
diffuseur turner .....	Diffuseur et chambre
disk .....	disque
display .....	Ecran
dovetail .....	queue d'aronde
drain .....	drain
drive shaft .....	arbre d'entraînement
end housing .....	Logement d'extrémité
engine .....	réacteur
exit .....	sortie
fairing .....	carénage d'entrée d'air primaire
fan .....	soufflante
fan blade containment .....	revêtement protecteur en cas de rupture d'aillette de fan
fan cowl .....	capot de fan
fan forward case .....	carter avant de fan
fan forward shaft .....	arbre avant
fan frame case .....	carter intermédiaire de fan
fan stator case .....	carter de fan
feedback cable .....	câble de retour d'asservissement
fill .....	remplissage
flow .....	écoulement débit
forward mount .....	attache avant

fuel nozzle	injecteur carburant
gearbox	Boîtier d'accessoires
harness	rampe
head	tête
heat exchanger	échangeur thermique
hole	orifice
HPT nozzle assembly	stator de turbine HP
Hub	moyeu
Ignitor plug	allumeur
Indicator	indicateur
Inlet	entrée
Inlet gearbox	prise de mouvement- IGB
Inner	Intérieur
Insulator	isolation thermique
Integrated drive generator	alternateur à entraînement Intégrée
Interlocking tip shroud	verrou et joint d'extrémité d'ailette

jam nut	Contre - écrou
key	c. lé
leads	Câblage
leak	fuite
level	niveau
low pressure spool	attelage basse pression
LP compressor	compresseur BP
LP turbine	Turbine BP
Lube et scavenge pump	pompe de lubrification et Récupération
main engine control	régulateur principal carburant
main housing	carter principal
manifold	collecteur
Midshaft	arbre intermédiaire BP
mounted	Attacher
nose cowl	capotage d'entrée d'air
nut	Écrou
nozzle	Injecteur, gicleur
offset hole	trou décalé
outer	extérieur
outlet	sortie
over temperature	surchauffe
packing	joint
permanent magnet	aimant permanent
pin	ergot goujon
plug	cône central de tuyère
pop pet	Clapet à soupape
port	orifice
pre-cooler	Pré- refroidisseur
primary nozzle	tuyère primaire
probe	sonde
receptor	récepteur
reference lug	ergot de référence
trainer	verrou

ring.....	anneau
rod.....	bielle
roller bearing.....	roulement à rouleaux
rubber.....	caoutchouc, gomme
scoop.....	prise d'air
screen.....	filtre, crépin
scupper.....	coupelle de récupération
seal.....	joint
secondary.....	Secondaire
see view.....	vue
sensor.....	sonde, détecteur
shaft.....	Arbre
shorter.....	Réduction
side.....	côté
smooth seal.....	joint lisse
spines.....	cannelures
spool.....	rotor
spring.....	Resort
stage.....	étage
stage 1 nozzle.....	distributeur de turbine 1 <sup>er</sup> étage (NGV 1)
stream.....	flux
strut.....	Bras
sump.....	puisard
supply.....	Alimentation
support grommet.....	Amortisseur (silentbloc)
swirl.....	turbulence
tank.....	réservoir
tap.....	prise, branchement
thermal shield.....	joint thermique
thrust reverser.....	* Inverseur de poussée
traducer.....	transmetteur
turbine case cool.....	refroidissement carter turbine
turbine disk.....	disque de turbine
turbine rear frame.....	Carter arrière de turbine
unisson ring.....	anneau d'entraînement
variable bleed valves.....	vanne de décharge
variable stator vanes.....	Stator à calage variable
VBV door closed.....	Vane de décharge fermée
VBV door open.....	Vanne de décharge ouverte
VBV mechanical system.....	dispositif anti-pompage BP
Weight.....	masse
Wind back or screw back seal.....	joint d'huile à filetage inverse
Winding.....	Enroulement
Wing anti-ice.....	Dégivrage
Wiring.....	câblage



*Introduction*

## INTRODUCTION :

Afin d'assurer le bon fonctionnement du moteur, éviter l'arrêt brusque de ce dernier en plain vol et risquer la vie des passagers, des dispositifs de contrôle sont mis au point par les constructeurs et parmi ces dispositifs le système d'air.

Le rôle du système d'air est de contrôler le fonctionnement du moteur en :

- empêchant le phénomène de pompage et de surpression de se produire pour cela des aubages de pré rotation (VSV), des systèmes de vanne de décharge (VBV) des prélèvements d'air sont utilisés.
- Réduisant la consommation du carburant pour un rendement meilleur. Pour cela un contrôle actif du jeu entre les extrémités des aubes de la turbine haute pression et son carter (HPTCC), le contrôle du jeu de la turbine basse pression et son carter (LPTCC) ainsi que le contrôle des jeux entre les extrémités des ailettes du rotor de compresseur et le carter de ce dernier (RACC), ce système empêche aussi de dépasser le seuil critique de la température des gaz d'échappement (l'EGT).
- Empêchant les fuites d'huile de graissage des composants tournants tel que les roulements des paliers.

A travers ce projet nous décrivons le système d'air sur un nouveau type de moteur qui est le **CFM56-5B** issu de la coopération des deux constructeurs SNECMA et GE.

Nous tenterons à travers ce projet aussi de décrire comment s'effectue la recherche de panne sur ce moteur qui est équipé de dispositifs électroniques sophistiqués qui facilitent la tâche aux équipes de maintenance. Enfin nous avons donné quelques exemples sur la recherche de pannes du système d'air.

Pour cela nous organisons notre thèse selon le plan de travail suivant :

**Chapitre I** : Il consiste l'historique du constructeur de construction des moteurs d'avions CFM international.

**Chapitre II** : Il concerne la description générale de notre moteur CFM56-5B.

**Chapitre III** : Il consiste l'étude descriptive du système d'air du moteur CFM56-5B.

**Chapitre IV** : Qui concerne la recherche de panne du système d'air du moteur CFM56-5B.

Et nous terminons notre travail par une conclusion générale.



CHAPITRE 1

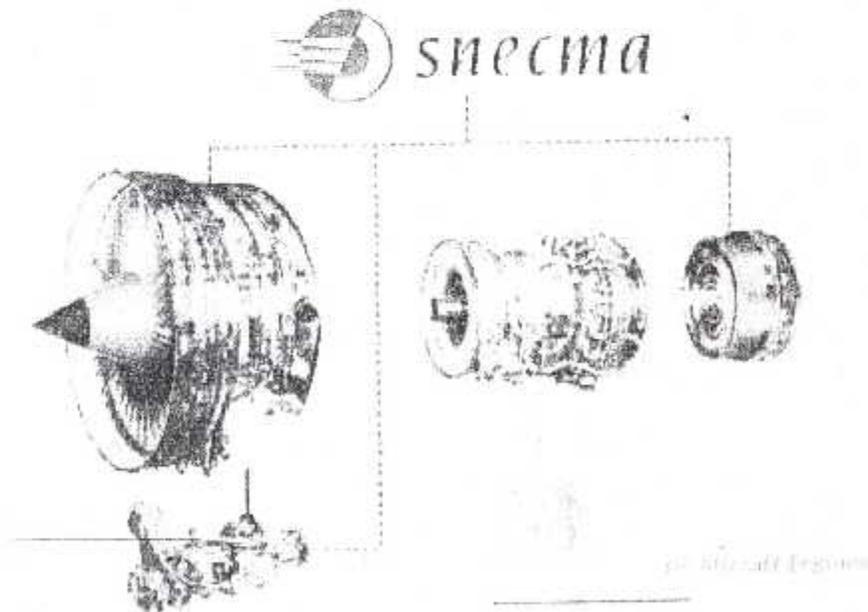
*Historique*



## cfm international

EN 1974, CFM international, une filiale de SNECMA (société national d'étude et de construction aéronautique -France) et GENERAL ELECTRIC (de l'Etats-Unis) , avait lieu comme un effort international de débutant offrant un produit simple.

Dans peu plus de deux décennies il s'est développé pour devenir un des principaux fournisseurs des moteurs de transport dans le monde. Ce succès commercial repose sur plusieurs avantages compétitifs. Il s'agit tout d'abord d'une réussite technologique .Les premiers moteurs de la famille ont été créés à partir du prototype M56 de Snecma moteurs et d'une version CF (commercial fan) du corps haute pression militaire F101 de GE .



(fig.1-1) LES DEFFERENTS MODULES DU MOTEUR REALISE PAR CFMI

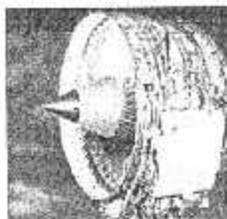
Livrés à partir de 1982, ils ont permis de diminuer d'environ 20% la quantité de carburant consommée par les moteurs alors en service.

Quelques années plus tard, les deux partenaires ont mis au point un nouveau système de combustion, le DAC (double annular combustor) qui a permis de diminuer les émissions de NOX de plus de 40% et de satisfaire aux normes environnementales les plus exigeantes.

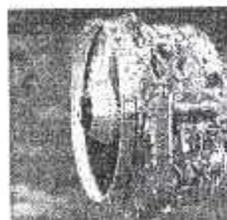
Vendu à près de 15000 exemplaires, le CFM 56 est le moteur de choix pour les applications courts et moyen-courriers de Boeing et Airbus; il propulse en exclusivité toute la famille Boeing 737. Chez Airbus, il équipe non seulement la totalité de la famille A320, mais aussi le quadrimoteur long-courrier A340.

La famille CFM56 offre la plus large gamme de moteurs, cette dernière est déclinée en 6 modèles, CFM56-2, -3, -5A, -5B, -7B, elle développe des puissances de 18500 à 34000 LB (82 à 151 KN de poussée).

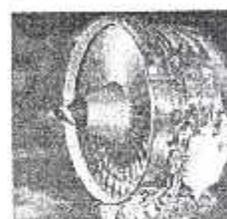
La fiabilité du CFM56 constitue aussi un atout majeur. Sa durée de vie sur l'aile est parmi les plus longues, avec une durée de vie moyenne sur l'aile avant la première visite de 16000 heures, et avec de nombreux atteignant 30000 heures sans visite.



CFM56-2  
22 000 à 24 000 livres de poussée, puissance pour le Kc-135r, C-135r, E-3, Dc-8 70 superbes



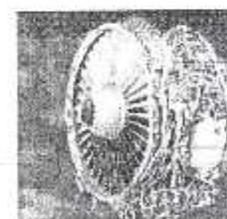
CFM56-3  
18 500 à 23 500 livres de poussée, moteur unique disponible pour le Boeing 737-300/-400/-500



CFM56-4  
22 000 à 26 500 livres de poussée, puissance pour l'Airbus Industrie A319 et A320



CFM56-5b  
22 000 à 32 000 livres de poussée, puissance pour l'Airbus Industrie A318, A319, A319XJ, A320 et A321



CFM56-5c  
31 200 à 34 000 livres de poussée, puissance pour l'Airbus Industrie A340-200 et A340-300



CFM56-7  
18 500 à 27 300 livres de poussée, le moteur unique a offert pour le Boeing 737-600/-700/-800/-900/BBJ

(fig.I-2) LES MOTEURS DE LA FAMILLE CFM 56

CHAPITRE II:

*Description du moteur CFM56-5B*

## I-DESCRIPTION

Le CFM 56 -5B est un moteur à double corps, à double flux ,et à écoulement axial avec un taux de dilution élevé, avec une poussée comprise entre 98,00et 142,50 KN, il est d'une conception entièrement modulaire pour faciliter son démontage ,donc sa maintenance. Il a entré en service en 1994 après un développement commencé à partir d'un programme qui date de 1974 issu d'une fusion des deux sociétés occupants des places importantes à l'échelle mondiale à savoir SNECMA , une société nationale française d'étude et de construction de moteur aéronautique et GE (General Electric) ,une société américaine. Ce moteur équipe les avions de la famille A 320 (A319-A320-A321). Il ait preuve d'une remarquable fiabilité à exploitation ,ce moteur a bénéficié une technologie avancées en conception : l'analyse aérodynamique tridimensionnelle a permis d'améliorer l'efficacité des ailettes du compresseur et de la turbine HP et la turbine BP.

La nomination du cfm56-5Best un acronyme issu de l'application (cf6 ,compresseur-fan) de GE et (M-motor) de SNECMA

Pour sa conception, les constructeurs font appelé à l'ensemble des techniques avancés maîtrisées à ce jour pour l'amélioration des performances et de la durée de vie. Le moteur dispose en particulier d'un contrôle et d'une régulation numérique pleine autorité (système FADEC).

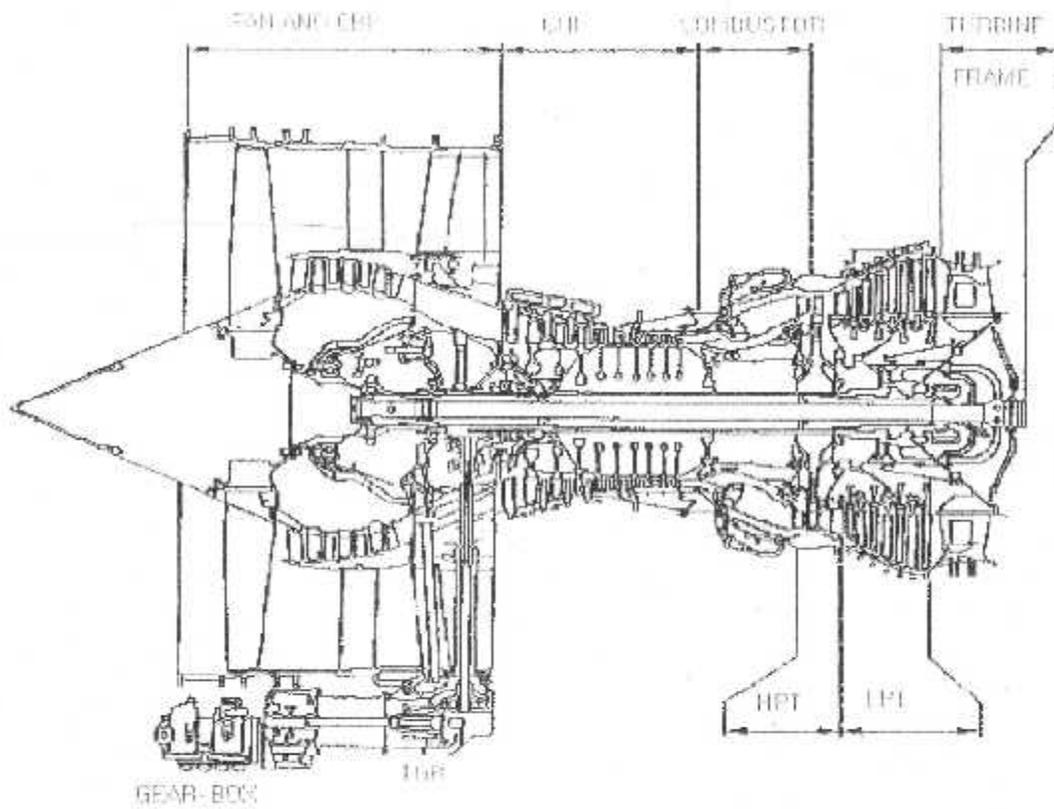
Ce moteur occupe une position commerciale très sur. Il a été choisi par AIR-BUS comme source unique pour motoriser ses A319-A320-A321. Il bénéficie d'améliorations très nettes par rapport au leader de sa catégorie,leCFM56-3 équipant les BOEING 737 classique .

Ce moteur issu de cette coopération présente les caractéristiques suivantes :

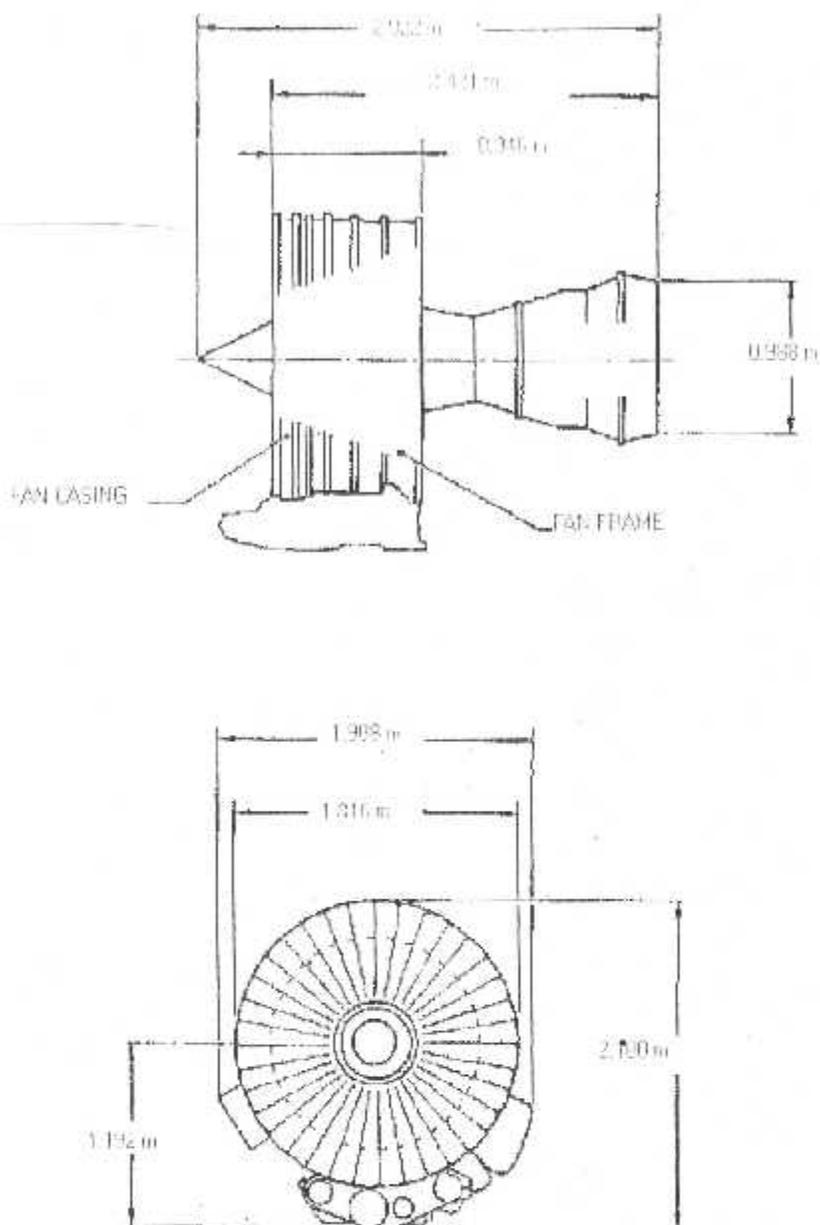
- Robustesse accrue
- aubes soufflantes large corde
- une régulation numérique pleine autorité redondante (FADEC)
- d'une chambre de combustion a double tête (DAC),en option, permettant de réduire la production d'oxyde d'azote (NOX)
- d'une turbine haute pression dotée d'aube mono cristalline en alliage N5, permet au CFM56-5B d'avoir :
  - Une température de fonctionnement plus basse avec des marges EGT plus élevées pour une meilleure longévité du moteur sous l'aile .
  - Une consommation spécifique de carburant réduire de plus de 8% par rapport a celle du CFM56-3.

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

Electronique  
Hydraulique  
Pneumatique



(fig II-1) LES COMPOSANTS PRINCIPAUX DU MOTEUR CFM56-5B



(fig II-2) LES DIMONSIONS EXTERNES DU CFM 56- 5B

## II-Les MODULES DU MOTEUR :

Le CFM56-5B est composé de 4 modules principaux :

**MODULE FAN :** Il se compose de la soufflante et le compresseur basse pression .

**MODULE CORE :** Il se compose du compresseur haute pression et de la chambre de combustion .

**MODULE LPT :** il se compose d'une turbine haute pression et une turbine basse pression.

**MODULE DE COMMANDE DES ACCESSOIRES :** Il présente la boîte d'entraînement des accessoires (GEAR-BOX) .

L'arbre N1 supporte la soufflante, le rotor LPC et le rotor LPT, tandis que l'arbre N2 supporte le rotor HPC et le rotor HPT.

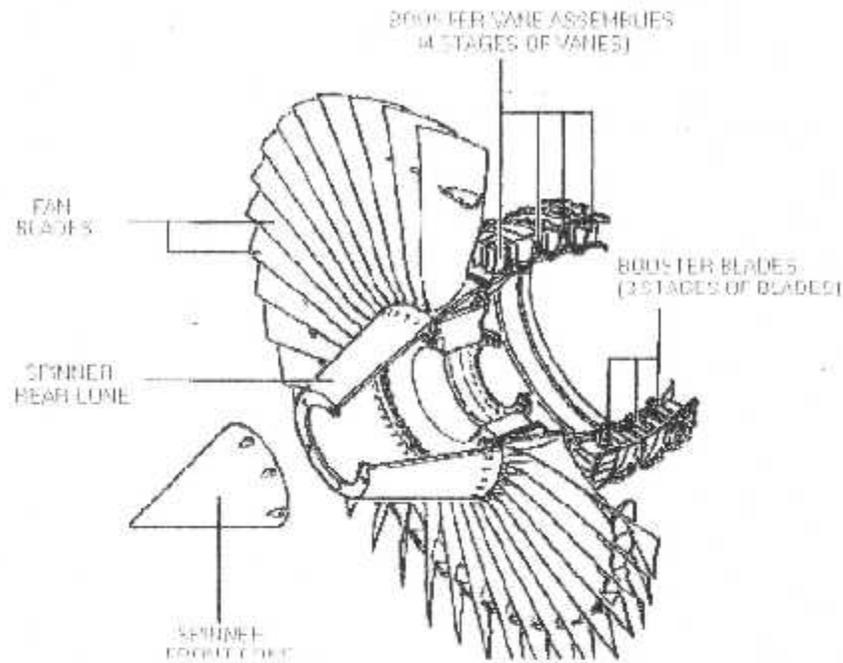
### II-1) MODULE FAN :

a) *La soufflante* : elle est composée d'un rotor de 24 ailettes ,avec un diamètre de 1,55m. Elle est entraînée par la LPT ,donc elle tourne à la même vitesse que celle du CBP. Son rôle est d'aspirer et d'accélérer l'air pour accroître la poussée (Le flux secondaire fournis par la soufflante présente 75% de la poussée du moteur).

b) *Le compresseur basse pression* : C'est un compresseur Axiale à 3 étages entraîné par la LPT ,il dispose à sa sortie 12 vanes de décharge (VBV) qui permettent d'effectuer une décharge dans le canal du flux secondaire l'excès d'air qui se forme dans certaines conditions (exp. : décélération) ,elle permet ainsi d'éviter le pompage de ce dernier.

La soufflante et le compresseur basse pression forment un compresseur à 4 étages . La soufflante accélère la vitesse de l'air ,un splitter divise cet air en deux parties :L'air primaire et l'air secondaire.

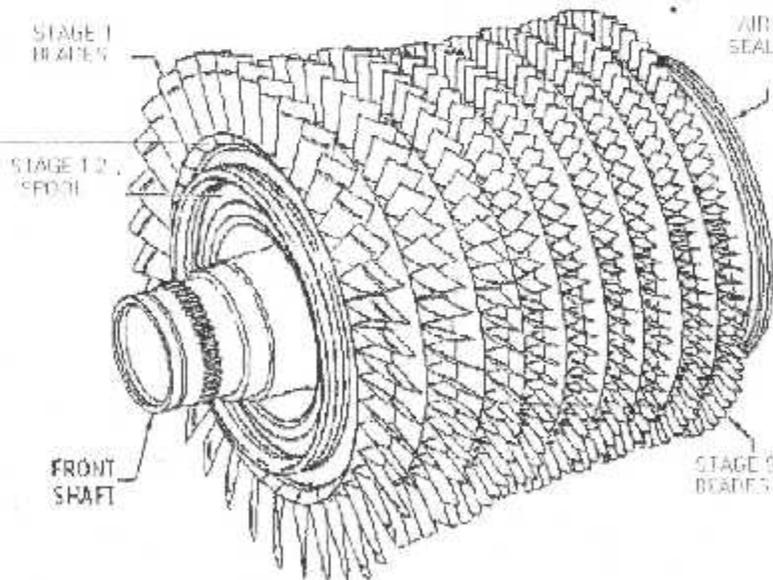
- L'écoulement primaire va au niveau du core de l'engin après avoir été entraîné par le LPC pour augmenter sa pression et l'envoyer vers le HPC
- L'air secondaire s'écoule dans la tuyère du fan pour fournir 75% de la poussée globale du moteur



(fig. II-3) LA SOUFFLANTE ET LE COMPRESSEUR BP

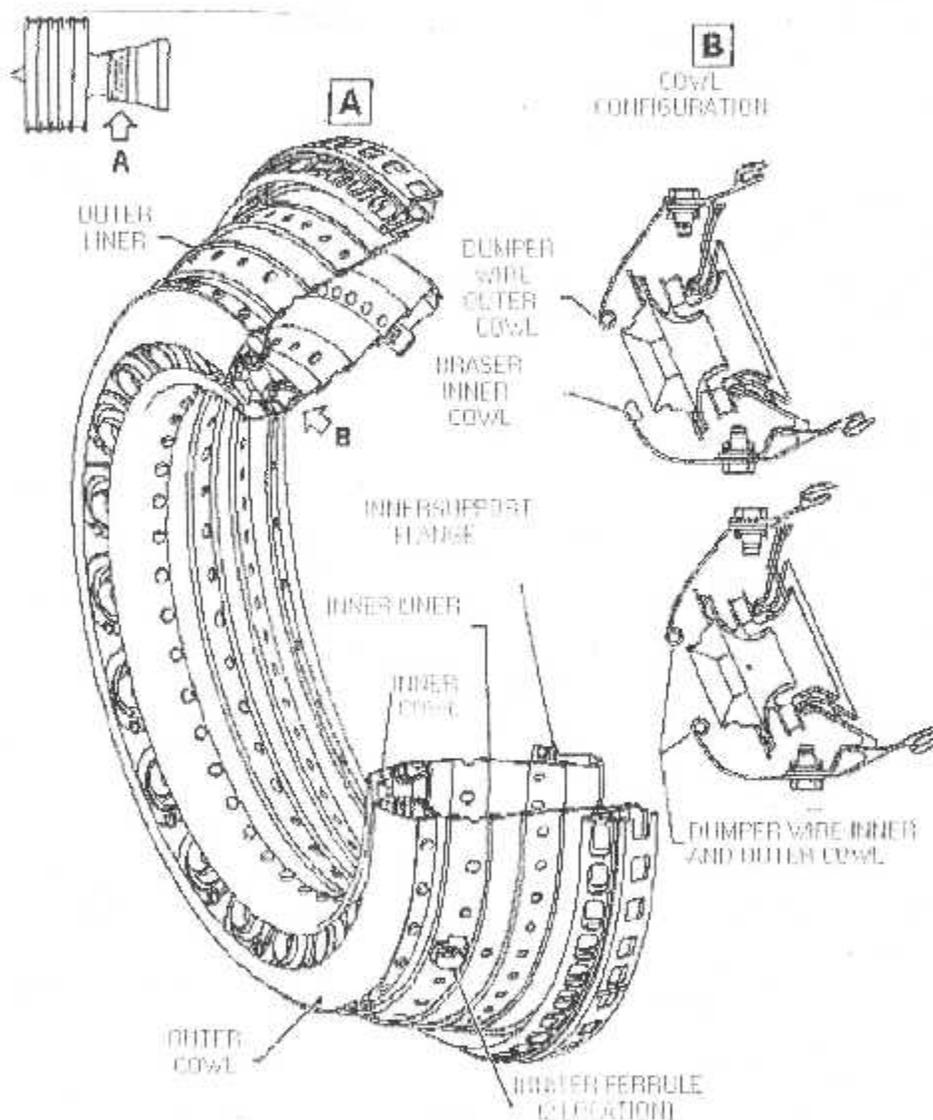
**II-2) MODULE CORE :**

Le compresseur haute pression : C'est un compresseur axial constitué de 9 étages, il augmente la pression de l'air provenant du compresseur basse pression et l'envoie vers la chambre de combustion. Les trois premiers étages comportent des aubes du stator à calage variable (VSV) permettant d'éviter le phénomène de pompage.



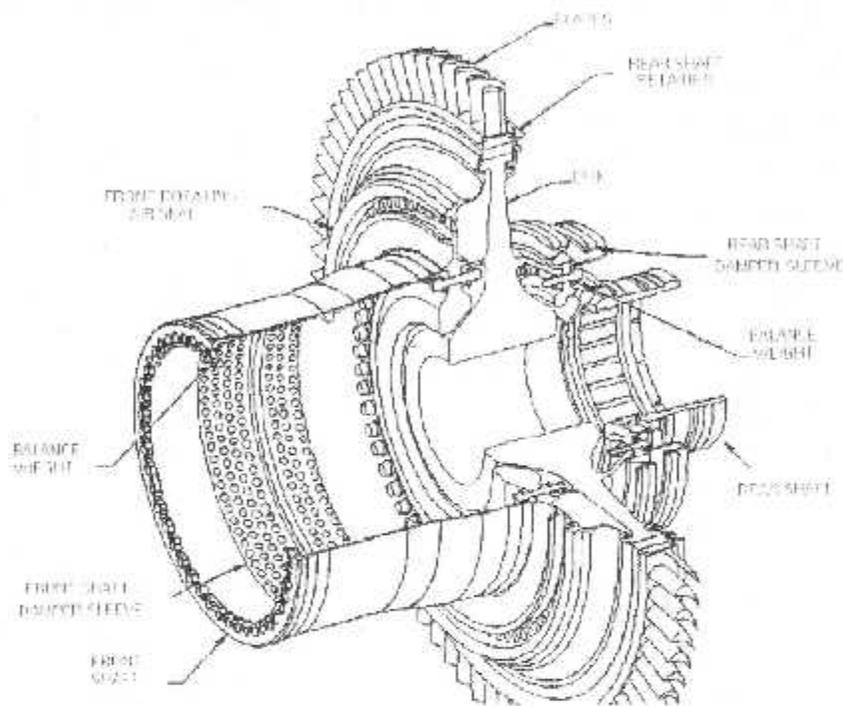
(fig II-4) LE ROTOR DU COMPRESSEUR HP

a) *La chambre de combustion* : Elle est de type annulaire comportant 20 injecteurs et deux bougies d'allumage l'un est positionné à 4h, et l'autre à 8h. L'air provenant du compresseur haute pression est mélangé avec du carburant vaporisé, ce mélange s'enflamme et génère des gaz chauds qui se dirigent vers la turbine HP pour l'entraîner



(fig II-5) LA CHAMBRE DE COMBUSTION

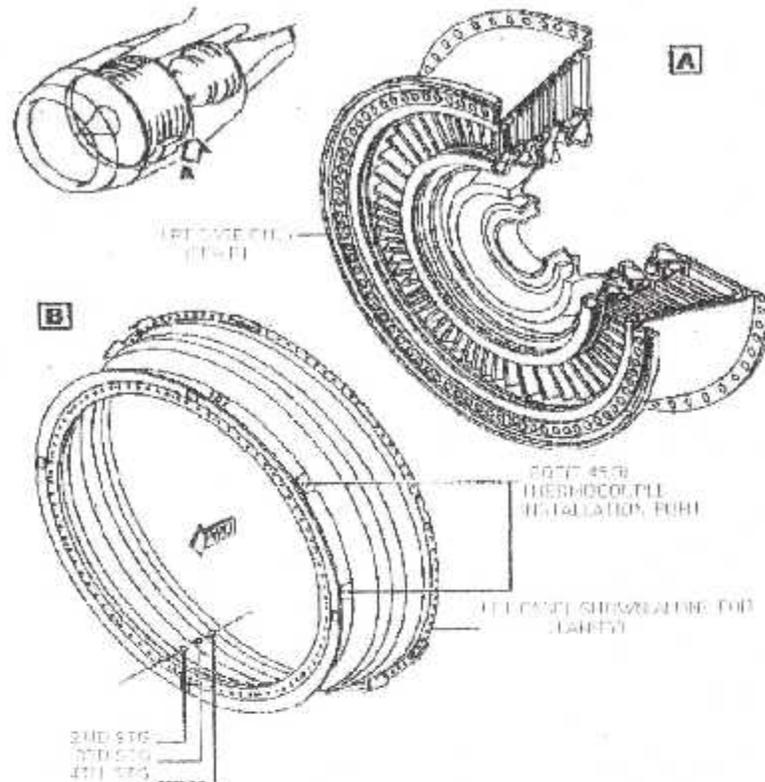
b) *La turbine haute pression* : c'est une turbine à un seul étage .Elle effectue la transformation de l'énergie des gaz chauds en énergie mécanique pour entraîner le compresseur HP.



(fig II-6) LE ROTOR DE LA TURBINE HP

### II-3)MODULE LPT :

b) *La turbine basse pression* : c'est une turbine à 4 étages . Elle transforme l'énergie des gaz chauds en énergie mécanique qui sert pour entraîner la soufflante et le compresseur BP.



(fig II-7) L'ASSEMBLAGE DE LA TURBINE BP

#### II-4) MODULE DE COMMANDE DES ACCESSOIRES :

Le boîtier d'entraînement des accessoires est entraîné par l'attelage HP par l'intermédiaire d'une prise de mouvement d'une boîte de transfert. Il est fixé à la partie inférieure du fan. Il se compose d'un train d'engrenages permet de réduire et augmenter la vitesse pour répondre aux exigences spécifiques d'entraînement de chaque accessoires. Les différents accessoires sont montés sur l'AGB par les anneaux rapides d'attache/ détache. L'AGB est composé de :

- Train d'engrenages
- Arbre d'entraînement horizontal (HDS). : (fabriqué en acier allié) Il transmette le mouvement du TGB vers l'AGB.
- Carter d'AGB : IL supporte les accessoires suivants :

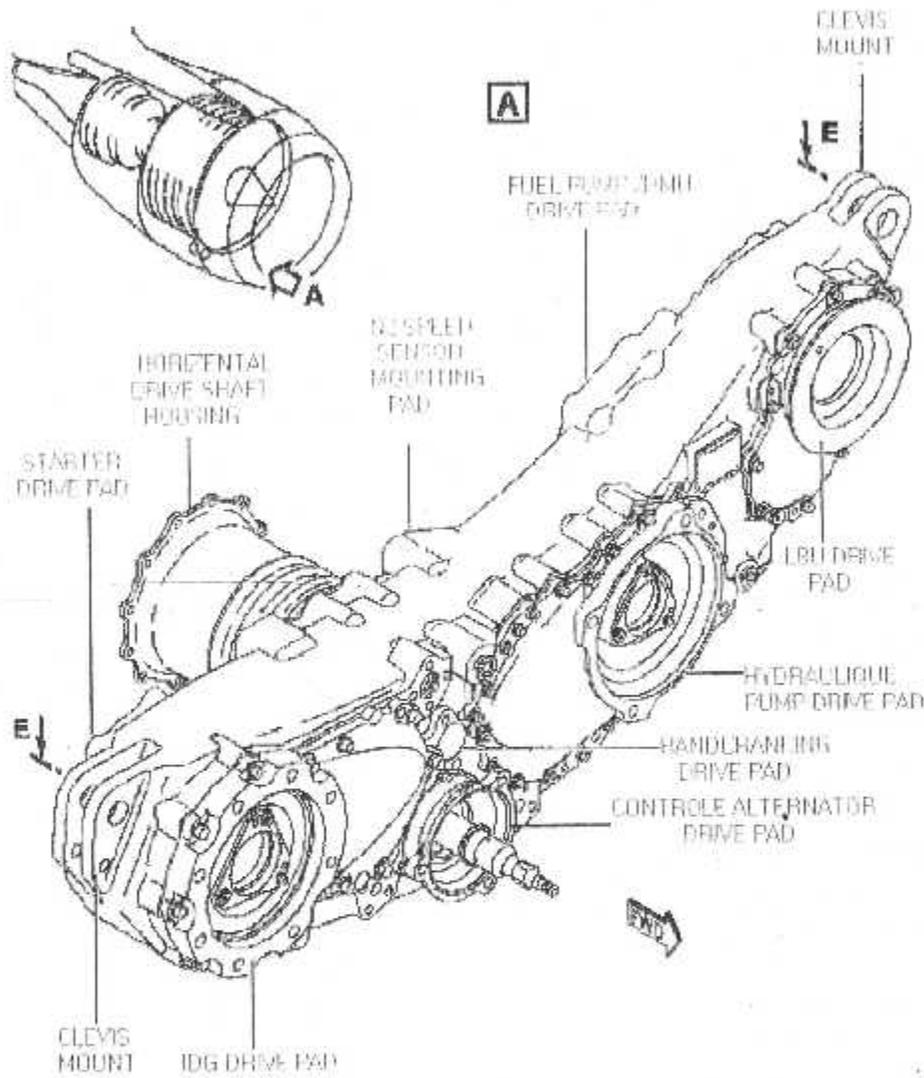
Sur la face avant :

- L'unité de lubrification ( LBU)
- La pompe hydraulique.
- Levier d'entraînement
- Alternateur à entraînement intégré (IDG)
- Alternateur de la FCU

Les unités de la ligne remplaçables et les ports de services associés au module d'AGB et situé sur la face arrière de cette dernière sont :

- Joints magnétiques .
- Unité hydraulique (HMU).

- Pompe de carburant.
- Le démarreur.
- Capteur de vitesse N2.

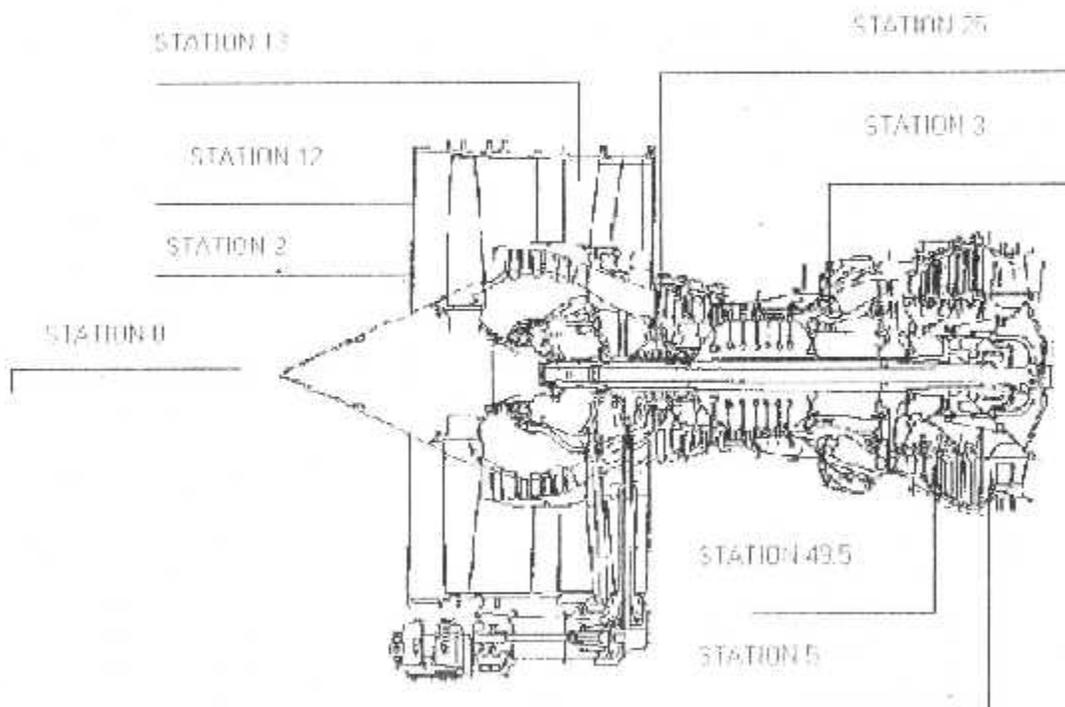


(fig II-8) L'ASSEMBLAGE DE L'AGB

**III- STATIONS AERODYNAMIQUES DU MOTEUR :**

On distingue sept (07) stations aérodynamique dont il est placé des sondes sur le CFM56-5B (fig.II-9) :

- Station 0 : Air ambiant
- Station 12 : Entrée soufflante
- Station 25 : Température d'admission du HPC
- Station 30 : Décharge du HPC
- Station 49.5 : 2<sup>ème</sup> étage de la tuyère LPT
- Station 13 : Décharge de la soufflante
- Station 25 : Admission du



(fig.II-9) LES STATIONS AERODYNAMIQUES

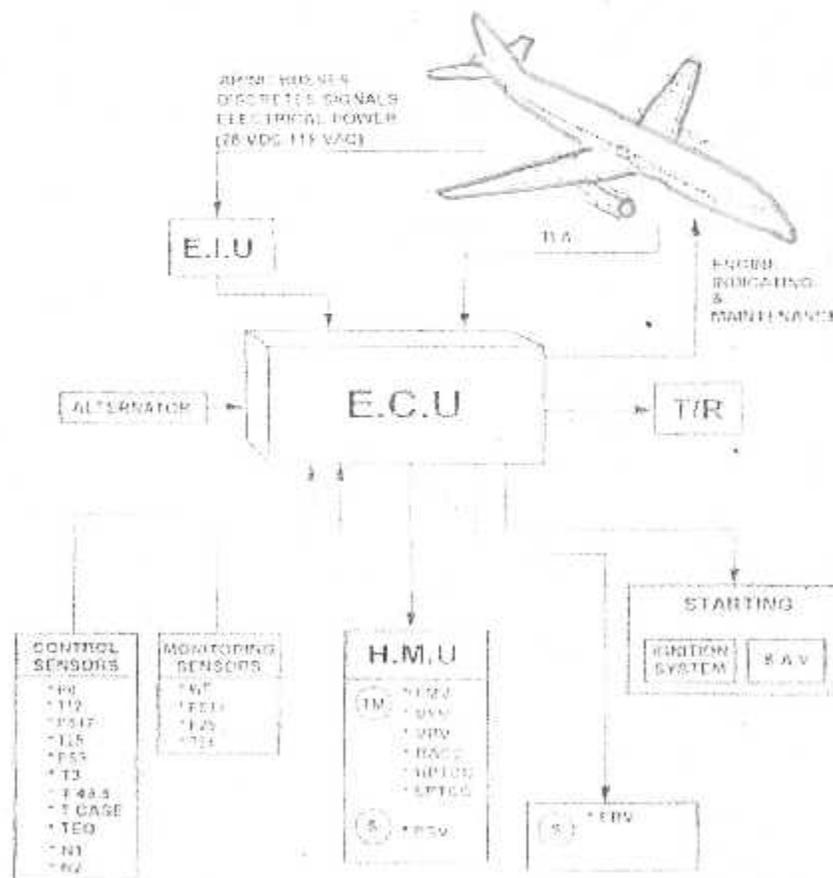
**IV : LE SYSTEME FADEC DU MOTEUR CFM 56-5B**

**IV-1- DESCRIPTION :**

Le FADEC (Full Authority digital Electronic control) est un système électronique et numérique à microprocesseur pour contrôler la gestion du turboréacteur ainsi qu'un appareil de sécurité pour prévenir des pannes sérieuses sur le moteur. Il calcule la quantité de carburant à injecter au moteur en fonction de position de la manette des gaz (TLA) et de la température des gaz d'échappement (EGT) et de la pression du compresseur.

Ce système est composé d'un calculateur de contrôle (ECU) et de ses périphériques ; l'unité hydromécanique (HMU), les capteurs (pressions, températures, vitesse de rotation), les actionneurs (moteur, servo-valves, pompes) et le système d'inversion de poussée.

Le FADEC a la capacité de vérifier la validité des données à partir de la position de la manette des poussées des gaz (mode manuel ou mode automatique).



(FigII-10) : PRESENTATION DU SYSTEME FADEC

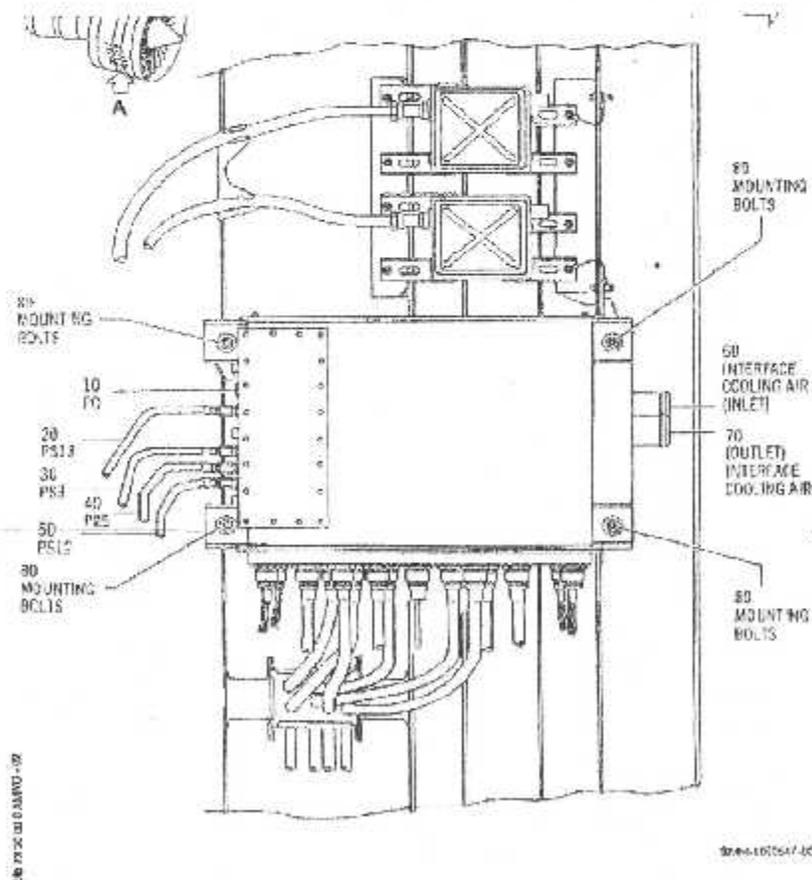
#### IV- 2- L'UNITE DE CONTROLE ELECTRIQUE (ECU) :

L'unité de contrôle électrique est un ordinateur monté sur le carter de la soufflante. Elle commande le moteur d'après l'équipage ou le système de commande automatique de la poussée (auto manette) dans toute la gamme de régime autorisée et en plus assure une surveillance continue du fonctionnement du moteur en empêchant le franchissement des limites calculées.

L'ECU consiste sur 2 canaux A et B ou chacun contrôle les différents composants du système moteur

- Les canaux A et B sont opérationnels de manière permanente.
- Pour augmenter la conception de tolérance de fautes, les paramètres sont échangés entre le contrôle des canaux par l'intermédiaire de liaison des données de transmission à travers le canal.

La ECU est alimentée en 28 volts continue à partir du réseau avion quand le moteur ne tourne pas ou que 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, 5mm après l'arrêt du moteur, l'alimentation avion est automatiquement coupée pour éviter des heures inutiles de fonctionnement de la ECU, cette dernière reçoit aussi une alimentation de 115 volts alternatif pour les circuits d'allumage



(Fig. II- 11) : L'UNITE ELECTRONIQUE DU CONTROLE MOTEUR (ECU)

**IV-3- L'UNITE HYDROMECHANIQUE (HMU) :**

Le HMU reçoit les signaux électrique de l'ECU et les convertit grâce à des moteurs de couple , en ordres hydromécanique pour calculer le débit de carburant du moteur et contrôler six (06) différents valves réglées et une (1) valve de position ouvrir/fermer.

Couplé à l'ECU, l'e HMU contrôle le positionnement des 07 dispositifs qui sont les suivants :

- Le galet doseur carburant (FMV)
- Les stators à calage variable (VSV)
- Les vannes de décharge (VBV)

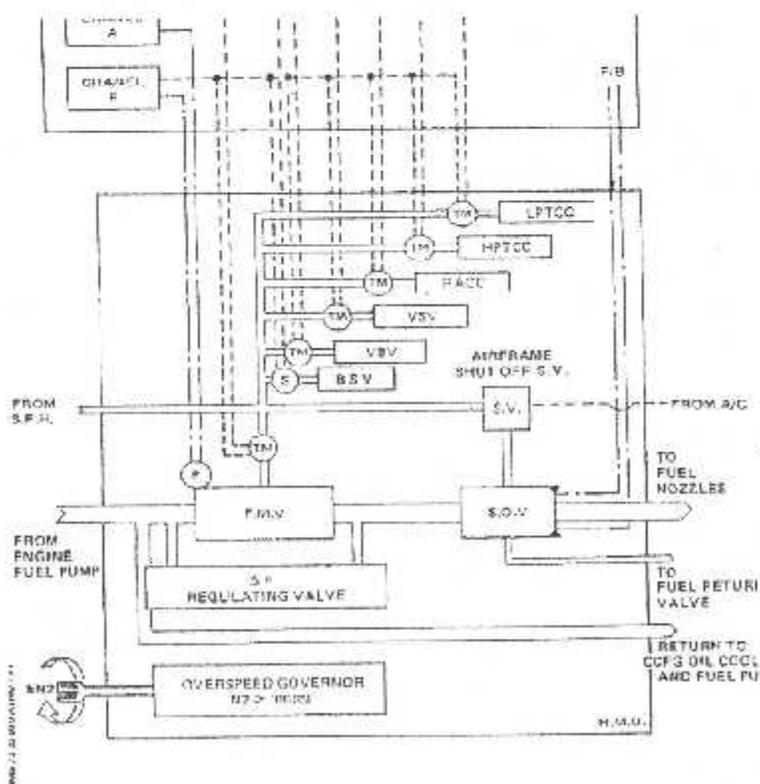
Et les trois valves de contrôle du jeu :

- La valve de contrôle actif du jeu rotor (RACC)
- La valve de contrôle actif du jeu turbine haute pression (HPTCC)
- La valve de contrôle du jeu turbine basse pression (LPTCC)

Et la valve on/off comme :

- La vanne de sélection injecteurs (BSV)

En outre , le HMU comprend un système de régulation de survitesse qui fonctionne indépendant de la ECU



(Fig.II- 3) : L'UNITE HYDROMECHANIQUE (HMU)

**IV-4 LE SYSTEME DE REGULATION DE PRESSION :****IV-4-1) DEFINITION ET OPERATION :**

Le système de régulation de pression alimente le HMU avec deux (2) pression intermédiaire dérivées des pressions disponible de la pompe à carburant .La pression de carburant résultante est utilisée par le HMU pour les mécanismes d'asservissement (servo- mechanisms) et pour actionner les différentes valves de contrôle .

Il y a 4 pression différentes principales/

- psf : pression d'asservissement filtrée( déchargée du pompe HP)
- pc : pression de contrôle .
- pcr : pression de l'enveloppe réglé.
- Pb : pression de dérivation (décharge de la pompe LP) .

**IV-4-2) DEFINITION FONCTIONNELLE :**

La HMU est une composante hydraulique qui utilise le carburant comme un fluide de fonctionnement . Les quatre pressions refoulées disponibles sont établies dans cette ordre :

$$\underline{Psf > Pc > Pcr > Pb}$$

- 1) Psf : (réchauffeur) : Le psf est fournis à travers le filtre est égale à la pression déchargée de la pompe à haute pression .
- 2) Pb (pression de dérivation) : La PB est la pression de dérivation de déchargement de la pompe étagée BP. Elle servis comme la pression de drainage pour alimenter les servo- valves.
- 3) Pc :( pression de contrôle) : La pc est réglée par le régulateur de pression du PC à une valeur constante élevée par rapport à la PB à l'aide d'un ressort de rappel calibré en 300psi .

$$\underline{PC=PB+300 Psi.}$$

Les soupapes de régulateur Psf ont des déchargements du Pc vers le Pb pour but de maintenir une différence de pression constante durant toute {durant toute les prté de l'aval demandé de l'écoulement }.

Son fonctionnement primaire est d'opposer ou/et surmonter le Pcr ou Psf vers les pistons ou les valves

Pcr : La Pcr est réglée par le régulateur à une valeur constante élevée que celle du Pb par un ressort de rappel calibré à 150 Psid.

$$\underline{PCR=PB+150 Psi}$$

Le régulateur principale est identique au régulateur Pc . Son rôle primaire est de représenter une pression intermédiaire entre le Pc et le Pb

CHAPITRE III

*Le système d'air du moteur CFM 56-5B*

## LE SYSTEME D'AIR :

### I-INTRODUCTION :

Le système d'air du moteur englobe le flux primaire, secondaire, le flux parasite (l'air de refroidissement et de pressurisation), et l'air utilisé pour contrôler le flux d'air du compresseur et de la turbine.

Toute la quantité d'air du moteur entre dans le compartiment de la soufflante à travers l'entrée d'air du moteur. Après être comprimé par la soufflante, le flux d'air est divisé en flux secondaire et flux primaire par un (splitter) situé dans le chassais fan. Les logiques du système d'air contrôlé par la FADEC sont décrits dans le chapitre 73.25.00.

Le flux d'air du moteur est composé en 2 section :

#### 1)SECTION NACELLE :

L'installation nacelle est désignée pour fournir l'air de refroidissement et de ventilation pour les accessoires du moteur montés sur le chassais de la soufflante et du corps.

#### 2) SECTION MOTEUR :

Le flux d'air du moteur alimente 2 système

- a) système d'air interne : il comporte 3 sous-système
  - flux d'air de propulsion (primaire et secondaire)
  - L'air de pressurisation du compartiment des roulement.
  - L'air de refroidissement.
- b) système d'air externe : il consiste :
  - Le contrôle actif du jeu turbine HP/BP
  - Le contrôle actif du jeu du compresseur (BP et HP)
  - L'air de refroidissement des harnais d'allumeurs à haute tension.
  - L'air de refroidissement de la ECU.
  - L'air de prélèvement du moteur.

### I- 1) LE COMPARTIMENT NACELLE :

La nacelle a trois compartiments principaux :

- L'entrée d'air du moteur.
- Le compartiment du corps .
- Le compartiment de la soufflante.

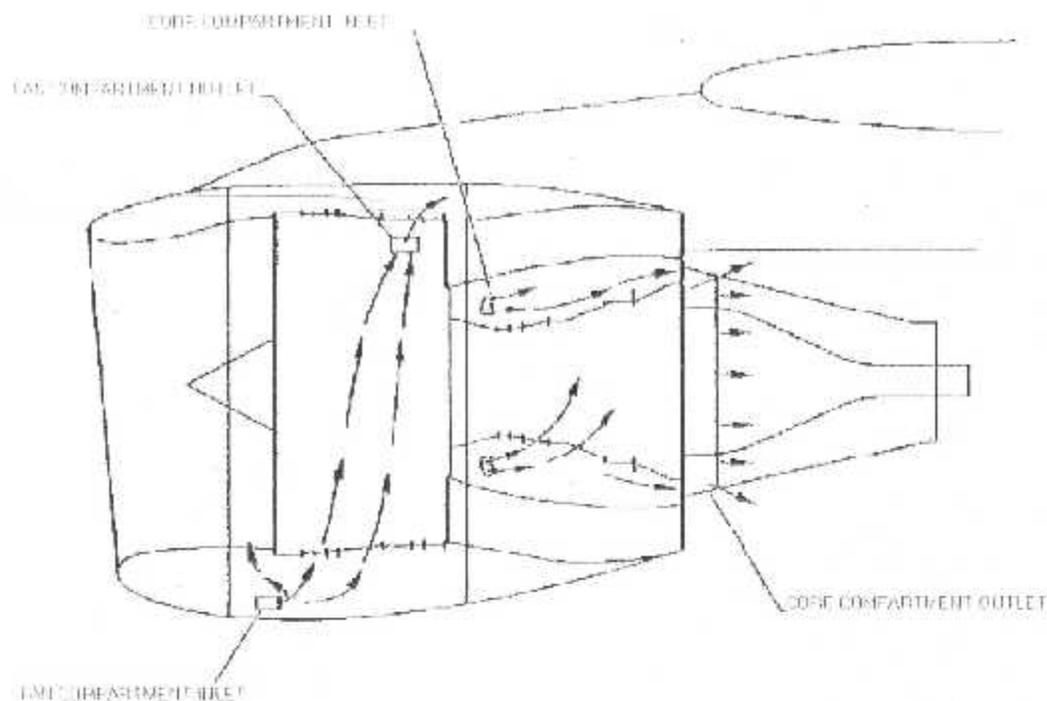
Chaque compartiment est séparé de l'autre par des joints ou par des cadres étanches. Les deux compartiments sont refroidis par de l'air et ils ont des orifices de ventilation .

Le compartiment de la soufflante a une portière (entrée d'air) encastrée et positionnée dans le bas sur la coté gauche du capot de la soufflante . L'air s'écoule autour des accessoires GEAR BOX pour refroidir les composantes et pour empêcher les fuites d'huile .L'air sortie du compartiment fan à travers des orifices positionnés en haut du capot fan. Le compartiment du corps est refroidis par de l'air prélevé du déchargement de la soufflante à travers 4 orifices d'admission encastrées . L'air de refroidissement du carter LPT est contribue pour la ventilation des compartiments .

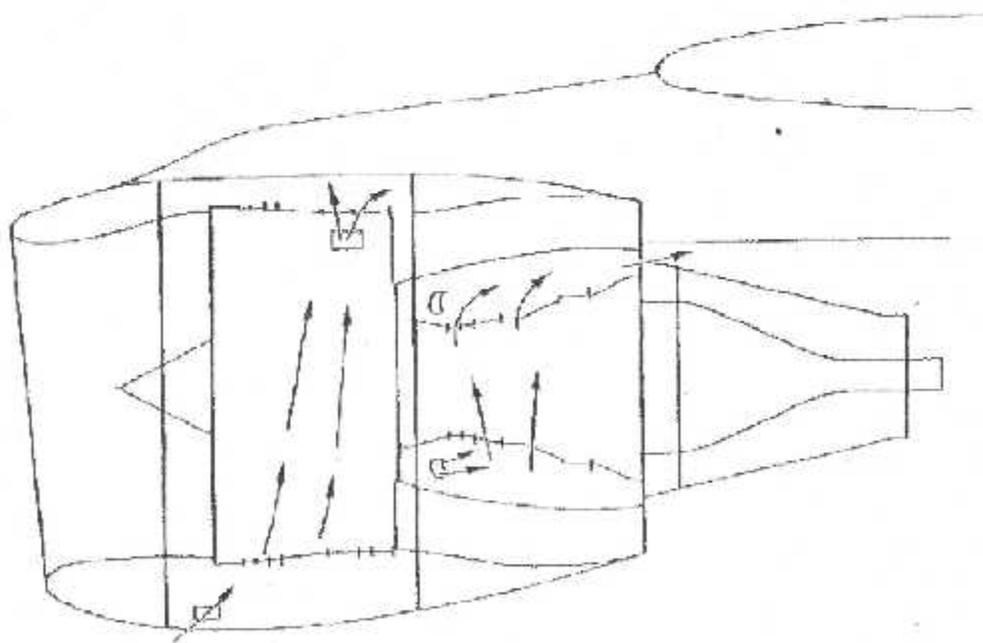
Ce système permet de :

- La refroidissement du composantes pour éviter les températures critiques.
- Ventilation du compartiments durant l'arrêt du moteur (shut down).
- Ventilation du fluide de combustion pour empêcher le feu

La distribution et la circulation d'air dans les compartiments est réalisé afin de ne pas dépasser les limites de la température pour les composantes spécifiques



(fig. J/I-1) REFROIDISSEMENT DE LA NACELLE EN VOL



(fig. J/I-2) REFROIDISSEMENT DE LA NACELLE EN SHUTDOWN

## **I.2 - LA SECTION MOTEUR :**

### **I.2-1 – LE FLUX DE PROPULSION :**

L'air du moteur entre dans le compartiment de la soufflante à travers le capot d'entrée d'air du moteur après être comprimé par la soufflante, l'air se divise en deux flux : flux primaire et flux secondaire par le brise-jet situé dans le chassais de la soufflante.

#### **a) Le flux d'air secondaire :**

L'air de la soufflante s'écoule à travers l'OGV et le redresseur de la soufflante. L'air de déglaciation est déchargé à travers l'assemblage de la tuyère secondaire (CNA) durant le fonctionnement normal du moteur et fournit la plus grande quantité de poussée du moteur (en virant 4/5 de la poussée totale du moteur). Quand les inverseurs sont employés, l'air se dirige dans le sens contraire du déplacement de l'engin à travers des cascades pour réaliser le freinage du moteur. Une petite quantité d'air secondaire est utilisée pour le contrôle actif du jeu turbine HP/BP et la refroidissement du système de contrôle d'envenimement passant par le prés-refroidisseur.

#### **b) Le flux d'air primaire :**

Une quantité d'air de la soufflante s'écoule à travers les trois étages du compresseur BP et entre dans le corps passant par un anneau convergent formé par le chassais de la soufflante. Cette canalisation est équipée par une valve de prélèvement d'étage du booster (BSBV). L'air entre dans le CHP qui est équipé par une valve de prélèvement du 7<sup>ème</sup> étage et entre dans le 10<sup>ème</sup> étage (nécessaire pour la stabilité du moteur pendant le démarrage et durant les conditions passagères). L'air comprimé entre dans la chambre de combustion et s'enflamme avec le carburant. Les gaz d'échappement s'écoulent à travers la turbine HP et BP pour les entraîner et s'échappent au niveau de la tuyère d'éjection.

## **I.2.2- LE CONTROLE DU COMPRESSEUR :**

### **A) LE CONTROLE DU COMPRESSEUR BP :**

La fonction primaire du système de contrôle du débit d'air du compresseur BP est de contrôler le flux d'air pour assurer le fonctionnement stable de ce dernier durant :

- Le démarrage du moteur ( engine start)
- Les opérations transitoires

#### **A-1)DESCRIPTION :**

A des vitesses basses ,du rotor NI, le booster fournit une quantité d'air plus grande que celle utilisée par le corps du moteur . Donc, pour équilibrer le fonctionnement du moteur, l'exé d'air est prélevé par la valve de prélèvement du booster (BSBV) vers le déchargement de la soufflante . A des grandes vitesses , la BSBV est fermée pour que le déchargement totale du booster sera envoyé vers le corps du moteur.

Le système de contrôle du débit d'air consiste :

- un vérin d'asservissement (bleed- slave ) du compresseur BP
- un vérin pilote de prélèvement du compresseur BP
- 2 tige d'entraînement des valves d'approvisionnement
- une valve de prélèvement du CBP et un mécanisme d'entraînement.

Le système de contrôle du débit d'air est opéré automatiquement pour contrôler le déchargement du compresseur BP

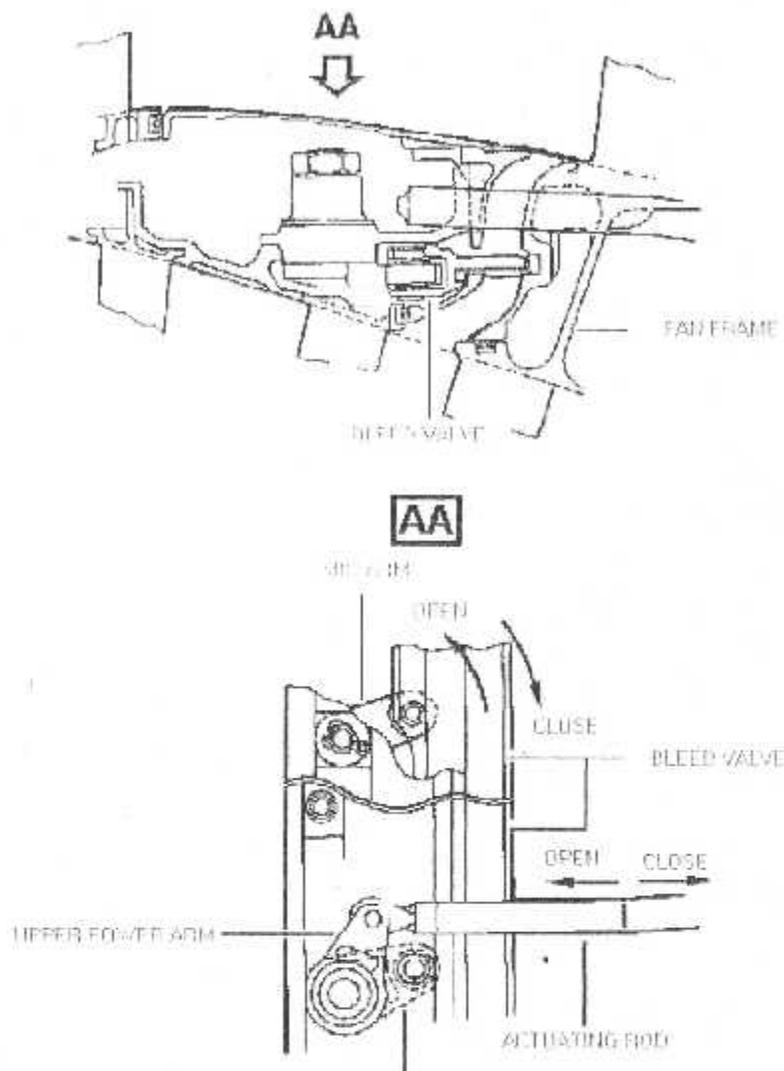
Les deux vérins sont attachés mécaniquement à chaque tige d'entraînement et la valve de prélèvement et le mécanisme d'entraînement . Les 2 vérins sont liés hydrauliquement et opérés ensemble par des signaux de commande et de retour de la ECU

#### **A-2)LES VERINS D'ASSERVISSEMENT ET LES VERINS PILOTE DU COMPRESSEUR LP :**

Les deux vérins sont connectés hydrauliquement donc opérés ensemble . chaque vérin est attaché à un support ( bracket ) dans la structure intermédiaire

Les deux tiges d'entraînement de la valve de prélèvement connecte chaque extrémité une fourche ( fork) du vérin avec l'anneau de synchronisation . La force de synchronisation est fournie des 2 vérins . Le vérin d'entraînement donne un contrôle précis en dépendant à un signal de commande venant de la ECU .Le vérin pilote aussi donne le signal de retour ( la position de l'extrémité du piston ) à la ECU .Les deux vérins s'ouvrent et ferment relativement au signal renvoyé par la ECU .

La valve de prélèvement du compresseur BP et le mécanisme d'actionnement sont opérés pour permettre la synchronisation des valves d'approvisionnement en relation a la position des deux vérins.



(Fig.III-3) LA BSBV ET LE MECANISME D'ENTRAINEMENT

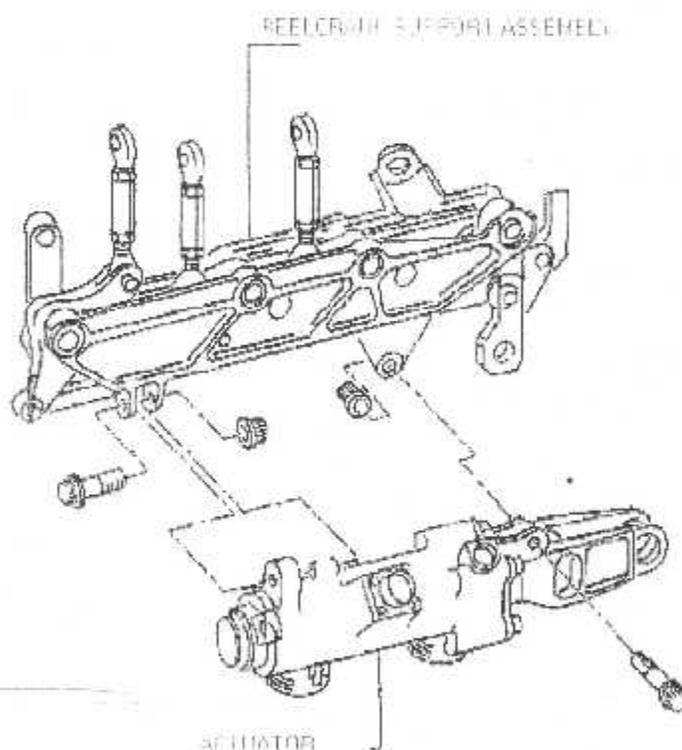
## **B) LE CONTROLE DU COMPRESSEUR HP :**

### **GENERALITE :**

Ce système consiste un vérin de VSV ,des tubes d'air et les valves de prélèvement et les valves de solénoïde du 7<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> étage .Les VSV et les prélèvements du compresseur HP du 7<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> étage sont utilisés pour améliorer les performances et la stabilité durant le démarrage du moteur ,l'accélération et la décélération . Les VSV sont modulés fermés ou ouverts par un vérin hydraulique contrôlé par la ECU , les valves de prélèvement du compresseur HP du 7<sup>ème</sup> étage et 10<sup>ème</sup> étage sont actionnées pneumatiquement par deux valves (shut-off) de position qui sont commandées par les solénoïdes de la ECU .

**B) I-LE SYSTEME VSV :****B-I-1)GENERALITE :**

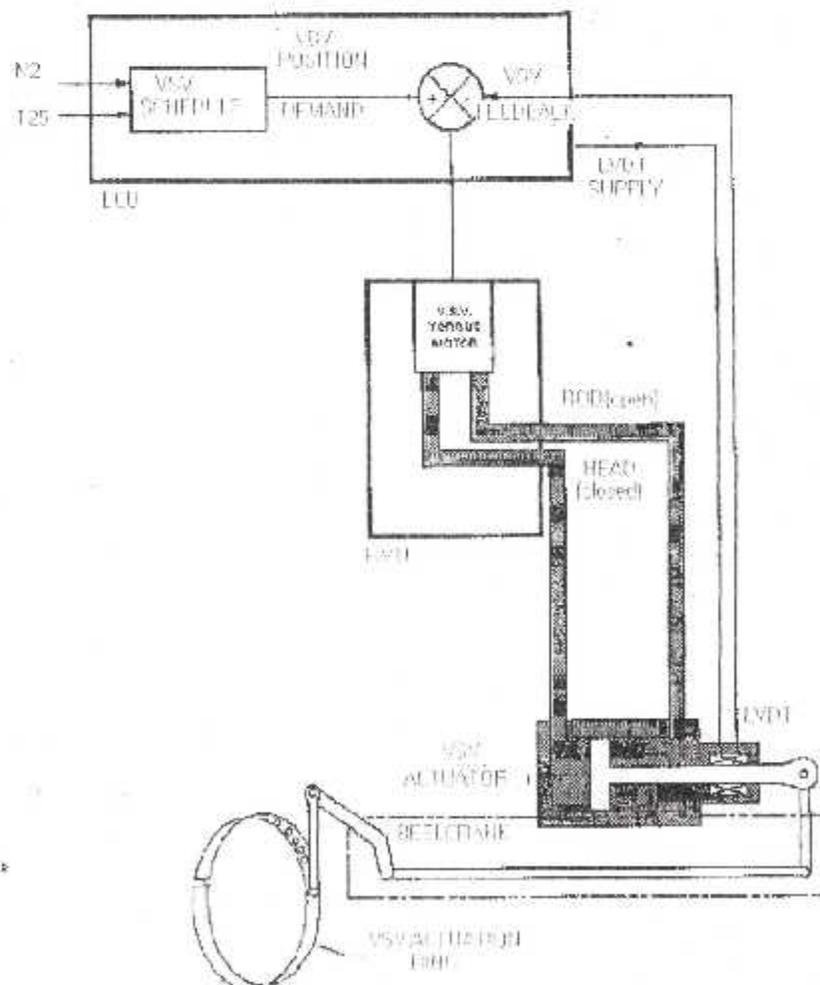
Le système anti-pompage permet la variation de l'angle d'attaque des ailettes de guidage d'admission et les trois étages des ailettes à calage variable , pour une relation aéro - dynamique plus efficace entre les étages compresseur BP et HP une efficacité optimal du compresseur en régime permanent et une marge de sécurité permet d'éviter le risque de pompage (accrochage de la couche limite ) pendant les opérations transitoires du moteur (exp. accélération brusque ). L'angle des ailettes du stator est en fonction de la vitesse du corps (N2) et la température d'entrée du compresseur (T25).



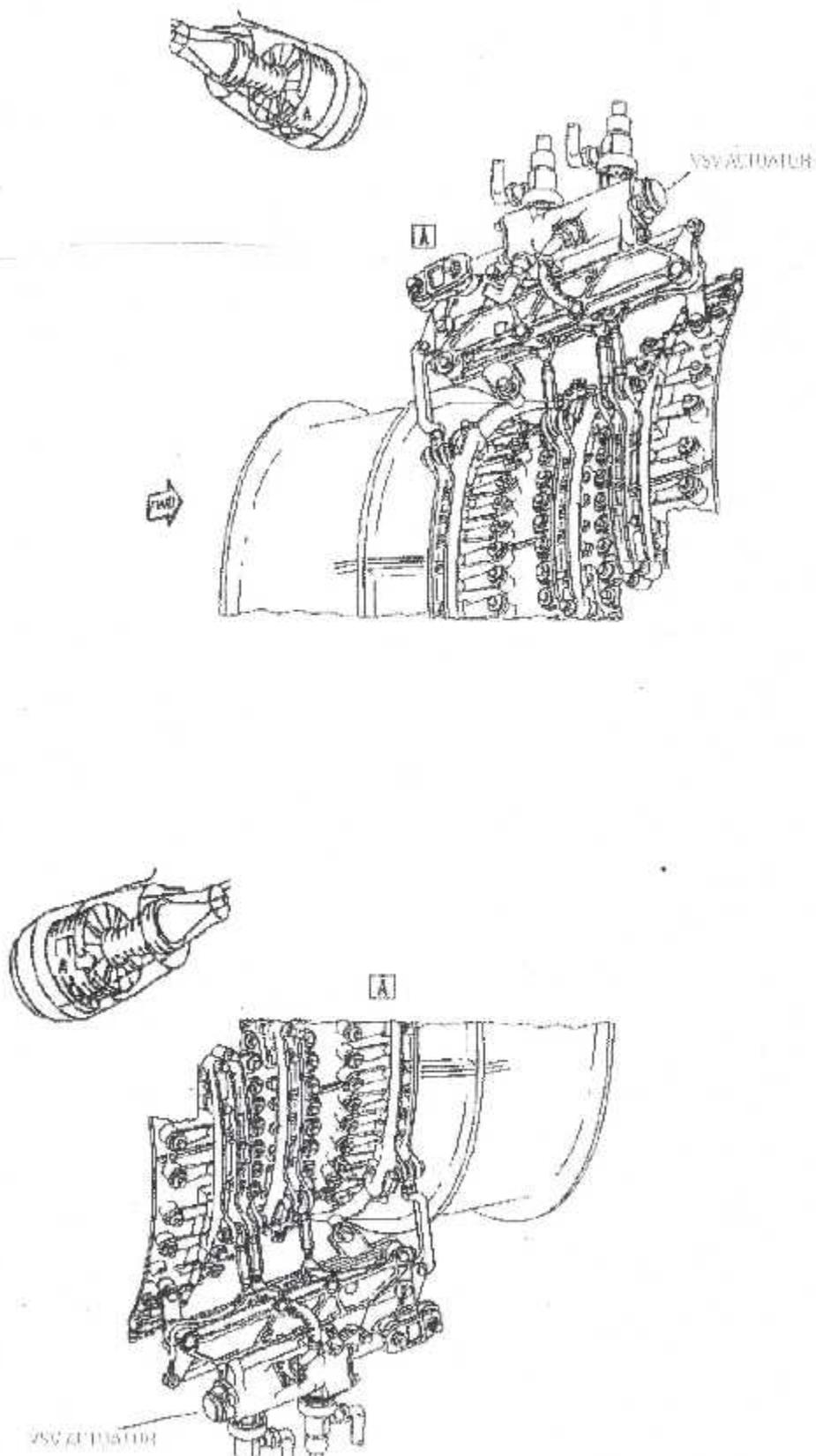
(fig.HI-4) LE VERIN DU SYSTEME ANTI-POMPAGE (VSV)

**B-I-2) FONCTIONNEMENT :**

Le système VSV contrôle l'écoulement d'air du compresseur haute pression . La ECU calcule les commandes de la position de VSV suivant les données du moteur et de l'avion . les données avion sont transmises par l'ADIRU à travers la DEU . La ECU envoie des signaux de commande à l'HMU qui les convertit grâce à un moteur de couple en signaux d'entraînement hydrauliques régulés en débit et en pression suite à la fonction reçus par la ECU . Chaque (winding) du moteur à couple transmette le courant venant du canal correspondant de la ECU à un signal hydraulique équivalent . L'HMU alimente les 2 extrémités de la tige (rod-end) et l'extrémité de la tête (head-end) des 2 vérins de VSV par deux pression différents pour permettre le déplacement du piston de vérins . Les LVDT sont connectés mécaniquement au piston permettant de fournir les signaux de retours de la position du vérin aux deux canaux de la ECU pour boucler l'asservissement. Si la force du torque moteur du vérin de VSV est perdue , le vérin de VSV prend une position entièrement ouverte



(fig. III-5) SYSTEME D'ENTRAINEMENT DU VSV



(fig.III-6) POSITIONNEMENT DES VERIN DU SYSTEME VSV

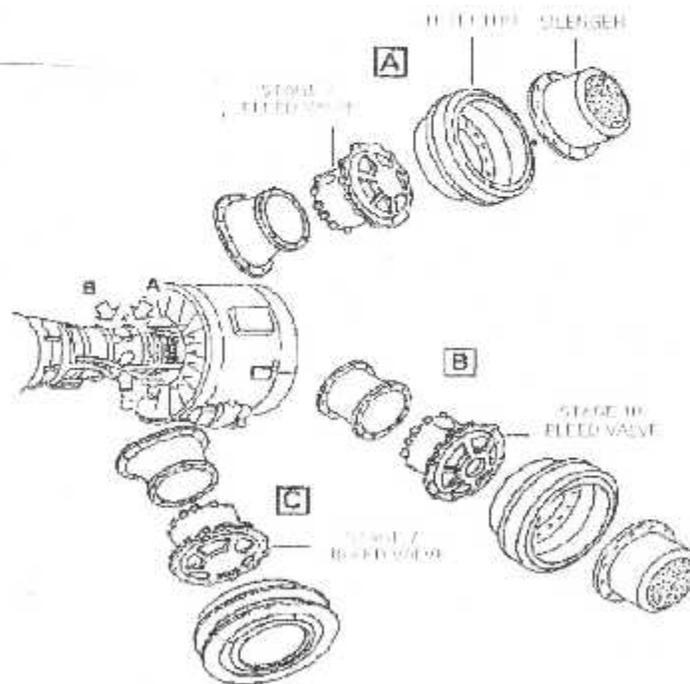
## B)II- LE SYSTEME DES VALVES DE PRELEVEMENT DU CHP :

### B-II-1) GENERALITE :

Les valves de prélèvement du CHP permettent la stabilité de l'opération du moteur durant le démarrage et les conditions transitoires (passagère) . Trois valves de prélèvement : deux pour le 7<sup>ème</sup> étage et une pour le 10<sup>ème</sup> étage du CHP dirigent l'excès d'air vers la tuyère secondaire .Une des deux prélèvement du 7ème étage est désignée pour alimenter le système anti-givrage.

### B-II-2) DESCRIPTION :

Les valves de prélèvement sont montés dans le carter extérieur du CHP . Chaque valves a une position ouverte par la force de rappel du ressort . le piston est maintient pour permettre le débit d'air à travers la valve quand elle est ouverte . Quand la valve est fermée, le piston est (held against a plate) qui présente une partie du corps de la valve . Le piston est mit à la position ouverte par le ressort et la pression délivrée (p3) . Quand la pression (p3) est dégagée par une valve solénoïde de contrôle ,la valve est fermée par la pression d'air du compresseur .



(fig.III-7) LES VALVES DE PRELEVEMENT DU 7ème ET DU 10ème ETAGE

**B-II-3) LA VALVE SOLÉNOÏDE DE LA VALVE DE PRÉLEVEMENT :**

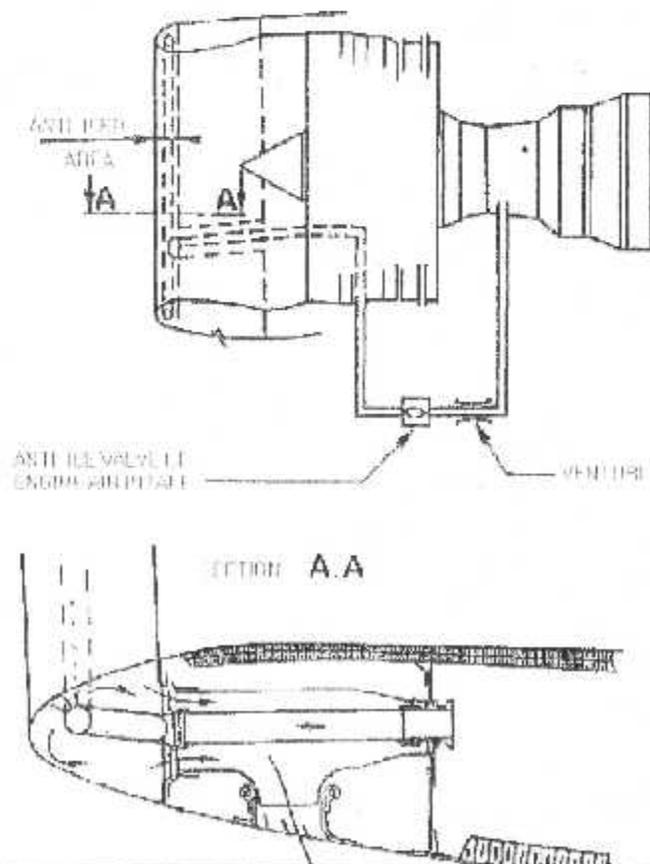
Chaque valve de prélèvement a une valve solénoïde de contrôle de contrôle qui est installée dans le carter de la soufflante. La valve solénoïde est reliée à la valve de prélèvement par une tubulure. Cette tubulure transmette la pression ( $p_3$ ) vers la valve de prélèvement ou bien venant de la valve.

La valve solénoïde est contrôlée par un signal électrique renvoyé par la ECU à travers les 2 bobines. Quand les bobines solénoïde sont aimantée, la portière de service sont connectées avec la mise à l'air libre. Dans cette position la valve de prélèvement est fermée.

Quand les bobines de solénoïde sont désaimantées, la valve de solénoïde connecte l'air d'alimentation du moteur vers les fixations d'orifice service, la valve de prélèvement est fermées.

**LE SYSTÈME ANTI-GIVRAGE :**

Le système anti-givrage du capot d'entrée d'air est constitué d'une tuyauterie reliée avec la valve de prélèvement du 7<sup>ème</sup> étage permettant l'écoulement d'air chaud vers le capot d'entrée d'air. La valve (on-off) contrôle le refoulement d'air vers l'ergot de l'entrée d'air (bec), récupère l'air prélevé du 7<sup>ème</sup> étage et le fournit à travers une valve de réglage de pression vers l'interface de l'assemblage (mat/nacelle).



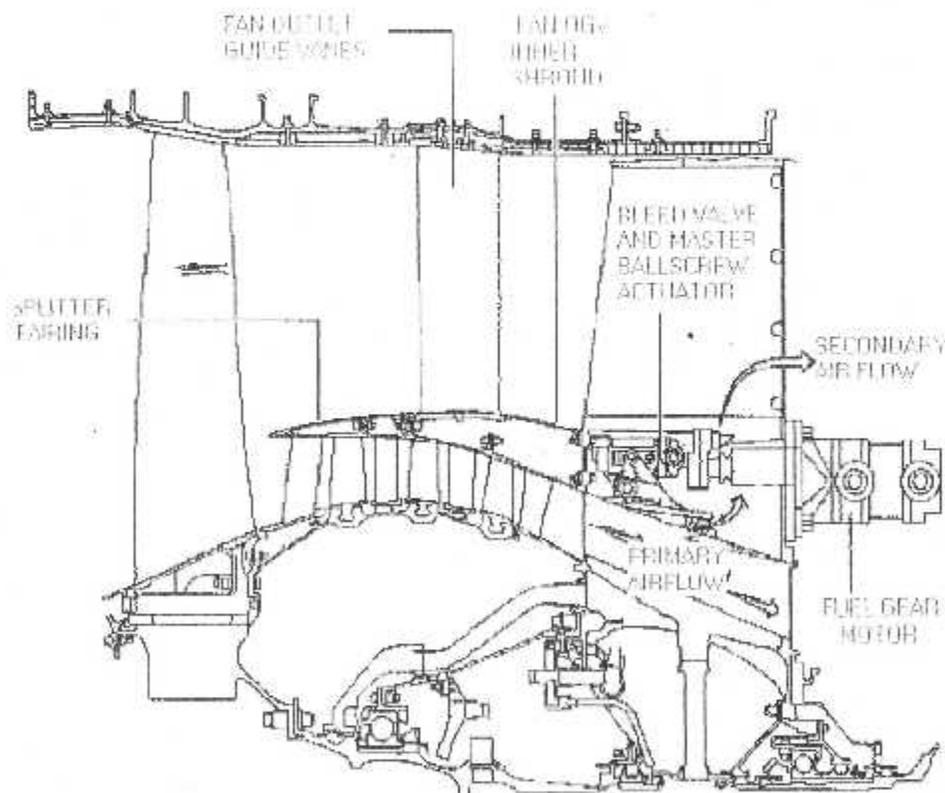
(fig.III-8) LE SYSTÈME ANTI-GIVRAGE DE L'ENTÉE D'AIR DU MOTEUR

**B) III-LE SYSTEME VBV :****B-III-1) GENERALITE :**

— A basse vitesse du corps moteur, la quantité d'air utilisée par ce dernier est moins que celle fournie par le booster, alors, pour régler le déchargement vers le compresseur HP, l'excès d'air doit être dégagé à travers les portières de la VBV vers la tuyère secondaire du fan. A des grandes vitesses, les VBV sont fermées tel que tous les déchargements du booster entre dans le corps. Les VBV sont employées l'ors des faibles régimes et durant les opérations transitoires.

Le système de contrôle des VBV comporte :

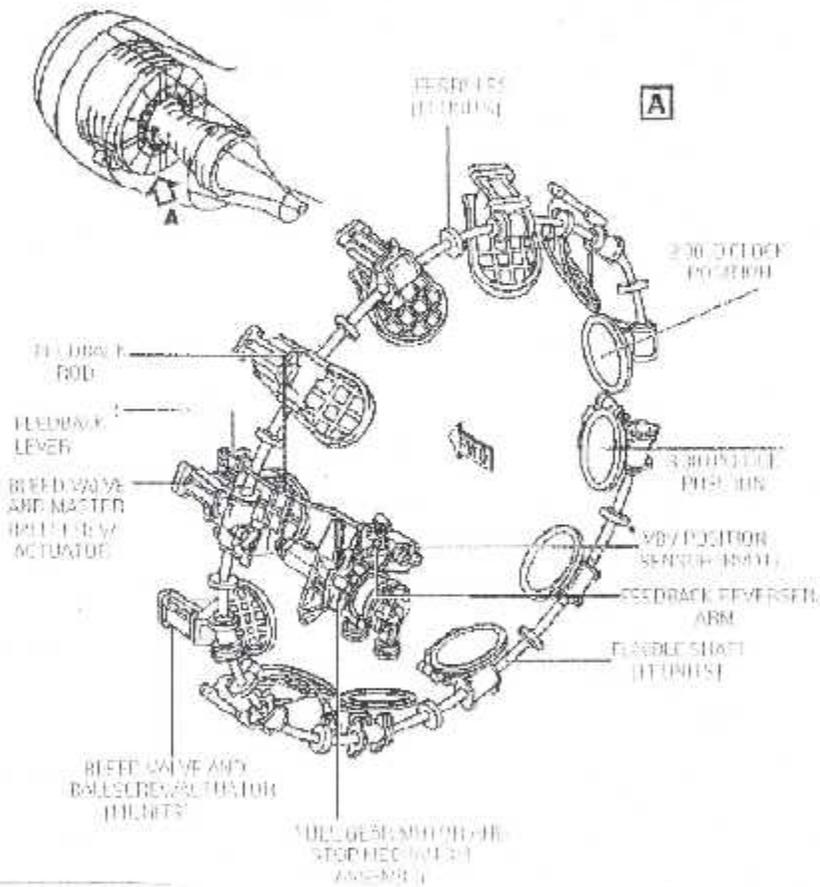
- L'ECU ; qui contrôle la position des VBV et envoie les signaux électrique à l'HMU qui les convertit aux signaux hydraulique de carburant.
- Le servo- hydromécanique intégré dans le HMU qui fournit les signaux de carburant à haute pression à un moteur à engrenages.
- Le servo- commande (moteur à engrenages) qui est actionné par le carburant à haute pression.



(fig.III-9) CIRCULATION D'AIR

**B-III-2) DESCRIPTION :**

Le système est conçu pour ouvrir, fermer ou moduler les 12 portières de VBV à la position intermédiaire en réponse à un signal de commande d'entrée, ces portières sont positionnées à la sortie du CBP et à l'entrée du CHP. Le carburant à haute pression active hydrauliquement le système de commande de VBV. Le capteur de position de VBV fournit le signal de retour de la position de VBV à la ECU. Le vérin mécanique principal est relié par une tige de rétroaction au capteur de position VBV. Les deux vérins de VBV actionnent les portières VBV à une position ouverte, quand le VSV sont actionnées à la position fermé. Les portières des VBV s'ouvrent pendant la décélération rapide et quand l'inverseur sont opérés.

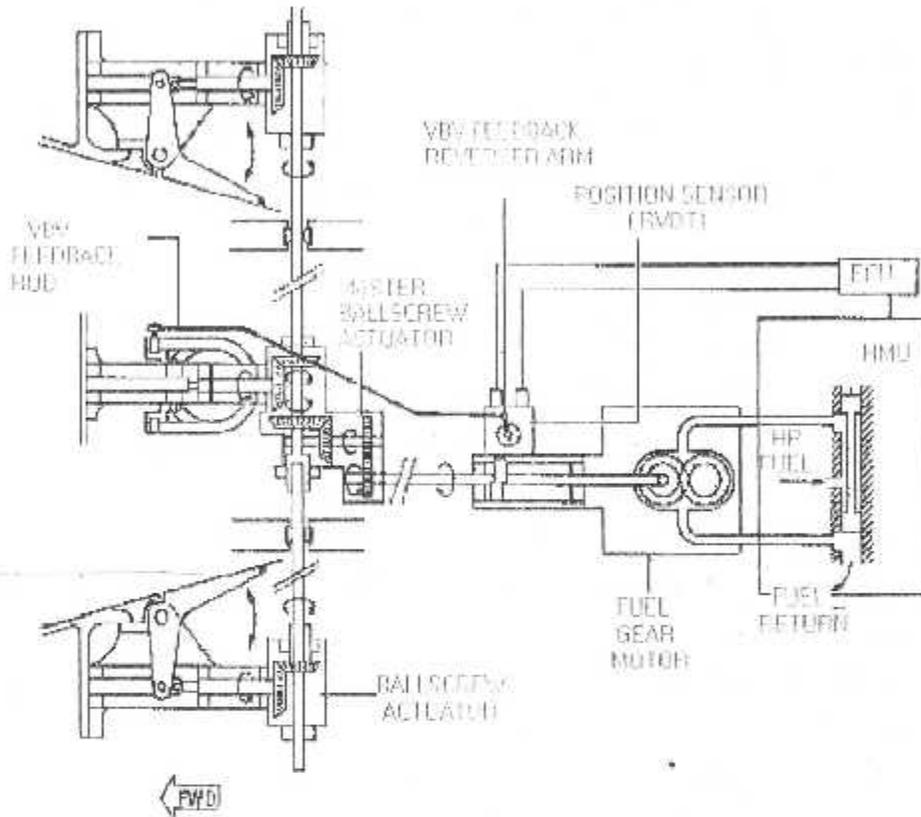


**(fig)II-10) LE SYSTEME VBV**

**B-III-3) FONCTIONNEMENT :**

Le système réalise 4 fonctions primaires :-

- 1) positionner les clapets de prélèvement en réponse à une pression de carburant différentielle au niveau de moteur par l'assemblage de moteur à engrenage .
- 2) synchroniser et mécaniquement les clapets de prélèvement dans toute la course .
- 3) Limiter la position de la vannes de décharge à l'extrémité de chaque course .
- 4) Fournir la rétroaction (FEEDBACK) du capteur de position du VBV (RVDT) .



(fig.III-11) DIAGRAMME FONCTIONNELLE DU SYSTEME VBV

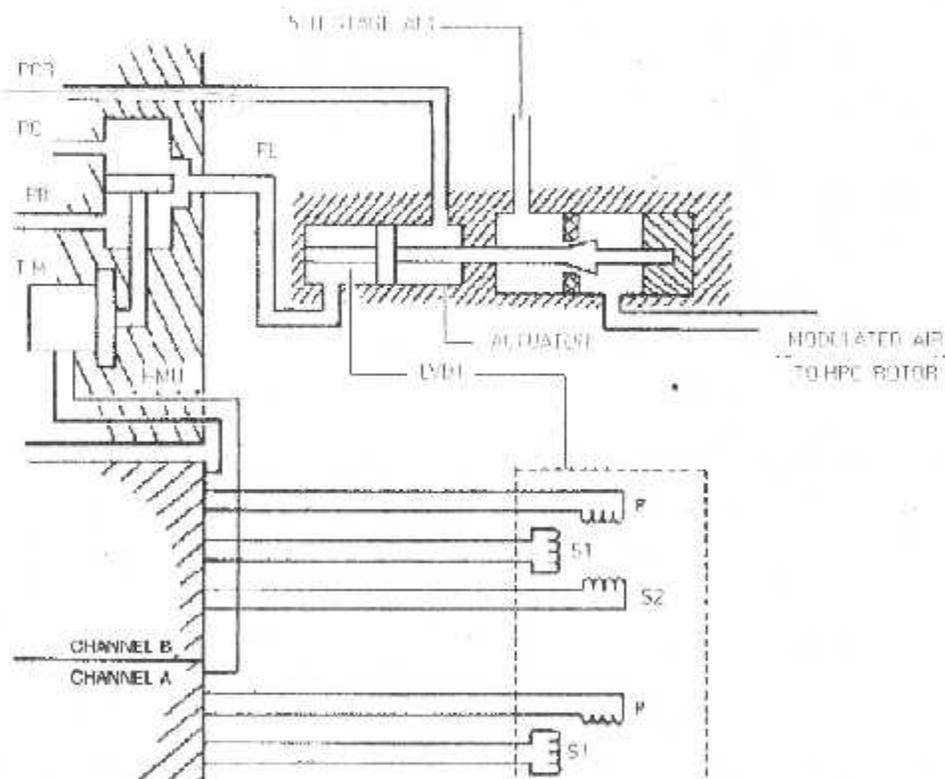
**B)IV- LE SYSTEME RACC :**

Le système du contrôle de jeu du rotor est commandé par le système FADEC .Ce système maintient le jeu relatif entre les aubes du rotor HPC et le carter stator du compresseur HPC .

**B-IV-1) DESCRIPTION :**

Le système RACC envoie l'air prélevé du 5<sup>ème</sup> étage du compresseur IIP vers le rotor HP pour varier et contrôler le jeu . L'air envoyé vers le rotor est mélangé avec l'air déchargé du compresseur BP. L'échauffement du rotor compresseur par l'air prélevé du 5<sup>ème</sup> étage permet de réduire les jeux du compresseur pour diminuer la consommation spécifique du moteur .

Quand la valve du RACC est fermée ,la quantité totale de l'air s'écoule à travers le rotor pressente l'air du déchargement du booster ,donc les jeux sont maximal .Et quand la valve est ouverte ,la quantité et la température de l'air qui s'écoule à travers le rotor sont augmentés ,alors les jeux sont minimisés pour améliorer les performances du moteur .

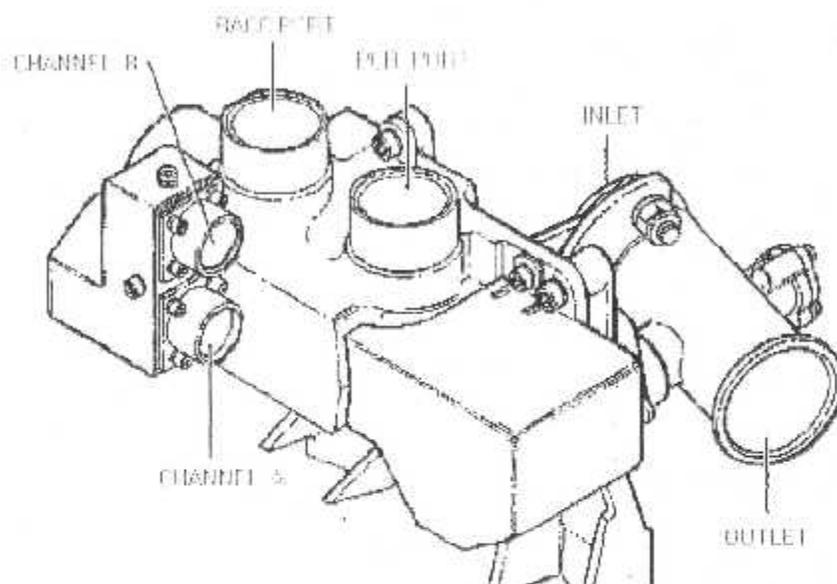


(fig.III-12) LE SYSTEME DU CONTROLE ACTIF DE JEU DE ROTOR

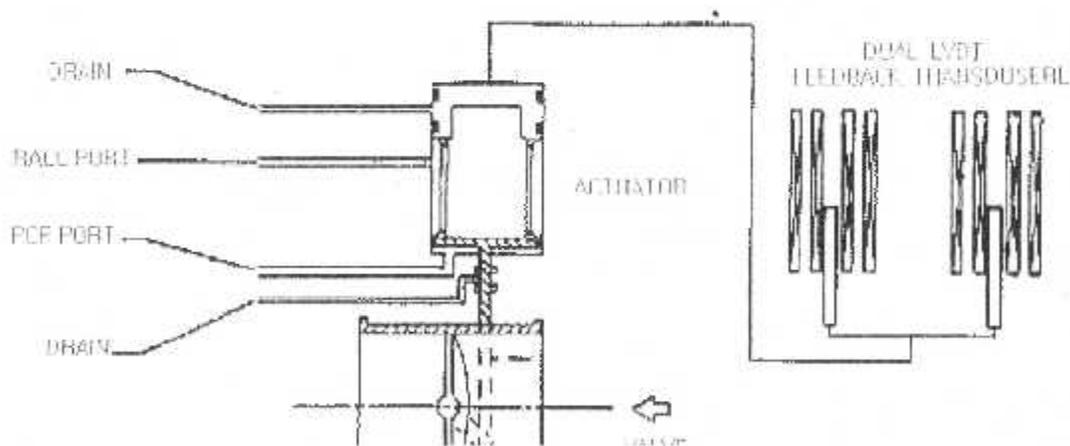
**B-VI-3) LA VAVE RACC :**

La valve de contrôle du RACC est une valve à papillon avec un orifice d'entrée et un orifice de sortie ,RCC et PCR,.Elle est constituée d'un carter extérieur ,plaque rotative ,un vérin hydraulique actionné par le carburant avec 2 transmetteurs de position (signal de retour) . L'orifice d'entrée reçoit l'air du prélèvement du compresseur haute

pression qui s'écoule librement après la rotation de la plaque. L'orifice de sortie de la valve du RACC permet le refoulement d'air de prélèvement, cette dernière est positionnée à 12 :00 sur le carter du compresseur haute pression.



(fig.VI-13) LA VALVE RACC



(fig.III-14) SHEMATISATION DE LA VALVE RACC

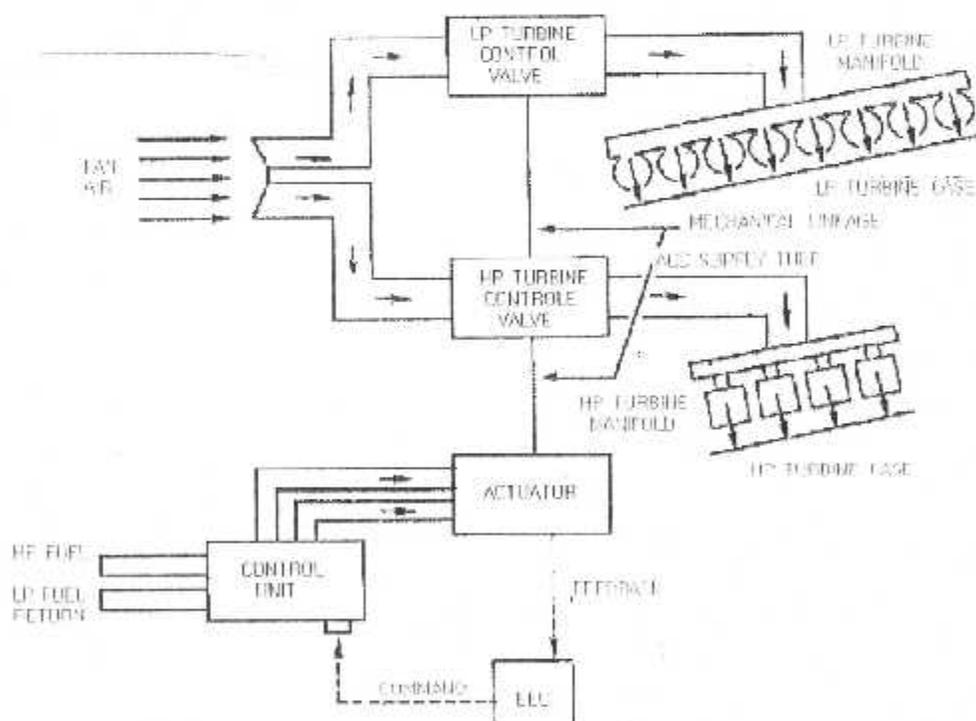
**C-1) LE CONTROLE ACCIF DU JEU DE AL TURBINE HP/LP :**

Le système de contrôle du jeu de la turbine HP/LP utilise l'air de la soufflante pour refroidir les carters de la turbine HP et la turbine BP et contrôler le jeu afin d'améliorer les performances du moteur et maximiser la durée de vie des carters .

L'air de la soufflante est prélevé à l'aide d'un orifice commun HP/LP situé dans la tuyère secondaire ,cet air est divisé en deux partie : air de refroidissement de la turbine HP ,et l'air de refroidissement de la turbine BP . Ce dernier traverse un conduit vers les valves de commande du jeu qui dirige l'air aux deux turbine pour le refroidissement.

Les système ACC de la turbine HP/BP fonctionnent de la même manière .L'air de refroidissement traverse les perforation du tube situé sur les surfaces intérieurs de la tuyauterie et pénètre sur les surfaces extérieurs des carters .

B L'air permettre de réduire la température et la dilatation thermique du carter dans certains conditions fonctionnelles du moteur



(fig.III-15) SYSTEME DE CONTROLE DU JEU ACTIF HP/LP

Le système ACC comprend :

- Une tubulure pour la turbine HP.
- Deux tubulures pour la turbine BP.
- Quatre tubes perforés de la turbine HP.
- Un tube perforé de la turbine BP.
- Un orifice d'approvisionnement de la turbine BP.
- Une valve de la turbine HP/LP (composée d'une valve de commande pour la turbine HP et une autre pour la turbine BP)
- Un vérin d'ACC de la turbine HP/BP qui actionne la valve d'ACC.

#### **C-1-1) LA TUBULURE D'ACC DE LA TURBINE HP :**

La tubulure d'ACC de la turbine HP est attachée sur la valve de contrôle HP/LP. Elle dirige l'air dans un arrangement de quatre tubes perforés de chaque côté du moteur pour assurer le refroidissement de la turbine HP. Chaque tube couvre 180° de la circonférence du carter.

#### **C-1-2) LA TUBULURE D'ACC DE LA TURBINE BP :**

Les tubulures d'ACC de la turbine BP sont reliées à la valve de commande de la turbine HP/BP par un collecteur d'approvisionnement.

Il y a deux tubulures d'ACC de la LPT ; une située au dessus et une au fond du carter de la turbine BP. Chaque arrangement tubulaire couvre 180° de la circonférence du carter.

#### **C-2) LA VALVE D'ACC DE LA TURBINE HP/BP :**

La valve d'ACC est installée sur le fond du carter diffuseur. Elle est composée de deux valves à papillon ; une valve qui contrôle le flux d'air pour le jeu actif de la turbine HP, et une autre pour le contrôle actif du jeu de la turbine BP.

#### **C-2-1) LE VERIN D'ACC :**

Le vérin d'ACC inclut quatre composants primaires :

- 1) Un (1) moteur de couple à deux bobines.
- 2) Une valve d'asservissement.
- 3) Un piston de vérin.
- 4) Deux (2) transformateurs (LVDT).

Le vérin d'ACC a quatre connections :

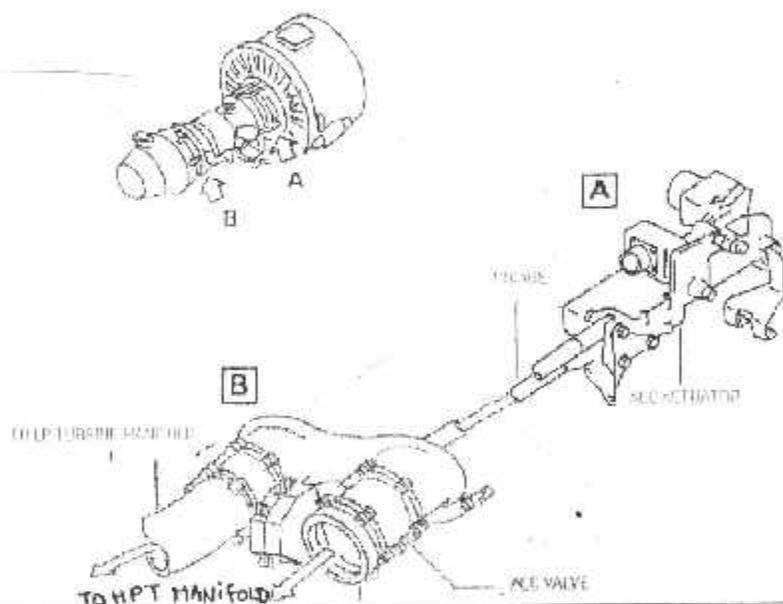
- Une connections électrique.
- Une connections d'alimentation en carburant.
- Une connections de récupération.
- Une connections de drainage du carburant.

Le vérin d'ACC entraîne la valve d'ACC par un piston. La bobine de la valve d'asservissement contrôle la pression du carburant appliquée sur chaque côté du piston. Le torque moteur et la valve tiroir de commande donnent la position de la valve d'asservissement.

Le vérin est lié à la valve de dosage du carburant (FMV) pour le refoulement et le remplissage du carburant .

Le vérin reçoit le signal électrique pour ajuster la valve en fonction du nombre de tour N2 et de l'altitude .

Le moteur de couple à deux bobine pour une opération totalement sur la situation de sécurité de la position du vérin est tel que la valve de la turbine HP est fermée et la valve de la turbine BP est ouverte à 45%(fig. 03).

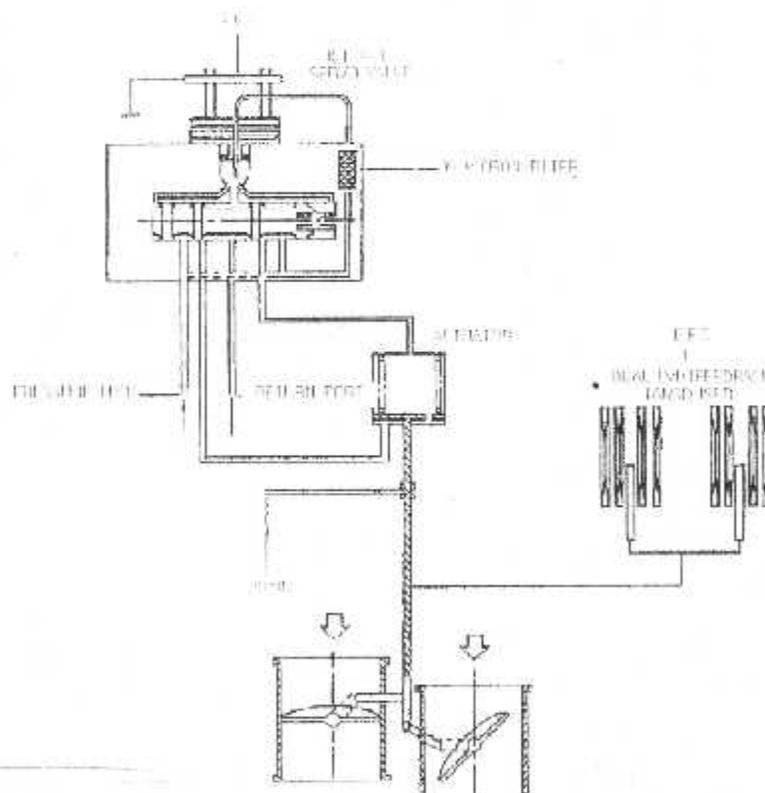


(fig.III-16) LE VERIN ET LA VALVE D'ACC DE LA TURBINE HP/LP

**C-2-1) OPERATION :**

Le torque moteur du vérin d'ACC a des ressort pour tenir le tiroir à une position neutre . Le courant du moteur de couple venant de la ECU change la direction du tiroir à réaction ,ce changement effectue une alimentation en pression pour une coté de la valve d'asservissement . La pression élevée permet de déplacer la valve d'asservissement et de changer le passage du carburant vers le piston du vérin . La différence en pression entre les deux cotés du piston et l'effort du ressort déplacent le piston de vérin à une position demandée . Le piston du vérin actionne les deux valves à papillon de la valve d'ACC .

LES deux LVDT transmettent la position de la valve d'ACC vers l'unité de contrôle électrique (EEC) .



(fig.III-17) DIAGRAMME DU SYSTEME ACC DE LA TURBINE HP/BP

## **D-1 : LE SYSTEME DE CONTROLE DU JEU DE LA TURBINE HAUTE PRESSION :**

### **D-1-1) GENERALITE :**

Le système de contrôle du jeu turbine haute pression utilise l'air prélevé du 5<sup>ème</sup> et du 9<sup>ème</sup> étage du compresseur haute pression. Ce système a pour rôle d'obtenir les maximum de performance du régime permanent de la turbine HP et le mini mantes température des gaz d'échappement durant la détente des gaz. Le choix d'air est déterminé par le signal hydraulique du carburant venant de l'HMU.

L'air de prélèvement est tiré d'une valve vers la tuyauterie entourant le carter HPT. La température d'air contrôle le jeu relatif entre le carter HPT et les extrémités des aubes de la turbine HP.

### **D-1-2) DESCRIPTION :**

Le système HPTACC refoule l'air prélevé du 5<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> étages du compresseur HP vers le carter HPT pour contrôler la dilatation thermique de la structure du support de carter. L'air du prélèvement est modulé par la ECU en réponse à la valeur de la température du carter mesurée par le capteur (sonde TCC).

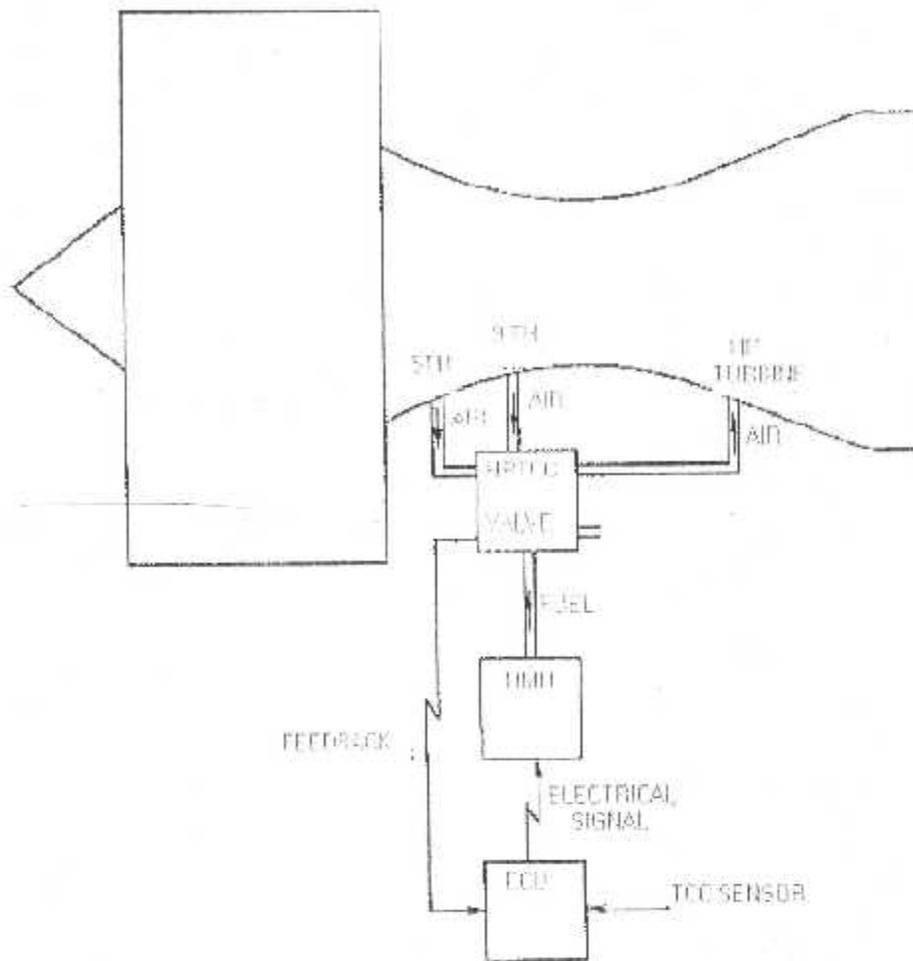
Pendant le démarrage, la valve HPTACC utilise l'air de prélèvement du 9<sup>ème</sup> étage pour faciliter l'accélération du compresseur et du moteur en diminuant les forces de frottements créées entre le rotor et le carter de la turbine HP. En régime ralenti au sol, l'air envoyé vers le carter HPT est tiré du 9<sup>ème</sup> étage.

Quand la manette des gaz est avancée ou retardée pour changer la vitesse de rotation du compresseur, le flux d'air est réglé afin de maintenir le jeu optimal entre les extrémités des aubes turbine et le carter HPT. Quand le moteur est arrêté (shut-down), la tige de la valve du vérin hydraulique est retirée à la position de démarrage.

### **D-1-3) FONCTIONNEMENT DE LA HPTACC :**

La ECU calcule les commandes du jeu de la turbine haute pression en fonction des données moteur et avion. La valeur de la pression statique de l'air ambiant P0 et la température d'air TAT sont données par l'ADIRU à travers DEU.

La ECU envoie des signaux de commande à la HMU qui les convertit grâce à des moteurs de couple et à des servo-vannes en ordre hydraulique régulé en débit et en pression en fonction des ordres reçus de la ECU pour actionner les vérins de la vanne HPTACC. Deux (2) LVDT transmettent la position du vérin pour boucler l'asservissement.



(fig.III-18) SHEMA FONCTIONNEL DE LA HPTCC

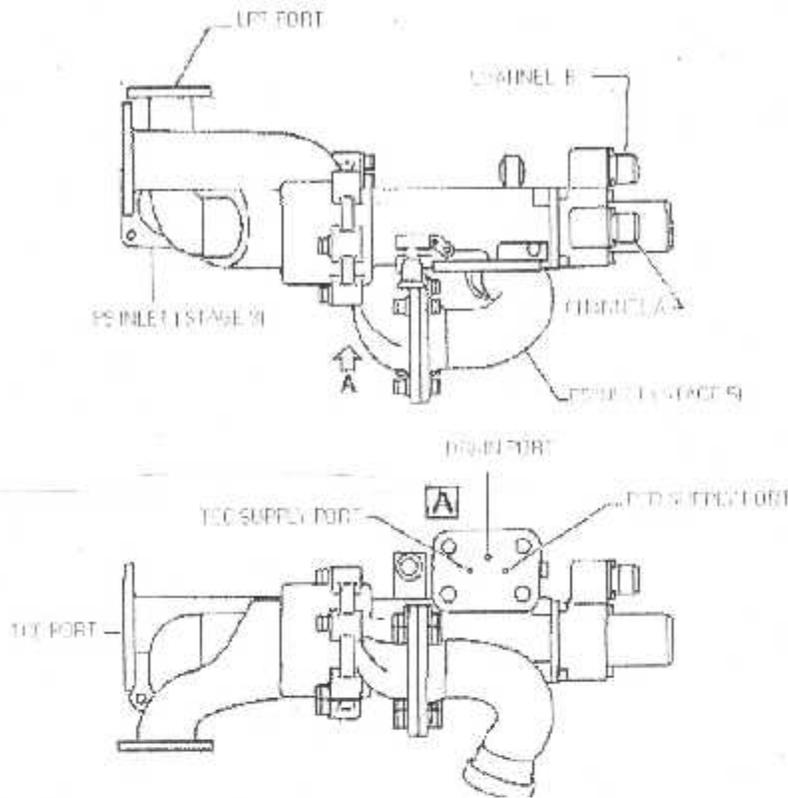
**C-I-4) LA VALVE DE CONTROLE DU JEU TURBINE HP :**

La valve de contrôle du jeu de la turbine haute pression est une valve à trois (3) voies avec (2) orifices d'entrée, du 5<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> étage, et 2 orifices de sortie. Un orifice de sortie permet le fonctionnement du prélèvement en démarrage, et à travers l'autre orifice, il s'écoule le mélange d'air du 5<sup>ème</sup> et de 9<sup>ème</sup> étage vers le carter turbine.

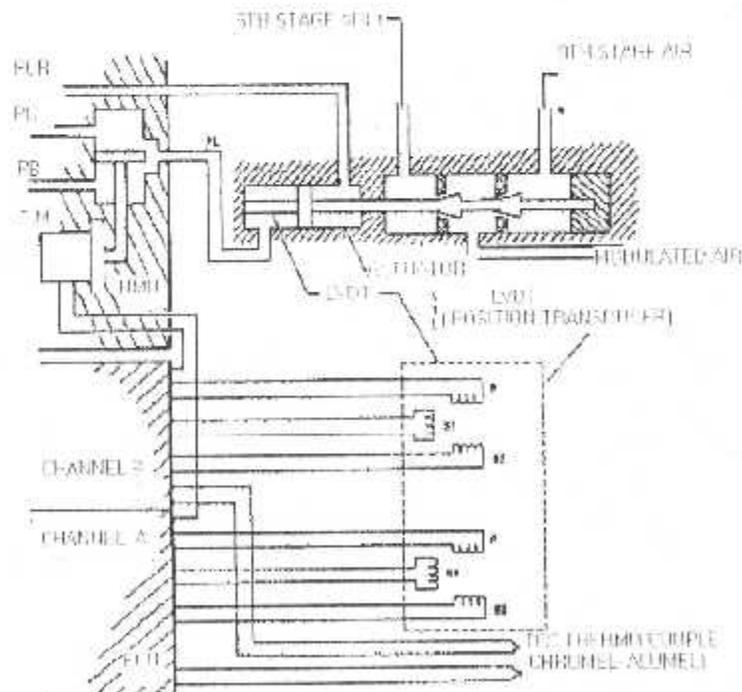
La valve est constituée de :

- Un enveloppe extérieur.
- Deux plaques de réglage.
- Un piston de axial.
- Un vérin actionné par le carburant avec deux transmetteurs indépendants pour le signal de retour.

Le piston et la plaque constituent un orifice de passage à section variable qui réalisent le mélange d'air convenable du 5<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> étage.



(fig.III-19) LA VALVE DU CONTROL DE JEU DE LA TURBINE HP



(fig.III-20) SYSTEME DE CONTROL DU JEU TURBINE HP

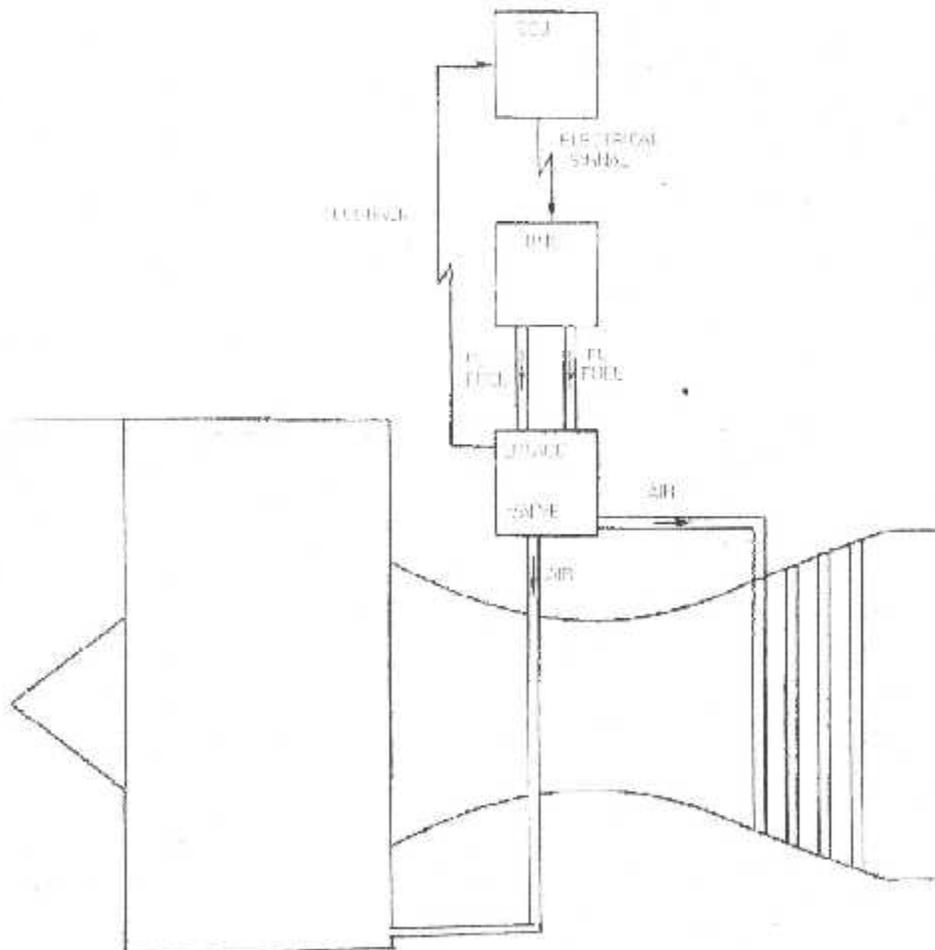
**D-II : LE SYSTEME DE CONTROLE DU JEU DE LA TURBINE BASSE PRESSION :****D-II-1) GENERALITE :**

Le carter LPT est refroidis par l'air déchargé de la soufflante.

Le système du control du jeu turbine (LPTACC) est contrôlé à l'aide d'une valve commandée par le système FADEC . Le LPTCC maintient le jeu relatif entre le carter LPT et les extrémités des aubes du rotor LPT.

**D-II-2) DESCRIPTION :**

Le système LPTCC refoule l'air prélevé de la brise d'air interne du fan vers le carter LPT . L'air est distribué circulairement autour de la structure du carter s'écoulant dans quatre canaux circulaires . Le débit d'air prélevé du fan est contrôlé par la ECU et varié suivant les conditions opérationnels du moteur.



(fig.MI-21) SHEMATISATION DU SYSTEME LPTACC

**D-II-3) FONCTIONNEMENT DE LA LPTACC :**

La ECU calcule les commande du jeu des extrémités des aubes de la turbine BP en fonction des données moteur et avion, les données d'avion sont transmises à la ECU par l'ADIRU à travers la DEU.

La ECU envoie des signaux de commande la HMU ,qui les convertit grâce à des moteurs de couple (torque-motor) et à des servo- vannes ,en ordre hydraulique réglé en débit et pression en fonction des ordres reçus de la ECU ,ceci afin d'actionner les vérins de la vanne LPTACC .

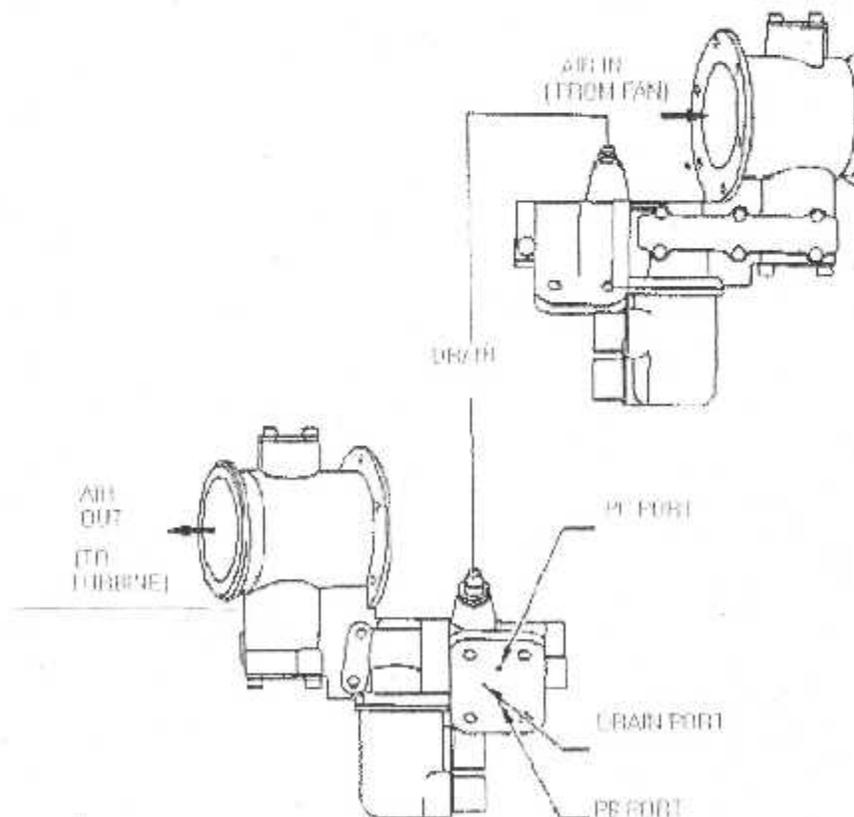
La position de la valve est transmise à la ECU par l'intermédiaire de deux RVDT pour boucler l'asservissement .

**D-II-4) LA VALVE DU CONTROLE DE JEU DE LA TURBINE BP (LPTCC) :**

C'est une valve à papillon qui se compose de :

- Un enveloppe extérieur.
- Une plaque de contrôle.
- Un vérin linéaire
- Deux sonde RVDT pour le signal de retour et la position de la valve

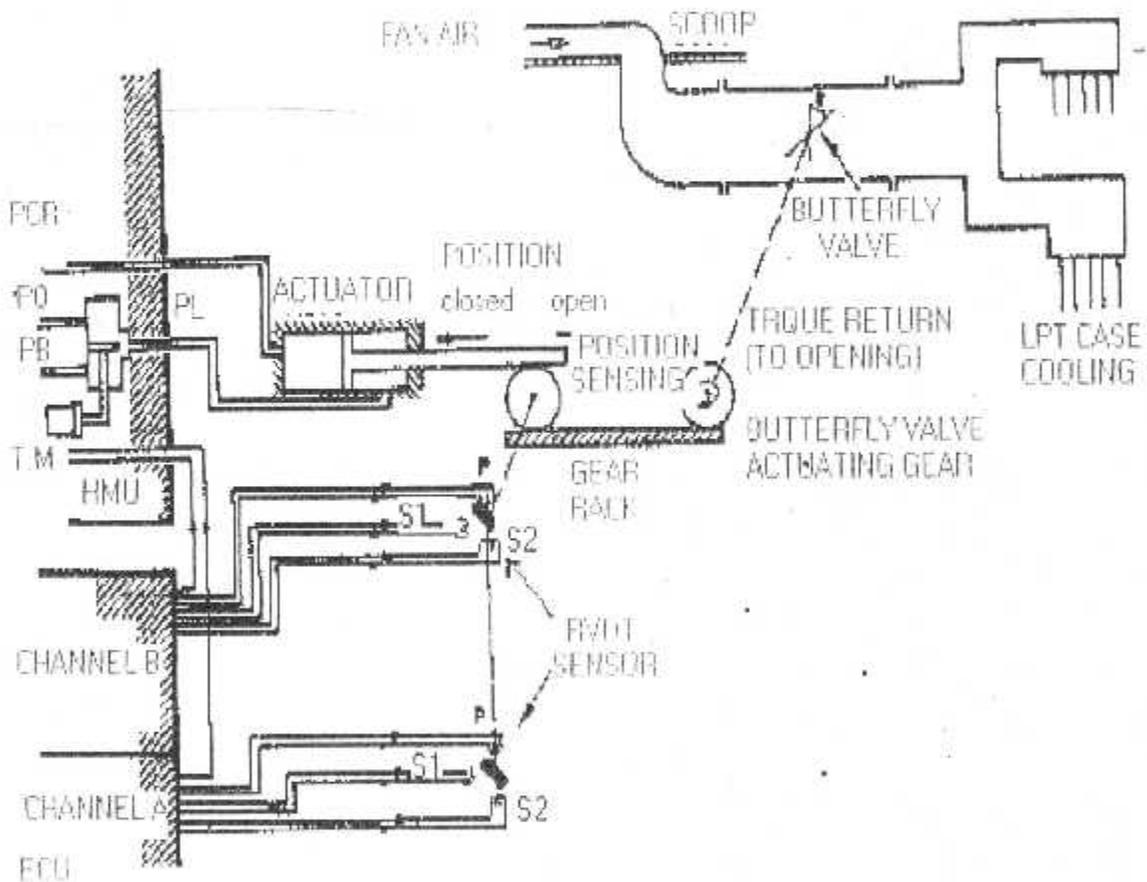
La pression PCR est appliquée au niveau de la tête du vérin (Head- end) et le RC/PB est appliquée dans les pieds du vérin (rod-end) ,permettant le mouvement linéaire du piston .cette action contrôle la fermeture et l'ouverture du valve à papillon ,cette dernière régule la quantité d'air destinée pour la refroidissement suivant la configuration opérationnel du moteur.



(fig.III-22) LA VALVE DU CONTROLE DE JEU DE LA TURBINE BP

**D-II-5) OPERATION :**

- \* La ECU fait augmenter la pression d'une chambre du piston à travers le HMU
- \* La HMU alimente en pression la 2<sup>ème</sup> chambre
- \* La ECU contrôle le mouvement du piston et le papillon tout en dépendant du paramètre moteur .
- \* La papillon s'ouvre quand le régime du moteur augmente et se ferme quand Le régime diminue .
- \* Quand le moteur est arrêté , le papillon est entièrement ouvert.

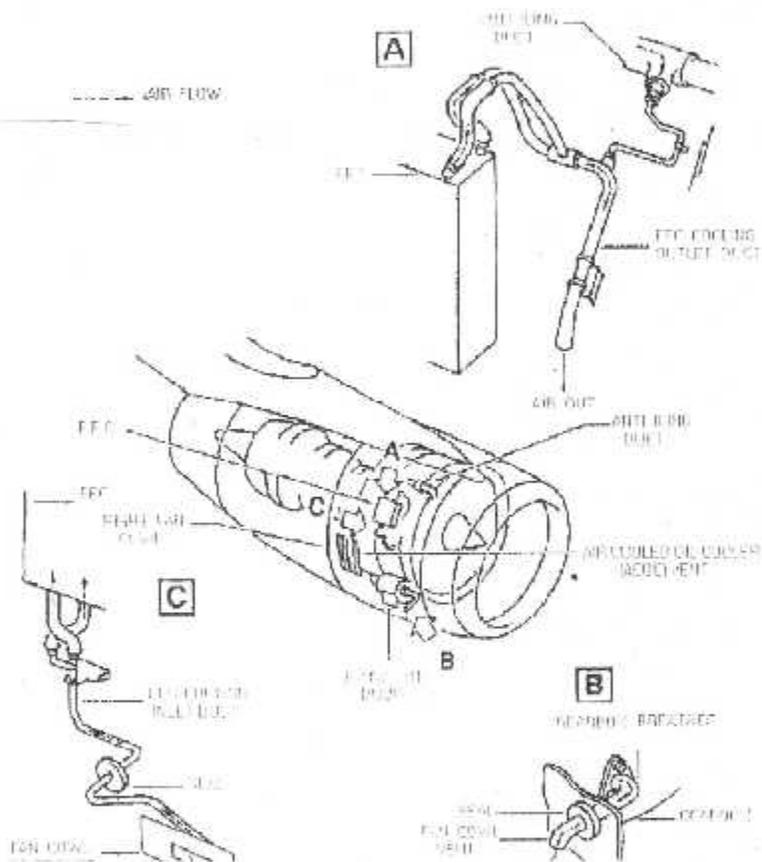


(fig. II-23) SCHEMA OPERATIONEL DE LA VALVE LPTACC

**F-I : REFROIDISSEMENT DES ACCESSOIRES DU MOTEUR :**

L'installation de l'avion est désignée pour fournir l'air de refroidissement et de ventilation pour les accessoires du moteur montés sur le carter de la soufflante et le carter du corps.

La distribution et la circulation de l'air dans les composantes sont installés tel que les limites de température des différents composants ne sont pas atteints.



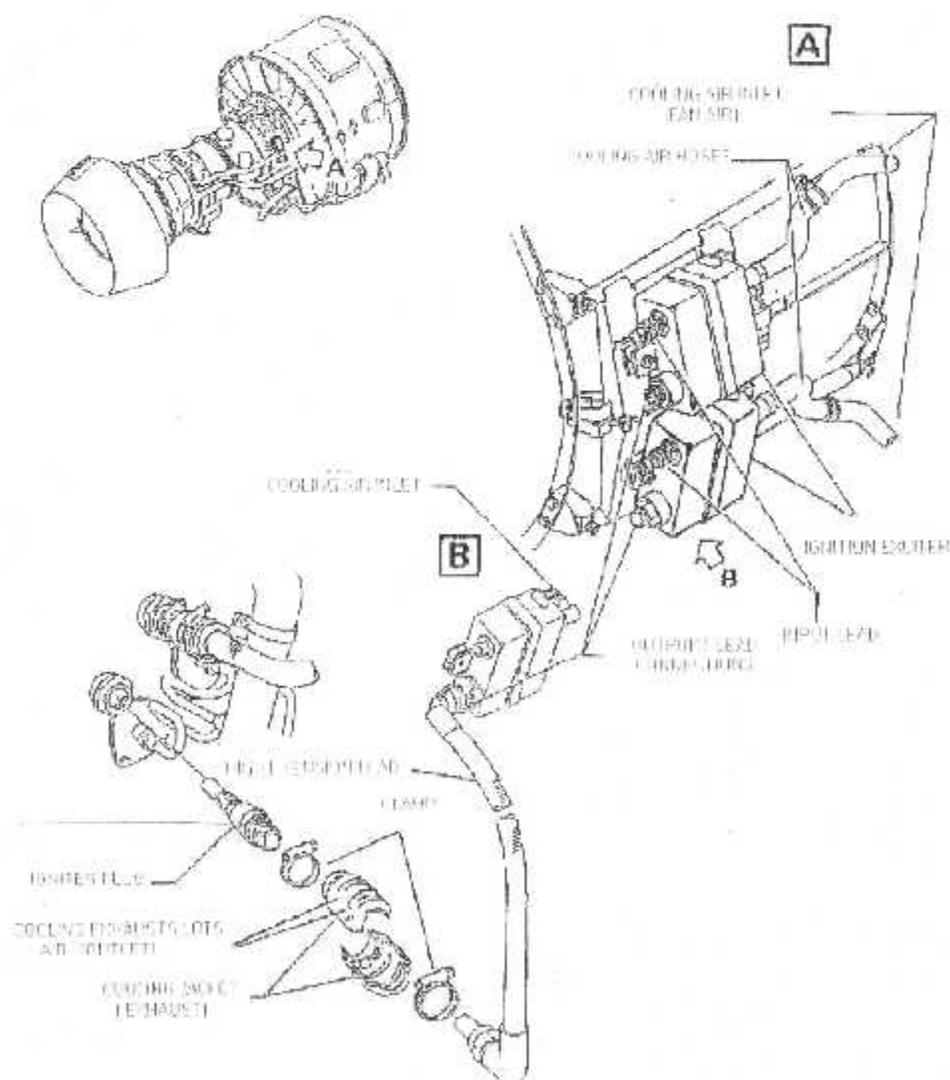
**(fig.III-24) SYSTEME DE REFROIDISSEMENT DE L'UNITE DE CONTROLE ELECTRONIQUE (ECU)**

**F-II : REFROIDISSEMENT DES CABLES D'ALLUMAGE :****F-II-1) GENERALITE :**

Les câbles d'allumages (harnais) sont refroidis par de l'air pour ne pas dépasser les limites de température (204° en (steady-state) et 232° en (transient)). L'air de refroidissement est prélevé de l'extérieur du carter fan, à côté de la boîte d'allumage vers les harnais à haute tension.

**F-II-2) DESCRIPTION :**

L'air déchargé du booster est prélevé et transporté par une tuyauterie. Cet air entre dans le revêtement des deux câbles électriques à travers un adaptateur d'admission, puis il sort du câblage au niveau de la brise électrique de l'allumeur.



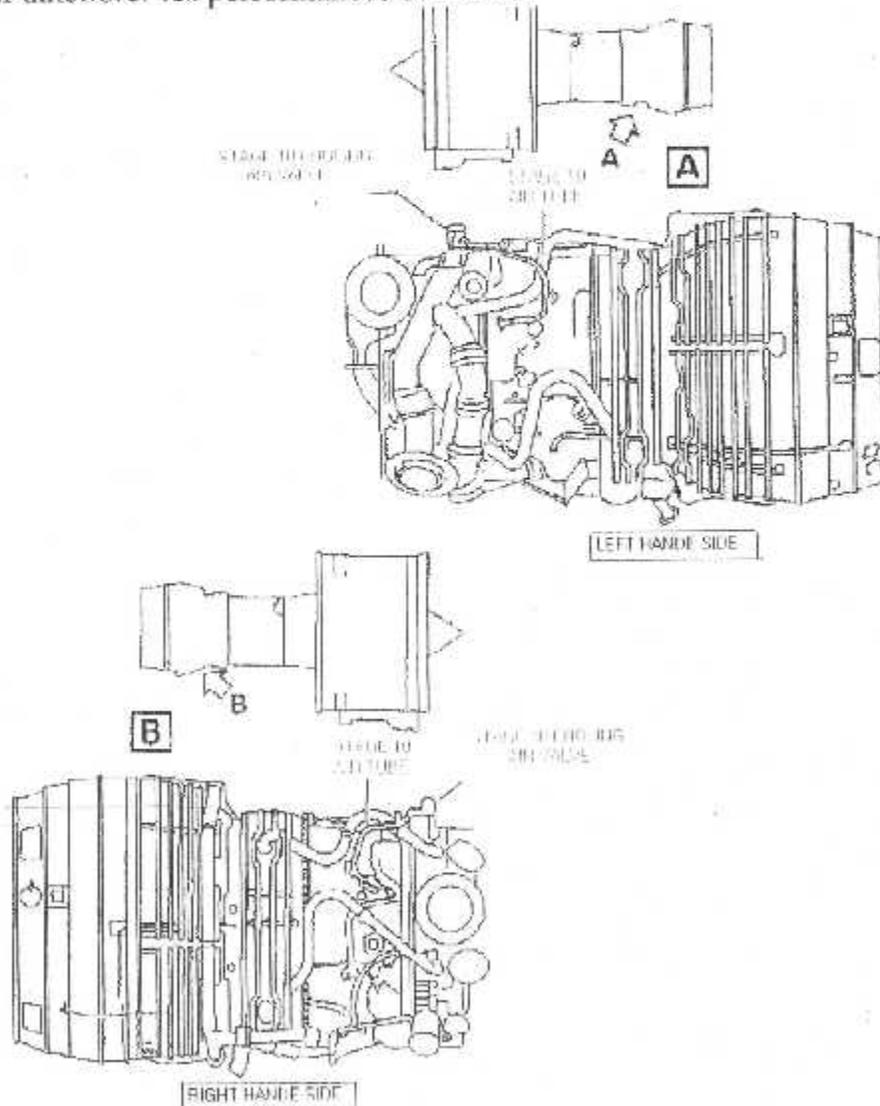
(fig III-25) REFROIDISSEMENT DU SYSTEME D'ALLUMAGE

### F-III : SYSTEME PNEUMATIQUE DE REFROIDISSEMENT DE LA TURBINE :

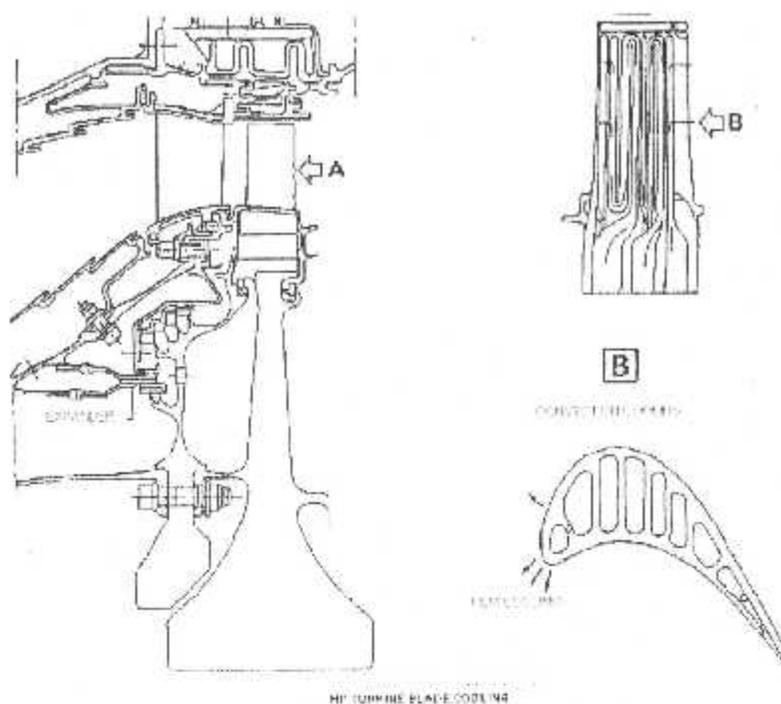
#### F-II-1) GENERALITE:

Le système de refroidissement est réaliser pour refouler l'air vers les aubes des deux étages de la turbine et l'alésage du disque de la turbine N°1 pendant les différents états de fonctionnement du moteur . La source de cet air est un prélèvement du 10<sup>ème</sup> étage du compresseur . Cet air sera envoyé vers le carter du stator à la valve d'air de la turbine HP (montée sur le carter du compresseur HP) et deux canaux externe qui se relie à la valve . Ces deux derniers travers deux contrefiches de diffuseur vers les cavités interne du carter ,ici l'air se mélange à l'air de divers sources et continuc à travers les cavités internes vers les aubes du 2<sup>ème</sup> étage et l'alésage du 1<sup>er</sup> disque de la turbine HP .

A une altitude au-dessus de (2000 pieds) ,La valve de ce système est coupée pour améliorer les performances du moteur



(fig.fII-27) SYSTEME D'AIR DE REFROIDISSEMENT DE LA TURBINE HP



(fig.III-28) REFROIDISSEMENT DES AUBES DE LA TURBINE HP

### F-III-2) DESCRIPTION:

Le système de contrôle de refroidissement de la turbine HP se compose de:

- Une valve de commande
- Un solénoïde de la valve (contrôlé par la ECU)
- Deux tubes

#### A) LA VALVE DE COMMANDE :

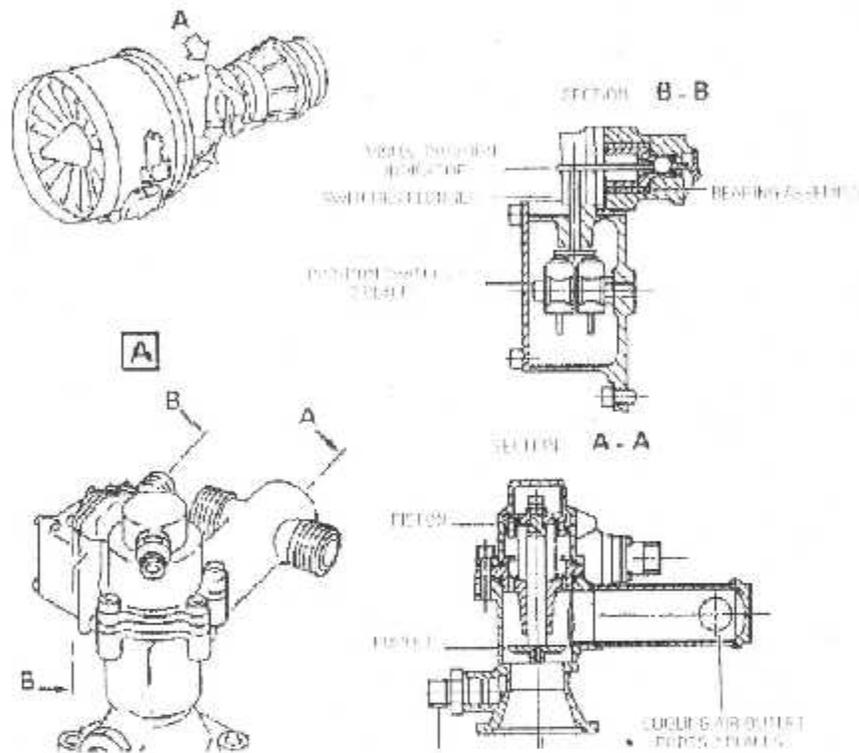
La tuyauterie externe incorpore une valve de commande d'air de refroidissement. Elle est soit entièrement ouverte ou entièrement fermée. La valve est opérée par un solénoïde qui reçoit les signaux de commandes renvoyés par la ECU. La valve de commande est normalement ouverte.

Un indicateur de positionnement visuel de la valve est présenté pour but de la maintenance, il incorpore également deux (switches) d'indication de position qui servent à donner des signaux à la ECU.

#### B) LA VALVE SOLINOÏDE

La valve solénoïde est montée sur le carter fan. Elle est aimantée : désaimantée selon les signaux de la ECU. Quand t-elle est aimantée, le solénoïde alimente l'air de déchargé du compresseur HP vers la valve de contrôle qui coupe l'écoulement d'air. Une fois le solénoïde est désaimanté, la valve de commande s'ouvre laissant la

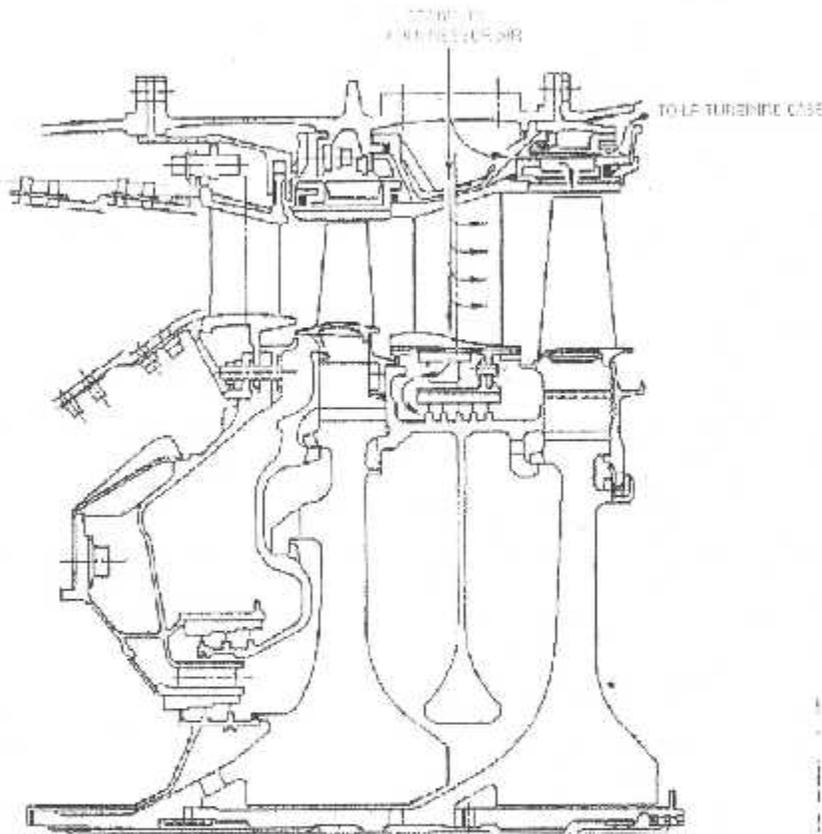
circulation d'air de refroidissement. Les commandes données par la ECU sont en fonction de la vitesse du rotor du compresseur (nombre de tour N2) et de l'altitude



(fig.III-29) LA VALVE DE CONTROLE DU SYSTEME REFROIDISSEMENT DE LA TURBINE HP

**F-IV : SYSTEME DE REFROIDISSEMENT DE LA TURBINE :**

Ce système est pour but de refroidir le carter HP ,les divers pièces non rotatives ,les rails du support de la turbine ,les segments extérieurs de l'annaux du diffuseur et les vannes du 2<sup>ème</sup> étage .La source de cet air est le prélèvement du 10<sup>ème</sup> étage du compresseur . Quatre tuyauterie effectuent l'écoulement d'air de refroidissement de quatre endroits du carter du CHP vers des quatre endroits différent du carter de la turbine HP



(fig.III-30) SYSTEME DE REFROIDISSEMENT DE LA  
TURBINE HP

## **G- L'AIR DE PRESSURISATION :**

### **G-I. LES ROULLEMENT**

#### **G-I-1) GENERALITE :**

Les roulements principaux du moteur sont contenus en 3 compartiments :

- Le compartiment du roulements avant.
- Le compartiments du roulement n ° 4.
- Le compartiments du roulements arrière.

B- Chaque compartiments a des joints installées pour empêcher la fuite d'huile , les joints sont pressurisés par l'air prélevé du compresseur BP. L'air du compresseur HP est utilisé pour maintenir le compartiment de roulement N°4 toujours frais.

#### **G-I-2) DESCRIPTION :**

Le compartiment de roulement avant contient trois roulements :

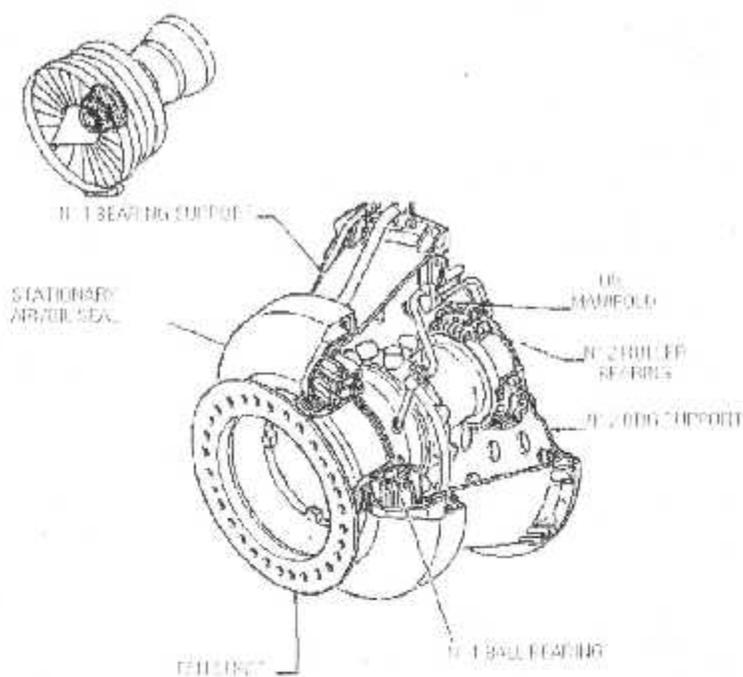
- N°1 : roulement à billes
- N°2 : roulement à galettes (pour l'arbre N 1) .
- N°3 : roulement à billes (pour l'arbre N2) .

La paroi du compartiment de roulement avant se compose d'un paroi intérieur du carter intermédiaire et d'un support du roulement N°1. Le compartiment est séparé de l'arbre N1 et l'arbre N2 avec 2 joints de carbone , un joint hydraulique et un joint (labyrinthe).

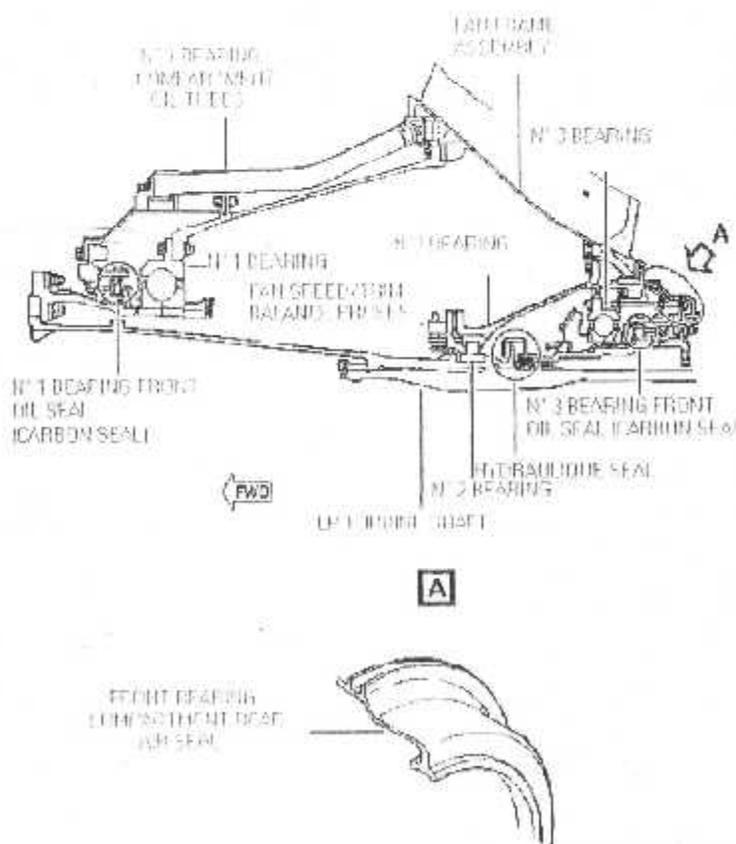
Le joint de carbone placé devant le roulement N°1 a pour but de séparer le compartiment et l'arbre N1.

Le joint hydraulique d'inter arbre est utilisé pour séparer le compartiment du prélèvement d'air de 8<sup>ème</sup> étage dans l'anneau entre l'arbre N1 et l'arbre N2

La combinaison du joint labyrinthe et le joint de carbone du roulement N°3 est utilisée pour l'étanchéité entre le compartiment et l'arbre N2.



(fig.III-31) LE SUPPORT DU ROULEMENT N° 1 ET N° 2



(fig.III-32) L'ÉTANCHEITÉ DU COMPARTIMENT DES ROULEMENTS AVANTS

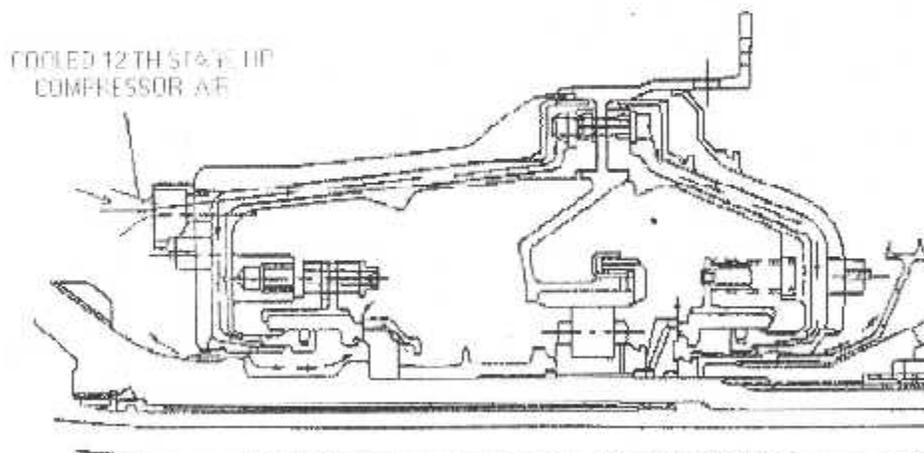
**G-I-3) OPERATION :**

L'air de pressurisation du compresseur BP s'écoule devant le roulement N°1 et le joint carbone, l'air de pressurisation qui s'écoule dans l'espace arrière du roulement N°3 et entre le joint labyrinthe et le joint de carbone est tiré de l'étage 2,5 du compresseur basse pression. L'air est injecté pour garder la pression appropriée des joints.

**G-II -REFROIDISSEMENT ET ETANCHIETE DU COMPARTIMENT DE ROULEMENT N°4 :****G-II-1) GENERALITE :**

Le compartiment du roulement N°4 est refroidis par l'air du 12<sup>ème</sup> étage. Une tuyauterie extérieure porte cet air d'une portière unique du carter diffuseur

La tuyauterie interne porte l'air refroidis vers le compartiment du roulement N°4 du car où il est distribué pour former un enveloppe protecteur thermique



(fig.III-33) REFROIDISSEMENT DAIR DU COMPARTIMENT DE ROULEMENT N°4

CHAPITRE IV

*Maintenance et recherche de pannes du  
moteur CFM 56 5B*

## **V. MAINTENANCES DU MOTEUR CFM56-5B**

### **IV.1. INTRODUCTION**

La durée de vie d'une machine ou d'un équipement quelconque est plus particulièrement fonction de sa nature et ses conditions de travail. Il ne faut pas donc éliminer la nécessité d'une maintenance préventive et d'une inspection périodique ainsi que le changement nécessaire d'un nombre de pièce et de composants.

L'existence d'un service maintenance se justifie par la nécessité d'assurer la disponibilité permanente des équipements.

La fonction maintenance constitue un moyen efficace dans l'amélioration de la rentabilité, et la sécurité des personnes et des matériels. Les périodes maintenance doivent être planifiées et les différentes interventions doivent être enregistrées.

La maintenance est définie comme étant ( l'ensemble des actions permettant de maintenir ou d'un état spécial ou il est en mesure d'assurer un service déterminé ). (Norme AFNOR X60-10).

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

#### **IV.2.1. MAINTENANCE CORRECTIVE**

- C'est une maintenance effectuée après une défaillance.
- C'est une politique de maintenance (dépannage ou réparation), qui correspond à une attitude de réaction à des événements plus ou moins aléatoires et qui s'applique après la panne.
- C'est un choix politique de l'entreprise qui malgré tout, nécessite la mise en place d'un certain nombre de méthodes qui permettent d'en diminuer les conséquences.

##### **IV.2.1.2- LA MISE EN ŒUVRE DE LA MAINTENANCE CORRECTIVE**

La maintenance corrective devra s'appliquer automatiquement aux défaillances, comme par exemple, la rupture brusque d'un organe mécanique.

Ce type de maintenance sera réservé au type de matériel peu coûteux et dont la panne aurait une influence sur la sécurité.

#### **IV.2.2. MAINTENANCE PREVENTIVE**

C'est une maintenance effectuée dans l'intention de réduire la possibilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

Ce type de maintenance a pour objectif :

- D'augmenter la durée de vie des équipements.
- De diminuer le temps d'arrêt lors des pannes.
- De faciliter la gestion des stocks.

La maintenance préventive comprend deux types de maintenances :

### IV.2.2.1 MAINTENANCE CONDITIONNELLE

C'est une maintenance qui effectue un diagnostic avant de remplacer l'élément visité. Elle s'applique par exemple pour les grandes machines tournantes. Un démontage ou un remplacement coûte cher en perte de production et en temps. Pour cela la maintenance conditionnelle consiste aussi à ne changer l'élément que lorsque celui-ci présente des signes de vieillissement ou usure mettant en danger ses performances.

Elle est subordonnée à un type d'événement pédestrement, révélateur de l'état de dégradation (usure, bruits,..Etc.).

### IV.2.2.2 MAINTENANCE SYSTEMATIQUE

C'est une maintenance effectuée selon un échéancier établi en fonction du temps et du nombre d'unités, elle est appliquée avant l'apparitions d'une panne.

Ce type de maintenance permet de réduire le nombre de défaillances, d'améliorer la disponibilité de l'équipement, la sécurité et l'augmentation de la durée de vie des équipements.

## V.3. RECHERCHE DE PANNES CFM56-5B

### V.3.1. Classe des pannes:

Toutes les pannes n'affectent pas la sécurité de l'avion de la même façon, en distingue différentes classes de pannes en fonction de leur gravité ou conséquence

#### V.3.1.1. Panne classe 1 :

En cas d'une panne classe N1 (panne du système de commande LPTACC) un message d'alerte est affiché dans l'ECAM supérieur.

Un nécessite d'être porter de connaissance de l'équipage parce qu'ils ont des conséquences opérationnelles (pour suite qui vol, elle nécessite obligatoirement (systématique) une action du pilote pour remettre la panne, les panne NO GO doivent être importantes réparez, l'avion ne décolle pas.

#### V3.1.2. Panne classe 2:

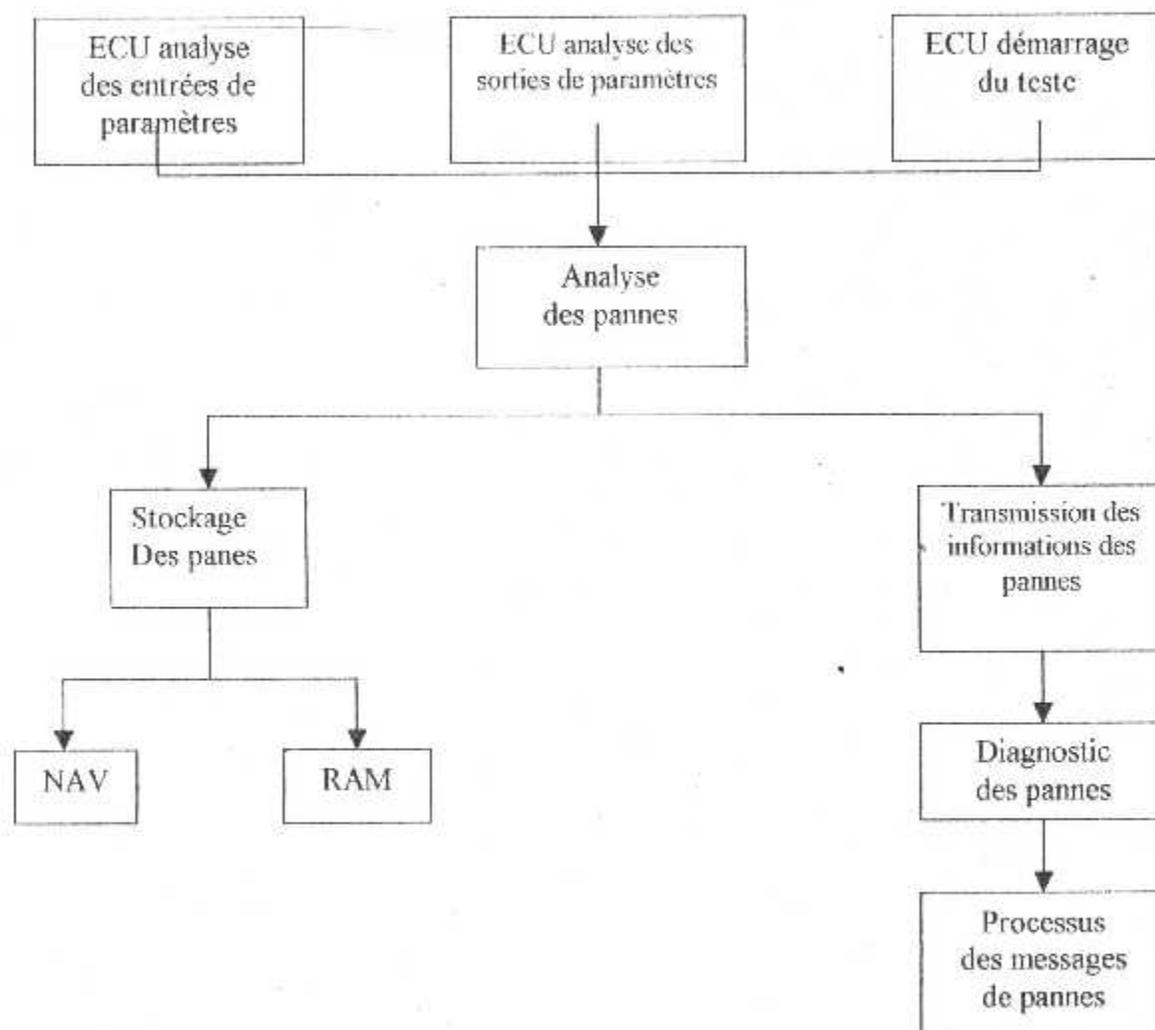
En cas d'une panne classe N2 (signal de retour LPTACC ou panne de courant du moteur couple) un message de l'état de maintenance est affiché en même ECAM, ces messages sont imprimés dans le mode normal (voir figure 2).

Dans cette classe elle n'a pas de conséquence pour le vol en cours et pour les prochains vols dans la limite retour à ça base principale, elle est directement porter à la connaissance de l'équipage, elle doit être rapportée de look book ou CRM, les pannes GO IF, elles ne pas besoin d'être réparez, mais s'il prend quelques précautions.

### V.3.1.3. Panne classe 3:

En cas d'une panne classe N3, elle n'est pas indiquée à l'équipage parce qu'ils ont des conséquences opérationnelles et n'affecte rien la sécurité de l'avion et elle peut être jamais réparer, si ce n'est pas des considérations économiques et de disponibilité ; Les pannes GO sont condition cas, il ne pas besoin de réparer, leur réparation relève à l'autre des critères liés à la compagnie ou neutre, de prestige et disponibilité de l'avion.

### V.3.2. PROCESSUS DE DETECTIONS DE PANNE MOTEUR:

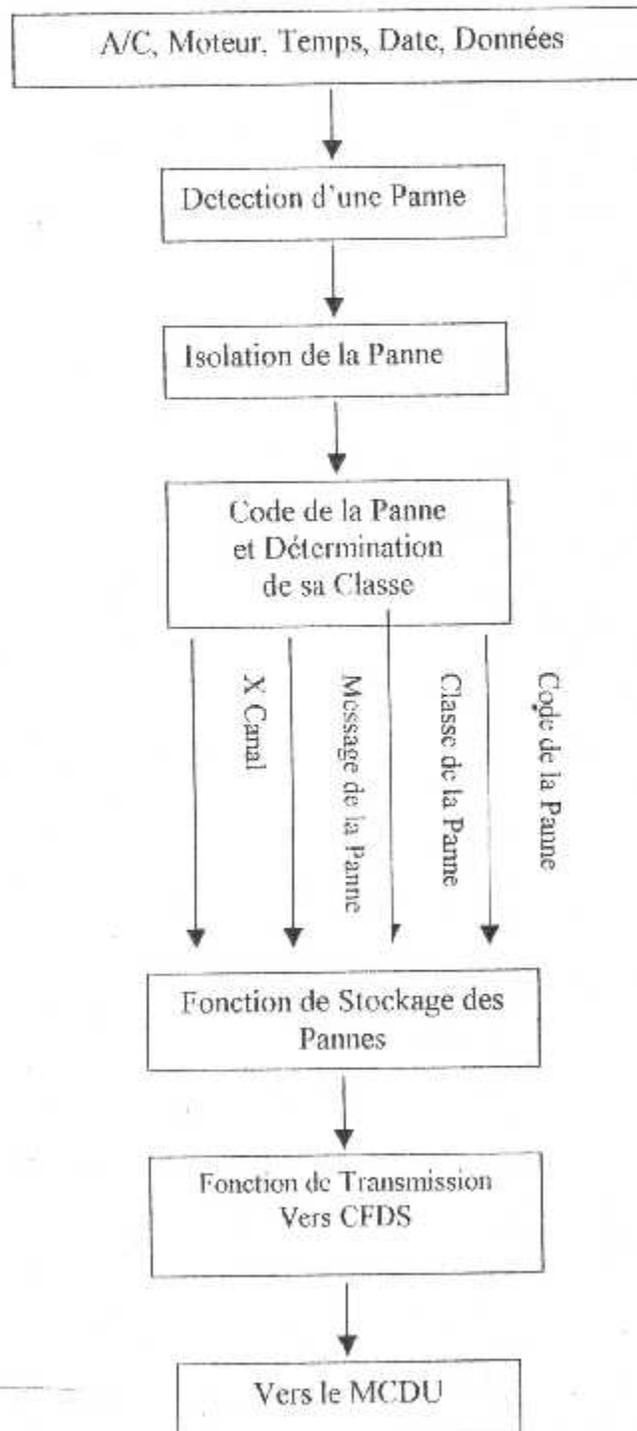


(Fig.IV-1) : FONCTIONNEMENT EN MODE NORMALE DU LOGICIEL DE MAINTENANCE

On a vu que les avantages des régulateurs numériques (ECU) plus de souplesse dans la détermination et la mise au point des lois de régulations et des contrôles des systèmes moteur. En plus de ses avantages, c'est la détection de ses propres pannes et de celles de tous les organes de commande et des capteurs, et transmission en temps réel des signaux de panne correspondant au système d'alarme et de maintenance centralisé de l'avion.

La détection d'anomalie est une fonction d'analyse continue des données moteurs durant le vol et le mode opératoire normale. Le processus de détection des pannes commence par une analyse complète de l'ECU, des paramètres d'entrées et de sorties, en faisant des comparaisons entre eux. L'ECU est capable de détecter la chaîne d'air le problème est engendré.

Ce dernier les envoie sous forme de messages de pannes après avoir diagnostiquer les données ensuite stockées dans des mémoires (par exemples dans les boites noires afin de connaître ou de savoir les causes en cas d'accident d'avion.

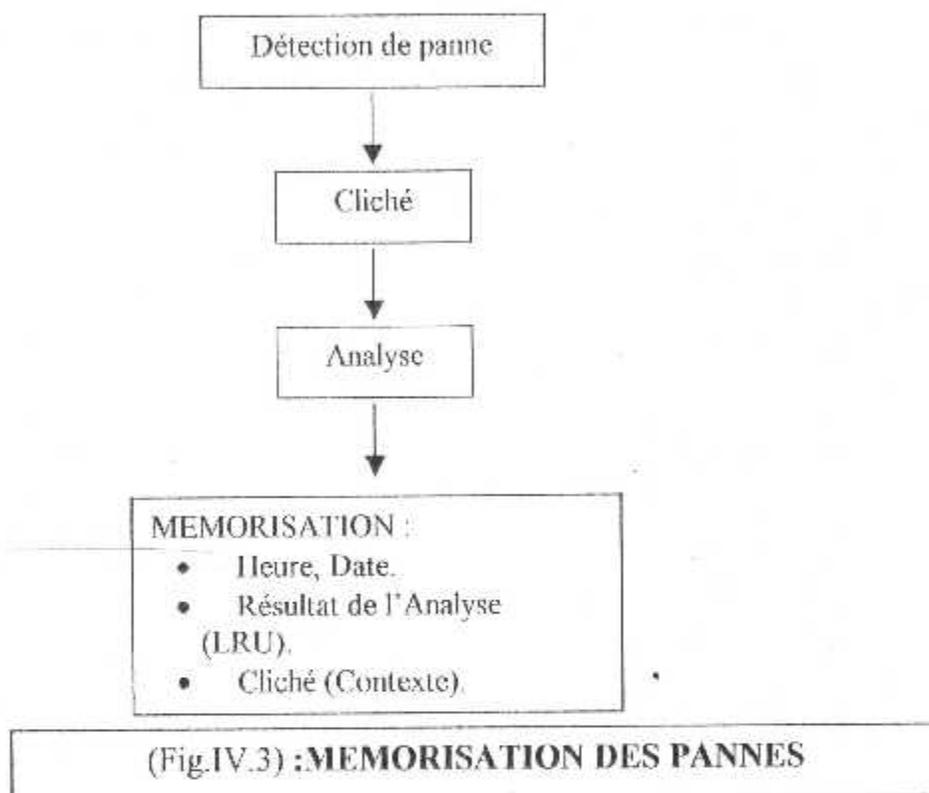


(Fig.IV-2) : PROCESSUS DE DIAGNOSTICS DE LA FONCTION ECU MAINTENANCE

### V.3.3 Mémorisation :

Pour faciliter les opérations de dépannage, les dispositifs BITE mémorisent les informations suivantes :

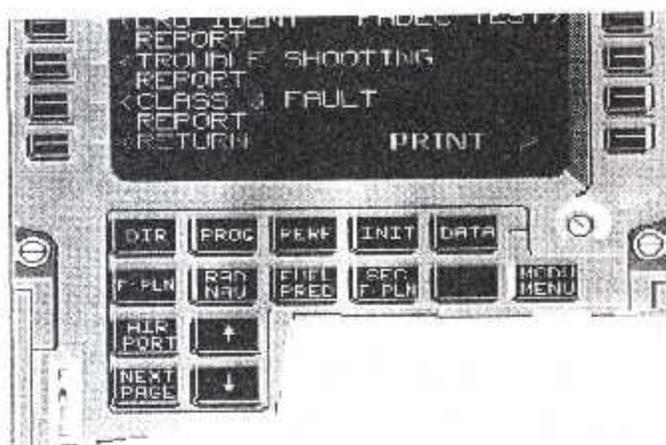
- Résultat du diagnostic pour le vol en cours et un certain nombre de vols précédent.
- Des informations complémentaires par chaque panne détectée et qui constituent le contexte (Cliché), configuration avion, altitude, position de valeurs, état des systèmes périphériques.....).



- Mémorisation d'informations complémentaires destinées à faciliter la maintenance en atelier.
- Mémorisation des pannes dont l'action corrective peut être reportée à une visite programmée ultérieure.

### V.3.4. MODE MENU DU LOGICIEL DE MAINTENANCE (CFDS) :

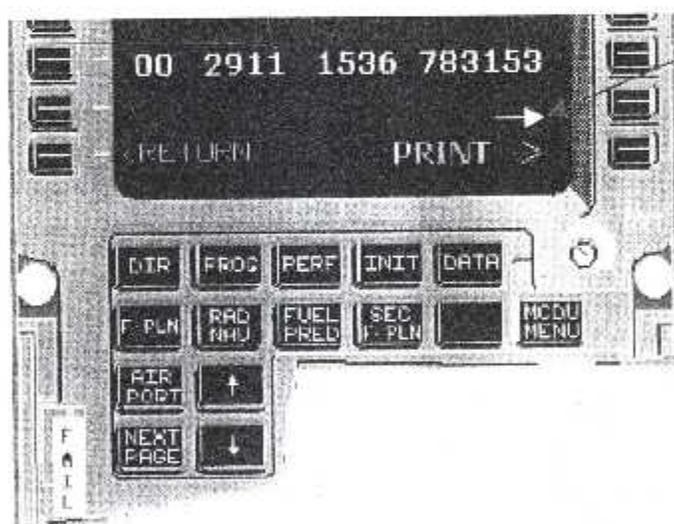
Il permet de donner l'accès aux tests des équipements ainsi que le rapport de l'état de fonctionnement du moteur après chaque vol ou un certain nombre de vol précédent.



(Fig.IV-4) : MENU DE LOGICIEL DE MAINTENANCE

**V.3.4.1. LAST LEG REPORT.**

1) Donne au maximum 12 fautes de classes 1 et 2 seulement qui sont survenues durant le dernier vol.



La flèche indique l'existence d'une autre page de Last Leg Report.  
S'il n'y a pas de défaut on aura le message suivant.

NO FAULT RECORDED

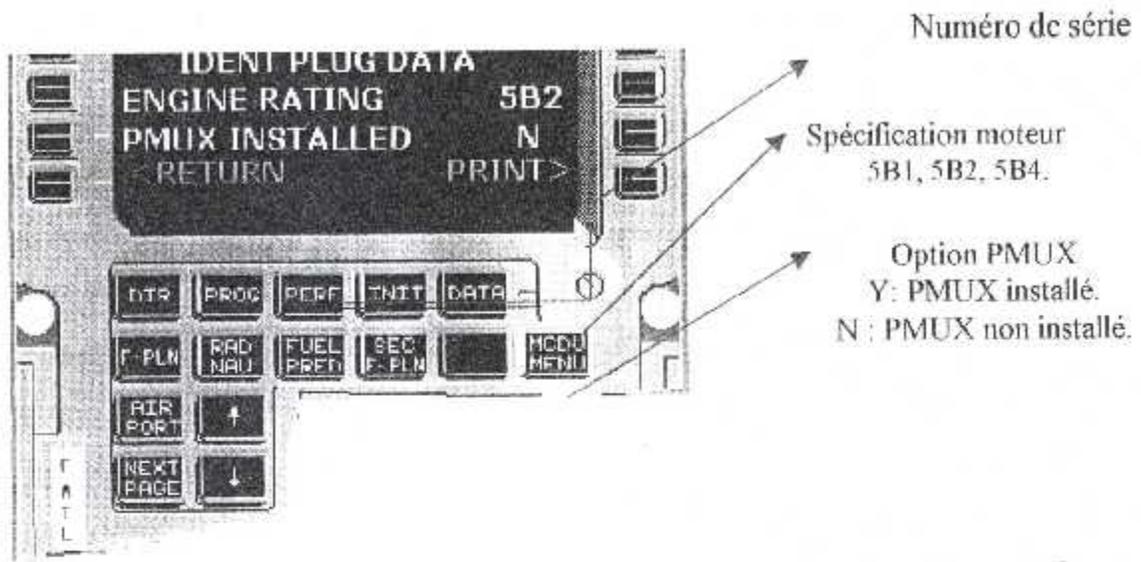
(Fig.IV-5): MENU DE DERNIERE PANNES CLASSE 1 ET 2

**V.3.4.2 PREVIOUS LEG REPORT:**

Donne au maximum les 12 derniers messages de pannes de classes 1 et 2 seulement qui sont produit durant les 64 vols.

**V.3.4.3. LRU IDENTIFICATION :**

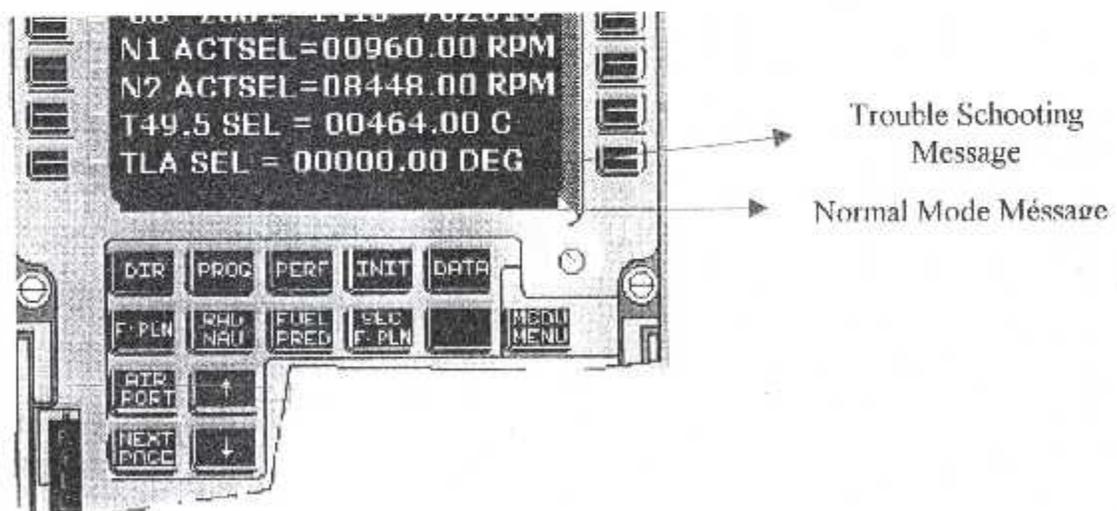
Donne des informations codées à travers la prise d'identification moteur.



(Fig.IV-6) : MENU DE DERNIERE PANNES CLASSE 1 ET 2

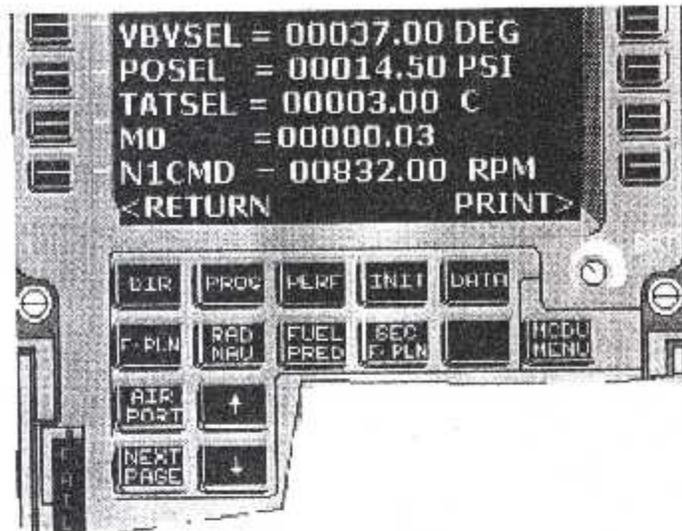
V.3.4.4 TROUBLE SHOOTING REPORT :

Donne au maximum 12 messages de pannes de classes 1 et 2 seulement durant les 64 vols.



SCREEN # 1

(FigIV-7) :Menu de recherche de pannes

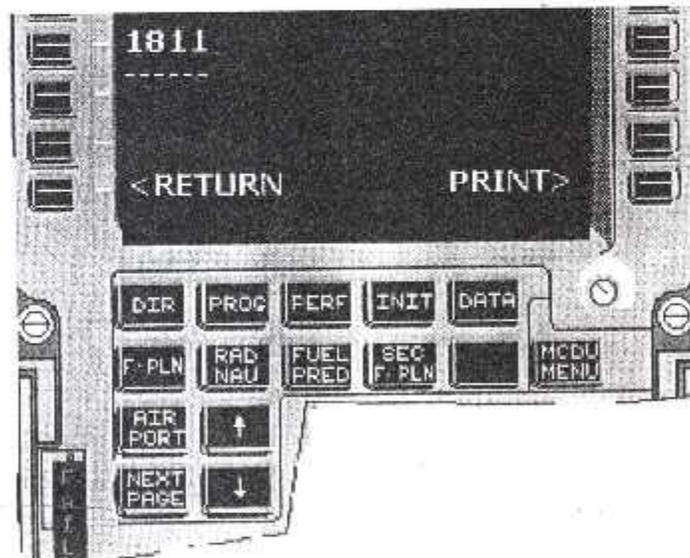


SCREEN # 2

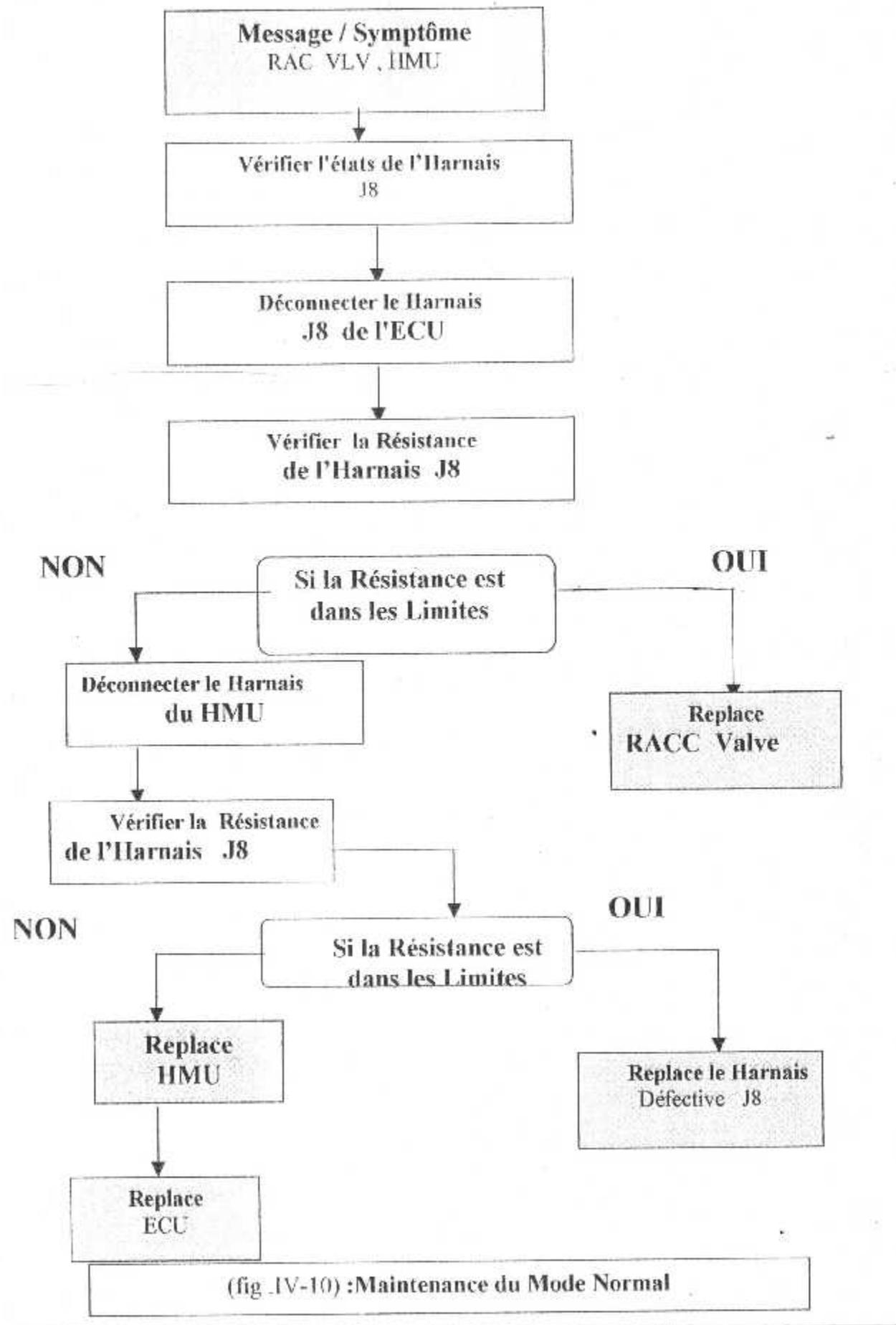
(Fig.IV-8): MENU DE RECHERCHE DE PANNES

### V.3.4.5 CLASSE 3 REPORT :

Donne en maximum 12 messages de pannes classe 3.



(FigIV-9) : MENU DE RAPPORT DE PANNES CLASSE 3



**V.3.5 Exemple de Recherche de Panne :****Procédure (TASK): 75-00-810-817**

Panne de la valve RACC.

**LES CAUSES POSSIBLES:**

- La valve RACC.
- Le HMU.
- L'Harnais J8.
- L'ECU.

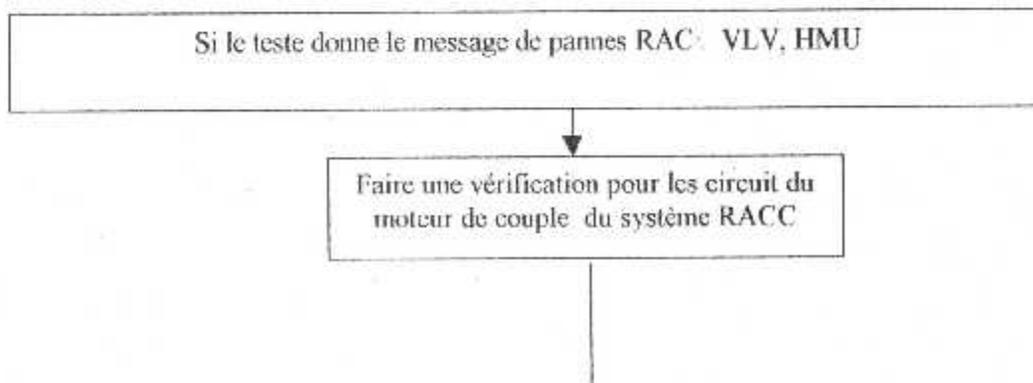
**INFORMATION DES MONTAGES REALISES :**

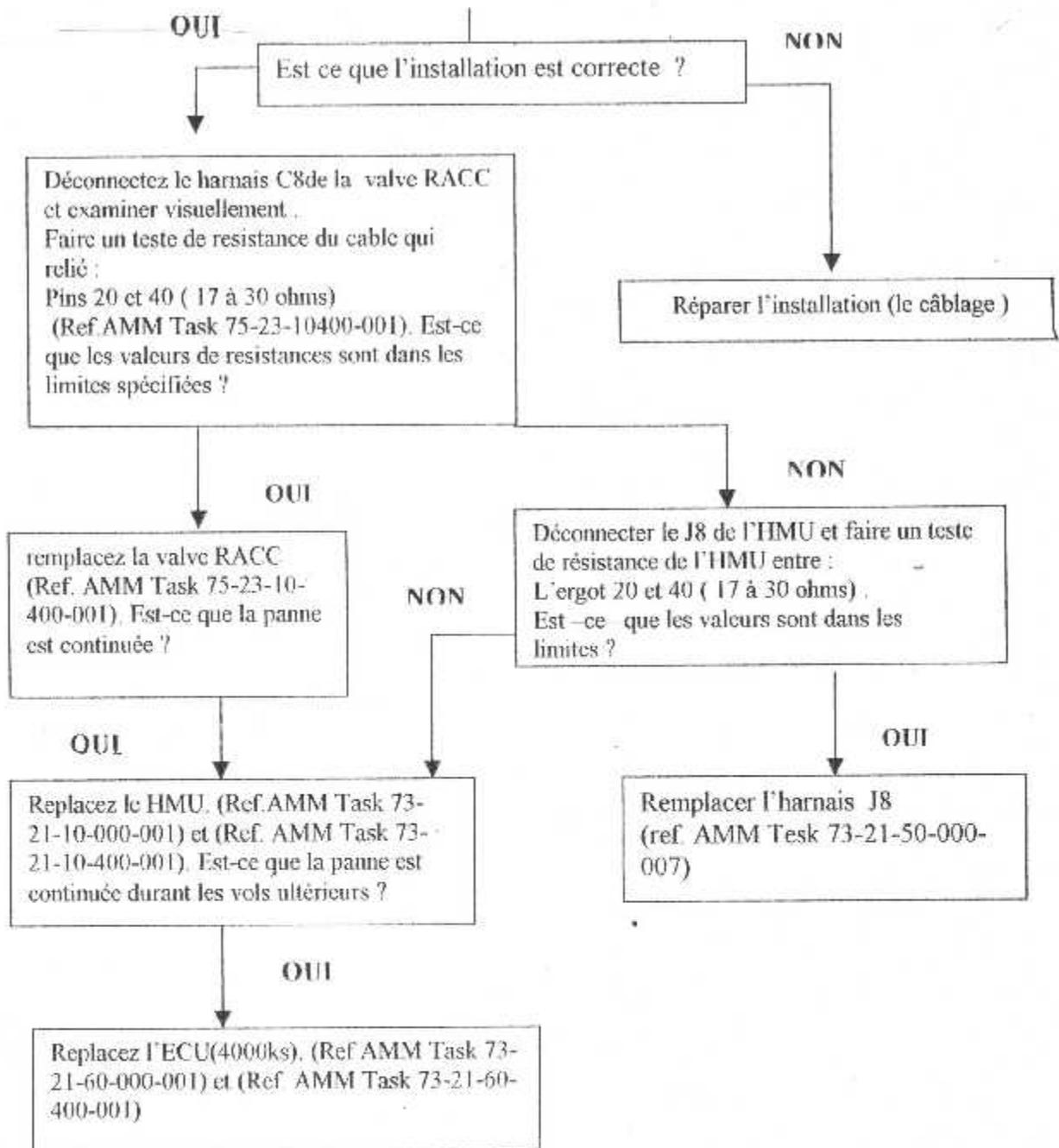
Information référencée

REFERENCE	DESIGNATION
73-21-10-000-001	- Démontage de l'HMU
73-21-10-400-001	- Installation de l'HMU
73-21-50-000-007	- Démontage de l'harnais J8
73-21-50-400-007	- Installation de l'harnais CJ8
73-21-60-000-001	- Dépose de l'unité électronique de contrôle moteur (ECU)
73-21-60-400-001	- Installation de l'unité électronique de contrôle moteur(ECU)
73-29-00-710-040	- Test opérationnel du FADEC au sol (avec non dégomme de moteur)
75-23-10-000-001	- Dépose la valve RACC
75-23-10-400-001	- Installation de la valve RACC

**3. Confirmation des Pannes**

A. Faire le teste opérationnel du canal B du FADEC au sol ( avec le surveillance des moteur ).

**4. Recherche de panne :**



### V.3.5.1. Système de Contrôle du Jeu de Valve Haute Pression (RACC) :

#### PROCEDURE(TASK) : 75-23-00-810-807

La perte (LOSS) des signaux de retour provenant de la valve RAC vers les deux 2-canaux A et B

#### 1. Les Causes Possibles :

- ❖ La valve RACC
- ❖ ECU
- ❖ Le Harnais J11
- ❖ Le Harnais CJ11R
- ❖ Le Harnais J12
- ❖ Le Harnais CJ12R

#### 2. Information du Travail de Montage : (Job Set-up Information)

Information Référencée.

REFERENCE	DESIGNATION
73-21-50-000-002	- Démontage de l'HMU
73-21-50-000-004	- Installation de l'HMU
73-21-50-000-010	- Démontage de l'harnais J8
73-21-50-400-011	- Installation de l'harnais CJ8
73-21-50-400-002	- Dépose de l'unité électronique de contrôle moteur (ECU)
73-21-50-400-004	- Installation de l'unité électronique de contrôle moteur(ECU)
73-21-50-400-010	- Test opérationnel du FADEC au sol (avec non dégomme de moteur)
73-21-60-000-001	- Dépose la valve RACC
73-21-60-400-001	- Installation de la valve RACC
73-29-00-400-010	- Teste opérationnel du FADEC au sol( avec un surveillance des moteurs)
73-21-60-000-001	- Déposé de la valve RACC
73-21-60-400-001	- Installation de la valve RACC

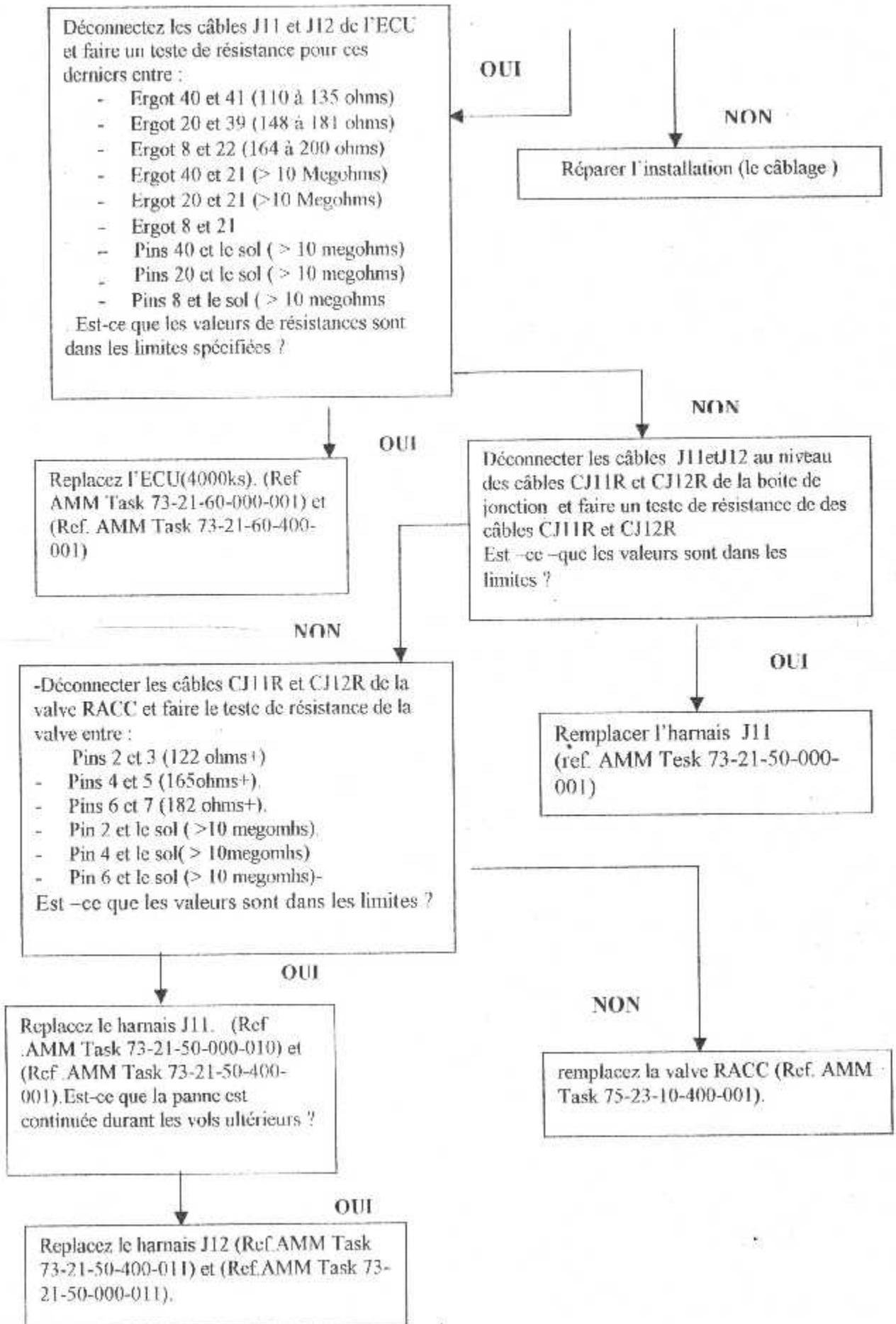
#### 3. Confirmation des Pannes

- A. Teste : Faire le teste opérationnel pour les deux canaux 2A et 2B du système FADEC au sol (avec le surveillance des moteurs))(Ref. AMM TASK 73-29-00-710-040)

#### 4. Recherche de panne :

Si le teste donne le message de pannes RAC VLV, J11,ECU et LPTV VLV,J12,ECU

Faire une vérification pour les harnais J11 et J12 entre l'ECU et la boîte de jonction (raccordement) située à 6 :00et entre la boîte et la valve RACC.  
(Ref. ASM 73-25/18)  
Est-ce que l'installation (câblage ) est correcte ?



## CONCLUSION

A l'issue de cette étude , nous avons pu comprendre l'utilité et le fonctionnement du système d'air du **CFM56-5B** qui est l'aboutissement de plusieurs années de recherches permettant finalement la fabrication d'un dispositif de contrôle efficace qui assure le bon fonctionnement du moteur et le rend plus économique.

Par conséquent ,l'intervention et l'entretien du système d'air de ce moteur demande moins de temps d'immobilisation grâce à un système de recherche de pannes intégré au moteur qui transmet les message de maintenance de tous les systèmes du moteur en temps réel.

Ainsi à travers cette étude , nous avons parcouru l'ensemble du système d'air du moteur **CFM56-5B** avec une étude détaillée de ce dernier ,ainsi qu'une description du système de recherche de pannes intégré au moteur avant de passer à la méthode du manuel de recherche de pannes du constructeur (TSM) et finalement nous avons donnés quelques exemples qui aide à mieux comprendre le déroulement de la procédure de dépannage

Tous cela nous a permis de nous familiariser avec ce système et de pouvoir remédier à n'importe quelle panne signalée dans ce type moteur .

Enfin nous souhaitons que ce modeste travail apportera un plus au sein de notre institut , et sera un support utile pour les futurs techniciens et ingénieurs dans ce domaine .

## BIBLIOGRAPHIE

- CD-ROM : Aéronef Maintenance Manuel (AMM) de FAIRBUS.
- CD-ROM : Trouble Shooting Manuel (TSM) de DLH
- Dictionnaire de l'aéronautique et de l'espace ( Anglais – Français ) (Par Henri-Goursat)
- Les cours de recherche de pannes (Mr. ABADA Omar)
- Les sites Internet : [www.cfin56.com](http://www.cfin56.com),  
[www.cfininternational.com](http://www.cfininternational.com).