

LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université SAAD DAHLEB BLIDA

Département d'aéronautique



mémoire de fin d'études

Pour l'obtention d'un diplôme DEUA en aéronautique

Thème

**Comparaison entre les circuits d'air  
des moteurs CFM56-7B et CF6 80-C2 FADEC**

Réalisé par :

AIDI farid  
ZENDJEBIL nourddine

suivé par :

Mr BENOMAR abdelkader

*Promotion 2004/2005*

# REMERCIEMENTS

Avant tous nous remercions le bon DIEU tous puissant pour savoir guidé vers le chemin de la connaissance et de la lumière et de savoir.

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

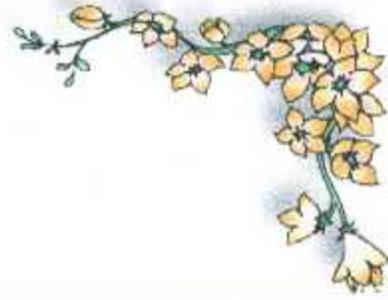
Nous chaleureux remerciements à notre promoteur BENOMAR ABD EL KADER pour son aide permanent.

Nous tenons à présenter nos remerciements à l'ensemble des enseignants de l'institut d'Aéronautique et aux Membre de jurys qui nous font l'honneur de bien juger notre travail.

Nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de loin ou de près.

Tous les amis(es) ou ils sont .

Merci



## Dédicaces

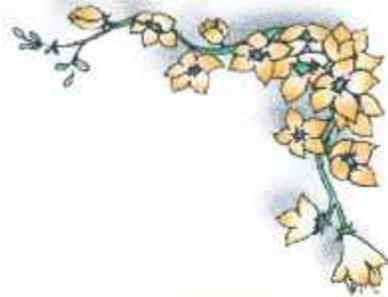
Premièrement je remercie dieu qui ma aidait à faire ce travail et toutes personnes ayant collaborer pour que ce travail soit bien réalisé.



Je dédie ce travail à toute ma famille sans exception et sur tous à mon père qui ma beaucoup encouragé et ma mère qui n'a jamais cessée de m'aider et à tous mes frères et sœurs (AHCEN, FATIHA, SAMIR, DJAMEL, MASSINE, LILLIA et en fin la petite NASSIMA. Et sans oublier mes amis sur tous les plus proches entre eux.

En fin j'espère que ce travail aidera les prochains étudiants à réaliser leurs mémoires de fin d'études.





## Dédicaces

. Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chères parents Salem Zendjebil et Aouani Yamina qui m'ont encouragés et soutenues tous le long de mes études, je les aime très très forts de la même façon.

Mon petit frère Mourad .

Mon frère Samir et sa future femme Sylvie .

Mon frère Farid et sa femme Chabha.

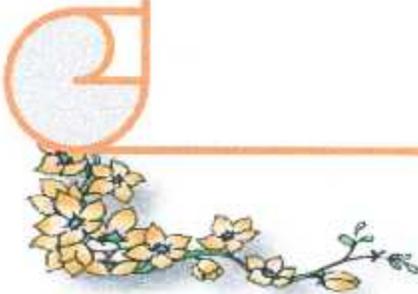
Ma très chère soeur Nadia et son mari Ouali Assame qui je respecte, ainsi à ces deux petites filles Ouzna et Sonia qui j'aime énormément.

Ma famille Zendjebil ou il sont, et a la famille Aouani

Mon binôme Farid Aidi et a toute sa famille Aidi.

Mes amis (es) de Agouni-guegrane, d'Ouadhias et de Tizi-Ouzou, et mes amis (es) de l'Aéronautique et ceux de l'Université, sans oublier ceux de la cité2 et la cité1

A tous ceux qui j'aime, et ceux qui j'ai connue et ceux qui mon connue ; ainsi ceux qui m'aime.



NOURDDINE

# BIBLIOGRAPHIE

- **GENERALE ELECTRIQUE AIRCRAFT ENGINES.**
- **BASIC ENGINE AND FADEC SYSTEME CF6-80-C2.**
- **THESE 2001,2003,2002 (BIBLIOTEQUE).**
- **CD CFM56-7B.**
- **C 737 FLIGHT.**
- **ARCHIVES D'AIR ALGERIE.**

## Résumé

Ce travail est un tous petit aperçu sur deux moteurs de nouvelle génération qui sont le CFM56-7B et le CF6 80-C2 FADEC, Ces deux moteurs sont dotés de plusieurs circuits. Notre travail à fait l'objet d'une étude approfondie sur leurs circuits d'air en faisant leurs descriptions ainsi que leurs fonctionnement et en général leurs rôles dans les moteurs pendant le démarrage.

Ce travail aussi est une comparaison entre les circuits d'air des deux moteurs précédents sachant que leurs circuits sont déferent, et enfin vient la maintenance qui est devenue très facile grâce aux progrès de la technologie aéronautique.

## Summary

This work is a all small outline on two engines of new generation which are the CFM56-7b and the CF6 80-C2 FADEC, These two engines are equipped with several circuits. Our work with fact the object of an in-depth study on their circuits of air by making their descriptions like their operation and in general their roles in the engines during starting. This work as is a comparison between the circuits of air of the two preceding engines knowing as their circuits are deferent, and finally comes the maintenance which became very easy thanks to progress of aeronautical technology

# ABREVIATIONS

ACARS	: Système de transition des données numériques entre l'avion en vol et le sol ,et inversement.
ADIRU	: Centre de référence inertielle des données aériennes.
AGB	: Boite de commande des accessoires.
APU	: Unité de puissance auxiliaire.
C°	: Degré celsius.
CCCV	: Vanne de refroidissement de moteur et d'accessoires.
CDS	: Système de visualisation commune.
CDU	: Boite de commande et d'affichage.
CFMI	: CFM international.
CIP	: Température d'entrée compresseur.
CIT	: Température d'entrée turbine.
DOD	: Dégât cause par un phénomène naturel.
EEC	: Unité de contrôle électrique.
EGT	: Température de sortie des gaz d'échappement.
ESCV	: Vanne de refroidissement du 11 ème étage.
FADEC	: Système de régulation électrique numérique à pleine autorité du moteur.
FOD	: Dégât causé par des corps étrangers.
HMU	: Dispositif de régulation moteur.
HPC	: Compresseur haute pression.
HPT	: Turbine haute pression.
HPTACC	: Contrôle de jeu HPT.
HPTACCV	: Valve de HPT.
LPC	: Compresseur basse pression.
LPT	: Turbine basse pression.
LPTACC	: Contrôle de jeu LPT.
N1	: Vitesse de rotation de l'attelage basse pression.
N2	: Vitesse de rotation de l'attelage haute pression.
P0	: Pression ambiante.
PS3	: Pression de décharge compresseur.
PS12	: Pression de l'air statique de l'entrée fan.
PS13	: Pression de l'air statique de la sortie fan.
TBV	: Vanne de décharge transitoire.
VBV	: Vanne de décharge.
VSV	: Stator à calage variable.

# SOMMAIRE

	Pages
Généralités.....	01
Historique.....	02
Introduction.....	03

## CHAPITRE I : DESCRIPTION DES MOTEURS CFM56-7B ET CF680-C2 FADEC

<b>I.1. DESCRIPTION GENERALE DU MOTEUR CFM56-7B .....</b>	<b>04</b>
<b>I.1.1 Introduction .....</b>	<b>04</b>
<b>I.1.2 Entrée d'air .....</b>	<b>06</b>
<b>I.1.3 Les modules qui constituent le moteur CFM56-7B .....</b>	<b>06</b>
<b>I.1.3.1. Module FAN .....</b>	<b>06</b>
<b>I.1.3.2 Module CORE .....</b>	<b>07</b>
<b>I.1.3.3 Module GEARBOX .....</b>	<b>07</b>
<b>I.1.4 Tuyère .....</b>	<b>08</b>
<b>I.1.5 Accessoires d'entraînement .....</b>	<b>10</b>
<b>I.1.6 Stations aérodynamiques .....</b>	<b>10</b>
<b>I.1.7 Roulements du moteur et carter de vidange .....</b>	<b>12</b>
<b>I.1.8. Soufflante et cône d'entrée .....</b>	<b>12</b>
<b>I.1.8.1.Cône d'entrée avant et arrière .....</b>	<b>12</b>
<b>I.1.8.2.Ailettes FAN .....</b>	<b>14</b>
<b>I.1.8.3 Procédure de démontage des ailettes .....</b>	<b>14</b>
<b>I.1.9. Capotage du moteur CFM56-7B .....</b>	<b>16</b>
<b>I.1.10 Les caractéristiques du moteur CFM56-7B.....</b>	<b>16</b>
<b>I.1.11 les indication et alarmes .....</b>	<b>18</b>
<b>I.1.12. l'EEC .....</b>	<b>19</b>
<b>I.1.13. CDS/DEUs .....</b>	<b>22</b>
<b>I.2. DESCRIPTION GENERALE DU MOTEUR CF6-80-C2 FADEC :.....</b>	<b>23</b>
<b>I.2.1. Introduction :.....</b>	<b>23</b>
<b>I.2.2. Les modules qui constituent le moteurCF6-80-C2 FADEC.....</b>	<b>23</b>
<b>I.2.2.1. Module fan.....</b>	<b>23</b>
<b>I.2.2.2.Module core .....</b>	<b>23</b>
<b>I.2.2.3.Module turbine haute pression.....</b>	<b>26</b>
<b>I.2.2.4.Module turbine basse pression.....</b>	<b>26</b>
<b>I.2.2.5.Module boîte d'entraînement d'accessoires .....</b>	<b>28</b>
<b>I.2.3. Caractéristiques principales du réacteur CF6-80-C2 FADEC.....</b>	<b>30</b>
<b>I.2.4. Repérage des différentes stations réacteur .....</b>	<b>30</b>
<b>I.2.5 système EICAS .....</b>	<b>31</b>
<b>I.2.6 unité électronique de contrôle moteur (EEC).....</b>	<b>33</b>

# CHAPITRE II CIRCUIT D'AIR DU CFM56-7B ET DU CF6-80- C2 FADEC

## II.1 CIRCUIT D'AIR DU CFM56-7B

II.1.1 DESCRIPTION DU SYSTEME D'AIR DU MOTEUR CFM56-7B.....	37
II.1.2 CONTROLE ACTIF DE JEU TURBINE .....	37
A. CONTROLE DE JEU TURBIN HAUTE PRESSION (HPTACC) .....	37
A.1. DESCRIPTION.....	37
A.2. Emplacement des composantes.....	39
A.3. La vanne HPTACC.....	39
A.3.1. description de la vanne.....	39
A.3.2. composants de la vanne .....	43
A.4. Fonctionnement de la vanne HPTACC .....	43
A.4.1. Le capteur HPTACC .....	45
A.4.2. Le contrôle .....	45
A.4.3. Mode des opérations .....	45
A.5. Les modes de fonctionnement du système HPTACC et les condition d'avion et moteur correspondantes .....	47
B. CONTROLE ACTIF DEE JEU TURBINE BASSE PRESION (LPTACC).....	47
B.1. DESCRIPTION.....	48
B.2. EMLACEMENT DES COMPOSANTS.....	48
B.3. LA VANNE LPTACC .....	48
B.4. Fonctionnement.....	52
B.4.1 Le capteur de température.....	54
B.4.2. CONTROLE .....	54
II.1.3 CONTROME DE L'ECOULEMENT D'AIR.....	55
A. LES AUBAGES STATORIQUE VARIABLE (VSV).....	55
A.1. GENERALITES.....	55
A.2. Les aubages de pré rotation à calage variable .....	55
A.3. Aubages de stator à calage variable.....	57
A.4. Emplacement des composants.....	58
A.5. Description du vérin de commande des VSV.....	58
A.6. FONCTIONNEMENT.....	62
A.7. Mode des opérations .....	62
B. LES VANNE DE DECHARGE (VBV) .....	64
B.1. GENERALITES.....	64
B.2. EMLACEMENT DES COMPOSANTS.....	64
B.3. DESCRIPTION DU VERIN DE COMMANDE DES (VBV).....	67
B.4. Description des vérins de décharge.....	67
B.5. FONCTIONNEMENT.....	70
B.6. Mode des opérations .....	70
C. LA VA NNE DE DECHARGE ET DE TRANSITION (TBV).....	72
C.1. Description du système de la vanne TBV.....	72
C.2. Emplacement des composants.....	72
C.3. Description de la vanne TBV .....	72
C.4. FONCTIONNEMENT.....	76
C.5. Mode des opérations .....	76
II.1.4 SYSTEME DE REFROIDISSEMENT DU MOTEUR CFM56-7B .....	78
II.1.4.1 refroidissement des ailettes turbine haute pression .....	78

II.1.4.2 refroidissement des ailettes turbine basse pression .....	78
II.1.4.3 Refroidissement du carter turbine haute pression .....	78
II.1.4.4 Refroidissement du carter turbine basse pression .....	79
II.1.4.5 Refroidissement de la chambre de combustion .....	80
II.1.4.6 refroidissement des bougies d'allumage .....	80
II.1.4.7 refroidissement de l'huile de l'alternateur .....	80
II.1.4.8 Pressurisation des puisards .....	80

## II .2.CIRCUIT D'AIR DU CF6-80-C2

<b>II.2.1 Description générale du circuit d'air du réacteur CF6 80-C2 FIG .....</b>	<b>81</b>
<b>II.2.2 Fonctionnement du circuit d'air du réacteur CF6 80-C2 .....</b>	<b>81</b>
II.2.2.1 Contrôle du débit d'air .....	81
A. Généralités .....	81
B. Dispositif anti-pompage .....	82
B.1 Description des aubages stator à calage variable .....	82
B.2 Fonctionnement des aubes stator à calage variable.....	83
B.3 Description des vannes de décharges .....	83
B.4 Fonctionnement des vannes de décharge.3 Description des vannes de décharges .....	83
<b>II.2.1.2 Régulation du débit d'air de refroidissement .....</b>	<b>86</b>
A. Généralités .....	86
B. Description et fonctionnement des vannes de refroidissement (bore cooling valve) .....	86
C. Description et fonctionnement des vannes de refroidissement du 11ème étage.....	87
II.2.2.3 Refroidissement du moteur et des accessoires.....	89
A. Description et fonctionnement de la vanne de Refroidissement du moteur et des accessoires .....	89
B. Conditions de fermeture et d'ouverture de la vanne de Refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV).....	90
II.2.2.4 Refroidissement de la chambre de combustion.....	90
<b>II.2.2.5 refroidissement des ailettes turbine haute pression.....</b>	<b>92</b>
A. Refroidissement des ailettes statoriques de la turbine haute pression.....	92
B. Refroidissement des ailettes rotoriques de la turbine haute pression.....	93
<b>II.2.2.6 Dispositif actif de contrôle des jeux de turbine haute pression et basse pression...</b>	<b>94</b>
A. Description.....	94
B. La vanne de refroidissement du carter turbine comprend.....	95
<b>II.2.2.7 Refroidissement des bougies.....</b>	<b>99</b>
<b>II.2.2.8 Refroidissement de l'huile de l'alternateur (IDG).....</b>	<b>99</b>
<b>II.2.2.9 Ventilation de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) .....</b>	<b>100</b>
<b>II.2.2.10 Ventilation nacelle.....</b>	<b>100</b>
II.2.2.11 Refroidissement et pressurisation des puisards.....	101
A. Pressurisation puisards et principe des dispositifs d'étanchéité.....	101
B. Différents puisards.....	102

## **CHAPITRE III COMPARAISON ENTRE LES CIRCUITS D'AIR DES DEUX MOTEURS CFM56-7B ET CF6-80-C2**

<b>III.1. Comparaison des circuits d'air des deux moteurs.....</b>	<b>103</b>
<b>III.2 Comparaison de la Maintenance des circuits d'air .....</b>	<b>107</b>

## **CHAPITRE IV RECHERCHE DE PANNE ET MAINTENANCE DES DEUX CIRCUITS D'AIR**

<b>I-1 Maintenance du circuit d'air du moteur CF6 80-C2 FADEC.....</b>	<b>109</b>
<b>II- Maintenance du circuit d'air du CFM56-7B .....</b>	<b>111</b>

## LA LISTE DES FIGURES

<b>CHAPITRE I</b>		<b>pages</b>
<b>FIG (01)</b>	<b>Description du moteur CFM6-7B</b>	<b>04</b>
<b>FIG (02)</b>	<b>La conception modulaire du CFM6-7B</b>	<b>05</b>
<b>FIG (03)</b>	<b>Les accessoires de la GEARBOX</b>	<b>09</b>
<b>FIG (04)</b>	<b>Les stations aérodynamiques du moteur</b>	<b>11</b>
<b>FIG (05)</b>	<b>Roulement et paliers principaux du moteur</b>	<b>13</b>
<b>FIG (06)</b>	<b>Les paliers et les cônes du moteur</b>	<b>15</b>
<b>FIG (07)</b>	<b>Capotage moteur</b>	<b>17</b>
<b>FIG (08)</b>	<b>Electronique engine controller</b>	<b>21</b>
<b>FIG (09)</b>	<b>CDS</b>	<b>22</b>
<b>FIG (10)</b>	<b>Module fan</b>	<b>24</b>
<b>FIG (11)</b>	<b>module core</b>	<b>25</b>
<b>FIG (12)</b>	<b>Module turbine haute pression</b>	<b>26</b>
<b>FIG (13)</b>	<b>Module turbine basse pression</b>	<b>27</b>
<b>FIG (14)</b>	<b>Module boîte d'entraînement d'accessoire</b>	<b>29</b>
<b>FIG (15)</b>	<b>Système EICAS</b>	<b>32</b>
<b>FIG (16)</b>	<b>Unité de contrôle électronique</b>	<b>34</b>

## **CHAPITRE II**

<b>FIG (01)</b>	<b>Description générale du système d'air</b>	<b>35</b>
<b>FIG (02)</b>	<b>Description générale du fonctionnement du système d'air</b>	<b>36</b>
<b>FIG (03)</b>	<b>Description du contrôle de jeu turbine haute pression</b>	<b>38</b>
<b>FIG (04)</b>	<b>Emplacement des composantes du système (HPTACC)</b>	<b>41</b>
<b>FIG (05)</b>	<b>La vanne du système (HPTACC)</b>	<b>42</b>
<b>FIG (06)</b>	<b>Description de fonctionnement du système (HPTACC)</b>	<b>44</b>
<b>FIG (07)</b>	<b>Description contrôle de jeu turbine basse pression.</b>	<b>49</b>
<b>FIG (08)</b>	<b>Emplacement des composantes du système (LPTACC)</b>	<b>50</b>
<b>FIG (09)</b>	<b>La vanne du système (LPTACC)</b>	<b>51</b>
<b>FIG (10)</b>	<b>Description de fonctionnement du système (LPTACC)</b>	<b>53</b>
<b>FIG (11)</b>	<b>Description des stators à calage variable (VSV)</b>	<b>56</b>
<b>FIG (12)</b>	<b>Emplacement des composantes du système (VSV)</b>	<b>60</b>
<b>FIG (13)</b>	<b>Le vérin de commande du système (VSV)</b>	<b>61</b>
<b>FIG (14)</b>	<b>Description de fonctionnement du système (VSV)</b>	<b>63</b>
<b>FIG (15)</b>	<b>Description des la vanne de décharge (VBV)</b>	<b>65</b>
<b>FIG (16)</b>	<b>Emplacement des composantes du système (VBV)</b>	<b>66</b>
<b>FIG (17)</b>	<b>Le vérin de commande du système (VBV)</b>	<b>68</b>
<b>FIG (18)</b>	<b>Les vannes du système (VBV)</b>	<b>69</b>
<b>FIG (19)</b>	<b>fonctionnement du système (VBV)</b>	<b>71</b>
<b>FIG (20)</b>	<b>Description de la vanne de décharge et de transition(TBV)</b>	<b>73</b>
<b>FIG (21)</b>	<b>Emplacement des composantes du système (TBV)</b>	<b>74</b>
<b>FIG (22)</b>	<b>La vanne (TBV)</b>	<b>75</b>
<b>FIG (23)</b>	<b>fonctionnement du système (TBV)</b>	<b>77</b>
<b>FIG (24)</b>	<b>Stator à calage variable (VSV)</b>	<b>84</b>
<b>FIG (25)</b>	<b>Vanne de décharge (VBV)</b>	<b>85</b>
<b>FIG (26)</b>	<b>Système des vannes de refroidissement ESCV et CCCV</b>	<b>91</b>
<b>FIG (27)</b>	<b>Circuit de contrôle de jeu turbine basse et haute pression</b>	<b>97</b>
<b>FIG (28)</b>	<b>Fonctionnement du système de contrôle jeu turbine haute et basse pression</b>	<b>98</b>

## **GENERALITES :**

La construction d'un avion est un travail de très longue haleine. Il faut compter dix ans entre les premiers schémas sur la table à dessin et le vol du prototype. Le nouvel appareil est conçu pour rester en service une trentaine d'années, comme les Boeing 747, c'est dire toute l'importance des études préliminaires. Quelques DC-3 construits dans les années quarante volent toujours. La construction des aéronefs regroupe trois types de métiers complémentaires : les avionneurs, les motoristes et les équipementiers. Les avionneurs, comme Airbus Industrie en Europe ou Boeing aux États-Unis, construisent la cellule des avions et procèdent à leur montage final. Cette activité représente la moitié du prix de revient d'un avion. Les motoristes, comme la Snecma (Société nationale de construction de moteurs d'avions) en France ou General Electric aux États-Unis, fabriquent les réacteurs qui entrent pour 30 p. 100 dans le prix de l'appareil. Les équipementiers fabriquent le train d'atterrissage, l'électronique, et tous les accessoires comme les fauteuils, la cuisine ou les instruments du tableau de bord. Ces équipements représentent 20 p. 100 du prix de revient d'un avion civil. Ils peuvent dépasser les 50 p. 100 sur les avions militaires comme le Rafale, dont l'électronique embarquée est particulièrement complexe : radar, calculateur, gestion des contre-mesures.<sup>1</sup>

## **HISTORIQUE :**

Après la deuxième guerre mondiale, plusieurs constructeurs commencent à fabriquer des réacteurs à grande puissance, et parmi ces constructeurs le français SNECMA et l'américain GENERAL ELECTRIC...

L'organisation de la Snecma remonte à l'après-guerre un décret a regroupé les entreprises de motorisation aéronautique et les a placées sous le contrôle de l'État. Ce regroupement a été conçu, à l'origine, pour être dédié au seul marché militaire. La production de moteurs pour l'aviation civile ne se développe qu'au début des années

soixante-dix avec la mise au point du moteur Olympus qui équipe les premiers Concorde. Le groupe produit, outre ses activités liées à la propulsion aéronautique et spatiale, des matériels d'équipements (trains d'atterrissage, systèmes de freinage, équipements électroniques).

Le marché des moteurs d'avions, tout comme celui de la construction aéronautique, est fortement oligopolistique : seuls quelques groupes de taille mondiale occupent ce marché qui nécessite des investissements importants. Le modèle baptisé CFM 56 équipe ainsi les Boeing, notamment la gamme des 737, ainsi que la famille des Airbus sur les A 319-320 et 321. Le maintien de cette alliance, présentée comme un modèle de coopération industrielle, est toutefois remis en cause à la suite des difficultés rencontrées dans la conduite du projet de moteur à forte poussée (le GE 90) qui équipe le Boeing 777. La construction de ce moteur, d'une poussée supérieure à 50 000 livres, qui a été confiée en priorité à la firme américaine, se révèle être un gouffre financier (son coût de développement excède les 15 milliards de francs). La Snecma s'est donc alliée avec un autre géant du secteur, la société Pratt & Whitney. La création d'une filiale commune avec cette filiale du conglomérat United Technologies porte, pour l'instant, sur la fabrication de petits moteurs, ceux dont la poussée est inférieure à 18 500 livres, mais pourrait être étendue à la conception de moteurs plus puissants. S'il existe, en effet, un accord entre la Snecma et GENERALE ELECTRIQUE, celui-ci ne porte que sur la conception et la commercialisation de moteurs dont la poussée est comprise entre 18 500 et 50 000 livres. En deçà et au-delà de ce seuil, chacun retrouve sa liberté, ce qui explique cette alliance nouvelle. Dans le domaine militaire, la Snecma, dont les moteurs équipent les avions Mirage et Rafale, travaille en collaboration avec le britannique Rolls-Royce.

## **INTRODUCTION :**

Le CFM56-7b et le CF6-80-C2 FADEC sont deux turboréacteurs équipant respectivement les deux BOEING 737-80 et 767-300.

Le moteur CFM56-7B est construit par la firme CFMI (compressor fan motor international) tan disque le CF6-80-C2 FADEC a été mis en service par GENERAL ELECTRIC.

Les deux moteurs ont beaucoup de points communs, tels que les des moteur sont axiaux, double corps, double flux, modulaires et à taux de dilution très élevé.

La structure du marché explique logiquement l'accord qui lie la Snecma à la firme américaine GENERALE ELECTRIQUE. Leur filiale commune, CFM International, occupe, depuis 1974, une place prépondérante dans la fourniture de moteurs civils.

GENERALE ELECTRIQUE élabore le corps, le compresseur haute pression, la chambre de combustion et la turbine haute pression.

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

A travers notre PFE on fait une étude descriptive générale sur les deux moteurs Le CFM56-7b et le CF6-80-C2 FADEC et la description de leurs circuits d'air ainsi que leur comparaison et leur maintenance et tous cela est disposé dans les chapitres suivants :

- Chapitre I : description des deux motcurs CFM56-7b et CF6-80-C2 FADEC.
- Chapitre II : description des circuits d'air des deux moteurs.
- Chapitre III : comparaison entre les circuits d'air des deux moteurs.
- Chapitre IV : la maintenance du circuit d'air.

# CHAPITRE I

Description des :

CFM56-7B et

CF6-80-C2 FADEC

## **I.1. DESCRIPTION GENERALE DU MOTEUR CFM56-7B :**

### **I.1.1. Introduction :**

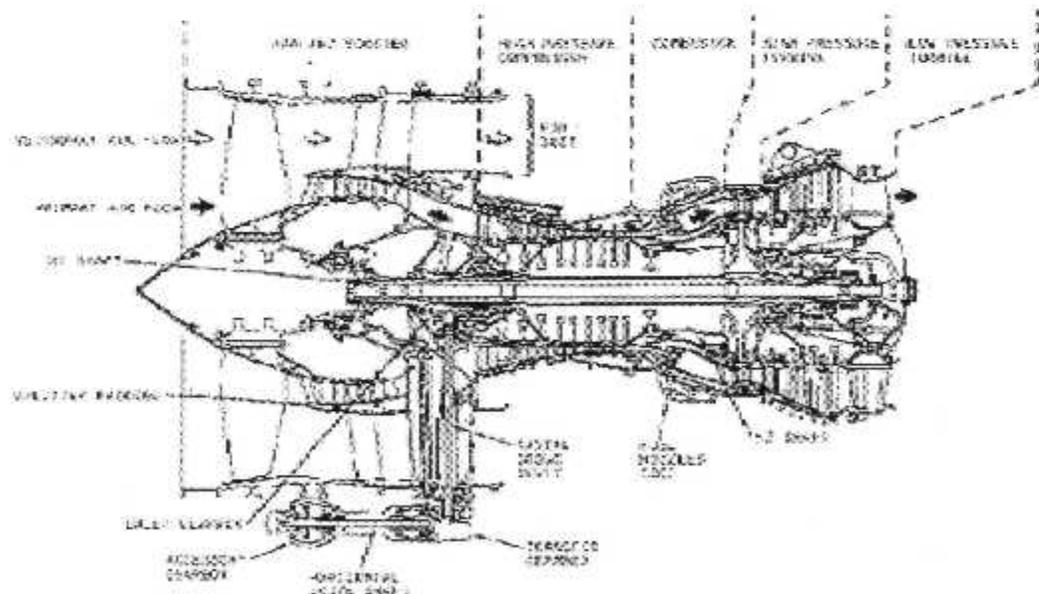
Le CFM56-7B est un moteur qui a été développé à partir d'un programme qui date de 1974, issue d'une fusion de deux sociétés occupant des places importantes à l'échelle mondiale à savoir SNECMA une société nationale française d'étude et de construction de moteur aéronautique ,et GENERALE ELECTRIQUE une société américaine.

La nomination du CFM56 est un acronyme issu de l'appellation (CFM6Compresseur -fan) de GENERALE ELECTRIQUE et ( M-motor ) de SNECMA

Le moteur cfm56-7B est un turbo fan double corps à flux axial et à haut taux de dilution ( $\alpha= 5,3$ ). Il produit une gamme de poussée allant de 19500 lbs à 27300 lbs.

Le diamètre fan du cfm56-7b est de 61 inches (154,94 cm), et son poids nu est de 5257 pounds (2384,54 kg), il équipe la dernière génération de Boeing 737 (-600, -700, -800, -900, -c40a, -bbj). Le cfm56-7b est un moteur qui est constitué de trois modules qui sont :

- Le module FAN & booster.
- Le module CORE.
- Le module LPT.



**FIG. 1. DESCRIPTION DE MOTEUR CFM56-7B**

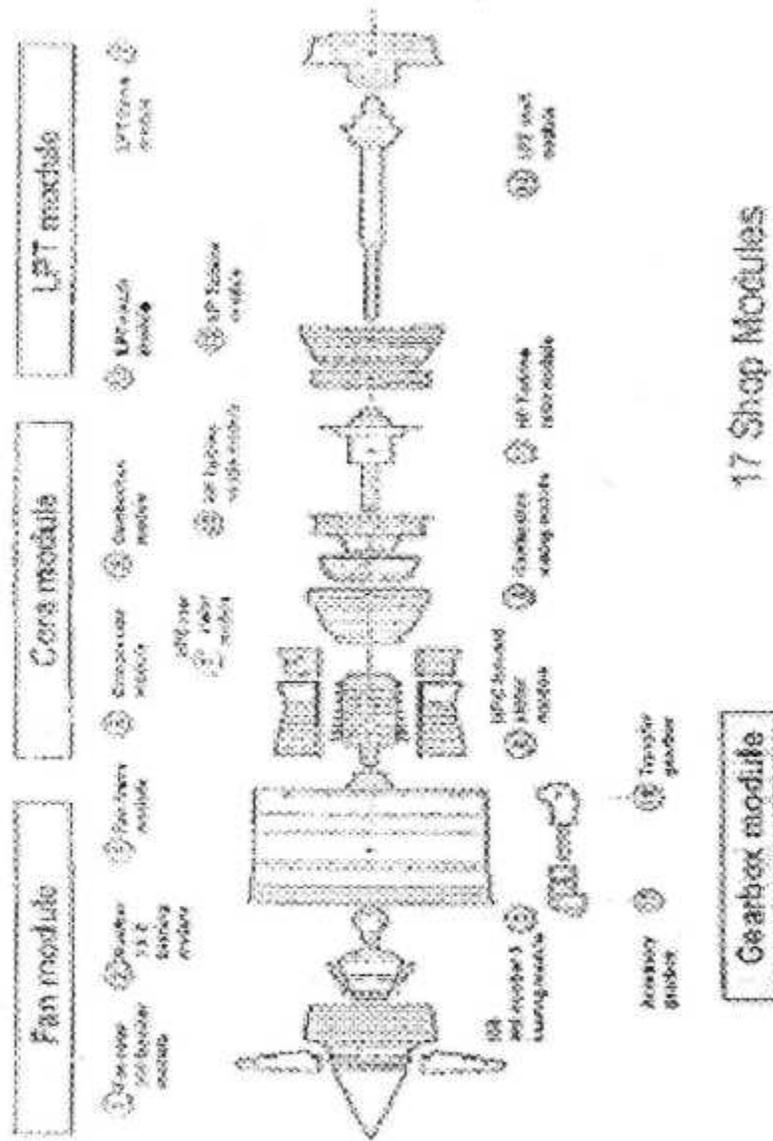


FIG.2. LA CONCEPTION MODULAIRE DU CFM56-7B

### **1.1.2 Entrée d'air :**

Le CFM 56 est un moteur double flux, ce qui signifie qu'il y a deux circuits d'air à l'intérieur de la machine, le premier (circuit primaire) qui circule dans la chambre de combustion et le second (circuit secondaire) qui passe seulement par le fan avant de ressortir. De l'air entrant (accéléré par la rotation très rapide du fan (2)) est dirigé vers le circuit secondaire, et celui-ci fournit au moteur environ 80% de sa puissance.

L'entrée d'air est conçue spécialement pour convertir l'énergie cinétique en énergie de pression et de poussée donc pour cela il faut qu'elle :

- Doit diriger l'air uniformément dans le compresseur.
- Fournir l'air requis au compresseur.
- Augmente et ne pas affecter les performance du moteur.

### **1.1.3 Les modules qui constituent le moteur CFM56-7B :**

#### **1.1.3.1 Module FAN :**

##### **a- La soufflante :**

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

##### **b- Compresseur basse pression :**

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

Si on associe la soufflante et le compresseur basse pression on obtient un compresseur à 4 étages et ce qu'on appelle le FAN. Le FAN a comme rôle d'accélérer la vitesse de l'air, le FAN est constitué d'un splitter qui divise l'air en deux parties : l'air primaire et l'air secondaire.

L'écoulement primaire va au niveau du core de l'engin après avoir entraîné par le HPC pour augmenter sa pression et l'envoyer vers le HPC, par contre le secondaire entre dans les approvisionnements de conduit de FAN (tuyère de fan), ce dernier fournit approximativement 80% de la poussée pendant le démarrage.

### **I.1.3.2 Module CORE :**

#### **a- Compresseur haute pression :**

C'est un compresseur axial constitué de neuf étages, il augmente la pression de l'air provenant du compresseur basse pression et l'envoie vers la chambre de compression. Les quatre premiers étages comportent des aubes à calage variable (VBV) et constitue le dispositif anti-pompage HP.

#### **b- La chambre de combustion :**

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

#### **c- Turbine haute pression :**

C'est une turbine à un seul étage, elle effectue la transformation d'énergie des gaz chauds en énergie mécanique pour entraîner le HPC et la boîte d'entraînement. L'ensemble HPT-HPC est appelé « attelage HP » (N2), cet attelage tourne dans le sens horaire, il est supporté par trois roulements 3B, 3R, 3R (à billes, à rouleaux, à rouleaux).

#### **d- Turbine basse pression :**

C'est une turbine à quatre étages, elle transforme l'énergie des gaz chauds en énergie mécanique qui sert à 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 rouleaux).

### **I.1.3.3 Module GEARBOX : (fig.3.)**

La GEARBOX est composée de :

- Boîtier de dispositif d'admission (IGB).
- Arbre d'entraînement radial (RDS).
- Boîtier de renvois horizontal (HDS).

- Boîtier d'accessoires (AGB).
- Boîtier de renvois d'angle (TGB).

L'axe N2 entraîne la AGB par ses axes :

- IGB.
- RDS.
- TGB.
- HDS.

### **I.1.4 Tuyère :**

La tuyère convertit la pression des gaz en énergie cinétique, le but du canal d'échappement est d'avoir la forme requise afin que la pression des gaz à la sortie du moteur soit la plus faible possible et que ces gaz évacuent l'engin le plus rapidement possible. Dans la tuyère, la vitesse des gaz va augmenter puisque l'espace est plus petit, diminuant ainsi la pression à la sortie du moteur. C'est en fait cette basse pression jumlée à la haute pression de la chambre de combustion qui crée la formidable poussée du réacteur.

VERSION MOTEUR	B18	B20	B22	B24	B26	B27
POUSSE AU DECOLAGE	19500	20600	22700	24200	26400	27300
MODELS D'AVIONS						
600	X	X	X			
700		X	X	X		
800/900				X	X	X
700 IGW		X	X	X		
700BBJ					X	

### ***POUSSE DE MOTEUR ET DIAGRAMME D'UTILISATION***

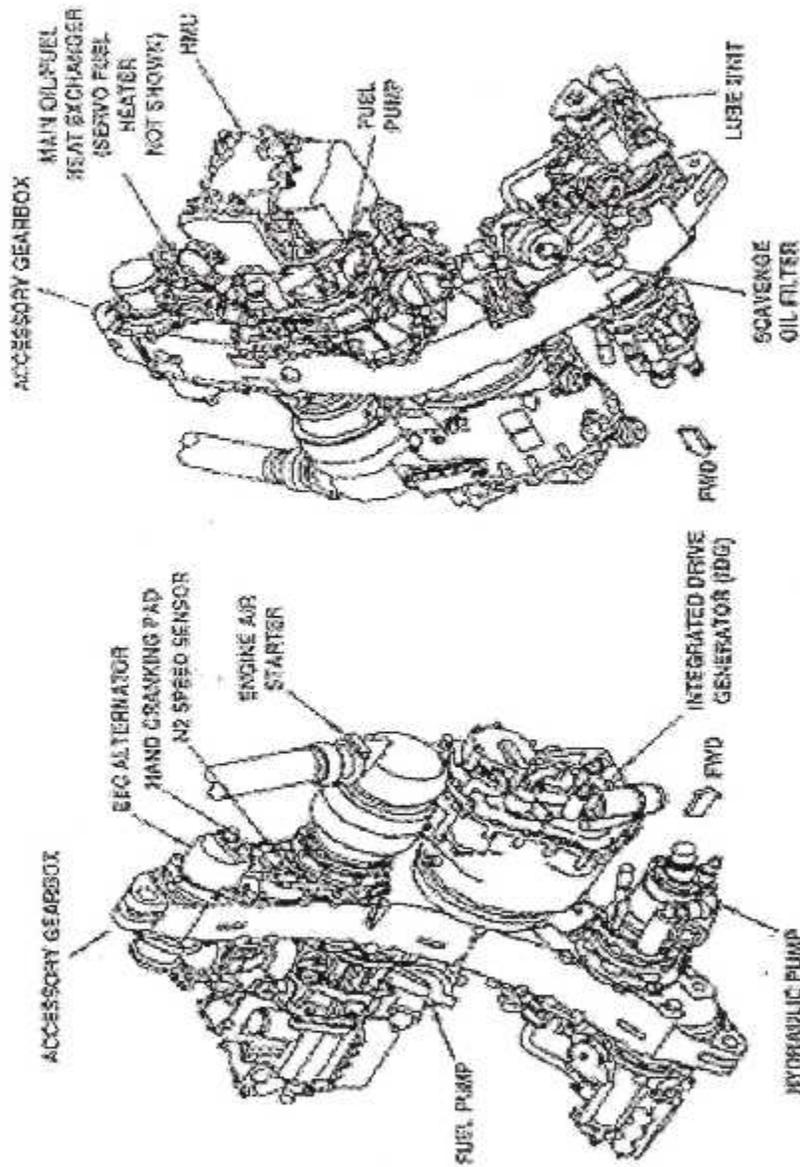


fig.3. LES ACCESSOIRES DE LA GEARBOX (MODULE AGB).

### **I.1.5 Accessoires d'entraînement :**

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

### **I.1.6 Stations aérodynamiques : (fig.4.)**

Station 0 : Air ambiant.

Station 1.2 : Entrée soufflante.

Station 1.3 : Décharge de la soufflante.

- **Flux primaire**

Station 2 : Entrée du compresseur basse pression.

Station 2.5 : Entrée du compresseur haute pression.

Station 3 : Sortie du compresseur haute pression.

Station 4 : Entrée turbine haute pression.

Station 4.9 : Entrée turbine basse pression.

Station 5 : Sortie turbine basse pression.

Station 9 : Ejection du flux primaire.

- **Flux secondaire**

Station 1.2 : Entrée FAN.

Station 1.4 : Sortie stator FAN.

Station 1.8 : Ejection du flux secondaire.

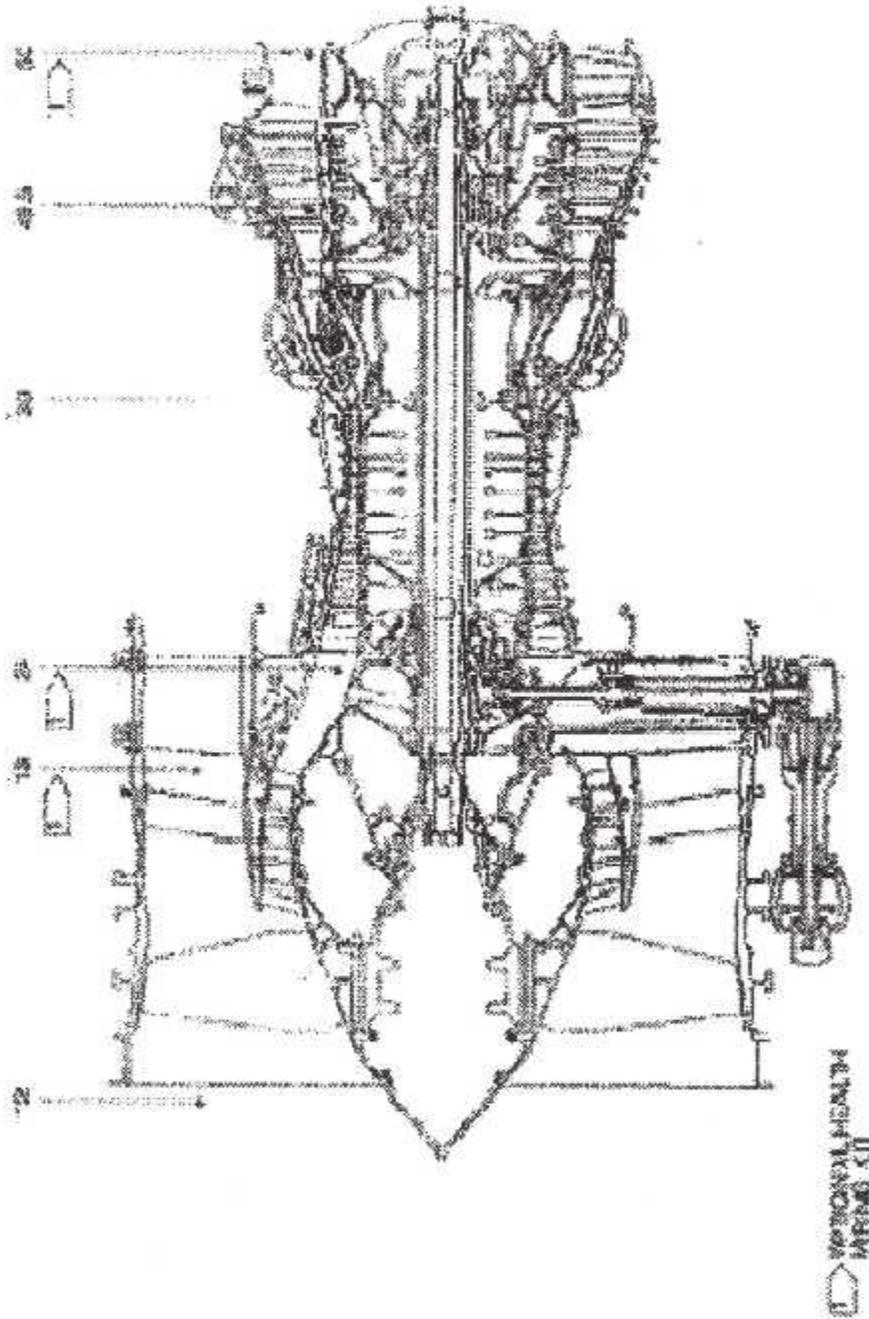


FIG.4. LES STATIONS AERODYNAMIQUES DU MOTEUR

### **I.1.7 Roulements du moteur et carter de vidange : (fig.5.)**

Il y a deux carters de vidange au niveau du moteur, avant et arrière ; cinq roulements principales (deux boules et trois rouleaux) ont contenus dans le carter de vidange avant (roulement 1b, 2r, 3b et 3r) et celui de l'arrière (roulement 4r et 5r).

Cinq roulements principaux du moteur tiennent l'axe de N1 et de N2. Le nombre de 1 à 5 identifie le roulement du moteur, ainsi les roulements à billes absorbent les charges axiales et radiales des axes, les roulements servent d'appuis pour les axes (arbres) de N1 et de N2 comme suit :

- Le roulement à bille N°1 et le roulement à rouleaux N°2 supportent l'axe de soufflante.
- Le roulement à bille N°3 et les trois roulements à rouleaux supportent l'arbre HPS sur l'embout (le bout avant), il se situe sur L'IGB.
- Le roulement à rouleaux N°4 supporte l'arbre du rotor arrière de la HPC ; le roulement à rouleaux N°5 supporte l'axe arrière de la LPT

### **I.1.8. Soufflante et cône d'entrée :(fig.6.)**

#### **I.1.8.1.Cone d'entrée avant et arrière :**

Les deux parties du cone avant/arrière sont des capots aérodynamiques qui dirigent le flux d'air vers le moteur.

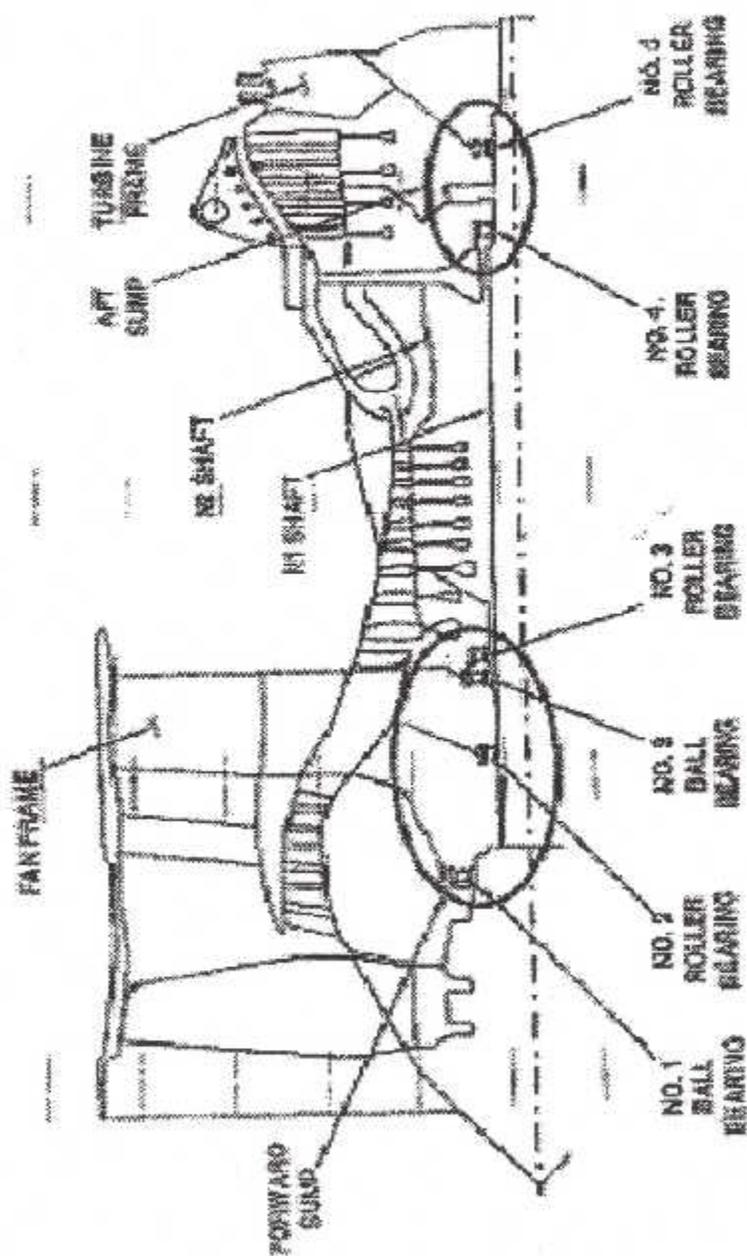


FIG.5. ROULEMENT ET PALIERS PRINCIPALES DU MOTEUR.

### **I.1.8.2. Ailettes FAN :**

Il y a 24 ailettes en alliage de Titane, une entretoise sous chaque pale la tient n position radiale correcte. Pour faciliter l'enlèvement des pales il est primordiale d'enlever l'entretoise.

Une plate forme entre les ailettes est prévu afin de rendre le flux d'air régulier, un anneau d'arrêt (bague de retient) tient les entretoises et maintient les ailettes, et pour tenir la plate forme et le centre du cone arriere des brides d'arrêt sont utilisés.

On lit ces informations engravées sous la racine de l'ailette :

- Sa référence.
- Son poids.
- Le numéro de série.

Quant on enlève ou on remplace les ailette FAN, il faut d'abord enregistrer la position et le numéro de série des pales afin de maintenir le moteur dans l'équilibre, on distingue aussi 36 vis sur le cone arriere servent de contreponds pour équilibrer le système basse pression.

### **I.1.8.3 Procédure de démontage des ailettes :**

En enlève la partie avant du cone ensuite la partie arriere, puis la bride et l'anneau d'arrêt pour obtenir l'accès de soufflante ; Cependant on enlève les plates forme adjacentes et l'entretoise pour enlever une pale de soufflante.

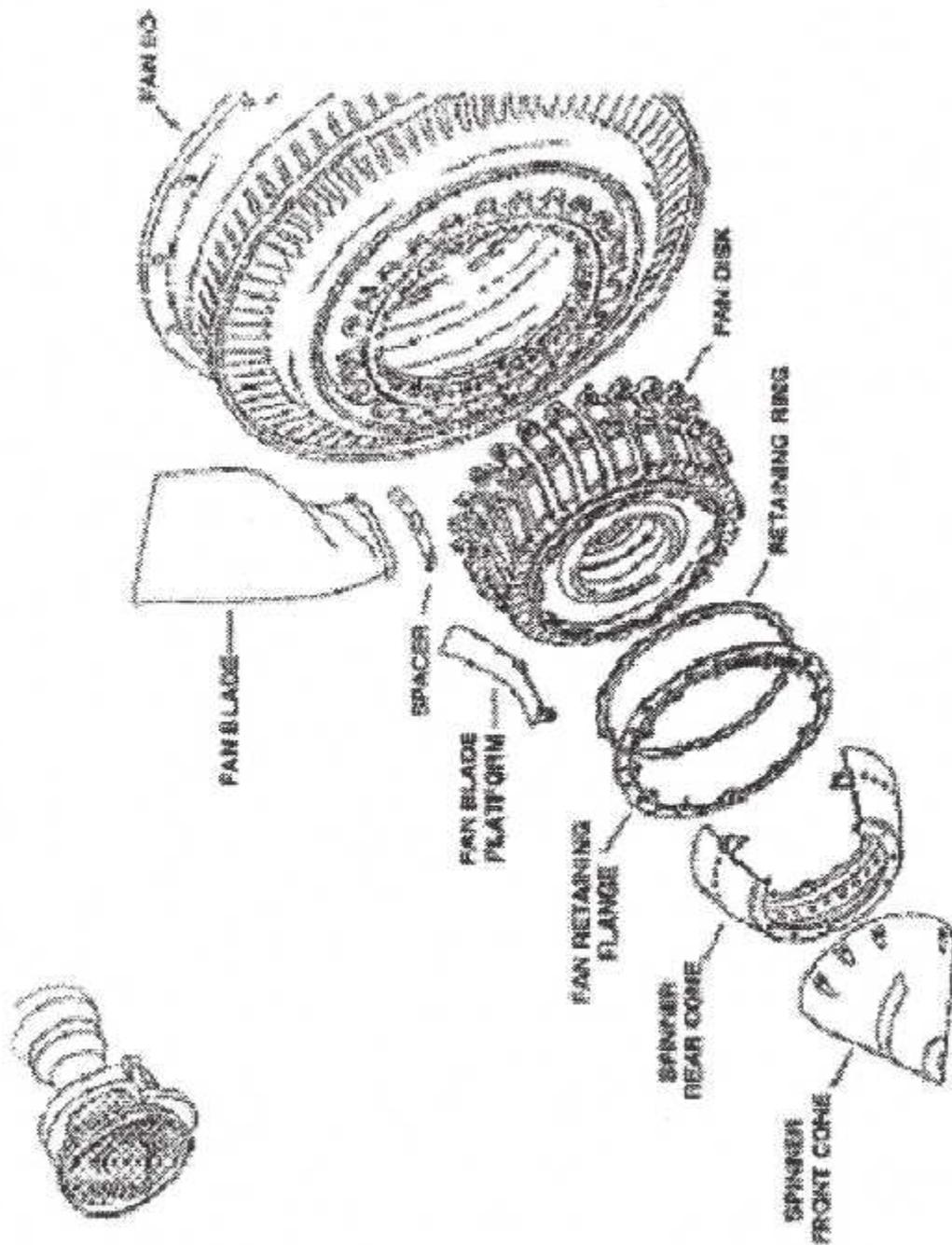


FIG. 6. LES PALIES ET LES CONES DU FAN

### **I.1.9. Capotage du moteur CFM56-7B :(fig.7.)**

Le moteur CFM56-7B contient deux capots : le FAN et le REVERSE. Les deux capots ont des tiges ayant des indications d'ouverture et de verrouillage ; une bague jaune pour le capot fan et une bague rouge pour le capot reverse.

En plus les capots de CFM56-7B comportent de nombreuses portes de visite pour faciliter les opérations d'entretien courantes.

Ces portes sont les suivantes :

#### **Sur le capot d'entrée :**

- La porte d'accès T12.
- L'entrée d'air du refroidissement de la EEC.

#### **Sur le capot du fan :**

- La porte d'accès d'IDG.
- La porte d'accès au détecteur de limaille de (chip detector).
- Porte d'accès au réservoir d'huile.

### **I.1.10. Les caractéristiques du moteur CFM56-7B :**

- Modèle.....	CFM56-7B
- Poussée .....	18000 à 27300 pounds
- Diamètre du fan .....	61 inch (1,55 m)
- Poids du moteur à vide.....	5257 pounds (2358 kg)
- Masse de la nacelle complète.....	3300 kg
(Moteur + capot)	
- Longueur .....	2, 5 m
- Mach .....	0, 8
- N1 max .....	5380 RPM (104%)
- N2 max .....	15183 RPM (105%)
- Taux de compression .....	32
- Débit d'air au décollage.....	385 kg/h
- Vitesse moyenne d'éjection	
Des gaz (décollage) .....	295 m/s
- Consommation spécifique.....	0, 59 à kft c à d 0, 59 kg
Du carburant par kgf de poussée	
Par heure	
- Taux de dilution.....	5, 6
- Générateur électrique .....	90 kVa
- Hydraulique .....	3000 psi à 34 gallons/min
- Pneumatique .....	3000 psi et 390 à 440 f
Degrés	
- Limite de démarrage de l'EGT.....	725 °C
- EGT max .....	950 °C

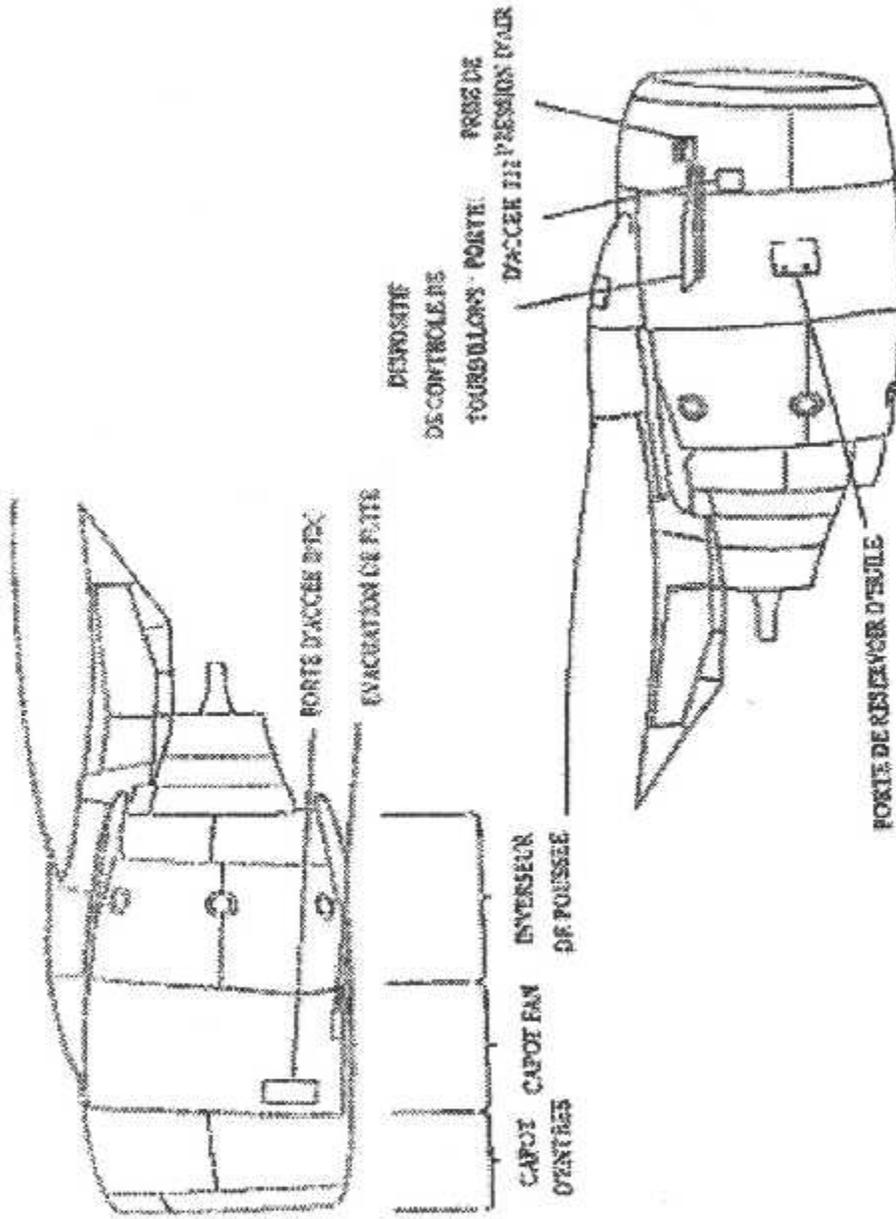


FIG.7. CAPOTAGE DU MOTEUR

### **I.1.11.INDICATIONS ET ALARMES :**

Les indications moteurs et le message d'alarme relatif aux moteurs sont présentés sur les deux unités d'affichages du système ECAM (système de surveillance électronique centralisé d'avion)

- ✓ -Vibrations :les signaux de Les paramètres primaires sont affichés sur l'unité d'affichage supérieur, ce sont les suivants :

- N1, vitesse de rotation du rotor BP en % :c'est le paramètre principale de conduite moteur. Il est présenté sur une forme analogique et digitale, les indications deviennent rouges si N1 est à 102% ; l'équipage est alerté par une alarme sonore et l'allumage de voyants, un message apparaît demandant au pilote de réduire la vitesse du moteur ; et si N1 dépasse 104 %, il faut stopper le moteur .la valeur maximale atteinte est mémorisée pour la maintenance (le moteur doit être déposé).

-N1 LIM, N1 MAX, N1 THR, N1 CMD.

-Indication REVERSE.

-N2, vitesse de rotation du rotor HP en%, est présenté sous forme digitale seulement, l'indication devient rouge si N2 atteint 105% .les même alarmes et procédure que pour le dépassement de N1 sont données à l'équipage

-EGT (température des gazes d'échappement) : les neuf sondes (thermique) qui mesurent la température dans le plan 49.5 (distributeur 2eme étage turbine BP) sont reliés en parallèle, l'indication est présentée sous forme analogique et digitale.

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

- ✓ Les paramètres secondaires sont affichés sur l'unité d'affichage inférieur :

-F USED : carburant consommé par chaque moteur depuis sa mise en route (obtenue par intégration de débit carburant instantané)

-quantité, pression, température de l'huile .en cas de baisse importante de température d'huile, un gong répétitif retentit, des voyants rouges clignotent, et un message s'affiche demandant à l'équipage de stopper le moteur.

-Température nacellecapteur sont transmis à un calculateur ,l'EVMU (unité de surveillance de vibration moteur ) .Un seul capteur est utilisé à la fois (le second est en secours du premier) .l'EVMU fournit les indications de vibrations des deux rotors N1 et N2 ;tout ceci permet d'extraire les composantes du balourd de première ordre de chacun des rotors .le signale d'ensemble est filtrés par des filtres de bande étroite asservis sur N1 et N2 .On obtient ainsi les valeurs réelles de vitesse de vibration,que l'EVMU rapporte aux valeurs maximums correspondantes aux N1 et N2 actuelle (le niveau de vibration est bien sur en fonction de N1 et N2).

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

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

### **I.1.12. L'EEC :(fig.8.)**

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

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

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

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

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

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

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

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



### I.1.13. CDS/DEUs : (fig.9.)

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

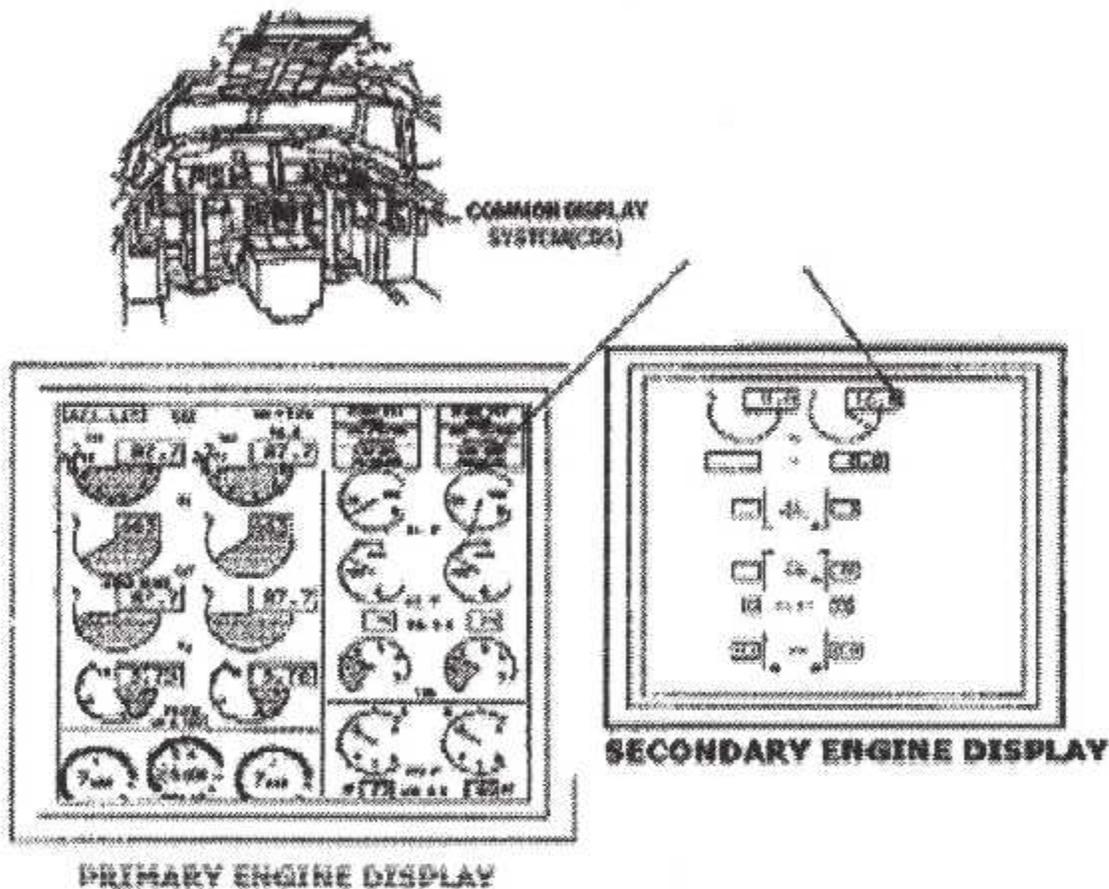


FIG.9. CDS

L'écran << PRIMARY ENGINE DISPLAY >> donne des informations secondaires.

L'écran << SECONDARY ENGINE DISPLAY >> donne des informations sur le moteur (consommation de carburant, niveau d'huile, état de filtre.)

## **I.2. DESCRIPTION GENERALE DU MOTEUR CF6-80-C2 FADEC :**

### **I.2.1 Introduction :**

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

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

- Module fan.
- Module core.
- Module turbine Haute pression.
- Module turbine Basse pression.
- Module Boîte d'entraînement accessoires.

### **I.2.2. Les modules qui constituent le moteur CF6-80-C2 FADEC :**

#### **I.2.2.1 Module fan :(fig.10.)**

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

Le module fan est entraîné par la turbine basse pression.

#### **I.2.2.3 Module CORE :(fig.11)**

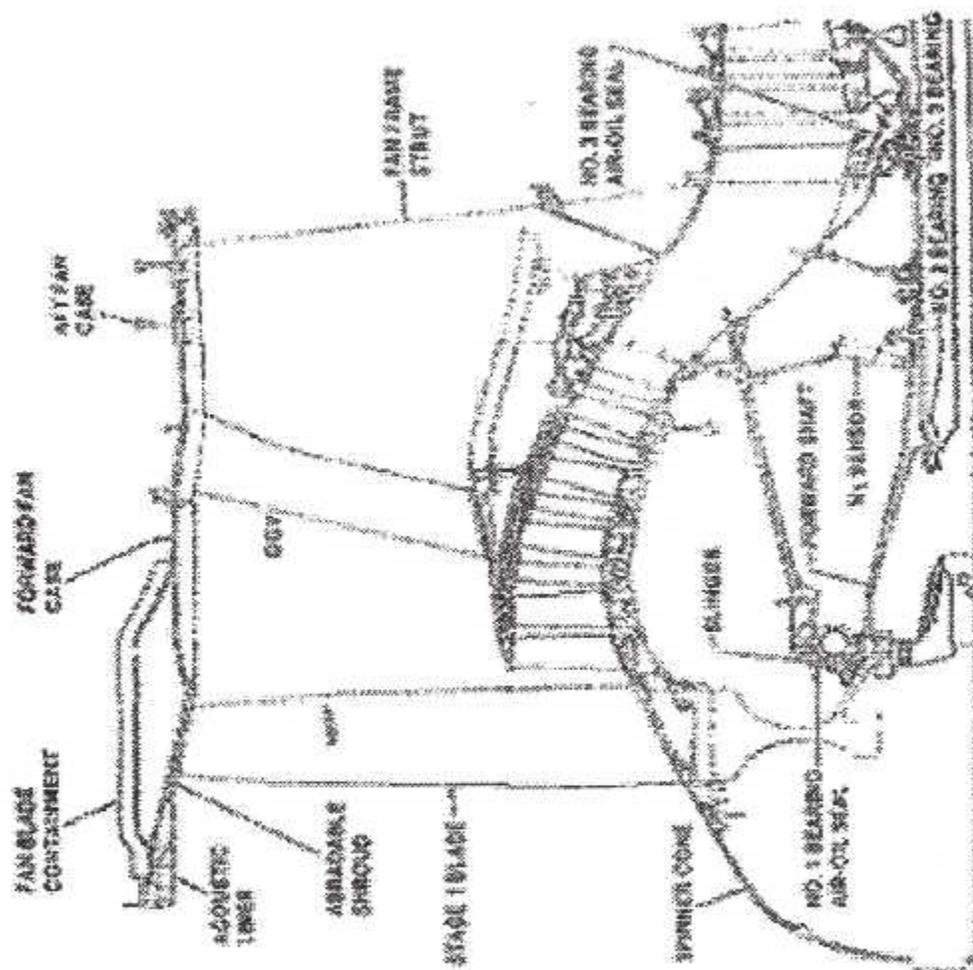
Ce module est constitué d'un compresseur haute pression à quatorze (14) étages, d'une chambre de combustion de type annulaire équipée de trente(30) injecteurs et de deux (2) allumeurs haute tension de position 3h30 et 5h30 et du premier étage statorique turbine haute pression .

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

Les cinq (5) premiers étages du compresseur haute pression comportent de aubes de stator à calage variable.

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

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



FAN MODULE

FIG.10. MODULE FAN

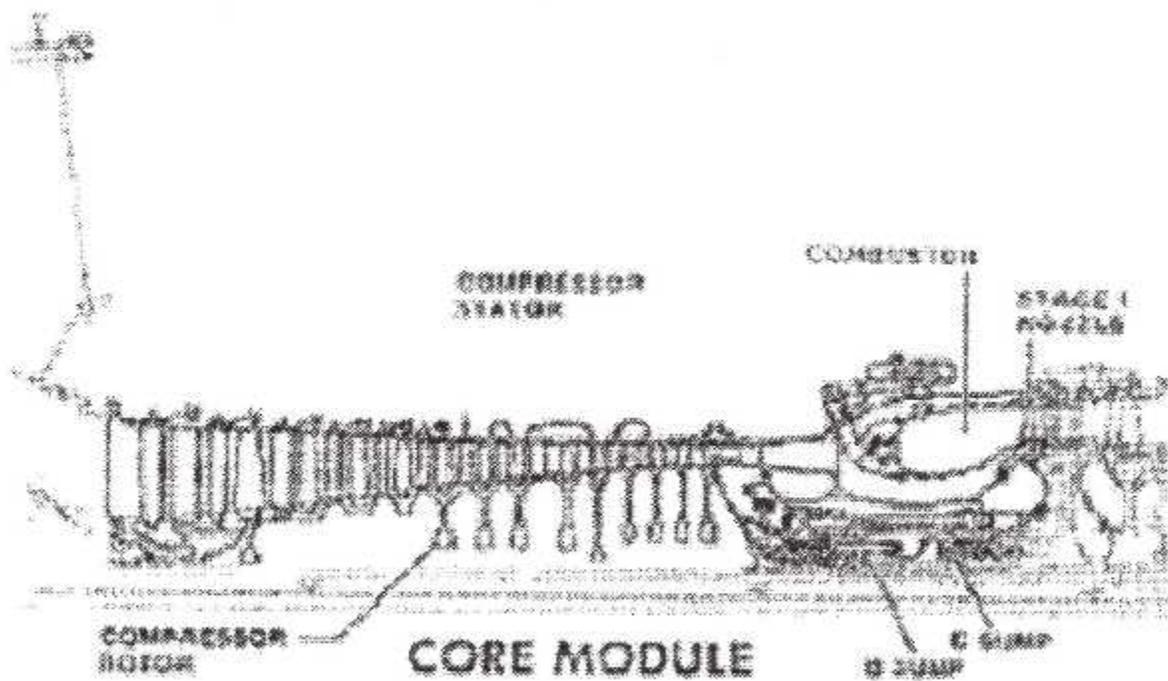


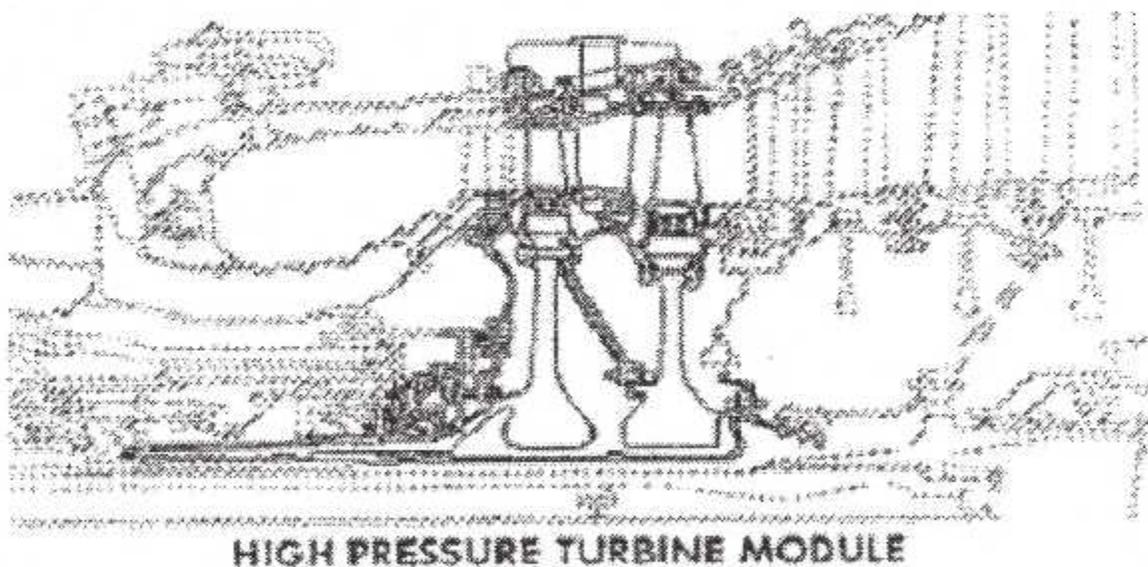
FIG.11. MODULE CORE.

### **I.2.2.3. Module turbine haute pression :(fig.12.)**

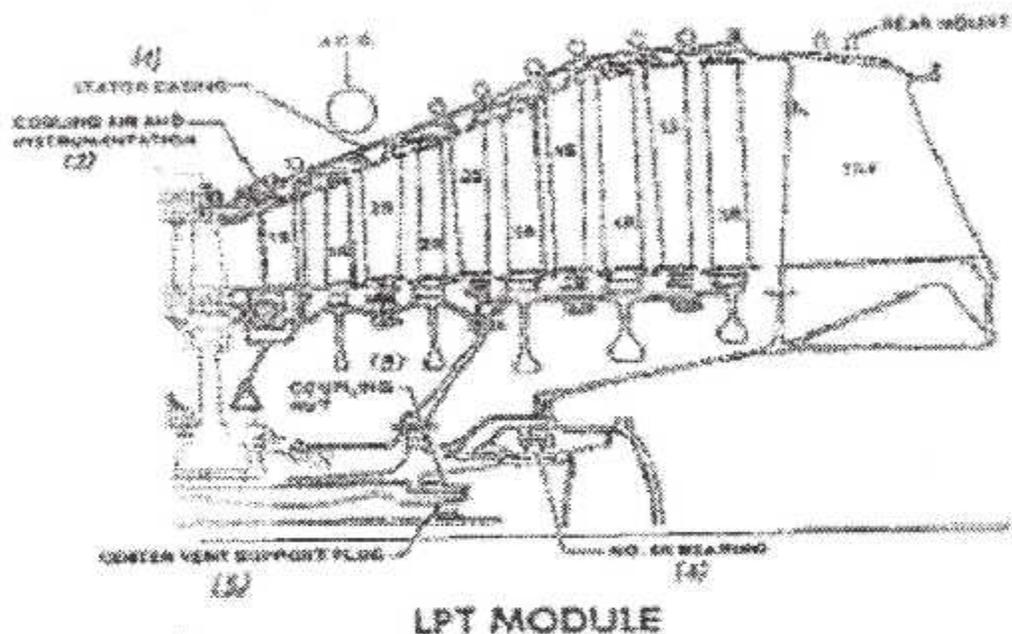
Le moteur CF6-80-C2 est constitué d'une turbine haute pression à deux étages, elle entraîne le compresseur haute pression et la boîte d'entraînement d'accessoires.

### **I.2.2.4 Module turbine basse pression :(fig.13.)**

Ce module est constitué de cinq (5) étages .la turbine basse pression entraîne le compresseur basse pression.



**FIG.12.MODULE TURBINE HAUTE PRESSION.**



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

FIG.13. MODULE TURBINE BASSE PRESSION.

### **I.2.2.5 Module boîte d'entraînement d'accessoires : (fig.14.)**

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

Les différents accessoires qui équipent le boîtier sont :

#### **Sur la face avant :**

- Un régulateur carburant (HMU).
- Une pompe de pression et cinq (5) pompes de récupération d'huile.
- Une pompe hydraulique.
- Un tachymètre N2.
- Un alternateur (IDG).

#### **Sur la face arrière :**

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

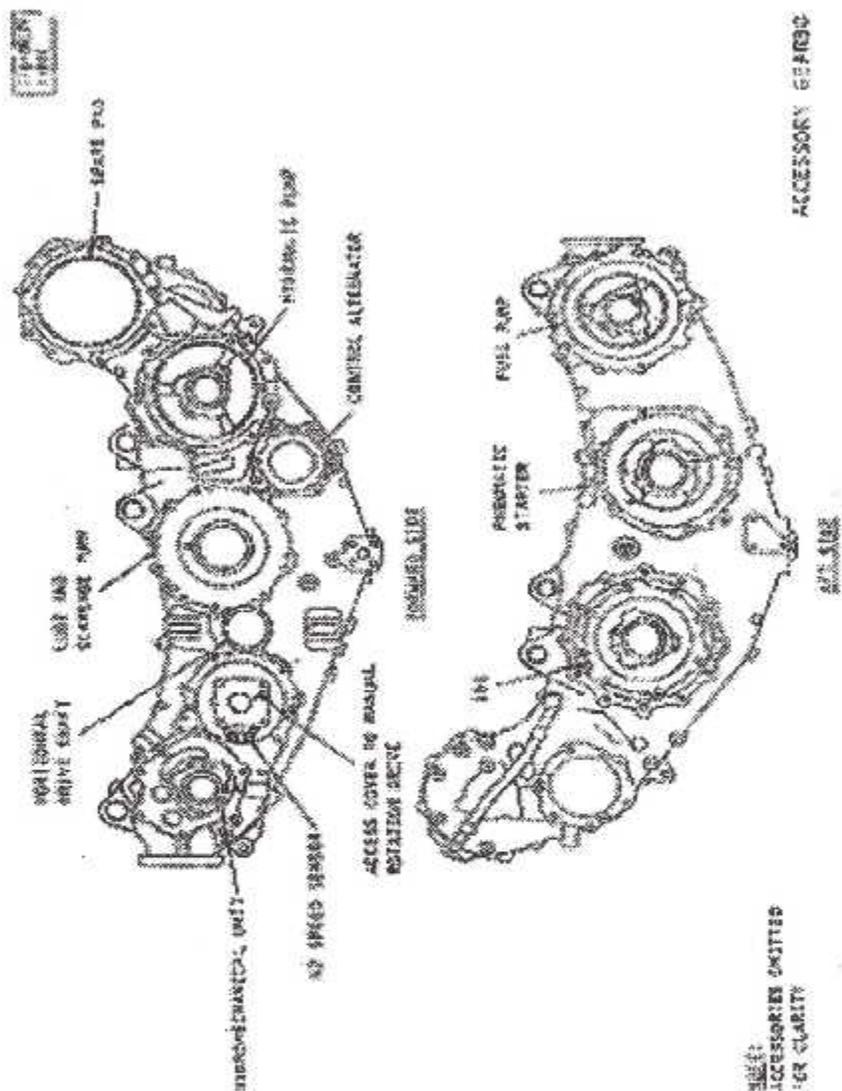


FIG.14. MODULE BOITE D'ENTRAINEMENT D'ACCESSOIRE

### **I.2.3 Caractéristiques principales du réacteur CF6-80-C2**

#### **FADEC :**

Le moteur CF6-80-C2 FAEC est caractérisé comme suivant :

- Poussée statique maximale (F) : Z= 0 température ambiante < 32,  
2°C , F = 23134 daN.
- Poussée assurée par le flux primaire : 20% de la poussée totale.
- Poussée assurée par le flux secondaire : 80% de la poussée totale.
- Poussée inverse 40% de la poussée du fan.
- Masse du réacteur nu : 4216 kg.
- diamètre de l'entrée d'air : 2,49m.
- Taux de dilution : 5,15/1.
- Rapport manométrique de compression : 29,9/1.
- Capotages : capot fan, capot reverse, capot core.
- Régime N1 : 100 % = 3280 tr/m.  
117,5 % = 3854 tr/m (maximum).
- Régime N2 : 100 % = 9827 tr/m  
112,5 % = 11055 tr/m (maximum).
- EGT 960°C Maximum.

### **I.2.4 Repérage des différentes stations réacteur :**

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

#### **Flux primaire :**

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

## **Flux secondaire :**

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

### **I.2.5 système EICAS :(fig.15.)**

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

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

### **Composition du système :**

Le système EICAS comprend :

1. Deux (02) (calculateurs gauches et droits).
2. Deux (02) tubes cathodiques multicolores.
3. Deux panneaux de commande.
4. Un (01) panneau de maintenance.
5. Deux (0) modules de permutation.

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

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



## **I.2.6 Unité électronique de contrôle moteur (EEC) :(fig.16.)**

L'unité de contrôle électronique du réacteur (EEC) et un microprocesseur électronique digital. Il est fixé sur le côté gauche du carter fan position 8, 30. Il est composé de deux canaux identiques :

- CANAL A
- CANAL B

Il comporte 15 prises électriques identiques de J1 jusqu'au J15. Le câblage électrique des 15 prises est codé des couleurs facilitant ainsi l'identification des prises électriques.

Le rôle de l'EEC est d'assurer les fonctions suivantes :

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

Le fonctionnement de l'EEC se fait en deux modes :

- Le mode contrôle.
- Le mode test.

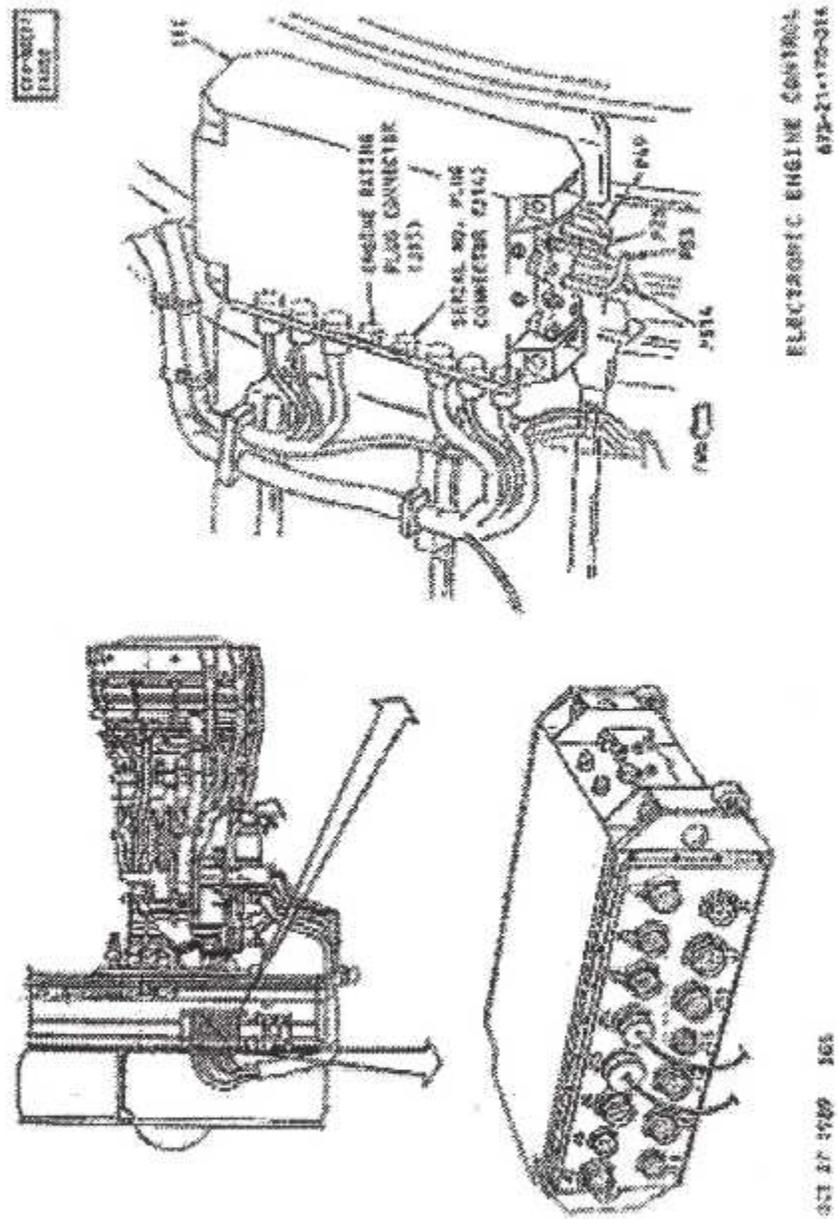


FIG.16. UNITE DE CONTROLE ELECTRONIQUE.

# CHAPITRE II

Circuit d'air du

CFM56-7B et du

CF6-80-C2 FADEC

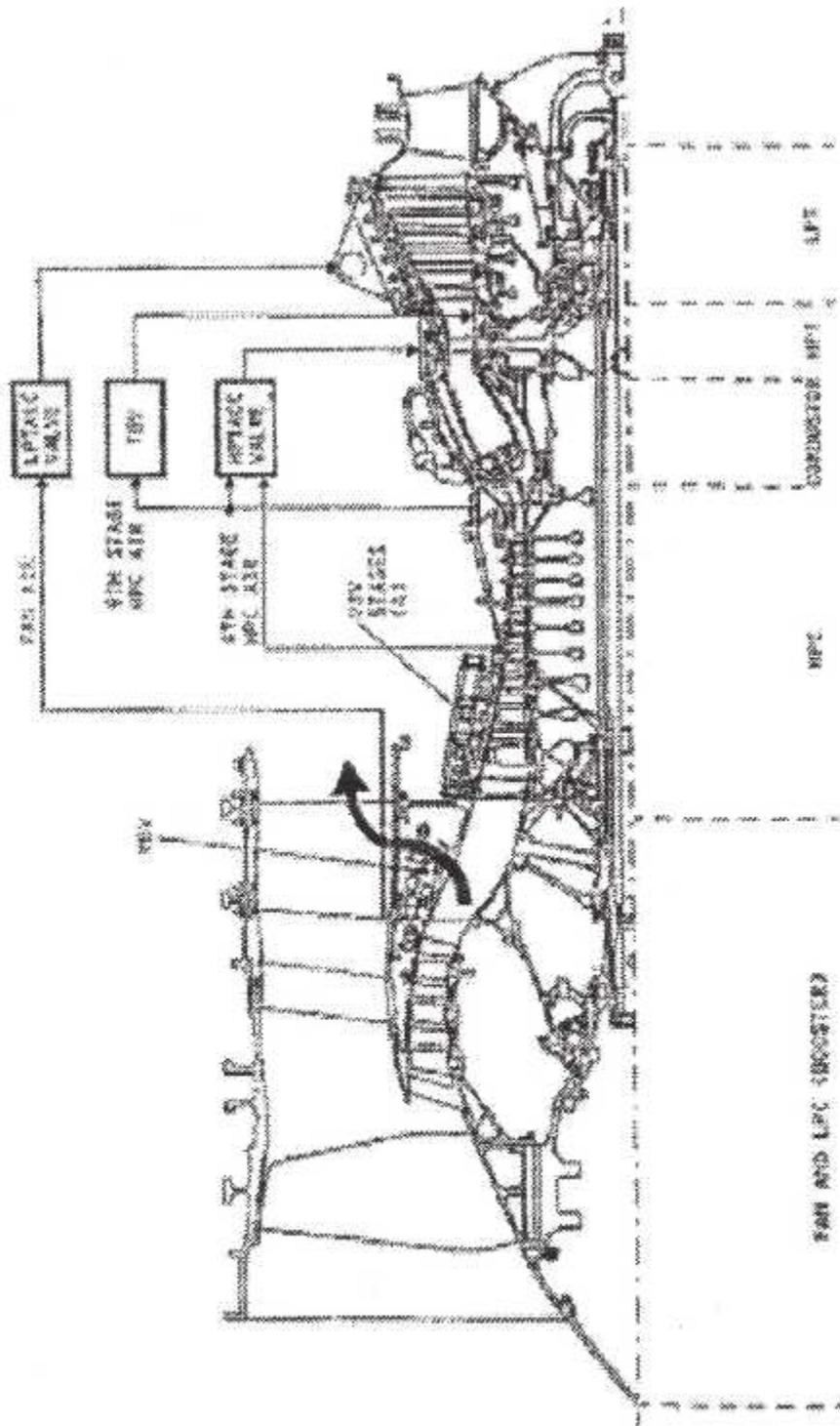


FIG.1. DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME D'AIR



## **II.1 CIRCUIT D'AIR DU CFM56-7B :**

### **II.1.1 DESCRIPTION DU SYSTEME D'AIR DU MOTEUR CFM56-7B (fig. 1.2):**

Durant les opérations du moteur, l' EEC reçoit des données de l'ADIRU par l'intermédiaire des deux DEU, en fonction de ses données le système d'air ajuste l'écoulement d'air pour ajuster le jeu entre les extrémités des aubes de la turbine, l' EEC contrôle aussi l'écoulement d'air du compresseur afin d'éviter le pompage.

L' EEC transmet des signaux de commande électrique à l' IIMU qui les convertit grâce à des moteurs couple et à des servo-vanne , pour actionner les différentes vannes et vérins des dispositifs anti-pompage et des vannes de contrôle actif des jeux turbine.

### **II.1.2 CONTROLE ACTIF DE JEU TURBINE :**

#### **A. CONTROLE DE JEU TURBIN HAUTE PRESSION (HPTACC) :**

##### **A.1. DESCRIPTION : (fig.3)**

Le contrôle de jeu turbine haute pression (HPTACC) se fait à travers ces deux sources :

- L'écoulement d'air du 9<sup>ème</sup> étage du compresseur HP.
- L'écoulement d'air du 4<sup>ème</sup> étage du compresseur HP.

La vanne HPTACC mélange l'air pour contrôler la dilatation thermique du support du bouclier (shroud support) HPT, le système HPTACC tient le jeu entre les extrémités des aubes de l' HPT et son carter au minimum, cela augmente le rendement du carburant, mais quand la température interne du moteur n'est pas stable ou pendant le régime maximum, le système HPTACC augmente le jeu de la turbine afin de s'assurer que les aubes HPT ne touchent pas les bouchiers.

Le système HPTACC a les composantes suivantes :

- La vanne HPTACC (les conduites de l'écoulement d'air du 4<sup>ème</sup> étage inclus).
- Les conduites et l'écoulement d'air du 9<sup>ème</sup> étage.
- Le collecteur HPTACC.

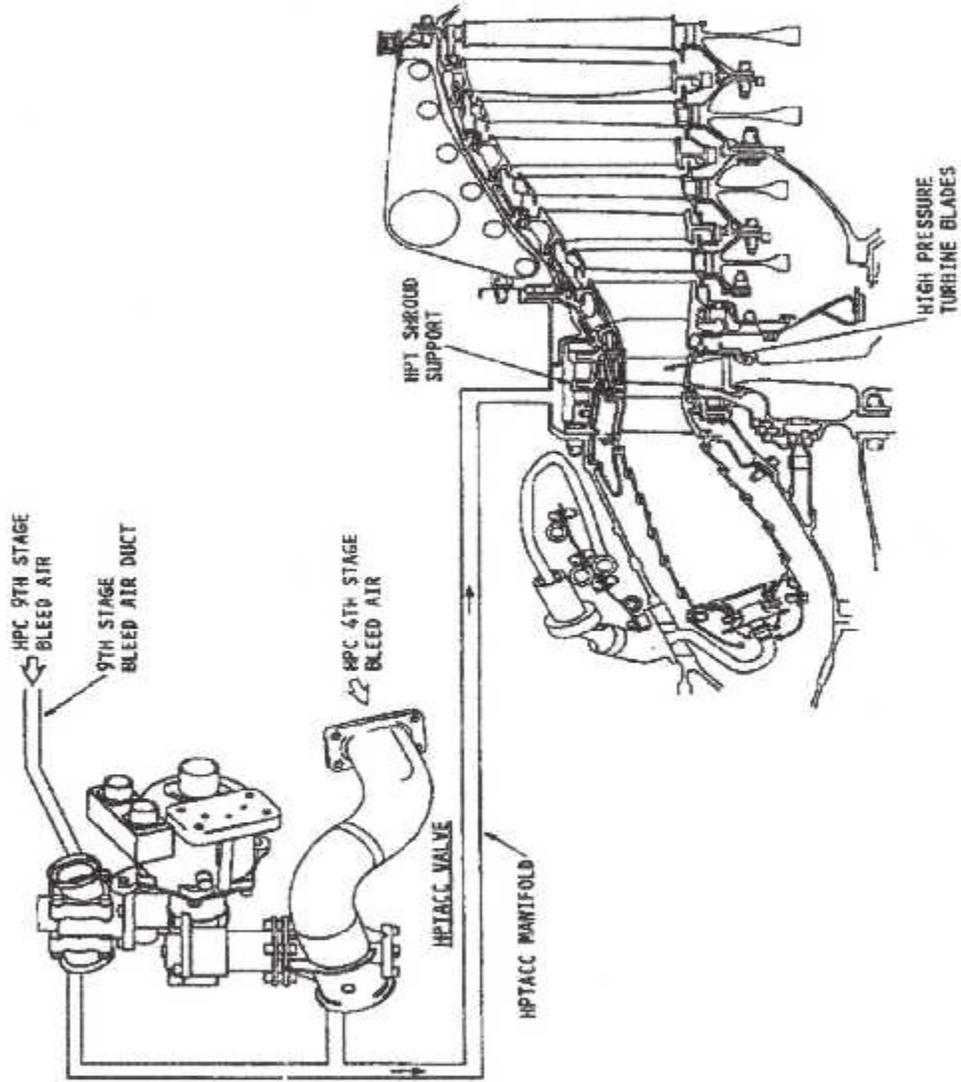


Fig. DESCRIPTION DU CONTROLE ACTIF DU JEU DE LA TURBINE HAUTE PRESSION (HPTACC)

## **A.2. Emplacement des composantes (fig.4)**

Les composantes du système HPTACC sont sur le coté droit du carter de la turbine HP et la position horaire de chaque composant est la suivante :

- la vanne HPTACC à 3heur.
- la conduite de l'écoulement d'air du 9ème étage à 2heur.
- collecteur HPTACC.

Le collecteur HPTACC commence après la vanne HPTACC et ce dirige autour du carter HPT le collecteur HPTACC connecte le support du bouclier de la turbine HP à travers deux orifices, dont leurs position horaires correspondantes sont à 6 heur et à 12 heur.

Pour avoir accès aux composants du système HPTACC il faut ouvrir le capot droit du fan et les reverses.

## **A.3. La vanne HPTACC (fig.5) :**

La vanne HPTACC contrôle la quantité et le rapport de l'écoulement d'air du 9ème et 4ème étage du compresseur HP, ce mélange d'air est envoyé par le collecteur HPTACC au support du bouclier de la turbine HP.

### **A.3.1. description de la vanne :**

la vanne HPTACC se compose en réalité de deux vannes l'une pour le prélèvement du flux d'air du 4ème étage et l'autre pour le prélèvement d'air du 9ème étage ,les deux vannes sont actionnées par un seul vérin qui est de type <<vérin à piston>>

La pression hydraulique de l' HMU est délivrée au deux orifices du connections hydraulique du vérin de commande de HPTACC , soit à l'orifice du coté tige ou celui du coté tête de ce dernier .l'orifice qui reçoit la pression hydraulique du carburant en dernier, détermine la direction du piston du vérin du commande ,tandis que l débit (quantité du carburant )de cette pression déterminera la distance à parcourir.

La pression reçue de l'orifice qui et du cote tête du piston actionne la vanne HPTACC vers l'ouverture suivant le réglage de piston voulue. Et vice-versa, la pression reçue de l'orifice qui

est du côté tige de vérin actionne la vanne vers la fermeture du débit de la pression fournit par l' HMU et commander par l' EEC.

La tige du piston du vérin de commande possède des dents d'engrenages à son extrémité qui se connectent au pignons de la vanne du 9ème étage sur le cote haut du vérin et celui de la vanne du 4ème étage sur le cote bas de ce dernier, le pignon de la vanne du 4ème étage est plus grand que celui de la vanne du la 9ème étage et possède plus de dents d'engrenage et c'est ce qui rend la distance angulaire parcourue par les deux pignons différente ainsi que d'ouverture et e fermeture des vannes pour une même extension du piston chaque vanne possède un papillon qui se connecte avec son pignon correspondant ,le mouvement de translation du piston lors de sa sortie est transmis à la tige ,cela provoque la rotation de deux pignons ,l'un dans un sens et l'autre dans le sens opposé qui entraînent à leur tour les papillon des vannes du 9ème et 4ème étage en causant ainsi soit :

- L'ouverture partiel le d'une vanne et la fermeture totale de l'autre.
- L'ouverture totale d'une vanne et la fermeture totale de l'autre.
- L'ouverture partielle des deux vannes en même temps.

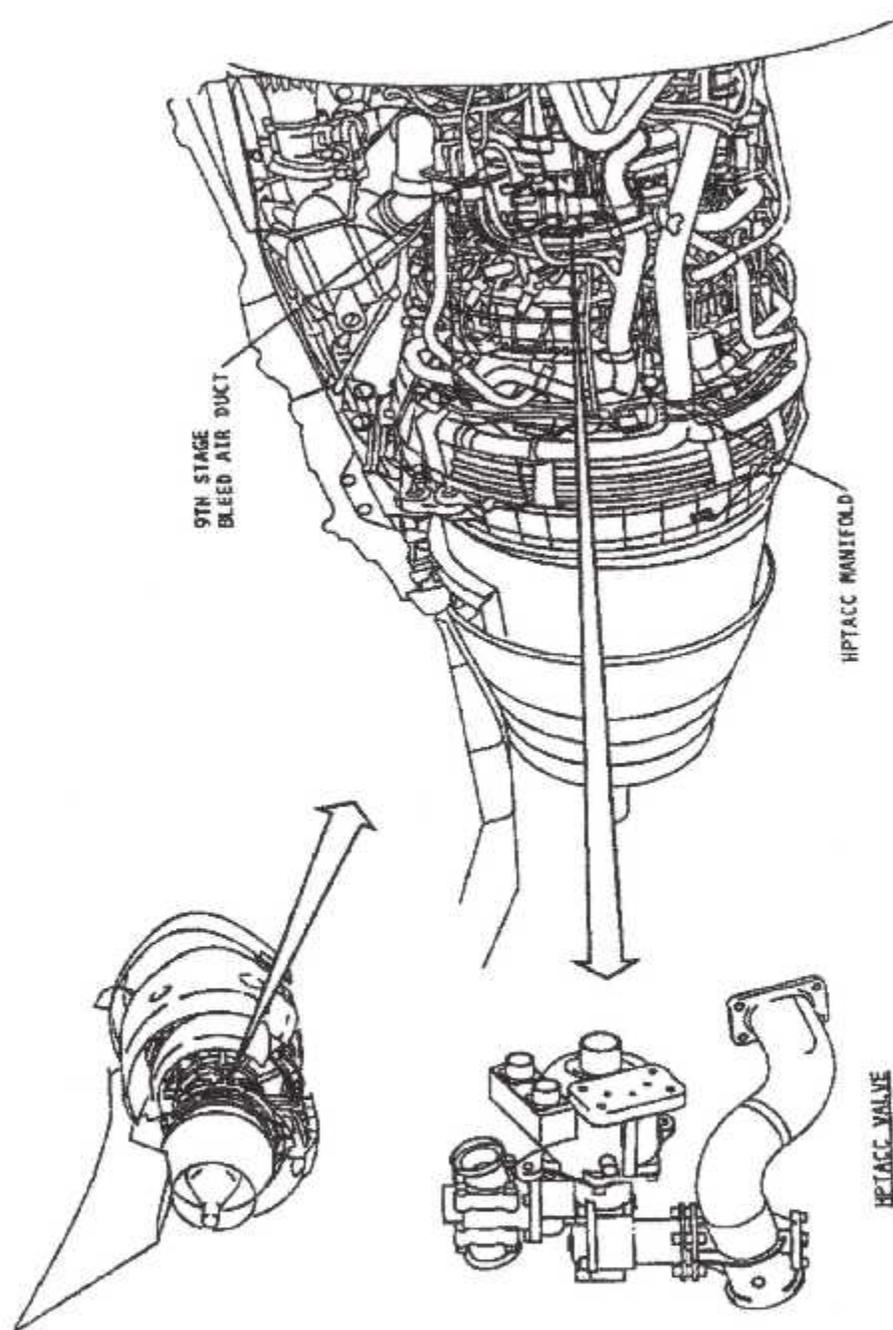


Fig. EMLACEMENT DES COMPOSANTS DU SYSTEME (HPTACC)

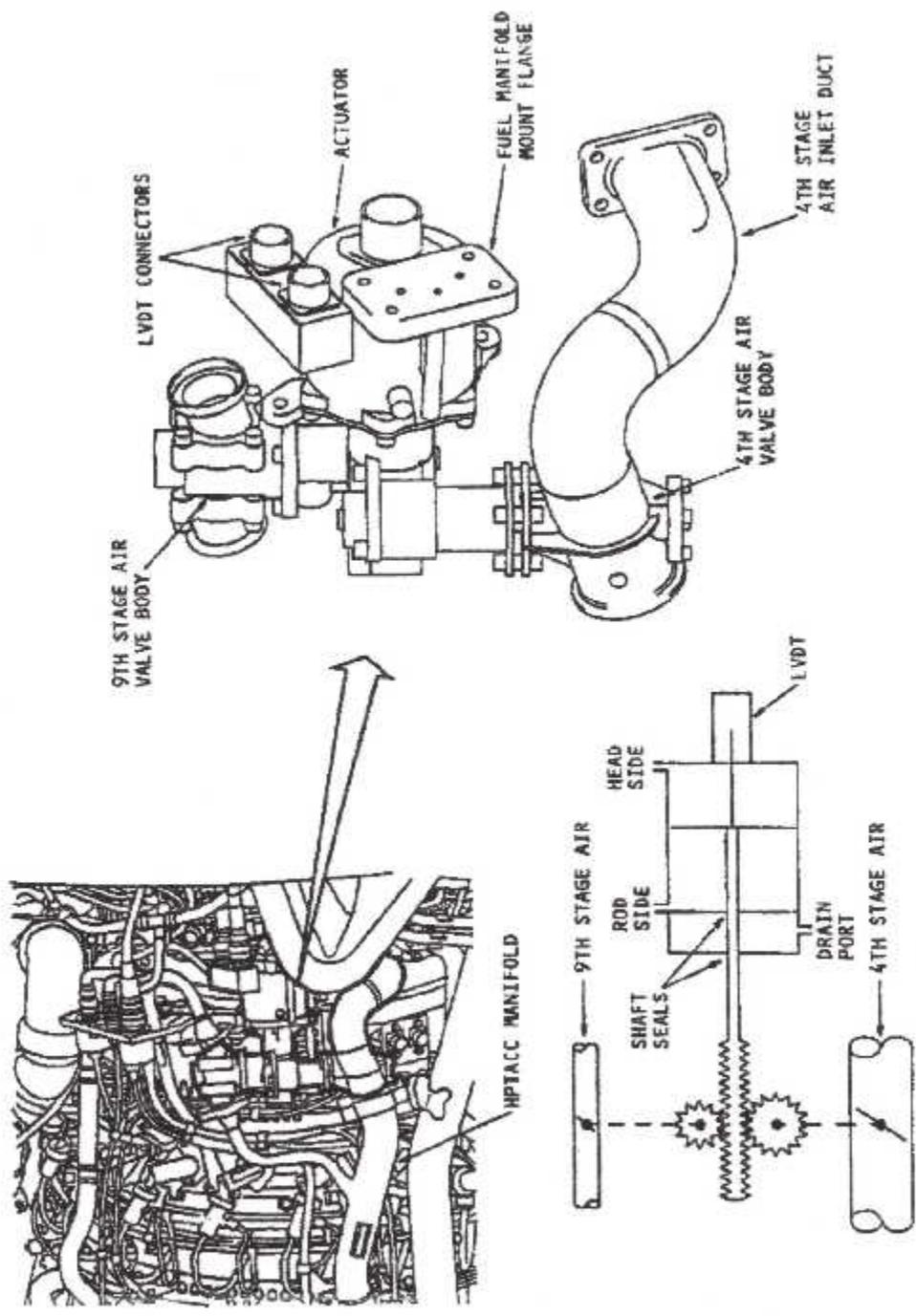


Fig.19 LA VANNE DU SYSTEME (HPTACC)

### **A.3.2. composants de la vanne :**

La vanne HPTACC a les composants décrits ci-dessous qu'on peut distinguer sur sa surface extérieure :

- La structure de la vanne du 9<sup>ème</sup> étage.
- La structure de la vanne du 4<sup>ème</sup> étage.
- Un vérin de commande pour les deux vannes.
- Deux connecteurs de LVDT.
- Montage des bourrelets des tuyauteries hydrauliques.
- Conduite d'air du 4<sup>ème</sup> étage de la vanne HPTACC.

Il y a deux LDVT sur la vanne HPTACC qui donnent le signal de position du vérin de la HPTACC à l'EEC, l'un donne la position de la vanne au canal A et l'autre au canal B de l'EEC.

La vanne HPTACC possède un orifice de drainage du carburant afin d'évacuer ce dernier qui fuit des joints de l'arbre.

### **A.4. Fonctionnement de la vanne HPTACC (fig.6.) :**

L'EEC utilise ces données pour contrôler la vanne HPTACC :

- la pression de l'air statique (P0).
- la température de l'air totale (TAT).
- la vitesse de rotation de l'attelage haute pression (N2).
- la température du 9<sup>ème</sup> étage du compresseur HP (T3).
- la température d'air à la sortie du compresseur HP (T25).
- la température du support du bouclier de la turbine HP (HPTACC SENSOR).

L'EEC reçoit P0 et TAT de l'ADIRU à travers l'DEU les autres données sont reçues des sondes du moteur.

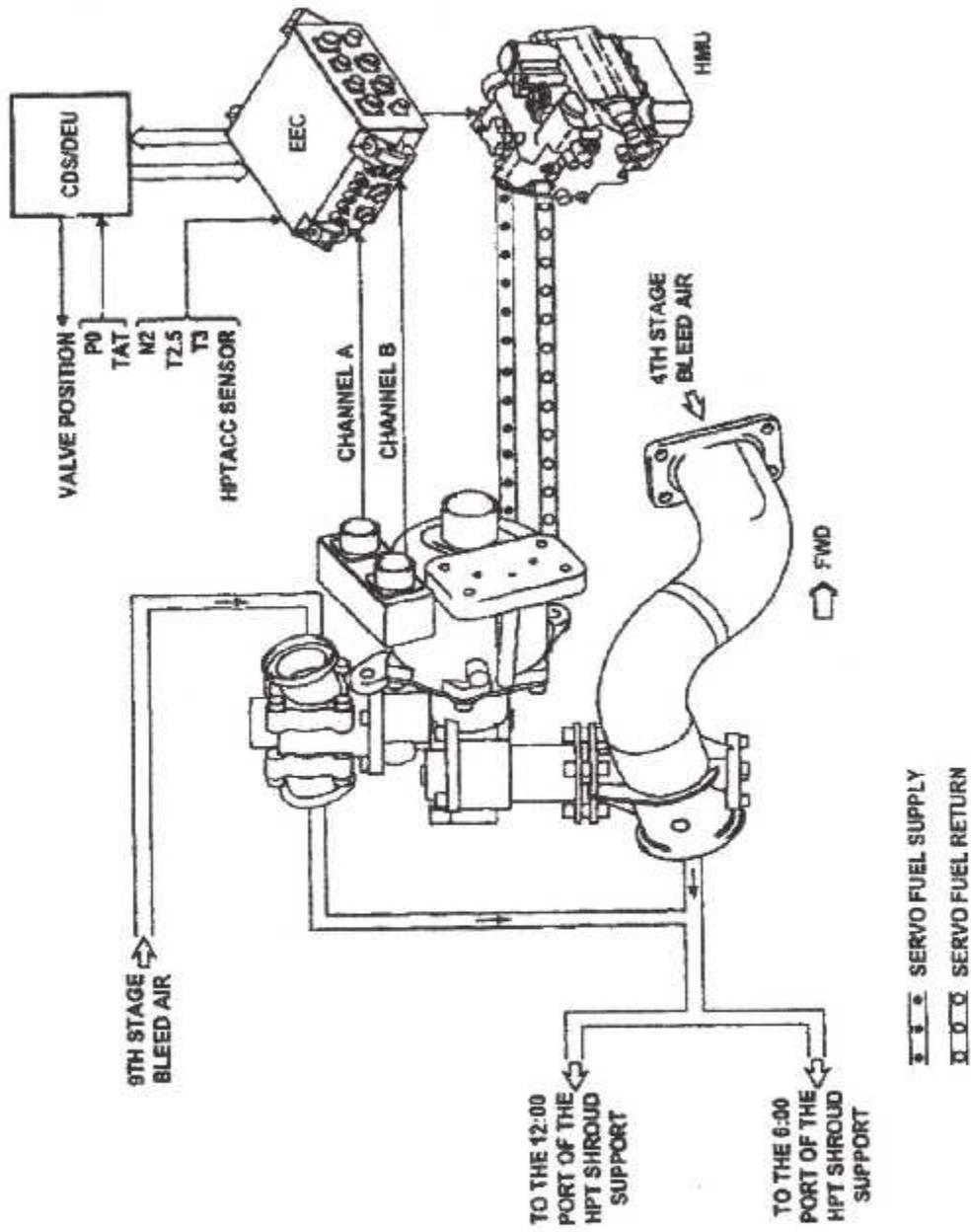


Fig DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DU SYSTEME (HPTACC)

### **A.4.1. Le capteur HPTACC :**

Le capteur du contrôle du jeu turbine haute pression HPTACC et un thermocouple, fixé sur le carter de la turbine HP à la position 3heur, son rôle est d'informer l' EEC sur les changements de la température du support du bouclier de la turbine HP afin de contrôler la vanne HPTACC.

### **A.4.2.Le contrôle :**

Le système HPTACC opère automatiquement, l' EEC utilise les données d'avion et du moteur pour contrôler le rapport de l'écoulement 'air soutiré du 9ème et 4ème étage de HPC et utilisé pour refroidir support du bouclier HPT.

L' EEC envoie un signal de commande de la vanne HPTACC à l' HMU, qui envoie à son tour un signal hydraulique approprié au côté tête (HEAD SIDE) ou au côté (RODE SIDE) du vérin qui actionne l' HPTACC.

La vanne HPTACC contrôle le flux d'air du 9ème et 4ème étage du HPC .Cela contrôle la température de l'air qui se décharge au support du bouclier HPT.

L' EEC calcule la température idéale du support du bouclier HPT qui permet un jeu minimum entre les extrémités des aubes de la turbine et le bouclier HPT en utilisant les données N2, T3, T25, TAT, P0. L'ouverture de la vanne est en fonction de la température du support du bouclier (HPTACC SENSOR) .si cette dernière est haute, l' EEC envoie un signal à l' HMU pour refroidir le support du bouclier HPT, par contre si elle est basse, la EEC envoie un signal à l' HMU de moins refroidir le support du bouclier.

### **A.4.3.Mode des opérations :**

Il y a (05) cinq modes opérationnelles qui sont :

#### **1).pas d'air :**

Le vérin est entièrement rétracté et les vannes du 9ème et 4ème étage sont en position FERME .Cet état correspond à la position ARRET du moteur, c'est aussi la position de sécurité, l' EEC commande la fermeture de la vanne HPTACC quand il y a un

disfonctionnement de l' EEC ou de l' HMU .le jeu entre les extrémités des aubes HPT et le bouclier et au maximum dans cette position.

## **2).Ecoulement bas du 9ème étage :**

L' EEC met le vérin à 8% de son extension, à ce moment la il y'a moins de quantité d'air chaude provenant du 9ème étage qui est envoyée vers le support du bouclier turbine HP, tandis que la valve du 4ème étage reste complètement fermée, Ceci refroidit le support du bouclier de la turbine HP par un écoulement faible.

## **3). Ecoulement haut du 9ème étage :**

L' EEC met le vérin à 37% de son extension, la vanne du 9ème étage est complètement ouverte, le flux HP de l'air est entièrement envoyé (quantité max) vers le support de bouclier turbine HP, tandis que la vanne du 4ème étage est complètement fermée, à ce moment là, les jeux sont au maximum.

## **4). Ecoulement mixte :**

L' EEC calcule la position du vérin entre 38% et 99% de son extension. Dans le mode mixte, la vanne du 4ème étage est utilisée afin de renvoyer du 4ème étage une quantité d'air moins chaude (frais) pour être mélangée à celle du 9ème étage et renvoyée à la fin au support du bouclier de la turbine HP .Ce procédé nous permet d'avoir un contrôle précis de jeu désiré à la turbine HP.

## **5). vanne du 4ème étage complètement ouvert (9ème étage fermé) :**

le vérin est 100% de son extension ,à ce moment là l'air provenant du 4ème étage moins chaud que celui du 9ème étage passe complètement à la turbine HP en position vanne complètement ouverte ,cela donne un refroidissement maximum au support bouclier HPT donc un jeu minimum.

### **A.5. Les modes de fonctionnement du système HPTACC et les conditions d'avion et moteur correspondantes :**

<b>CONDITIONS MOTEUR</b>	<b>MODES DE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME HPTACC</b>
Démarrage à froid	Premièrement la vanne du 4ème étage est complètement ouverte, ensuite la transition à travers l'écoulement mixte en écoulement haut du 9ème étage.
Démarrage à chaud	Écoulement haut et bas du 9ème étage pour minimiser les frottements de la HPT.
Décollage et monté	Premièrement la vanne du 4ème étage est complètement ouverte pour minimiser l'évaluation de l'EGT, ensuite transition au mode mixte.
Croisière	La vanne du 4ème étage est complètement ouverte pour minimiser la consommation du carburant
Descente	Écoulement bas du 9ème étage pour protéger contre les frottements.

## **B. CONTROLE ACTIF DEE JEU TURBINE BASSE PRESION (LPTACC) :**

### **B.1. DESCRIPTION (fig.7.) :**

Le système de contrôle de jeu turbine basse pression LPTACC contrôle le jeu des extrémités des aubes de la turbine BP. Le système LPTACC augmente ou diminue la quantité d'air provenant du flux secondaire et qui est dirigée au carter de la turbine BP pour le refroidir. Le refroidissement du carter de la turbine BP contrôle la dilatation thermique qui tient le jeu avec les extrémités de aube LPT au minimum, et cela augmente le rendement du carburant

Le système LPTACC a les composants suivants :

- la vanne LPTACC.
- la conduite d'air LPTACC.
- la tuyauterie LPTACC.

## **B.2. EMBLACEMENT DES COMPOSANTS (fig.8.) :**

Les composants du système LPTACC sont sur le coté droit du carter du compresseur HP du moteur. La position horaire de chaque composant est :

- la vanne LPTACC à 4 heures.
- La conduite d'air à 4heur.

L'air entre dans le système LPTACC par une porte d'admission qui est connectée à la vanne LPTACC. La porte d'admission est situé sur la paroi intérieur de la décharge du fan. Sa position horaire est de 4heur.

La conduite d'air LPTACC connecte la vanne LPTACC à la tuyauterie LPTACC. La tuyauterie LPTACC connecte le carter de la turbine BP.

Pour avoir l'accès aux composants du système LPTACC, il faut ouvrir le capot droit du fan et les reverses.

## **B.3. LA VANNE LPTACC (fig.9.) :**

La vanne LPTACC contrôle la quantité d'air provenant de flux secondaire qui est dirigé au carter turbine BP. La tuyauterie LPTACC envoie l'air du fan aux tubes injecteurs qui entourent le carter BPT, ces tubes injecteurs sont munis des trous qui dirigent l'air du fan sur le carter BPT. La conduite d'air LPTACC connecte la vanne et la tuyauterie.

La vanne LPTACC et modulaire, elle fonctionne avec la pression hydraulique du carburant l'elle a ces composants :

- La structure de la vanne.
- Le logement du transformateur différentiel variable rotative (RVDT).
- Les deux (2) connecteurs (RVDT).
- Montage des boudoirs de tuyauteries hydrauliques.
- Connections de la ligne de drainage.
- Vérin de commande LPTACC.
- Papillon de la vanne.

Le vérin et le papillon de la vanne sont dans la structure de cette dernière.

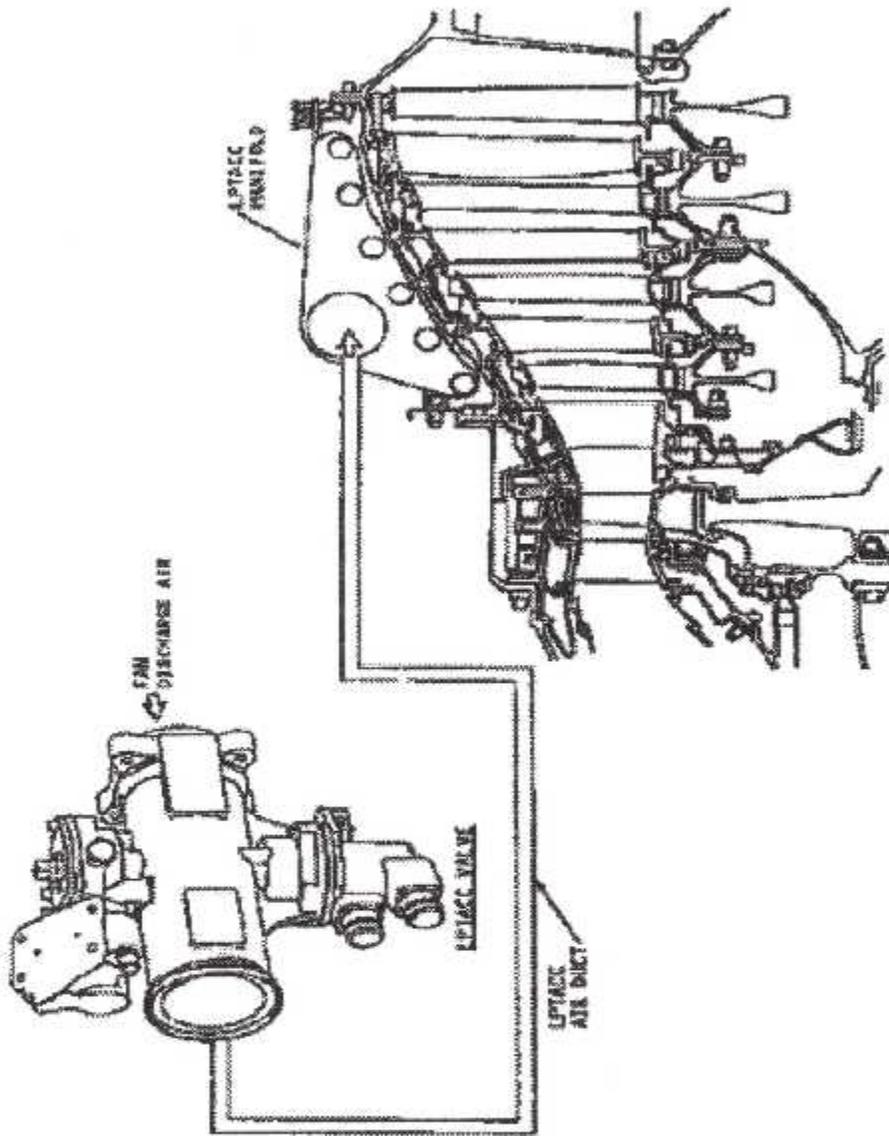


FIG. .DESCRIPTION DE JEU DE LA TURBINE BASSE PRESSION (LPTACC)

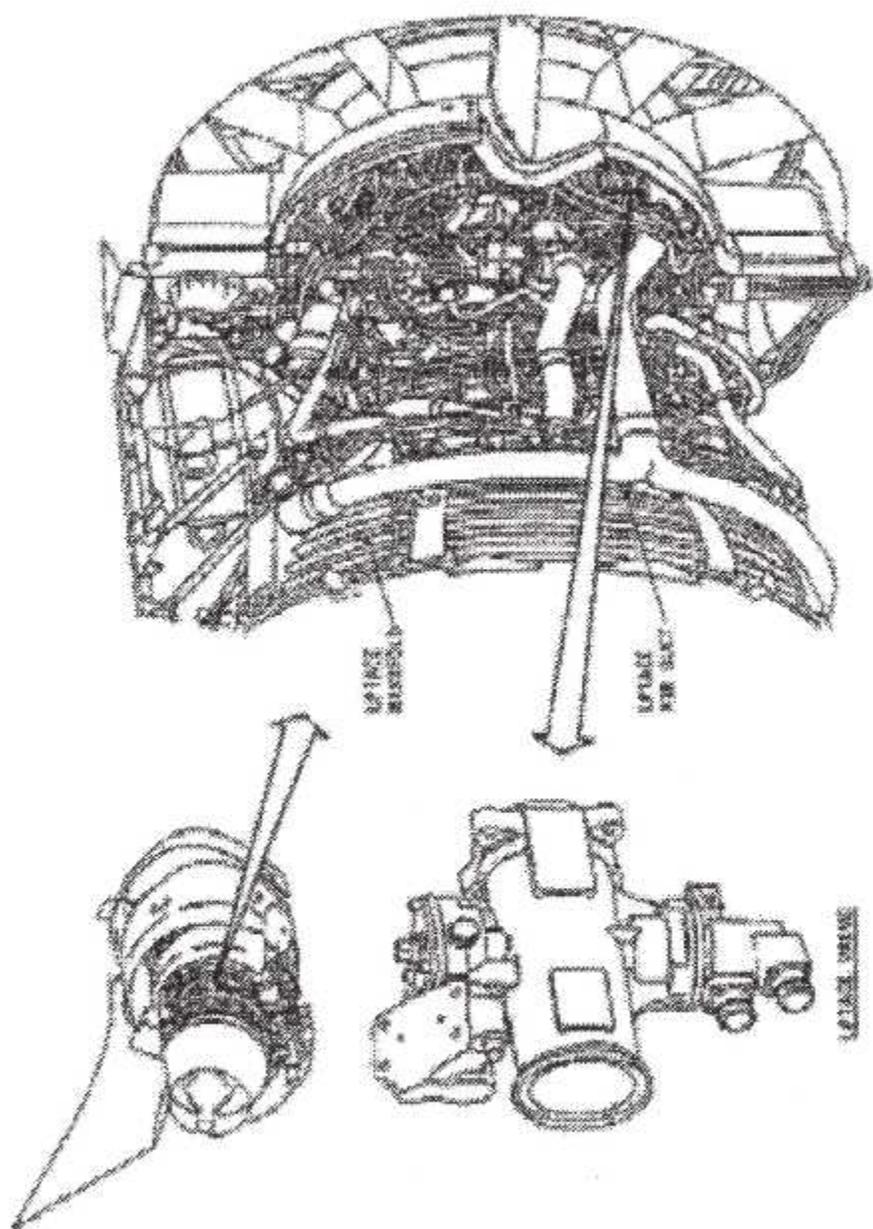


FIG .EMPLACEMENT DES CCOMPONENTS DU SYSTEME (LPTACC).

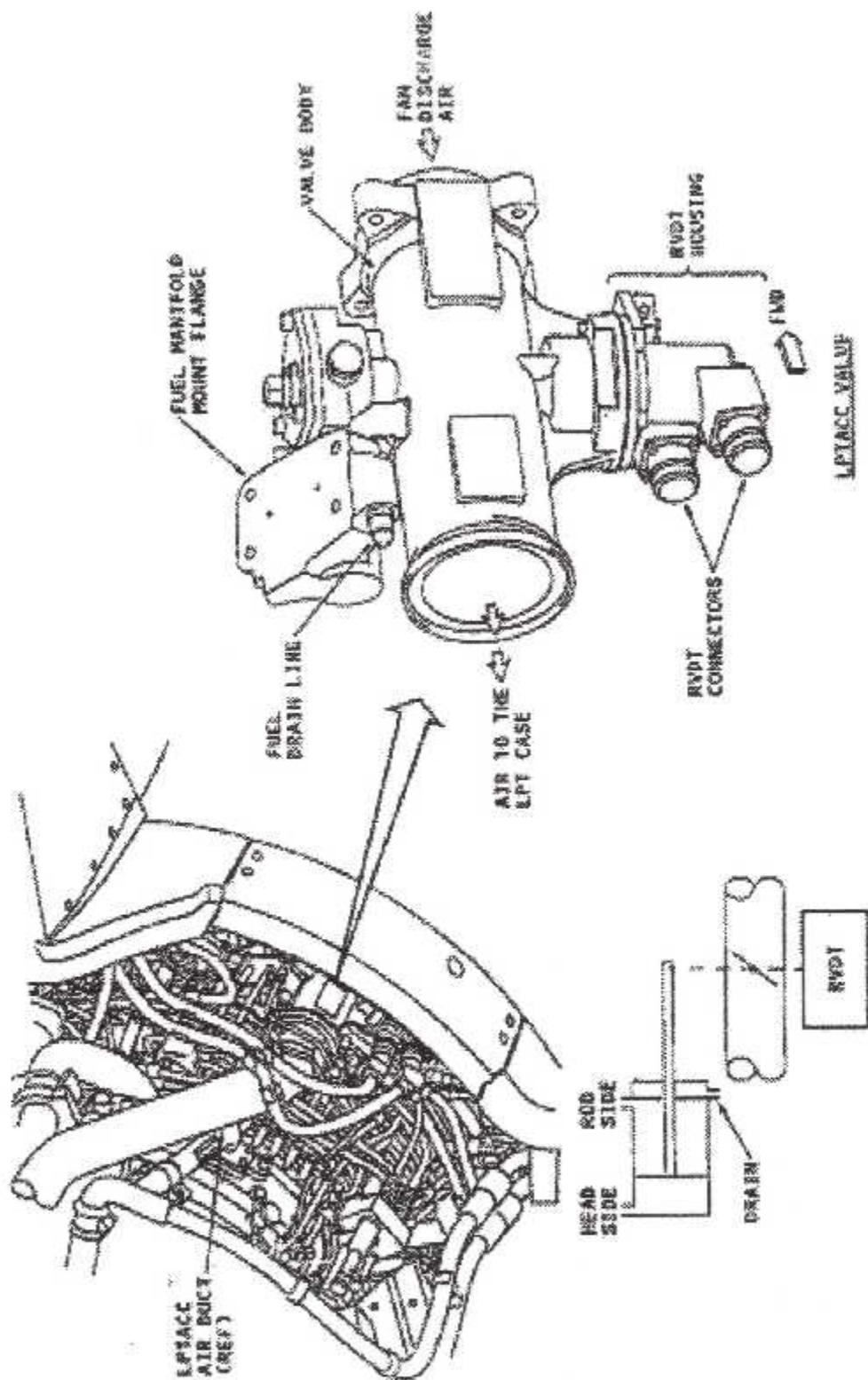


FIG LA VANNE DU SYSTEME (LPTACC).

Le vérin de la vanne LPTACC a un piston hydraulique qui reçoit, soit du côté tête (HEAD SIDE) ou du côté tige (ROD SIDE) de ces connections des ordres de commande hydraulique de la HMU pour contrôler la position du papillon de la vanne, donc l'écoulement d'air du fan qui se dirige vers la tuyauterie LPTACC. Le signal de position du papillon est transmis à la EEC par deux RDVT.

La pression hydraulique de l' HMU est délivrée au deux orifices de connections hydraulique du vérin, soit l'orifice du côté tête ou celui du côté tige de ce dernier. L'orifice qui reçoit la pression hydraulique du carburant en premier, détermine la direction du piston du vérin (soit vers la fermeture ou vers l'ouverture), tandis que le débit de cette pression détermine la distance à parcourir.

La pression reçue de l'orifice qui est du côté tête du piston actionne la vanne LPTACC vers l'ouverture suivant le réglage de la position voulue. Et vice-versa, la pression reçue de l'orifice qui est du côté tige du vérin actionne la vanne vers la fermeture, suivant le réglage de la position voulue, et ceci en fonction du débit de la pression fournie de l' HMU et commandée par l' EEC.

Le vérin a une porte du drainage du carburant afin de permettre l'évacuation du carburant qui fuit de joints de l'arbre.

#### **B.4. Fonctionnement (fig.10.) :**

L' EEC utilise ces données pour contrôler la LPTACC VALVE :

- La pression d'air totale (PT).
- La pression d'air statique (P0).
- La température d'air totale (TAT).
- La vitesse de rotation de l'attelage basse pression (N1).
- La température des gaz d'échappement (EGT ou T 49.5).

L' ECC calcule le jeu des extrémités des aubes de la turbine BP en se basant sur les données d'avion et du moteur citées ci-dessus. En générale, l'écoulement d'air du système LPTACC augmente quand les paramètres utilisés augmentent.

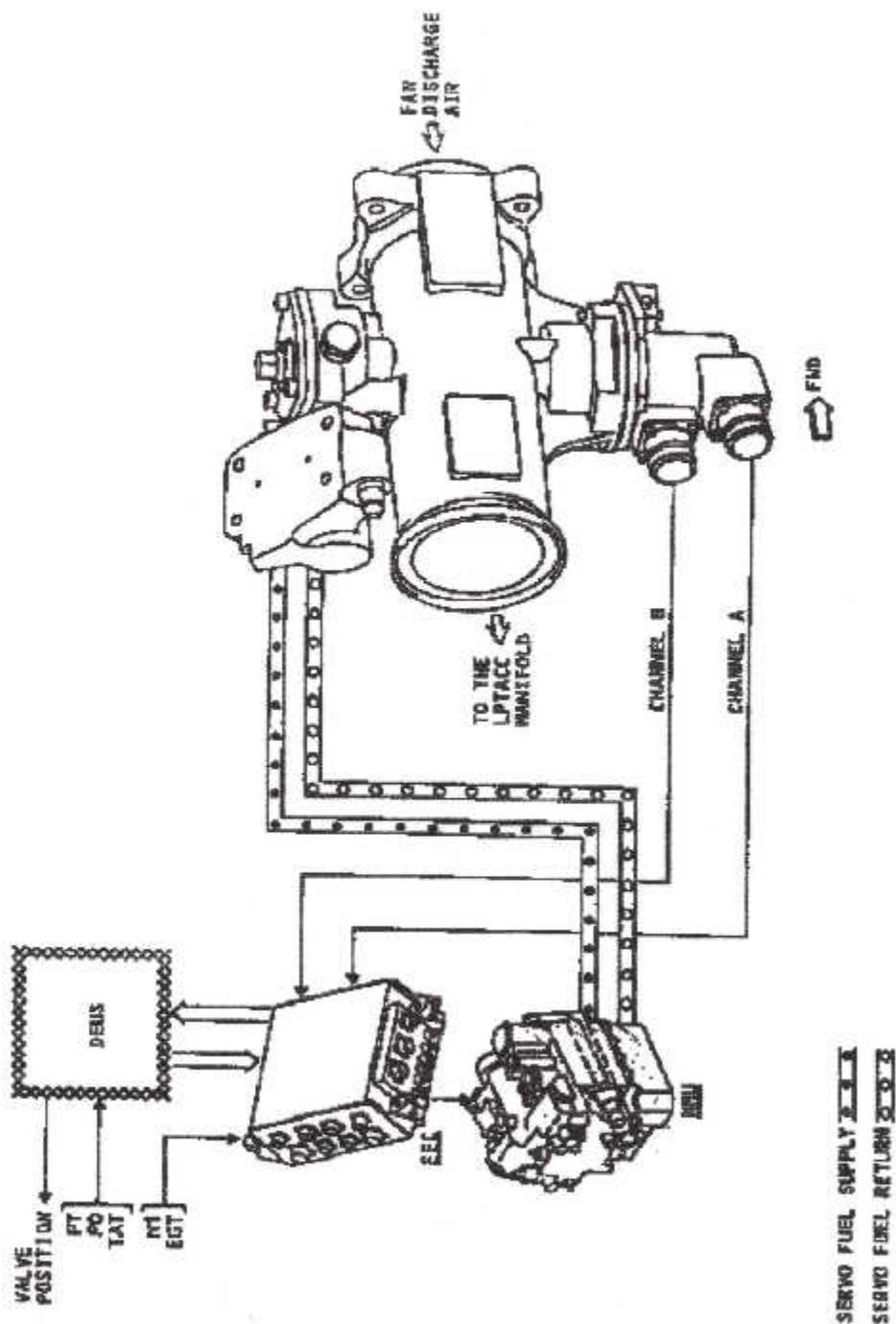


Fig. DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DU SYSTEME (LPTACC)

### **B.4.1 Le capteur de température (EGT) :**

Le système LPTACC ou T49.5 de la température des gaz d'échappement se compose de 08 thermocouples et 04 harnais électrique, chaque harnais électrique se connecte à deux thermocouples par le biais d'une boîte à jonction. Les extrémités des thermocouples sont positionnés sur le côté extérieur de 2ème étage de la turbine BP, les harnais électriques se connectent à l'EEC. L'EGT a le rôle de surveiller la température des gaz d'échappement de la sortie du 2ème étage de la turbine BP et envoyer un signal électrique à l'EEC pour l'indication et le contrôle.

### **B.4.2. CONTROLE :**

Le système LPTACC opère automatiquement, l'EEC utilise les données obtenues de P0,PT, et TAT par l'ADIRU à travers l'DEU et obtient NI et EGT par les sondes du moteur, ces données sont utilisées par l'EEC pour contrôler la quantité d'air qui provient de la décharge du fan et qui est dirigée au carter de la turbine BP. Pour cela l'EEC envoie un signal à l'HMU qui transmet à son tour un signal hydraulique pour actionner le piston qui se trouve à l'intérieur du vérin de la vanne LPTACC, ce piston est connecté mécaniquement au papillon de la vanne de décharge du fan. La sortie du piston du vérin provoque la rotation du papillon de la vanne et permet ainsi l'ouverture de cette dernière, alors que la réaction du piston entraîne le mouvement de rotation du papillon dans l'autre sens et provoque la fermeture de la vanne LPTACC.

La vanne LPTACC a deux RVDT, qui sont utilisés par l'EEC pour avoir la position du vérin LPTACC, l'un des deux RVDT envoie le signal au canal A de l'EEC, tandis que l'autre envoie le signal au canal B.

### II.1.3 CONTROLE DE L'ÉCOULEMENT D'AIR :

Le contrôle de l'écoulement d'air du compresseur s'effectue par les trois sous système suivants :

- Les aubages statique variable (VSV).
- Les vannes de décharge (VBV).
- Les vannes de décharge et de transition (TBV).

#### A. LES AUBAGES STATORIQUE VARIABLE (VSV) (fig.11.) :

##### A.1. GENERALITES :

Le système de stator à calage variable (VSV) est utilisé de telle manière à maintenir un écoulement laminaire de l'air à travers le compresseur aux différents régimes de fonctionnement, dans de larges variations des vitesses, altitude et température. Le système de stator à calage variable assure ses fonctions en contrôlant la position angulaire des dispositifs suivants :

- Les aubes de pré rotation à calage variable (IGV).
- Les aubages de stator à calage variable qui sont portées sur les trois premières étages du compresseur HP .

##### A.2. Les aubages de pré rotation à calage variable :

Appelé aussi aubage directeur d'entrée à calage variable, ces aubages sont montés à l'entrée du compresseur HP.

Le compresseur est prévu pour fonctionner à des régimes très proche de son régime maximal, il s'ensuit qu'aux faibles régimes, le fonctionnement s'en trouve perturbé.



RETABLISSEMENT DE BON FONCTIONNEMENT AUX BAS REGIMES

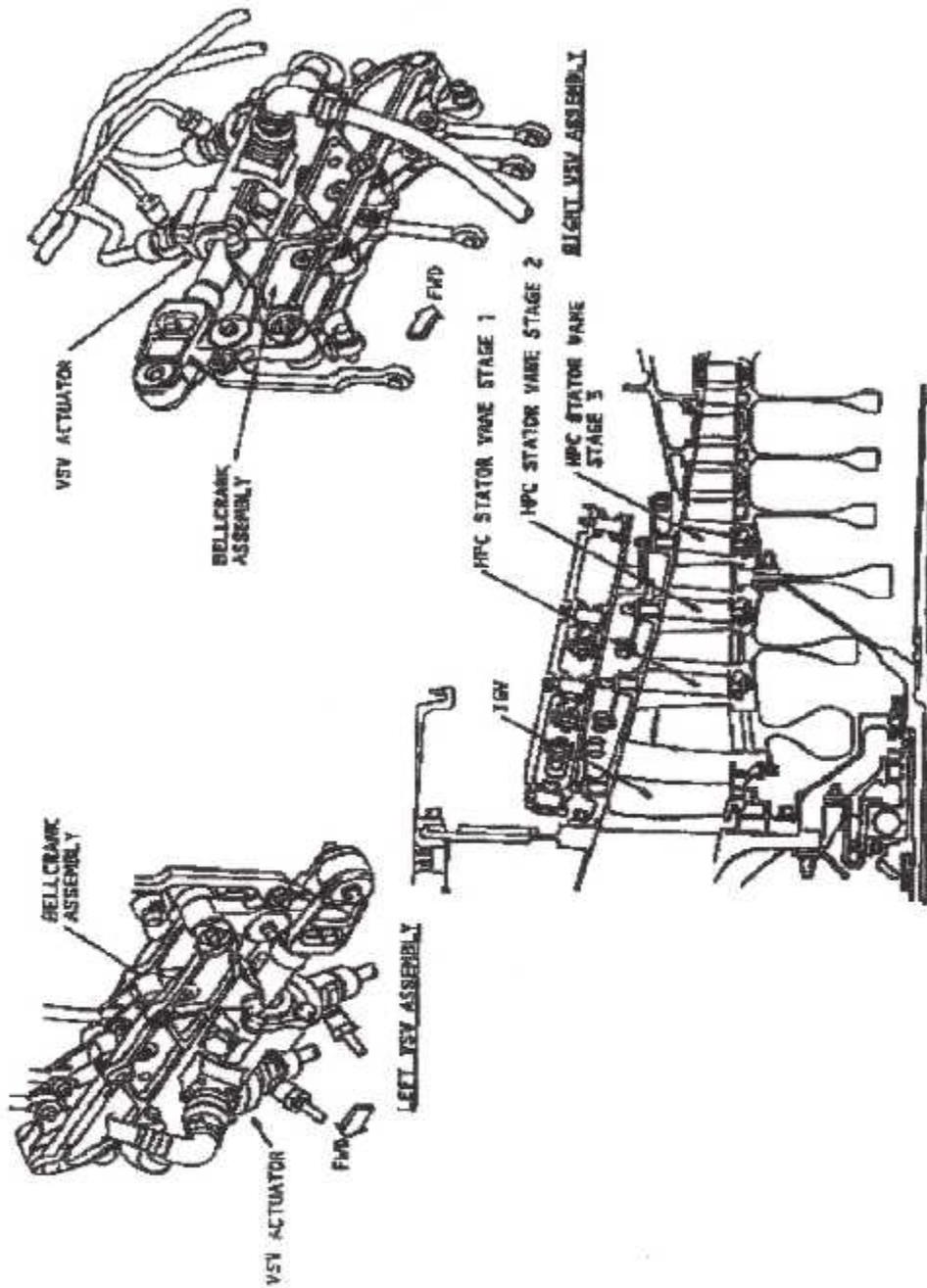


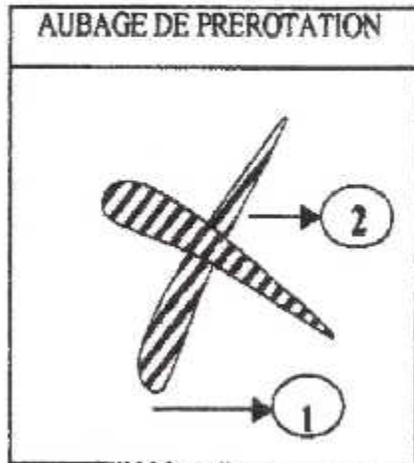
Fig. DESCRIPTION DE STATORS A CALAGE VARIABLE (VSV)

Sur la figure **A** est représenté le diagramme rotor, ou nous remarquons que pour une vitesse d'entrée  $\vec{V}$  et pour une vitesse  $\vec{U}$  (correspondant à un régime voisin de  $N_{max}$ ), le fonctionnement est correct. A même vitesse d'entrée  $\vec{V}$ , si on diminue trop  $\vec{U}$  soit  $\vec{w}$  les filets d'air se présentent avec une incidence trop fortement négative, ceux-ci décrochent et entraînent un pompage.

Afin de rétablir un bon fonctionnement aux bas régimes, le constructeur interpose avant le premier rotor, un aubage de pré rotation. Son but est de modifier la direction du vecteur vitesse absolue sans trop charger le module, afin de rétablir un fonctionnement correct. On trouve donc avant le premier rotor une grille d'aubes dont le calage varie en fonction de la vitesse de rotation du rotor. Sur la figure **B** nous remarquons :

- Aux forts régimes  $\vec{U} + \vec{W} = \vec{V}$
- Aux faibles régimes  $\vec{w} + \vec{w}' = \vec{V}'$

Avec :  $|\vec{V}'| = |\vec{V}|$



Aubage rotor



- ① Position de l'aubage de prérotation pour les faible régimes.
- ② Position de l'aubage de prérotation pour les régime proches du régime maximal

### A.3. Aubages de stator à calage variable :

Afin d'améliorer les performances du compresseur HP, on y installe des stators à calage variable. Le fonctionnement de ces stators est identique au aubages de pré rotation, ils permettent de dévier  $\vec{V}_a$  en fonction de nombre de tour par minute pour adapter un fonctionnement optimal à tous les régimes, et ceci en conservant la valeur de l'angle d'incidence de l'écoulement aérodynamique par rapport aux ailettes du compresseur constant.

Le système VSV a les composants suivants :

- deux vérins d commande des VSV.
- deux barres à leviers de commande.
- quatre anneaux de commande.
- stator à calage variable.

#### **A.4. Emplacement des composants (fig.12)**

Les vérins de commande des VSV sont montés sur les cotés droit et gauche du moteur sur le compresseur HP dont leurs positions horaires sont à 2 heure et 8 heure, chaque vérin est monté sur une barre à leviers de commande .Lorsque la tige du piston du vérin sort, elle provoque l'ouverture des VSV et lorsqu'elle entre, elle provoque leur fermeture.

Les composants du système VSV qui entourent et pénètrent à l'intérieure du carter compresseur HP, sont :

- les quatre anneaux de commande.
- Les aubes de pré rotation à calage variable.
- Les stators à calage variable des trois premiers étages.

Pour avoir accès au composants du système VSV, il faut ouvrir le capot du fan et des reverses.

#### **A.5.Description du vérin de commande des VSV (fig.13)**

Les vérins de commande des VSV actionnent les IGV et les trois premiers étages des stators du compresseur HP.

Le vérin du système VSV est de type <<vérin à piston >> ,munis de deux connections hydrauliques (coté tige du piston et coté tête ) qui le relie à l' HMU ,à travers ces connections l' HMU envoie un signal hydraulique de commande afin d'actionner la tige du piston du vérin qui provoque lors de sa sortie le mouvement du levier de commande qui est connecté directement à la tige du piston du vérin ,cela entraîne les trois autres leviers restants ,car les quatre leviers se relient entre eux par l'intermédiaire de la barre de commande qui transmet le

mouvement ;le deuxième vérin opère de la même façon .Chaque levier d'une même rangée d'aube est relié à un anneau de commande ,les quatre anneaux de commande des VSV sont

entraînées par deux barres à levier de commande disposées de chaque coté du compresseur pour enfin actionner les IGV et les VSV qui fonctionnent au même temps et de la même façon .

Comme le fonctionnement des vérins du dispositif de contrôle de jeu turbine, la pression hydraulique de l' HMU est délivrée aux orifices de connections hydrauliques de chaque vérin de commande des VSV, ceux des cotés tête ou ceux des cotés tige de ces derniers. L'orifice qui reçoit la pression hydraulique du carburant en premier, détermine la direction du piston du vérin, tandis que le débit de cette pression détermine la course de ce dernier, même direction et même sens pour le deuxième piston qui opère de la même façon que le premier.

La pression reçue de l'orifice qui et de coté tête du vérin actionne le VSV vers la fermeture suivant le réglage de piston voulue. Et vice-versa, la pression reçue de l'orifice qui est du coté tige du vérin actionne les VSV vers l'ouverture suivant le réglage de piston voulue, et ceci en fonction de débit de la pression hydraulique (quantité du carburant) fournit par l' HMU et est calculé par l' EEC, et la même procédure pour les deux vérins.

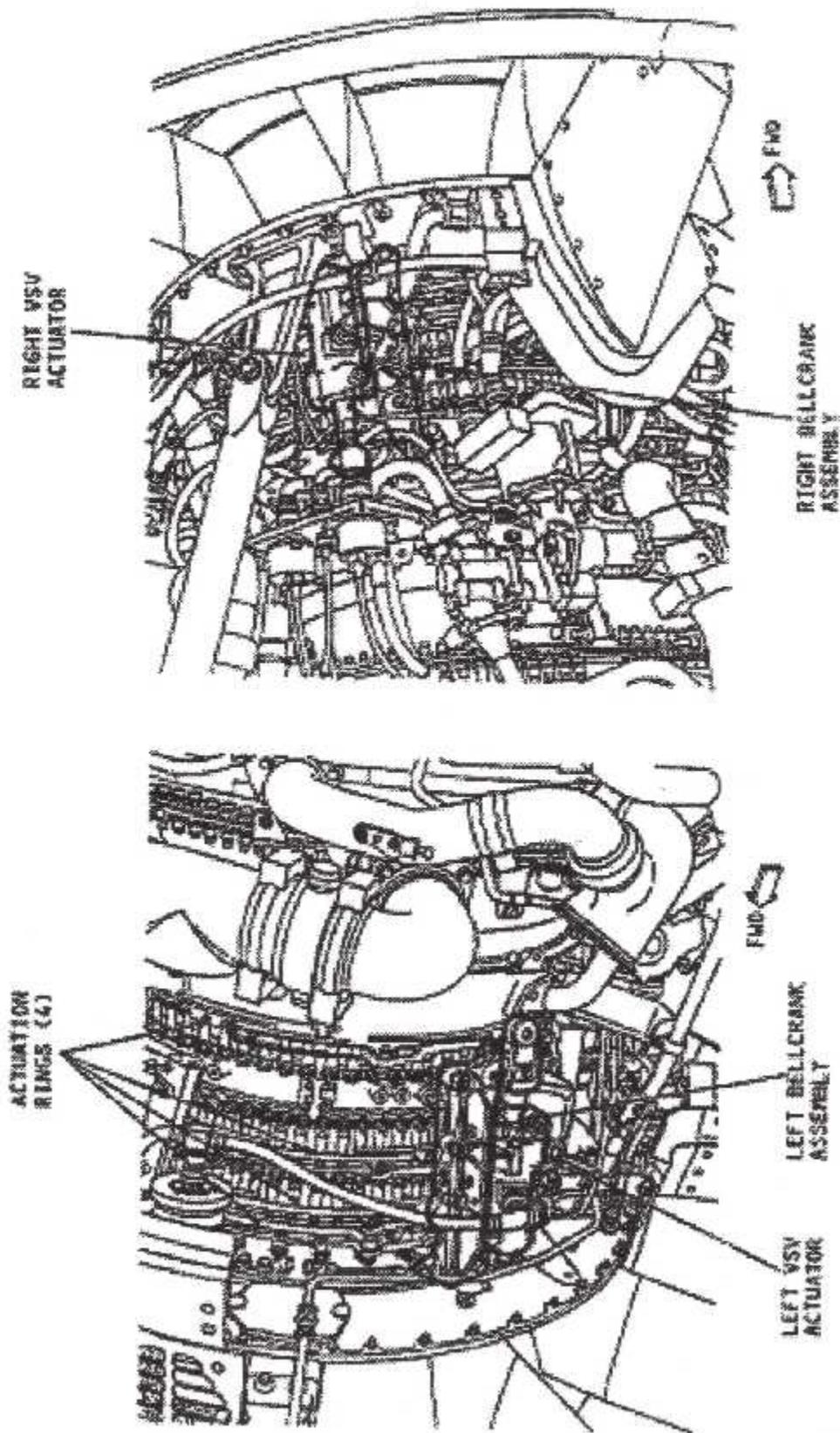


Fig. EMBLACEMENT DES COMPOSANTS DU SYSTEME (VSV)

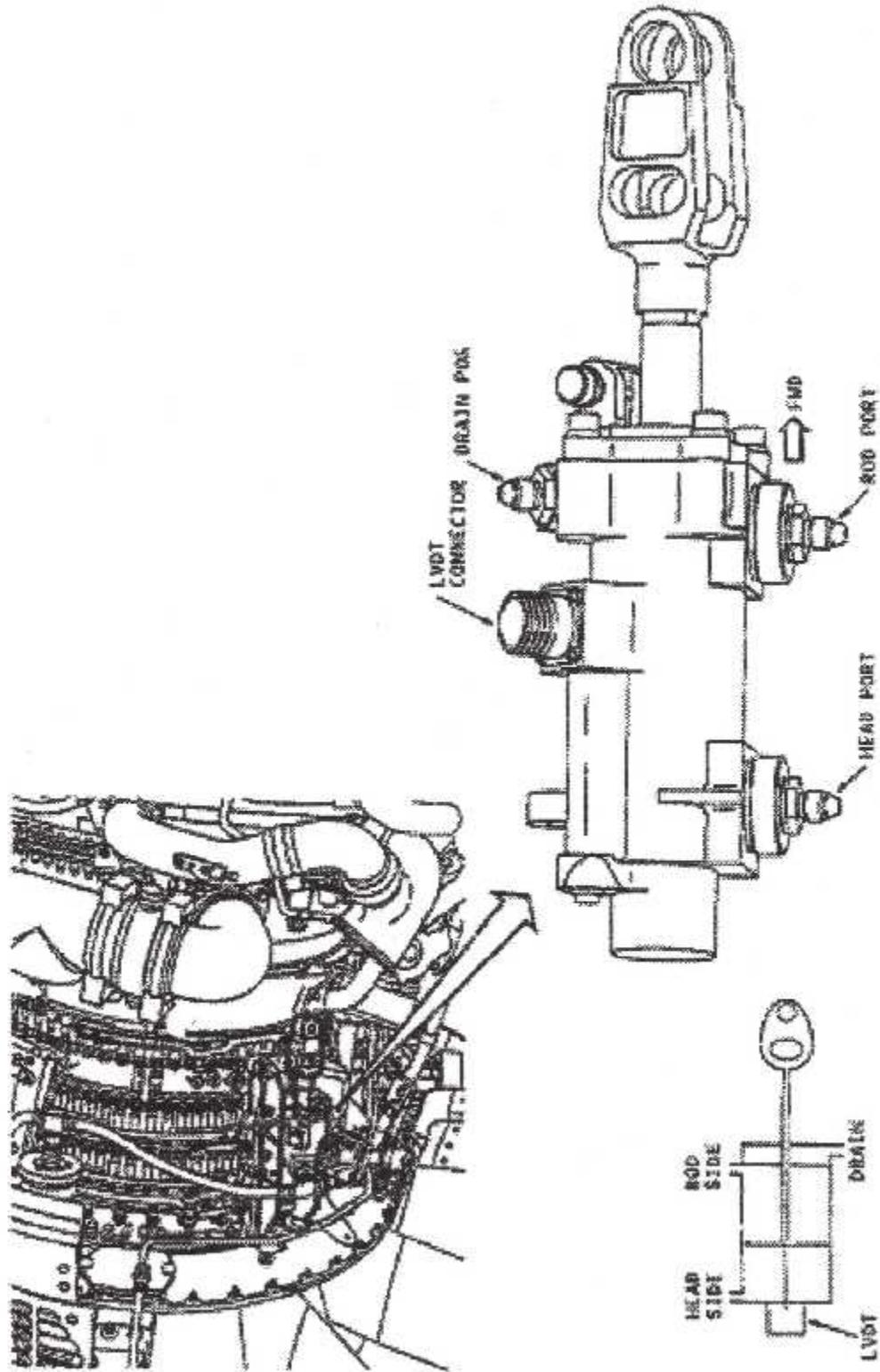


Fig. LE VERIN DE COMMANDE DU SYSTEME (VSV)

Chacun des vérins de commande de VSV possède une porte de drainage qui permet l'évacuation du carburant qui fuit du joint de la tige.

Le LVDT du vérin gauche est connecté au canal A de l'EEC, tandis que le LVDT du vérin droit est connecté au canal B. Leur rôle consiste de transmettre la position des VSV à l'EEC.

### **A.6.FONCTIONNEMENT (fig.14.):**

L'EEC les données en dessous pour calculer la position du stator à calage variable VSV :

- La température d'air totale d'avion TAT.
- La pression d'air total d'avion PT.
- La pression d'air statique d'avion P0.
- La vitesse de rotation de l'attelage basse pression N1.
- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression N2.
- La température d'air à la sortie compresseur T25.

Le système VSV opère automatiquement, l'EEC obtient les données de TAT, PT et P0 de l'ADIRU à travers la DEU, les autres données sont obtenues des sondes du moteur. Ces paramètres sont utilisés pour calculer les commandes de position des VSV, pour cela l'EEC envoie un signal à l'HMU, qui envoie à son tour un signal hydraulique au deux vérins. Chacun de ces deux vérins est connecté à une barre de levier de commande disposé de chaque côté du compresseur HP, les deux vérins et barres de commande opèrent ensemble pour actionner les VSV à travers les quatre anneaux de commande.

### **A.7.Mode des opérations :**

A bas régime, le compresseur s'éloigne de son régime d'adaptation, l'angle de calage des aubes augmente progressivement pour conserver l'angle d'incidence rotor constant pour un régime N2 qui tourne au ralenti, les VSV sont en position FERMES .

Les VSV reviennent graduellement à leur position fermée aux basses altitudes et aux importantes chutes de température d'air (cas de givrage) TAT pour améliorer la stabilité du moteur durant les conditions atmosphériques glaciale.

A régime élevé le compresseur fonctionne à un régime d'adaptation qui lui assure un rendement optimal, les VSV sont en position OUVERTE. Ils s'ouvrent progressivement quand  $N_2$  augmente, et ils sont maxima quand  $N_2$  est supérieure à 95% de sa rotation maximale.

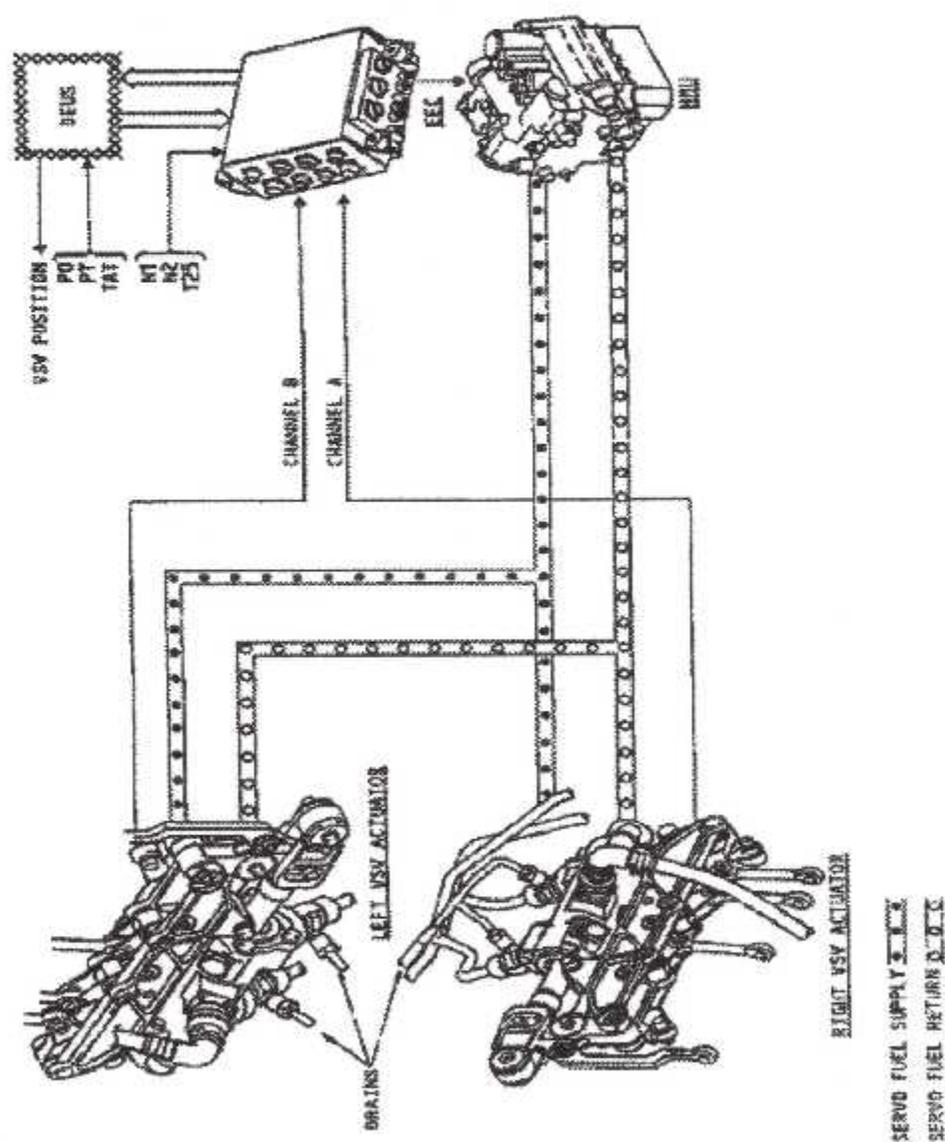


FIG DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DU SYSTEME (VSV).

## **B. LES VANNE DE DECHARGE (VBV) (fig.15.) :**

### **B.1.GENERALITES :**

Le compresseur est dimensionné pour conserver la vitesse axiale ce qui veut dire que la vitesse axiale sortie compresseur est sensiblement égale à celle de l'entrée compresseur, et cela pour ne pas perturber l'écoulement et éviter le pompage de se produire. Afin de réaliser cette condition nécessaire pour le bon fonctionnement du compresseur, les constructeurs ont donné une convergence à la veine de passage de l'air (entre rotor et stator)  $S_2 < S_1$  .au faible régime donc à une vitesse axiale faible ,  $S_2$  est trop faible pour conserver le débit à cause du phénomène de barrage dans les dernières étages .Pour remédier à ce phénomène les constructeurs ont donc adapté des vannes de décharge qui éjectent l'air à l'extérieur lorsqu'elles sont ouvertes ,et permettent ainsi de rétablir une vitesse axiale constante .

Le mécanisme des VBV permet d'effectuer une décharge d'air du compresseur BP vers l'écoulement d'air secondaire, ceci est afin d'éviter le décrochage de l'écoulement dans le compresseur BP durant les faibles régimes.

Durant l'atterrissage de l'avion au moment du fonctionnement des reverses, le système VBV empêche les matières indésirables comme l'eau et la grêle de pénétrer à l'intérieur du compresseur HP.

Le système VBV a les composants suivants :

- Deux vérins de commande des VBV .
- UN anneau de commande.
- Dix vannes de décharge et deux vannes de décharge maîtresse.

### **B.2.EMPLACEMENT DES COMPOSANTS (fig.16.):**

Les vérins de commande droit et gauche des VBV sont montés sur la partie arrière du fan dont leurs positions horaire correspondants sont de 4heur et 10heur.

Les composants qui sont dans le carter fan sont :

- Les douze vannes de décharge.
- L'anneau de commande.
- Les douze bielles.

Pour avoir accès au système VBV, il faut ouvrir les deux capots fan et le capot des reverses.

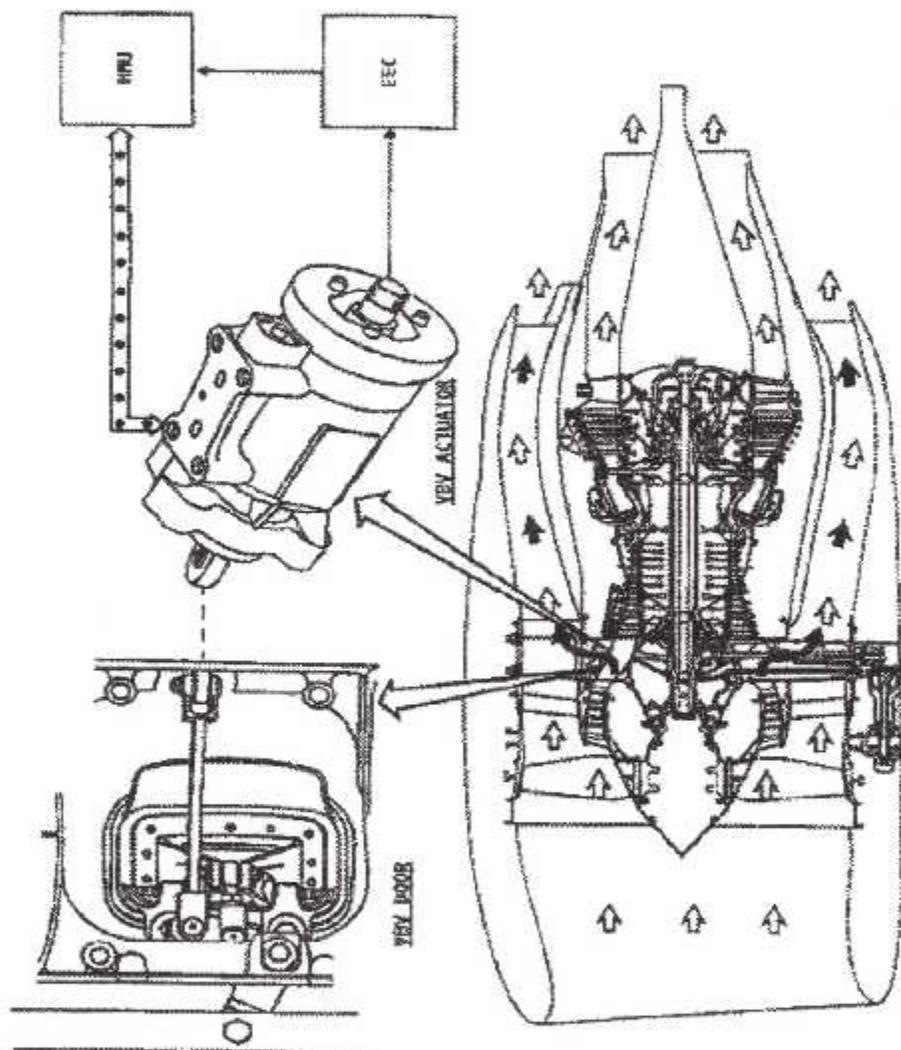


FIG DESCRIPTION DES VANNES DE DECHARGE (VBV)

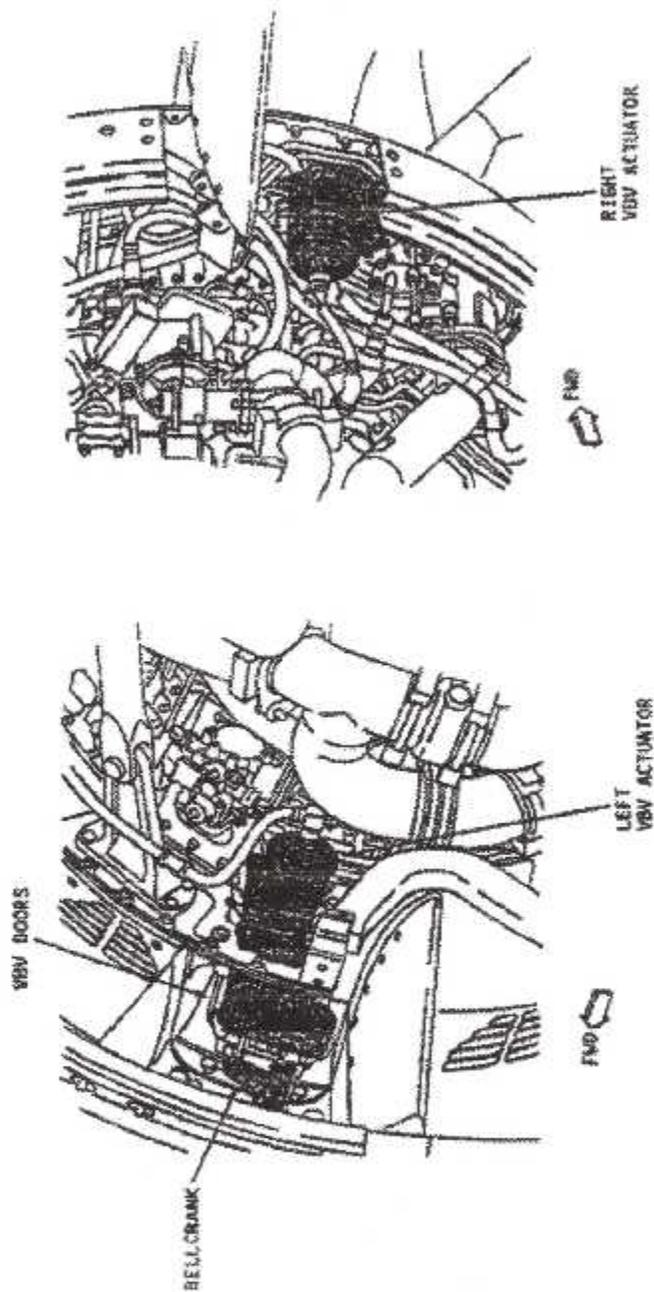


FIG EMLACEMENT DES COMPOSANS DU SYSTEME (VBV).

### **B.3 DESCRIPTION DU VERIN DE COMMANDE DES (VBV)(fig.17.) :**

Le vérin de commande des VBV est à piston, il est munis de deux connections hydraulique (coté tige du piston et coté tête) qui le relie à l' HMU par un bouchet qui empêche les prises d'air, la même chose pour l'autre vérin .A travers ces connections l' HMU envoie un signale hydraulique de commande au deux position des deux vérins pour les actionnés.

Les vérins de commande VBV ont le même fonctionnement que les vérins de commande des VSV ; la pression hydraulique de l' HMU est délivrée aux deux orifices de connections hydrauliques de chacun des deux vérins de commande VBV, ceux des cotés têtes ou ceux des cotés tiges de ces derniers .L'orifice qui reçoit la pression hydraulique du carburant en premier,détermine la direction du piston alors que le débit de la pression détermine la distance à parcourir,le deuxième vérin opère de la même façon.

La pression reçue ue, et ceci en fonction du débit de la pression (quantité du carburant) fournit par l' HMU et calculé par l' EEC, même fonctionnement pour les deuxième vérin.

Il y a un LVDT qui se connecte avec chaque vérin, le LVDT du vérin gauche est relié au canal A de l' EEC, et celui du vérin droit est relié au canal B.

Le vérin de commande des VBV possède une porte de drainage, pour évacuer le carburant qui fuit du joint de l'arbre.

### **B.4.Description des vérins de décharge (fig.18.) :**

Les vannes de décharge contrôlent la quantité d'air du compresseur BP qui se décharge dans l'écoulement d'air secondaire.

Il y a douze vannes de décharge VBV qui sont disposées en arriere du compresseur BP et entoure le carter du fan .Chaque vanne se connecte a l'anneau de commande à travers une bielle, deux de ces vanne sont nommées les vannes maîtresses, parce qu'ils sont à proximité de vérins de commande et se relisent directement a ces derniers par une bielle. Les vannes de décharge opèrent quant les deux vérins provoquent le mouvement des bielles des vannes maîtresses qui entraînent l'anneau de commande ainsi que les douze vannes qui sont connecté à ce dernier.

### **B.3. DESCRIPTION DU VERIN DE COMMANDE DES (VBV)(fig.17.) :**

Le vérin de commande des VBV est à piston, il est muni de deux connexions hydraulique (coté tige du piston et coté tête) qui le relie à l' HMU par un bouchonnet qui empêche les prises d'air, la même chose pour l'autre vérin .A travers ces connexions l' HMU envoie un signal hydraulique de commande au deux position des deux vérins pour les actionnés.

Les vérins de commande VBV ont le même fonctionnement que les vérins de commande des VSV ; la pression hydraulique de l' HMU est délivrée aux deux orifices de connexions hydrauliques de chacun des deux vérins de commande VBV, ceux des cotés têtes ou ceux des cotés tiges de ces derniers .L'orifice qui reçoit la pression hydraulique du carburant en premier,détermine la direction du piston alors que le débit de la pression détermine la distance à parcourir,le deuxième vérin opère de la même façon.

La pression reçue ue, et ceci en fonction du débit de la pression (quantité du carburant) fournit par l' HMU et calculé par l' EEC, même fonctionnement pour les deuxième vérin.

Il y a un LVDT qui se connecte avec chaque vérin, le LVDT du vérin gauche est relié au canal A de l' EEC, et celui du vérin droit est relié au canal B.

Le vérin de commande des VBV possède une porte de drainage, pour évacuer le carburant qui fuit du joint de l'arbre.

### **B.4.Description des vérins de décharge (fig.18.) :**

Les vannes de décharge contrôlent la quantité d'air du compresseur BP qui se décharge dans l'écoulement d'air secondaire.

Il y a douze vannes de décharge VBV qui sont disposées en arrière du compresseur BP et entoure le carter du fan .Chaque vanne se connecte a l'anneau de commande à travers une bielle, deux de ces vanne sont nommées les vannes maîtresses, parce qu'ils sont à proximité de vérins de commande et se relient directement a ces derniers par une bielle. Les vannes de décharge opèrent quant les deux vérins provoquent le mouvement des biellets des vannes maîtresses qui entraînent l'anneau de commande ainsi que les douze vannes qui sont connecté à ce dernier.

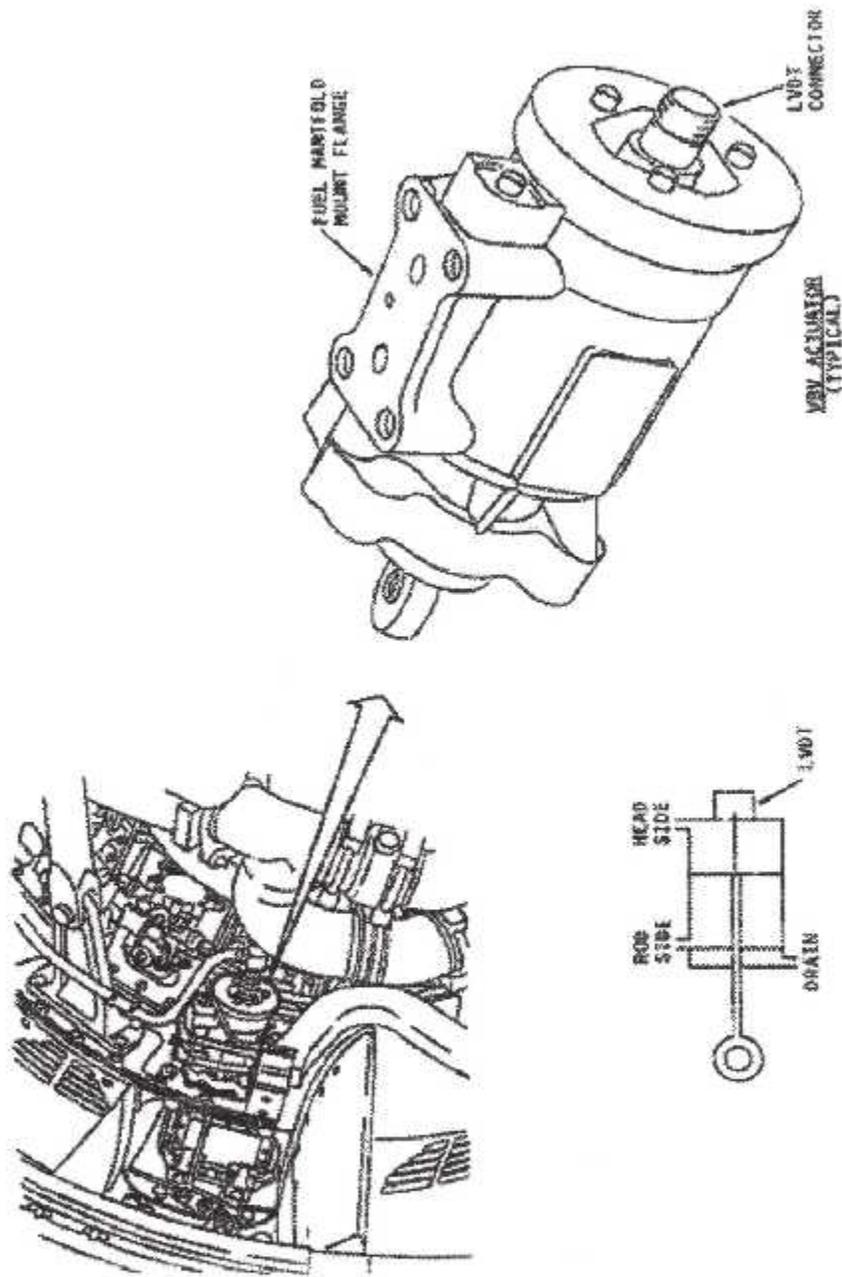


FIG VERIN DU COMMANDE DU SYSTEME (VBV).

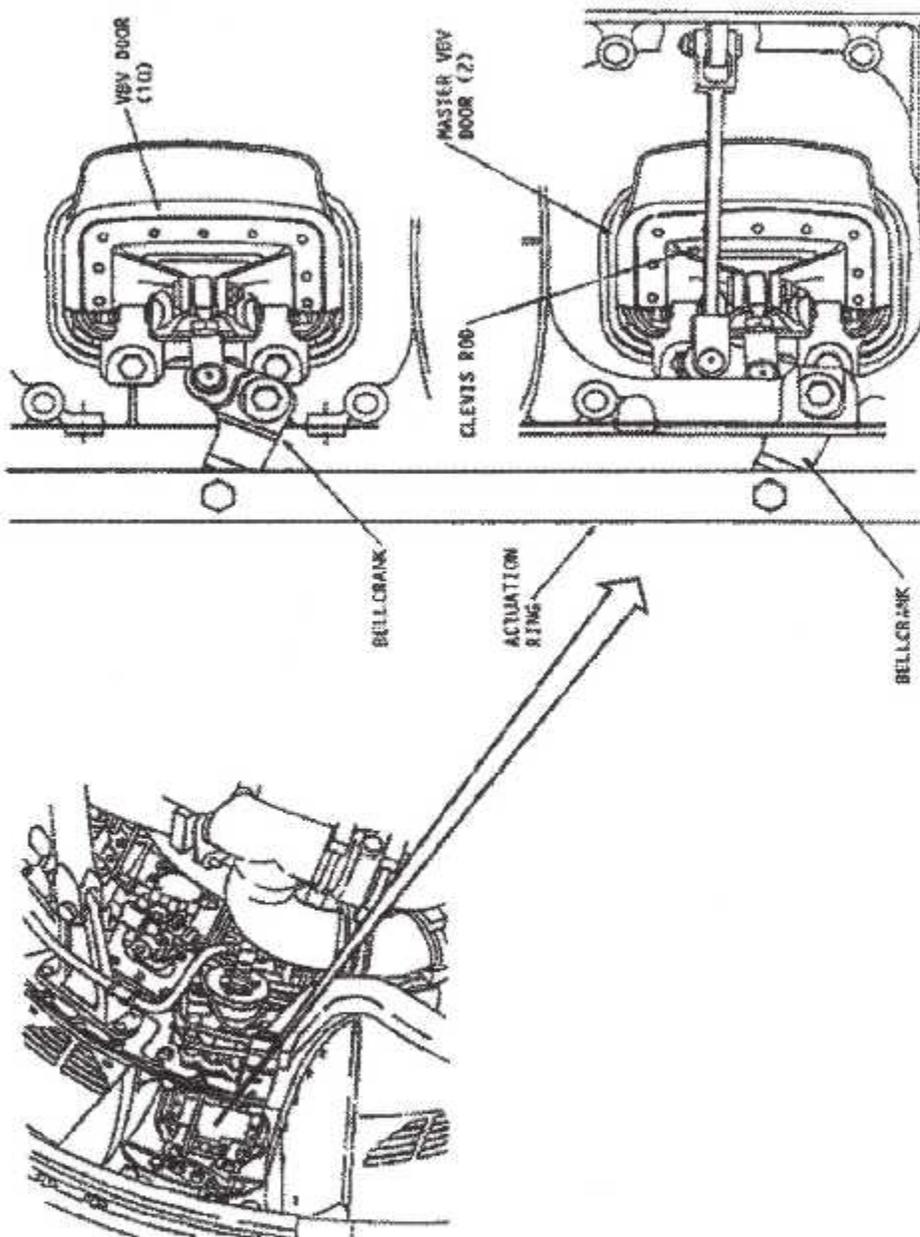


FIG LES VANNES DU SYSTEME (VBV).

### **B.5. FONCTIONNEMENT (fig.19.) :**

Les données que l'EEC utilise pour calculer la position de vannes de décharge sont :

- La pression d'air statique ambiante (P0).
- La pression d'air totale de l'avion (PT).
- La température d'air total de l'avion (TAT).
- La température d'air à la sortie du compresseur haute pression (T25).
- La position des VSV.
- La vitesse de rotation de l'attelage basse pression (N1).
- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression (N2).
- La résolution d'angle des reverse (TRA).

Le système VBV opère automatiquement, l'EEC obtient P0, TAT, et PT de l'ADIRU à travers la DEU, N1, N2, T25, et la position des VSV des sonde du moteur et obtient aussi TRA de la résolution des reverse, ces données sont utilisées par l'EEC pour calculer la position optimal des vannes de décharge VBV. Pour cela la EEC envoie un signal de commande électrique à l'HMU, qui transmet à son tour un signal hydraulique pour actionner les positions de chaque vérin de commande des VBV.

La tige du piston du vérin de commande des VBV est reliée avec une autre tige qui traverse la vanne de décharge maîtresse, cette dernière est connectée avec une bielle, celle de la vanne maîtresse qui est reliée à un anneau de commande.

L'anneau de commande est connecté à douze autres bielles qui assurent la position des VBV. La sortie des pistons des vérins provoque une rotation en arc de cercle de l'anneau dans le sens contraire des aiguille d'une montre et ouvre les VBV. La réaction des pistons déplace l'anneau dans le sens de aiguilles d'une montre provoque la fermeture des VBV, même mécanisme pour l'autre vérin qui opère au même temps avec le premier, et qui est à proximité de la deuxième vanne de décharge maîtresse.

### **B.6. Mode des opérations :**

Les VBV sont en position FERME quand les VSV sont en position OUVERTE, c'est-à-dire quand la vitesse de rotation N2 atteint les 80% de sa vitesse maximale, donc au régime élevé.

Les vérins des VBV actionnent les vannes VBV à une position OUVERTE quand les VSV sont actionnés à la position FERMER, c'est-à-dire quand la vitesse de rotation N2 atteint les 61% de sa vitesse maximale, donc au bas régime.

Les VBV se déplacent vers une position plus fermée quand le VSV se déplace à leurs tours à une position plus ouverte.

L' EEC ordonne aux vannes VBV de s'ouvrir durant les conditions suivantes :

- Une décélération rapide.
- L'inverseur de poussée est en opération.
- Une possibilité de givrage.

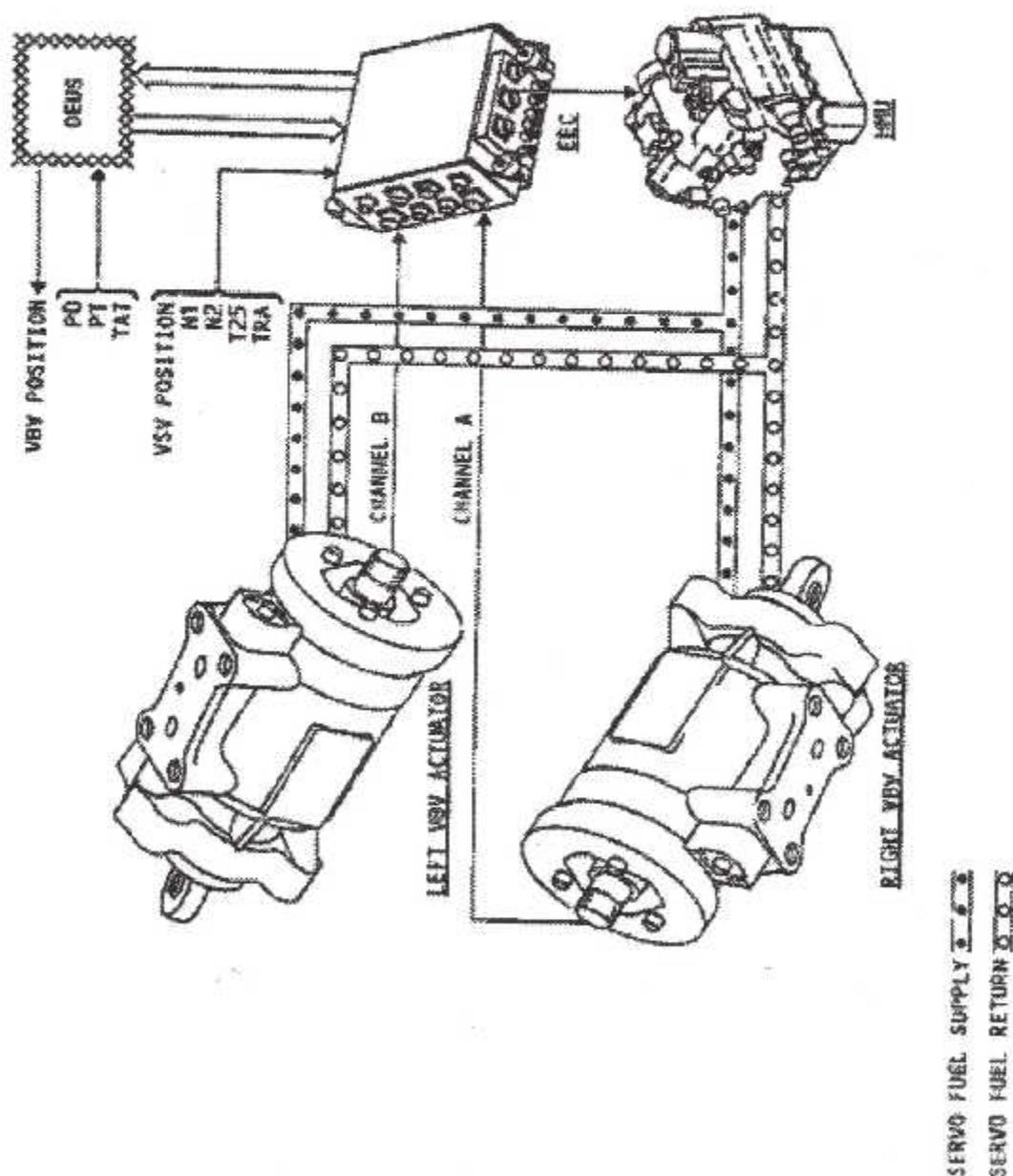


FIG FONCTIONNEMENT DU SYSTEME (VBV)

## **C. LA VANNE DE DECHARGE ET DE TRANSITION (TBV)(fig.20.) :**

### **C.1. Description du système de la vanne TBV :**

Le système e vanne de décharge et de transition TBV contrôle la quantité d'air qui sera soustraite du 9ème étage du compresseur HP pour être envoyée aux aubes stator du 1ère étage turbine .

Pendant le démarrage, la TBV est en position ouverte pour permettre à l'air sous pression du 9ème étage de passer au distributeur du 1ère étage turbine BP, ceci pour éviter le décrochage de l'écoulement dans le compresseur HP et aider l'accélération rapide du rotor N2. Le système TBV a les composants suivants :

- La vanne TBV.
- La tuyauterie TBV.

### **C.2. Emplacement des composants (fig.21.) :**

Les composants du système TBV décrits en sont disposés sur le carter de la turbine HP.

- La vanne TBV à la position de 6heur.
- Le tuyau TBV à la position de 5heur.

Pour avoir accès aux composants du système TBV, il faut ouvrir les deux capots du fan et le capot des reverses.

### **C.3. Description de la vanne TBV (fig.22.):**

La TBV contrôle la quantité d'air du 9ème étage qui est dirigée vers le distributeur du 1ère étage de la turbine BP .Cet air coule de la vanne TBV à travers le tuyau TBV vers le carter de la turbine BP pour passe enfin à travers des trous dans la sortie du 1ère étage e la turbine BP et se mélange avec les gaz d'échappements du moteur.

La vanne TBV a ces composants :

- Un vérin de commande TBV.
- La structure de la vanne du 9ème étage.
- Deux connecteurs de LVDT.
- Un bouclier thermique.
- Un bouclier d montage des tuyaux hydrauliques.

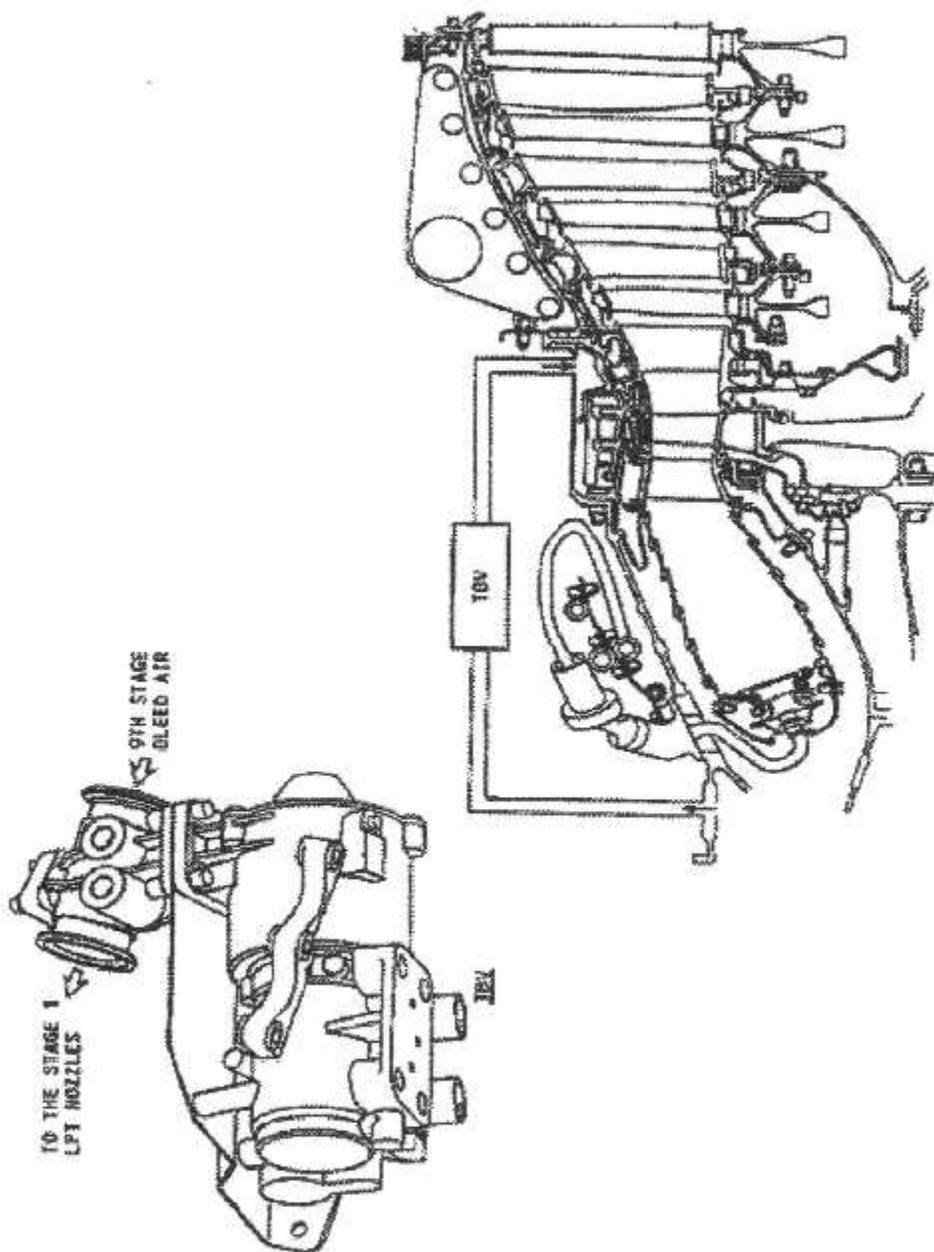


FIG DESCRIPTION DE LA VANNE DE DECHARGE ET DE TRANSITION (TBV).

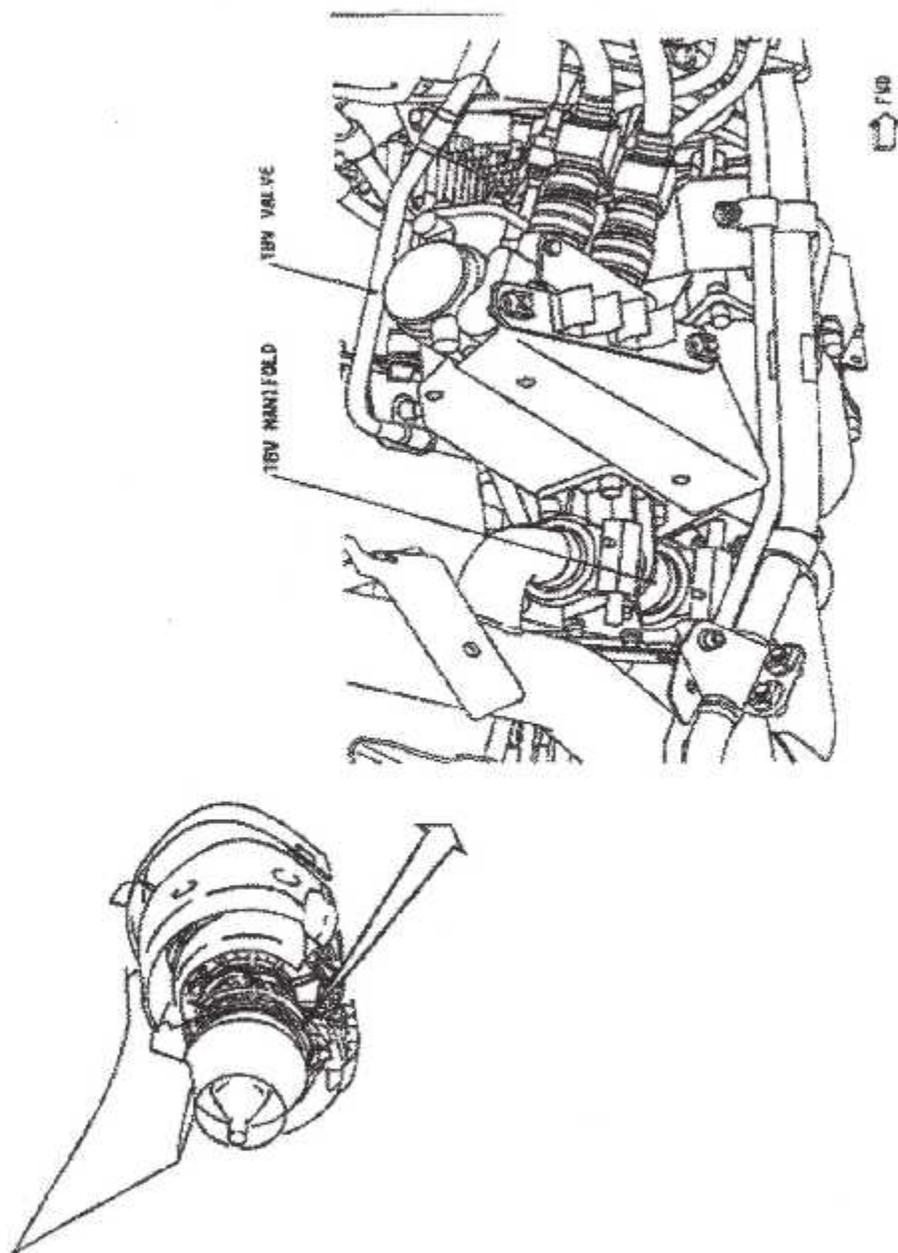


FIG EMPLACEMENT DES COMPOSANTS DU SYSTEME (TBV).

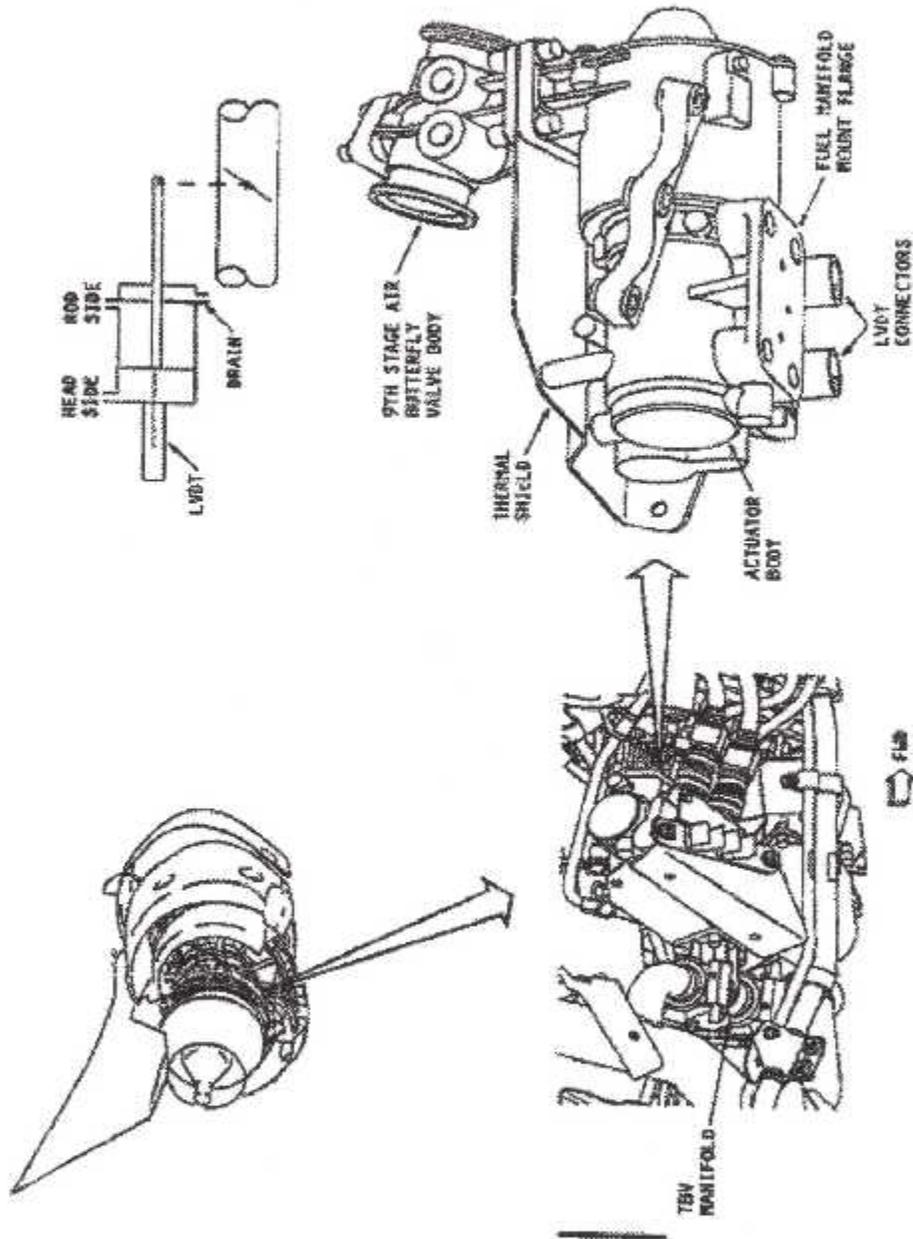


FIG LAVANNE TBV

Le vérin de la vanne TBV est à piston, l' HMU envoie un signal de commande aux deux orifices de connecteurs hydrauliques du piston du vérin de commande de la vanne TBV, soit l'orifice du côté tige ou celui du côté tête. L'orifice qui reçoit la pression hydraulique du carburant en première, détermine la direction du piston, tant que le débit de cette pression détermine la distance à parcourir, mais dans le système TBV la vanne est complètement ouverte ou complètement fermée, donc la distance et même et le débit de pression (quantité du carburant) est toujours constant.

La pression reçue de l'orifice qui est du côté tête du piston actionne la vanne TBV vers l'ouverture. Et vice-versa, la pression reçue de l'orifice qui est du côté tige du piston actionne la vanne vers la fermeture.

La vanne TBV a deux positions ,fermée et ouverte qui sont provoquer par la sortie ou la réaction du piston , ce dernier est liée au papillon de la vanne TBV ,l'entraînant ainsi lors de son déplacement pour une position d'ouverture ou de fermeture.

Le vérin de commande TBV possède un orifice de drainage de carburant pour évacuer le carburant qui fuit du joint de la tige du piston.

La vanne TBV a deux connecteurs de LVDT, l'un transmet le signal de la position de la vanne TBV au canal A de la EEC, tant que l'autre la transmet au canal B de la EEC.

#### **C.4 FONCTIONNEMENT (fig.22.) :**

La EEC utilise ces paramètres pour contrôler la position de la vanne de décharge et de transition TBV :

- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression N2.
- La température d'air à la sortie du compresseur haute pression T25.

Le système TBV opère automatiquement la C obtient N2 et T25 des ondes du moteur et le utilise pour calculer une rectification de la vitesse de rotation de l'attelage haute pression N2 et donne l'ordre de fermeture ou d'ouverture de la vanne TBV pour faire fonctionner le compresseur HP suivant la nouvelle vitesse obtenue.

#### **C.5. Mode des opérations :**

Durant la séquence du démarrage, la TBV est en position ouverte et elle se ferme quand la vitesse de rectification de N2 est au ralenti.

Durant la phase d'accélération, la TBV s'ouvre quand la vitesse de rectification N2 est entre la vitesse au ralenti et celle de l'approximation de 76% de la vitesse maximal de N2.

La TBV se ferme quand la vitesse de rectification de N2 est entre 76% et 80% de sa rotation maximal, et quand la vitesse se N2 est supérieure à 80% ,la TBV est fermé durant le phases d'accélération du moteur .

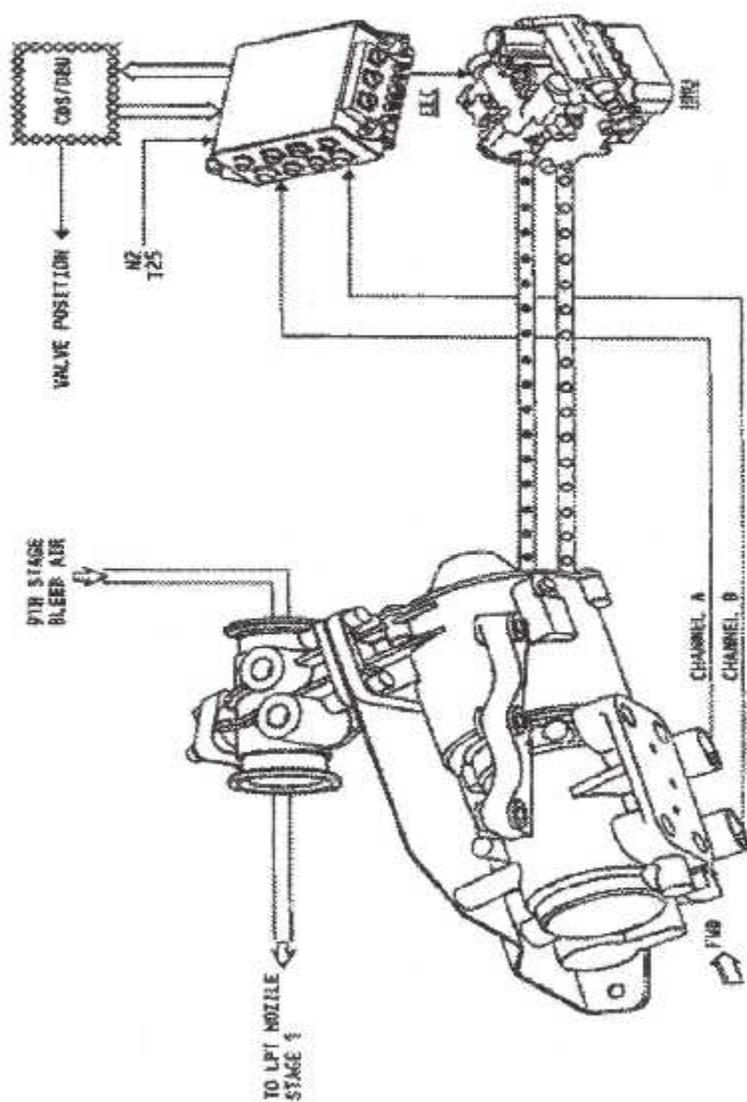


FIG FONCTIONEMENT DU SYSTEME TBV.

## **II.1.4 SYSTEME DE REFROIDISSEMENT DU MOTEUR CFM56-7B :**

Le refroidissement du moteur CFM56-7B fait par air et par carburant.

Le système d'air refroidit :

- les ailettes turbine haute pression.
- les ailettes turbine basse pression.
- carter turbine basse pression.
- carter turbine haute pression.
- la chambre de combustion.
- les bougies d'allumage.
- l'huile de l'alternateur.
- PEEC.
- la pressurisation des puisards.

### **II.1.4.1 refroidissement des ailettes turbine haute pression :**

Afin d'éviter les contraintes thermiques sur les ailettes turbine haute pression, ces dernières sont refroidies par air en provenance du compresseur. De l'air pénétré dans l'ailette circule à l'intérieur et s'échappe par le bord de fuite.

### **II.1.4.2 refroidissement des ailettes turbine basse pression :**

Les ailettes turbine basse pression sont refroidies dans le but d'éviter les contraintes thermiques et augmenter la durée de vie de cette dernière. L'air venant du compresseur pénètre à l'intérieure des ailettes et y circule et puis s'échappe par le bord de fuite.

### **II.1.4.3 Refroidissement du carter turbine haute pression :**

La vanne qui le refroidit est localisée sur le côté droit du compresseur haute pression à 9h, cette vanne est électrohydraulique modulante type papillon elle comprend :

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

Le but du refroidissement du carter turbine haute pression est de réduire le jeu du rotor et du carter afin de :

- Forcer tous les gaz sortants de la chambre de combustion à subir la transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique.
- Augmenter la poussée du moteur.
- Améliorer la consommation carburant.

#### **II.1.4.4 Refroidissement du carter turbine basse pression :**

Il a le même but que celui du carter haute pression, son refroidissement est assuré par :

- Une vanne de refroidissement qui est localisée au côté droit du moteur en position de 4h, c'est une vanne électrohydraulique et modulante de type papillon, elle comprend :
  - Une vanne.
  - Un vérin.
  - Deux transducteurs rotatifs à déplacement variable.
  - Deux prises électriques.
  - Une tuyauterie carburant.
  - Une tuyauterie d'air.
  - Une tuyauterie d'air circulaire.
- Un dispositif de refroidissement.

### **II.1.4.5 Refroidissement de la chambre de combustion :**

Le moteur CFM56-7B est équipé d'une chambre de combustion annulaire qui comprend 20 injecteurs et deux allumeurs, afin que la durée de vie de cette dernière soit le plus long possible on la refroidit par l'air qui provient du 9<sup>ème</sup> étage du compresseur haute pression.

### **II.1.4.6 refroidissement des bougies d'allumage :**

Pour augmenter la durée de vie des bougies d'allumage qui se trouvent dans la chambre de combustion du moteur CFM56-7B et qui sont au nombre de deux, une est située en position de 4h et l'autre en position de 9h, on les refroidit par de l'air ambiant.

### **II.1.4.7 refroidissement de l'huile de l'alternateur :**

#### **➤ L'échangeur huile/carburant :**

Pour éviter la surchauffe et maintenir l'alternateur en fonctionnement il faut que l'huile de graissage soit refroidit, et le dispositif utilisé pour ça est l'échangeur huile/carburant.

#### **➤ L'échangeur air/huile de l'alternateur IDG :**

Le refroidissement de l'huile est réalisé grâce à un échangeur air/huile, il est localisé sur le carter fan en position de 6h. L'air ambiant passant à travers l'échangeur air/huile aide à refroidir l'huile de l'alternateur sachant que le transfert de la chaleur se fait par convection forcée.

### **II.1.4.8 Pressurisation des puisards :**

On trouve dans le moteur CFM56-7B deux puisards avant et arrière : boîtier d'entraînement des accessoires et boîtier de transfert.

Le premier comporte 4 roulements et le deuxième comporte 2 roulements. Les deux puisards sont pressurisés grâce à l'air qui provient du compresseur basse pression, l'air de refroidissement est ensuite évacué à l'extérieure grâce au système de mise à l'air libre.

## **II.2.CIRCUIT D'AIR DU CF6-80-C2 :**

### **II.2.1 Description générale du circuit d'air du réacteur CF6 80-C2 FADEC :**

Le circuit d'air du réacteur CF6-80-C2 FADEC contrôle le débit d'air à travers le compresseur et assure le refroidissement du réacteur et des accessoires. L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) et le régulateur principal carburant (HMU) contrôlent ces systèmes.

Le circuit d'air assure :

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

### **II.2.2 Fonctionnement du circuit d'air du réacteur CF6 80-C2 FADEC :**

#### **II.2.2.1 Contrôle du débit d'air :**

##### **A. Généralités :**

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

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) utilise les signaux (N2, T2.5 et P2.5) des capteurs moteur pour contrôler les électro-hydrauliques servovannes du régulateur principal carburant (HMU).

Les électro-hydrauliques servovannes utilisent de la pression carburant pour actionner les vérins :

- Des stators à calage variable (VSV).
- Des vannes de décharge (VBV).

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) augmente le courant électrique vers les électro-hydrauliques servovannes proportionnel au régime de l'attelage haute pression N2. Les électro-hydrauliques servo vannes dirigent de la pression carburant vers les vérins des VSV et VBV pour les mettre en position commandée par l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).

### **B. Dispositif anti-pompage :**

La protection anti-pompage du réacteur CF6-80-C2 FADEC est assurée par une variation commandée de l'angle de calage :

- Des aubes de prérotation (IGV).
- Des aubes de stator des cinq (05) premiers étages du compresseur haute pression (VSV).
- Des Douze (12) vannes de décharge à section variable (VBV) installées sur la veine de refoulement du compresseur basse pression.

#### **B.1 Description des aubages stator à calage variable :**

L'entrée du compresseur haute pression est équipé de trente quatre (34) aubes de prérotation (IGV).

Les cinq (05) premiers étages du compresseur haute pression comportent des aubes de stator à calage variable. L'ensemble des aubes de prérotation (IGV) et des stators à calage variable constituent le système anti-pompage du compresseur haute pression (VSV).

Les leviers de commande des VSV d'une même rangée d'aubes sont reliés à un anneau de commande. Les six (06) anneaux de commande des VSV sont entraînés par deux (02) barres de commande disposées symétriquement de chaque côté du compresseur haute pression. C'est le régulateur carburant (HMU) qui détermine la position des VSV et conserve constante

la valeur de l'angle d'incidence de l'écoulement aérodynamique par rapport aux ailettes du compresseur quel que soit le régime moteur.

## **B.2 Fonctionnement des aubes stator à calage variable :**

Au régime élevé le compresseur fonctionne à un régime d'adaptation qui lui assure un rendement optimum. Les VSV sont en position ouverte.

A bas régime ce compresseur s'éloigne de son régime d'adaptation, l'angle d'incidence des aubes augmente progressivement pour conserver l'angle d'incidence rotor constant. Pour un régime N2 inférieur au ralenti les VSV sont dits en position fermée.

## **B.3 Description des vannes de décharges :**

Le compresseur basse pression étant destiné à alimenter le compresseur haute pression, fournit un taux de compression faible mais adapté aux régimes élevés. Aux bas régimes le débit d'air qu'il fournit est généralement excessif au besoin c'est à dire son taux de compression est trop élevé ce qui provoque le pompage, la décharge du compresseur basse pression est réalisée par l'ouverture d'une série de douze (12) vannes, ces vannes sont appelées vannes de décharge (VBV).

Les vannes de décharge sont disposées à l'arrière du compresseur basse pression, elles sont interconnectées par un anneau de commande et actionnées par deux (02) vérins hydrauliques. C'est le régulateur carburant (HMU) qui détermine la position des vannes de décharge (VBV).

## **B.4 Fonctionnement des vannes de décharge :**

Les vannes de décharge permettent de réguler le débit d'air primaire dans le moteur pour diminuer les risques de pompage du compresseur lorsque celui-ci travaille en dehors des conditions optimales de fonctionnement c'est à dire à bas régime :

- En accélération rapide
- En décélération rapide

Dans ces conditions, le régulateur carburant (HMU) commande l'ouverture progressive des vannes de décharge (VBV), Les vérins de commande des vannes de décharge (VBV) sont montés sur la partie arrière du carter fan, chaque tige du piston du vérin est liée avec une bielle qui entraîne un anneau. L'anneau est connecté à douze (12) autres bielles qui assurent la position des vannes de décharge (VBV). La sortie des pistons provoque une rotation en arc de cercle de l'anneau dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et ouvre les vannes de décharge (VBV). La rétraction des pistons déplace l'anneau dans le sens des aiguilles d'une montre et provoque la fermeture des vannes de décharge (VBV).

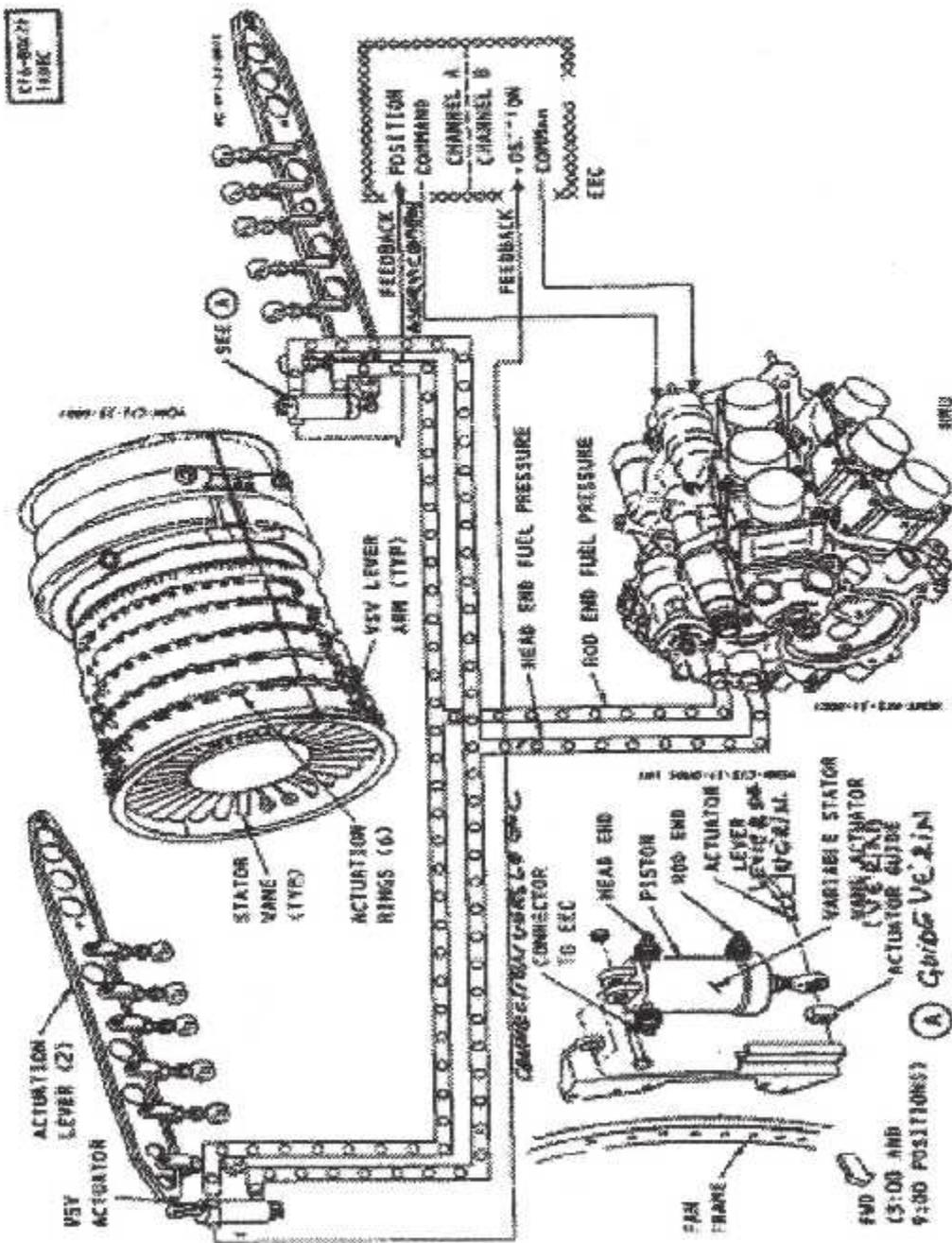


FIG STATOR A CALAGE VARIABLE.



### **II.2.1.2 Régulation du débit d'air de refroidissement :**

#### **A. Généralités :**

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

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

Le flux primaire sert à la combustion. De ce débit on extrait un débit d'air servant pour le refroidissement des cavités moteur et le refroidissement et la pressurisation des puisards, ce débit est appelé débit d'air parasite. Le débit d'air parasite du CF6-80-C2 FADEC sert pour le refroidissement interne du moteur. Le contrôle du débit d'air parasite est assuré par :

- Trois vannes de refroidissement (BORE COOLING VALVE).
- Deux vannes de refroidissement du 11ème étage.
- Une vanne solénoïde de refroidissement du 11ème étage.

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

#### **B. Description et fonctionnement des vannes de refroidissement (bore cooling valve) :**

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

- Une prise électrique est connectée au canal A de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).
- L'autre prise électrique est connectée au canal B de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).

Les BCV sont au nombre de trois disposées autour du carter du fan. Elles sont montées en positions 2h, 5h.30, et 11h. Elles sont commandées par l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) à travers un solénoïde.

Les composants du logiciel des vannes de refroidissement se trouvent à l'intérieur de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC), il comprend :

- Un circuit d'engagement et de désengagement
- Un calculateur de température.
- Un décodeur de position des vannes de refroidissement (BORE COOLING VALVES).
- Trois switch d'engagement et de désengagement.
- Deux relais de permutation des canaux actif et stand by.

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

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

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

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

### **C. Description et fonctionnement des vannes de refroidissement du 11ème étage :**

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

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

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

- Position ouverte.
- Position fermée.

Elles sont actionnées pneumatiquement. Chaque vanne comprend :

- Deux prises électriques ; Une prise électrique est connectée au canal A de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC), l'autre prise est connectée au canal B de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).

- Un switch de position. Il indique la position de la vanne (ouverte/fermée) à l'unité électronique de contrôle moteur (EEC).

Le logiciel de la vanne de refroidissement du 11ème étage comprend :

- Un sélecteur de position qui reçoit les informations suivantes :
  - La température totale de l'air (TAT).
  - La pression ambiante (P0).
  - La vitesse de rotation de l'attelage basse pression N1 réel.

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

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

- La vitesse de rotation de l'attelage basse pression N1 > 86%.
- La pression ambiante P0 < 7.95 PSI (approximativement 17000 pieds d'altitude).
- La température des gaz d'échappement EGT < 699 °C.

### **II.2.2.3 Refroidissement du moteur et des accessoires :**

#### **A. Description et fonctionnement de la vanne de Refroidissement du moteur et des accessoires**

Le système de refroidissement du moteur et des accessoires utilise de l'air frais en provenance du fan. Le débit d'air de refroidissement du moteur et des accessoires est régulé par une vanne de refroidissement, Core Compartment Cooling Valve (CCCV).

La vanne de refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV) est une vanne de type papillon. Elle est montée sur le carter du 4ème étage compresseur haute pression en position 10h. Elle est équipée d'un indicateur de position (ouverte/fermée) et d'un système de blocage manuel en positions (ouverte/fermée). Sur le corps de la vanne de refroidissement on y trouve des flèches, ces flèches indiquent le sens du débit d'air et facilitent l'installation correcte de la vanne.

L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) contrôle la position de la vanne à travers le solénoïde de la vanne de refroidissement du 11ème étage.

La vanne de refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV) est ouverte au sol et à basses altitudes pour permettre un maximum de refroidissement. Elle est fermée à hautes altitudes et en croisière. A hautes altitudes et en vol de croisière l'air ambiant frais passe à travers des ouvertures dans les capotages permettant le refroidissement par convection du moteur et des accessoires. Ce système de refroidissement par convection augmente :

- La durée de vie du moteur et des accessoires.
- La durée de vie de la nacelle.
- La consommation spécifique.

La vanne est conçue de façon en cas de panne, elle tombe en position ouverte (FAIL-SAFE OPEN). Quand la vanne de refroidissement est ouverte, l'air de refroidissement en provenance du fan est envoyé vers le carter du compresseur haute pression, l'alternateur, les pompes hydrauliques, la pompe carburant et autres accessoires.

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

de refroidissement du 11ème étage est excité par l'unité électronique de contrôle moteur (EEC), Il laisse passer l'air du 11ème étage du compresseur haute pression qui va au diaphragme du vérin de la vanne de refroidissement pour la fermer.

### **B. Conditions de fermeture et d'ouverture de la vanne de Refroidissement du moteur et des accessoires (CCCV) :**

La vanne se ferme dans les conditions suivantes :

- La vitesse de rotation de l'attelage basse pression N1 (86%).
- La pression ambiante < 7.95 PSI (approximativement 17000 pieds) configuration croisière.
- La température des gaz d'échappement (EGT) < 699°C.
- Le taux d'accélération < 70 RPM /seconde.
- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression N2 commandé ne doit pas dépasser 5% la valeur de N2 réel.

La vanne s'ouvre lorsqu'une des conditions suivantes existe :

- La vitesse de rotation de l'attelage basse pression N1 chute à 85%.
- La pression ambiante augmente à 8.2 PSI.
- La température des gaz d'échappement (EGT) augmente à 704.4°C.
- le taux d'accélération  $70 < (N2) < 150$  RPM /seconde pour une période supérieure à 1.2 seconde.
- La vitesse de rotation de l'attelage haute pression N2 commandé dépasse de 5% la valeur du N2 réel.

#### **II.2.2.4 Refroidissement de la chambre de combustion :**

La chambre de combustion est du type annulaire, elle comporte :

- Trente injecteurs carburants.
- Deux allumeurs à haute tension.
- Des aubes de turbulence dont le but est de favoriser le mélange air/carburant afin d'avoir une combustion idéale.

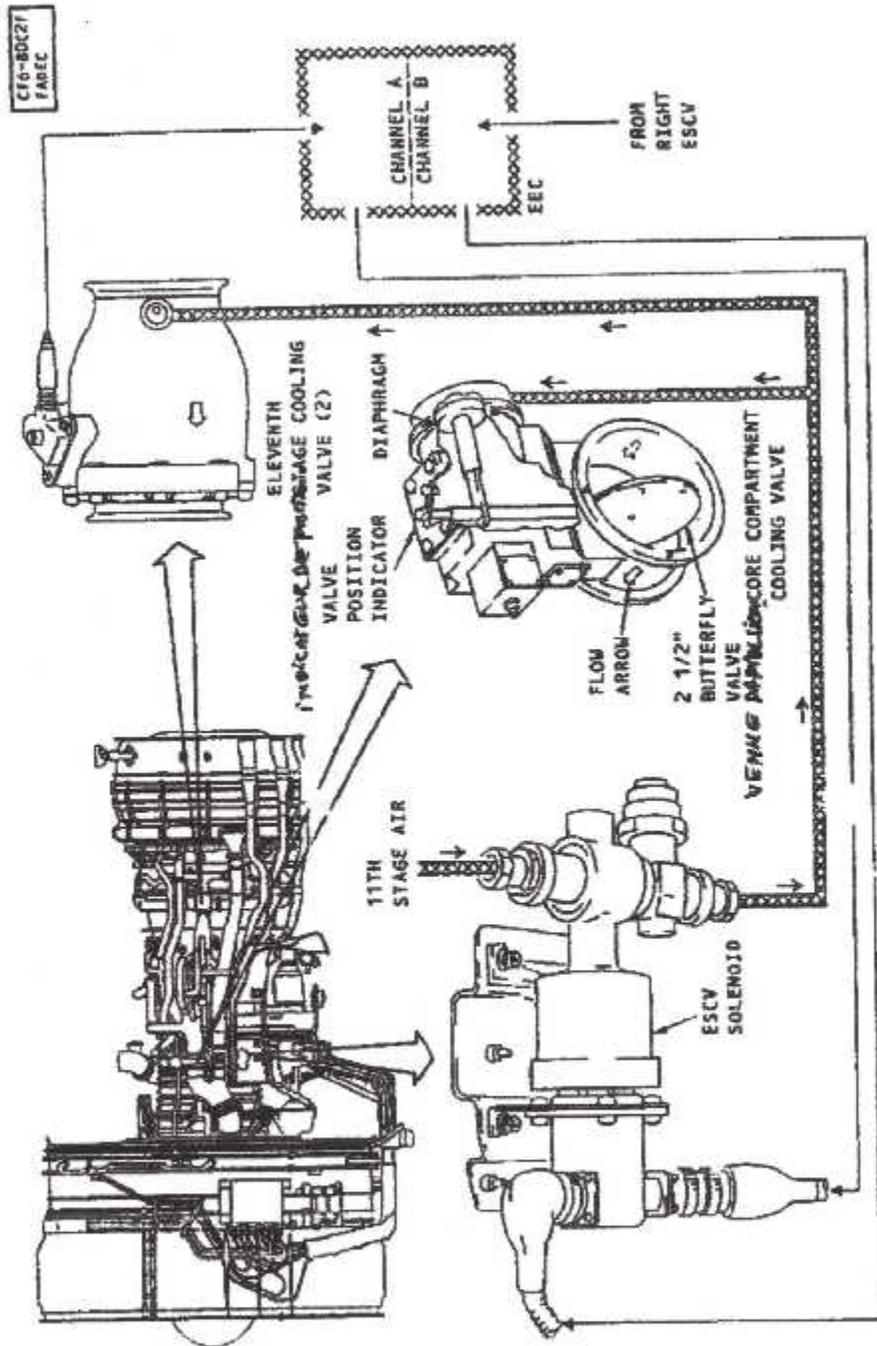


FIGURE SYSTEME DES VANNES DE REFRIGERISSEMENT ESCV ET CCCV

- D'orifices de refroidissement de différentes tailles permettant ainsi à l'air de refroidissement de refroidir la chambre de combustion.

- Cinq points de boroscope en positions 1h30, 5h30, 7h00, 9h30, 10h30.

La chambre de combustion est refroidie par de l'air de décharge du quatorzième étage compresseur haute pression. Environ 80% d'air en provenance du dernier étage compresseur haute pression sert au refroidissement de la chambre de combustion, tandis que 20% d'air en provenance du dernier étage compresseur haute pression sert à la combustion. La chambre de combustion est refroidie par air par un système de refroidissement par film.

### **II.2.2.5 refroidissement des ailettes turbine haute pression :**

#### **A .Refroidissement des ailettes statoriques de la turbine haute pression :**

❖ Le refroidissement de des ailettes turbine haute pression se fait comme suite :

- La méthode d'alimentation des aubes en air de refroidissement est une méthode d'alimentation à haute pression.

- Le distributeur de turbine haute pression 1er étage est refroidi par de l'air du 14ème étage compresseur haute pression.

- Le distributeur de turbine haute pression 2ème étage est refroidi par de l'air prélevé du 11ème étage compresseur haute pression.

- Le refroidissement des ailettes statoriques du 2ème étage turbine haute pression est assuré par deux vannes de refroidissement du 11ème étage via la vanne solénoïde de refroidissement du 11ème étage.

- L'unité électronique de contrôle moteur (EEC) commande les deux vannes de refroidissement du 11ème étage via la vanne solénoïde de refroidissement du 11ème étage. Les deux vannes de refroidissement du 11ème étage sont ouvertes aux régimes élevés et à basses altitudes pour refroidir les aubes statoriques du 2ème étage turbine haute pression dans le but d'augmenter la durée de vie du moteur.

- Les deux vannes de refroidissement du 11ème étage sont fermées aux bas régimes et aux hautes altitudes dans le but d'augmenter la consommation spécifique.

❖ Les ailettes statoriques du 2ème étage turbine haute pression sont refroidies quand une des conditions citées ci-dessous existe :

-La vitesse de rotation de l'attelage basse pression N1 chute à 85%.

-La pression ambiante P0 augmente à 8.2 PSI.

-La température des gaz d'échappement EGT augmente à 704.4°C.

-le taux d'accélération  $70 < (N2 < 150 \text{ RPM /seconde}$  pour une période supérieure à 1.2seconde.

-La vitesse de rotation de l'attelage haute pression N2 commandé dépasse de 5% la valeur du N2 réel.

-Les ailettes rotoriques des 1er et 2ème étage turbine haute pression sont refroidies par une circulation d'air forcée en provenance du 14ème étage compresseur haute pression.

-Le flux circule autour de la couronne de support des aubes statoriques du 1er étage de l'avant vers l'arrière via des trous et des canaux dans les brides.

## **B. Refroidissement des ailettes rotoriques de la turbine haute pression:**

### **1<sup>er</sup> étage :**

Il y a 80 aubes rotoriques turbine haute pression placées sur le disque. Les aubes subissent un refroidissement par convection interne, les bords d'attaque sont refroidis par pulvérisation interne et par film à l'extérieur. Chaque aube a trois circuits de refroidissement internes, dont le flux est généré à base puis se subdivise en trois.

Le flux du circuit N°1 s'élève verticalement vers la cavité N°2 puis passe à l'avant dans la cavité N°1 à travers des trous moulés et assure le refroidissement du bord d'attaque par pulvérisation et se mélange avec le flux primaire

Le flux du circuit N°2 s'écoule à travers les passages en serpentin et sort par les trous des parois latérales.

Le flux du circuit N°3 refroidit le bord de fuite, l'air s'écoule autour des petits bossés et sort par des trous sur le bord de fuite.

Les soixante quatorze aubes rotoriques du 2ème étage turbine haute pression sont refroidies par air. Elles sont aussi placées séparément sur leur disque, elles contiennent des passages qui forment un labyrinthe. L'air de refroidissement circule dans ce labyrinthe et sort par des trous sur le couvercle d'extrémité et sur le bord de fuite. Les aubes statoriques du 2ème étage turbine haute pression sont refroidies par convection interne. Fig.(19): Refroidissement ailettes 2ème étage Rotor Turbine haute pression, 6- Refroidissement des ailettes turbine basse pression : L'air en provenance du 7ème étage compresseur haute pression sert au refroidissement : Des aubes statoriques du 1er étage turbine basse pression. Des aubes rotoriques du 1er étage turbine basse pression. Du carter avant de turbine basse pression. Les fuites haute pression recueillies au joint labyrinthe arrière du compresseur haute pression sont utilisées pour le refroidissement : Des aubes statoriques du 1er étage turbine basse pression. Du carter avant de turbine basse pression.

### **II.2.2.6 Dispositif actif de contrôle des jeux de turbine haute pression et basse pression :**

#### **A. Description :**

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

Le refroidissement des carters turbines est assuré par une distribution annulaire ordonnée de tubulures percées uniformément ; appelée rampe de distribution. Celle-ci décharge l'air du fan sur la surface des carters turbines haute pression et basse pression par des injections d'air frais. Le flux de refroidissement réduit le jeu radial entre rotor et stator et augmente l'efficacité de la turbine.

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

- La vanne de refroidissement du carter turbine haute pression. Elle est localisée sur le côté droit du moteur en position 1h.

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

Les vannes de refroidissement des carters turbines haute pression et basse pression sont du type papillon, actionnées par vérin hydraulique. La modulation de vanne de refroidissement est commandée par du carburant sous pression en provenance du régulateur principal carburant (HMU) à travers l'électrohydraulique servo-vanne (EHSV).

### **B. La vanne de refroidissement du carter turbine comprend :**

Deux transducteurs linéaires de déplacement variable (Linear Variable Displacement Transformer – LVDT) qui envoient un signal de position de la vanne vers l'unité électronique de contrôle moteur (EEC). Chaque LVDT est équipé d'une prise électrique. Le refroidissement des carter turbine haute pression et basse pression sont contrôlés par le canal actif de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC), l'électrohydraulique servo-vanne (EHSV) du régulateur principal carburant (HMU) et la vanne de refroidissement du carter turbine haute pression.

- ✓ Les logiciels des composants du contrôle actif des jeux de turbines dans l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) sont :
  - Les calculateurs dimensionnels.
  - Les calculateurs de commande.
  - Les calculateurs de demande.
  - Les vannes de commande.
  - Les calculateurs dimensionnels envoient un signal de la valeur de l'erreur à chaque fois qu'ils déterminent que le jeu entre le carter turbine et les ailettes est incorrect.
- ✓ Pour faire ses calculs le calculateur dimensionnel utilise plusieurs paramètres :
  - Les températures (TAT, T2.5, T3, T4.9).
  - Les pressions (pression ambiante et la pression totale).
  - Les vitesses (N1 réel et N2 réel).

Les calculateurs de commande reçoivent les signaux de la valeur de l'erreur et les convertissent en signaux de commande de la position de la vanne de refroidissement.

- ✓ Le signal de commande de la position de la vanne de refroidissement est donné en pourcentage :
  - 0% la vanne de refroidissement est complètement fermée.
  - 100% la vanne de refroidissement est complètement ouverte
  
- ✓ Les logiciels des composants du contrôle actif des jeux de turbines dans l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) sont :
  - Les calculateurs dimensionnels.
  - Les calculateurs de commande.
  - Les calculateurs de demande.
  - Les vannes de commande.

Les calculateurs dimensionnels envoient un signal de la valeur de l'erreur à chaque fois qu'ils déterminent que le jeu entre le carter turbine et les ailettes est incorrect.

- ✓ Pour faire ses calculs le calculateur dimensionnel utilise plusieurs paramètres :
  - Les températures (TAT, T2.5, T3, T4.9).
  - Les pressions (pression ambiante et la pression totale).
  - Les vitesses (N1 réel et N2 réel).

Les calculateurs de commande reçoivent les signaux de la valeur de l'erreur et les convertissent en signaux de commande de la position de la vanne de refroidissement.

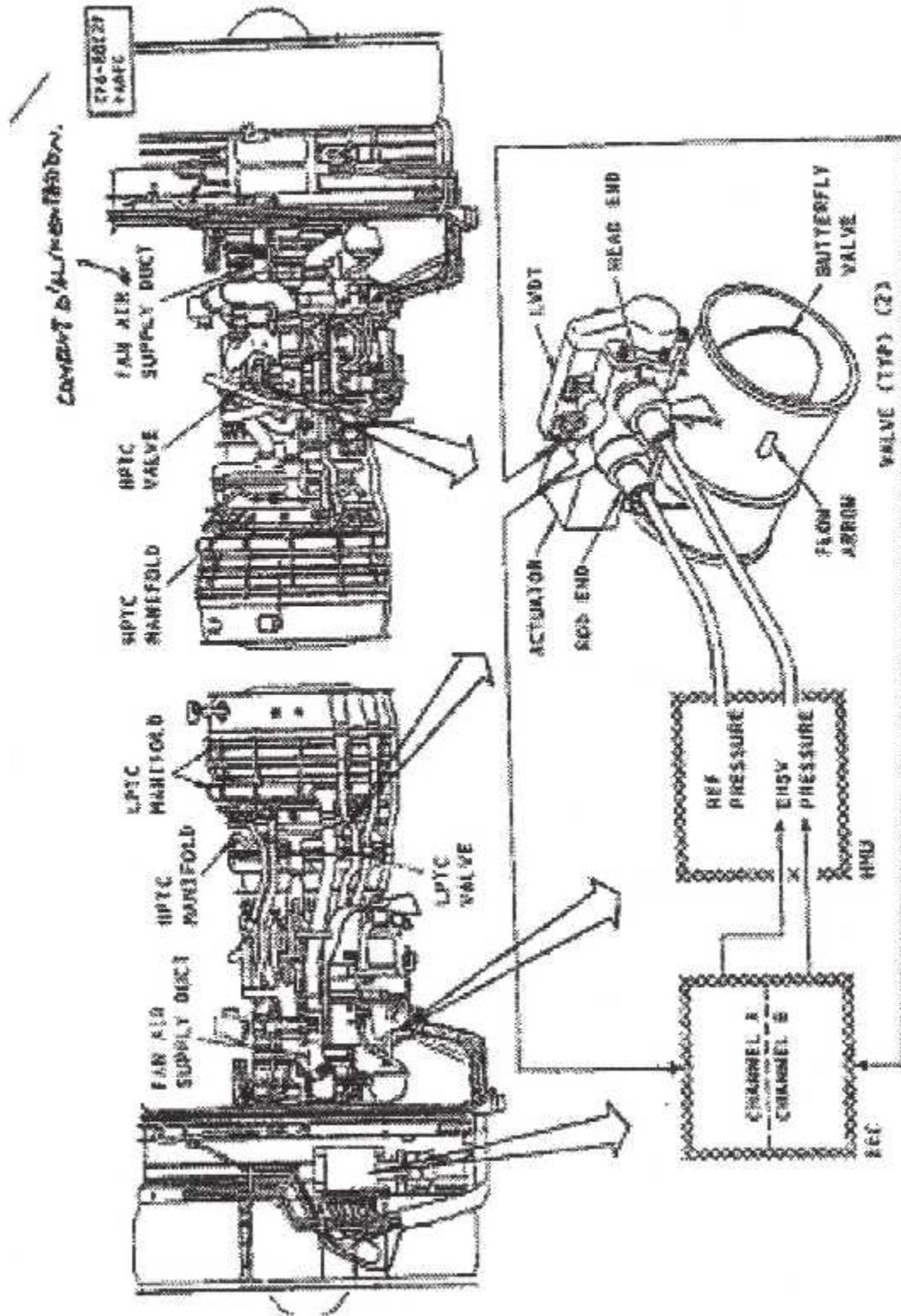


FIGURE CIRCUIT DE CONTROLE DU JEU TURBINES HAUTE ET BASSE PRESSION

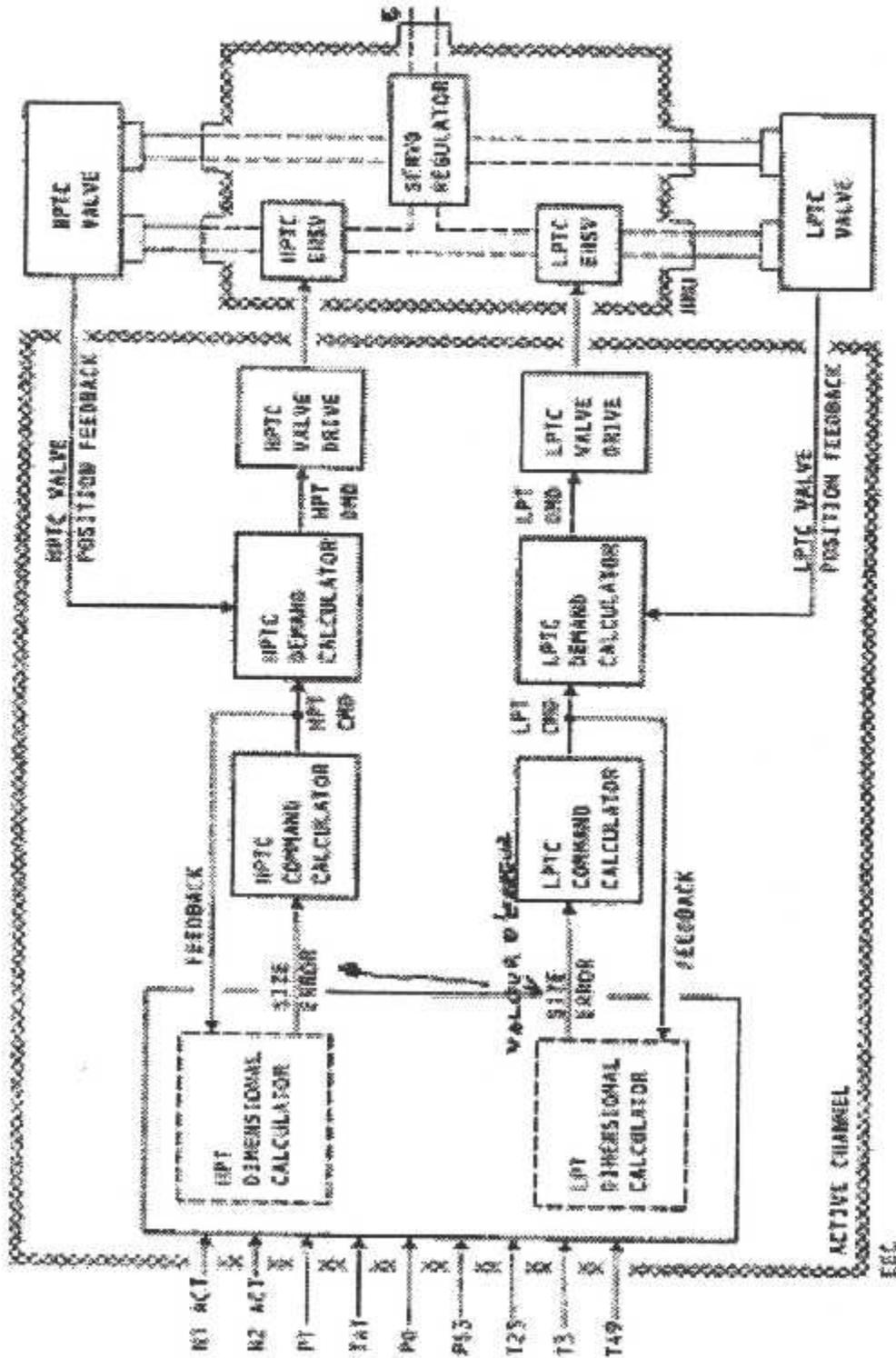


FIGURE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DE CONTROLE DU JEU TURBINES HAUTE ET BASSE

### **II.2.2.7 Refroidissement des bougies :**

Les deux boîtes d'allumage sont fixées sur le côté droit du carter du fan en position 3h. Elles sont identiques et utilisent du courant 115VAC/400 Hz. Elles débitent une décharge par seconde sous une tension d'amorçage de 14 à 18000 Volts et libèrent une énergie d'environ 1.5 Joules.

La boîte supérieure du circuit 1 alimente l'allumeur monté en position 5h et La boîte inférieure du circuit 2 alimente l'allumeur monté en position 3h30.

Les câblages sous haute tension relient les boîtes aux allumeurs. Ils cheminent le long du carter du fan et du carter compresseur haute pression. Durant leur parcours en zone chaude, au voisinage du carter compresseur haute pression les câbles sont ventilés par un prélèvement d'air en provenance du fan à l'aide d'une tuyauterie située en amont de la vanne de turbine basse pression du contrôle actif des jeux.

### **II.2.2.8 Refroidissement de l'huile de l'alternateur (IDG):**

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

-L'alternateur qui doit tourner à vitesse constante pour alimenter le réseau de distribution à une fréquence fixe.

-L'entraînement de l'alternateur qui permet de maintenir cette vitesse constante pour tous les niveaux normaux de régime moteur, grâce à un régulateur hydromécanique, L'alternateur pèse environ 60Kg.

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

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

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

### **❖ Description et fonctionnement des échangeurs :**

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

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

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

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

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

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

La vanne se referme lorsque la température a été ramenée en dessous de 104°C.

### **II.2.2.9 Ventilation de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) :**

Le container de l'unité électronique de contrôle moteur (EEC) est installé sur le carter du fan en position 8h30. Un circuit de ventilation assure son refroidissement ; Il est refroidi par convection naturelle.

### **II.2.2.10 Ventilation nacelle :**

La nacelle réacteur comprend trois compartiments principaux : Entrée d'air, Compartiment fan et accessoires Et Compartiment réacteur.

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

### ○ Compartiment Fan et accessoires :

Une prise d'air dynamique située à la partie inférieure des capots du fan assure l'alimentation de ce circuit.

## II.2.2.11 Refroidissement et pressurisation des puisards :

### A. Pressurisation puisards et principe des dispositifs d'étanchéité :

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

La pression de la zone pressurisée est fonction du régime réacteur. Elle est supérieure à celle du puisard.

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

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

## **B. Différents puisards :**

### **Puisard A :**

Il comprend :

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

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

### **Puisard B / C :**

Il comprend :

- La zone des roulements N° 4R, 4B, 5R.

Le puisard B/C est pressurisé par de l'air en provenance du 14ème étage compresseur haute pression.

### **Puisard D :**

Il comprend :

- La zone du roulement N°6.

Son joint avant air/huile est entouré par l'échappement de l'air de pressurisation en provenance du compresseur basse pression.

# CHAPITRE III

Comparaison entre

les

deux circuits

### III.1. COMPARAISON DES CIRCUITS D'AIR DES DEUX MOTEURS CFM56-7B ET CF6-80-C2 FADEC :

CF6-80-C2 FADEC	CFM56-7B
<p>-La EEC est localisé sur le carter fan à la position 8 heures.            -L'EEC est refroidi par convection grâce à l'air du fan.</p> <p>-12 vanes de décharge (VBV) pour l'anti-pompage.            -5 étages statoriques à calage variable (VSV) pour l'anti-pompage.            -1 étage des aubes de pré-rotation(TVB).            -pas des vanes de décharge.</p> <p>- Les (VBV) est commandés par deux vérins hydrauliques.            - Les (VSV) est commandés par deux barres de commande.            -(VBV) et (VSV) commandées par l'EEC via une électro-hydrolique servo vanne situé dans le régulateur principale (HMU).            -pas de (TBV).</p> <p><b><u>Vérins (VBV) :</u></b>            Deux vérins qui commandent 12 vanes de décharge.</p>	<p>-Le EEC est localisé sur le carter fan à la position 2 heures.            -L'EEC est refroidi par l'air ambiant grâce à la prise dynamique qui se trouve sur l'entrée d'air.            .Commentaire :            l'EEC de CFM56-7B est mieux refroidit que celui du CF6-80-C2 FADEC.</p> <p>-12 vanes de décharge (VBV) pour l'anti-pompage.            -3 étages statoriques à calage variable (VSV) pour l'anti-pompage.            -1 étage des aubes de pré-rotation (IGV).            -une vanne de décharge transitoire pour l'anti-pompage (TBV).            - Les (VBV) est commandés par deux vérins (gauche –droite).            -Les (VSV) est commandés par deux vérins (gauche –droit).            - (VBV) et (VSV) commandées par l'EEC via une électro-hydrolique servo vanne situé dans le régulateur principale (HMU).            -(TBV) commandés par l'EEC à travers electro-hydrolique servo vanne située dans l'HMU.</p> <p><b><u>Vérins (VBV) :</u></b>            Deux vérins situés en position 4heurs et 10heurs.            Commandent 12 vanes de décharge.</p>

**Vérins (VSV) :**

Deux vérins qui commande 5 (VSV).

La commande des vérins (VSV) et (VBV) se fait à partir de l'EEC via les électro-hydrauliques servo vanne du HMU.

- La vanne HPTACC contrôle la quantité d'air prélevé du fan.
- La vanne LPTACC contrôle la quantité d'air prélevé du fan.

- L'EEC reçoit les informations suivantes pour le contrôle du circuit d'air :

**1. VBV :**

- N1.
- N2.
- TAT.
- P0.
- T25.
- Position des (VSV).

**2. VSV :**

- N1.
- N2.
- TAT.
- T25.

**Vérins (VSV) :**

Deux vérins commandent 4 (VSV).

La commande des vérins (VSV) et (VBV) se fait à partir de l'EEC via les électro-hydrauliques servo vanne du HMU.

-L'HPTACC contrôle la quantité d'air prélevé du 4 ème et 9ème étage de compresseur haute pression.

-La vanne HPTACC se compose de deux vannes, une pour le prélèvement d'air du 4 ème étage l'autre pour le prélèvement d'air du 9 ème étage ;et les deux vérins sont actionnées par un vérin à piston.

-la vanne LPTACC contrôle la quantité d'air prélevé du flux secondaire du fan.

- L'EEC reçoit les informations suivantes pour le contrôle du circuit d'air:

**1. VBV :**

- Position des (VSV).
- N1
- N2
- T25.
- Position manette.
- P0.
- PT.
- TAT

**2. VSV :**

- N1.
- N2.
- T25.
- P0.
- TAT.
- PT.

<p><b>3. Pas de TBV :</b></p> <p><b>4. <u>La vanne de refroidissement (BCV) :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-N2.</li> <li>-T3.</li> <li>-T25.</li> <li>-P0.</li> <li>-N1.</li> </ul> <p><b>5. <u>La vanne solénoïde de refroidissement du 11ème étage (ESV solénoïde) :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-N1.</li> <li>-N2 réel.</li> <li>-N2 commandé.</li> <li>-P0.</li> <li>-EGT</li> </ul> <p><b>6. <u>La vanne de refroidissement du 11ème étage (ESCV) :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-TAT.</li> <li>-P0.</li> <li>-EGT.</li> <li>-N1.</li> <li>-N2 réel.</li> <li>-N2 commandé.</li> </ul> <p><b>7. <u>La vanne de refroidissement du moteur et accessoires (CCCV) :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-TAT.</li> <li>-P0.</li> <li>-EGT.</li> <li>-N1.</li> <li>-N2 réel.</li> <li>-N2 commandé.</li> </ul> <p><b>8. <u>Dispositif actif de contrôle de jeu turbine haute pression (HPTACC) :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-TAT.</li> <li>-T25.</li> </ul>	<p><b>3. <u>TBV :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-N2.</li> <li>-T25.</li> </ul> <p><b>4. Pas de vanne de refroidissement (BCV) :</b></p> <p><b>5. Pas de vanne solénoïde de refroidissement du 11ème étage (ESV solénoïde).</b></p> <p><b>6. Pas de vanne de refroidissement du 11ème étage (ESCV).</b></p> <p><b>7. Pas de vanne de refroidissement du moteur et accessoires (CCCV).</b></p> <p><b>8. <u>Dispositif actif de contrôle de jeu turbine haute pression (HPTACC) :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-T3.</li> <li>-P0.</li> </ul>
--	--

<ul style="list-style-type: none"> <li>-T3.</li> <li>-EGT.</li> <li>-P0.</li> <li>-PT.</li> <li>-PS3</li> <li>-N1 réel.</li> <li>-N2réel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-N2.</li> <li>-La température du carter turbine haute pression (la sonde HPTACC).</li> </ul>
<p><b>9. <u>Dispositif actif de contrôle de jeu turbine basse pression (LPTACC) :</u></b></p>	<p><b>9. <u>Dispositif actif de contrôle de jeu turbine basse pression (LPTACC) :</u></b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-TAT.</li> <li>-T25.</li> <li>-T3.</li> <li>-EGT.</li> <li>-P0.</li> <li>-PT0.</li> <li>-PS3.</li> <li>-N1réel.</li> <li>N2 réel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-TAT.</li> <li>-EGT.</li> <li>-P0.</li> <li>-PT.</li> <li>-N1.</li> </ul>
<p>L'EEC gère le régulateur principal carburant (HMU a travers 05 électrohydrauliques servo vanne (EHSV) :</p>	<p>L'EEC gère le régulateur principal carburant (HMU a travers 06 électrohydrauliques servo vanne (EHSV) :</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- EHSV-VBV.</li> <li>- EHSV-VSV.</li> <li>- EHSV-HPTACC.</li> <li>- EHSV-LPTACC.</li> <li>- EHSV-FMV.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- EHSV-VBV.</li> <li>- EHSV-VSV.</li> <li>- EHSV-HPTACC.</li> <li>- EHSV-LPTACC.</li> <li>- EHSV-TBV.</li> <li>- EHSV-FMV.</li> </ul>

**III.2 Comparaison de la Maintenance des circuits d'air :**

CF6-80-C2 FADEC	CFM56-7B
<p>L'EEC affiche les messages de maintenance au niveau de l'écran EICAS.</p> <p>L'EEC à 04 pages de maintenance :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PERF/APU.</li> <li>- IDENT/CONFIG.</li> <li>- ENG EXCD.</li> <li>- EPCS.</li> </ul> <p>L'EEC envoie les anomalies moteur ; ainsi que celle de EEC au PIMU qui les mémorise et les affiche lors de son test.</p>	<p>L'EEC a la capacité de mémoriser les pannes de 10 derniers vols.</p> <p>Le menu de maintenance comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PANNES RECENTES.</li> <li>- HISTORIQUE DES PANNES.</li> <li>- IDENT/CONFIG.</li> <li>- SUIVIE DES DONNEE.</li> <li>- TESTE AU SOL.</li> </ul> <p>L'EEE mémorise les anomalies des 10 derniers vols et il les affiche au niveau de CDU.</p>

**La maintenance du circuit d'air se fait :**

- Préventive
- Curative.

**1. Préventive :**

Lors des check A c'est-à-dire après chaque 500heurs de vol, le circuit d'air est inspecté selon le protocole établi par le constructeur BOEING.

CF6-80-C2 FADEC	CFM56-7B
<p>On utilise 12 pages EPCS pour voir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- VBV</li> <li>- VSV</li> <li>- LPTACC</li> <li>- HPTACC</li> <li>- La position.</li> </ul>	<p>On utilise le CDU pour voir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- VBV</li> <li>- VSV</li> <li>- LPTACC</li> <li>- HPTACC</li> <li>- TBV.</li> <li>- La position</li> </ul>

**2. Curative :**

Après chaque panne on :

CF6-82-C2 FADEC	CFM56-7B
<p>On utilise la page EPCS, plus on peut voir visuellement l'état :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Des vérins VBV.</li> <li>- Pas de fuite carburant</li> <li>- Bien monté</li> <li>- IDER pour les vérins VSV</li> <li>- Vanne LPTACC</li> <li>- Vanne HPTACC</li> <li>-</li> </ul>	<p>On utilise directement le CDU qui nous donne les pannes des 10 derniers vols</p> <p>En sélectionnant la page RECENT /FAULT , on aura le message l'anomalie sur forme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- code.</li> <li>- le texte .</li> </ul>

# CHAPITRE IV

## La maintenance des circuits d'air

## I-1 Maintenance du circuit d'air du moteur CF6 80-C2

### FADEC :

L'inspection du circuit d'air se fait en inspectant les éléments suivant :

- Inspection des tubing. Selon AMM/B767/TASK 75-00-206-001-H00.
- Inspection de la Bore cooling valve. Selon AMM/B767/TASK 75-21-01-206-001-H00.
- Effectuation de pressure test des HPTC/LPTC drain shroud system en cas de dépose de ces valves. Selon AMM/B767/TASK 75-24-01-404-013-H00/S784-027-400.
- Application de LEAT test de l'ESCV selenoid. Selon AMM/B767/TASK 75-26-02-795-001-H00.
- Inspection des VSV actuators. Selon AMM/B767/TASK 75-31-02-206-001-H00.
- Inspection et contrôle de fuite des VBV actuators. Selon AMM/B767/TASK 75-32-01-206-001-H00 et Task 75-32-01-705-001-H00.
- Inspection des VBV sans dépose de panneaux acoustiques. Selon AMM/B767/TASK 75-32-03-206-001-H00.
- Application de la CESM n : 17.

## I-2 Maintenance et contrôle du circuit de carburant :

### FUEL ET CONTROL

Note : pour tout remplacement de la main fuel Pump ou application du GE/SB/73-058, tenir compte des recommandations de GE/REP TIP/397.

Inspection des fuels Pumps Locking Inserts.

Selon AMM/B767/TASK 73-11-01-206-001-H00/paragraphe 3 .

Inspection du fuel Filter Element.

Selon AMM/B767/TASK 73-11-02-216-001-H00.

Inspection du fuel Filter.

Selon AMM/B767/TASK 73-11-03-206-001-H00.

Nettoyage des Fuel pump Stainer.

Selon AMM/B767/ 73-11-04page 711 et 702

Nettoyage des Fuel Nozzles s'ils sont déposés, et inspection des zones accessibles.

Selon AMM/B767/TASK 73-11-05-107-001-H00.

TASK 73-11-05-206-001-H00.

Inspection des fuel tubes.

Selon AMM/B767/TASK 73-11-06-206-001-H00.

Inspection des fuels Manifold support systeme, si GE/SB/73-170/R01 n'est pas appliqué.

Selon GE/CESM/07.

Inspection de la combustor Drain Valve.

Selon AMM/B767/TASK 73-11-08-206-001-H00.

Inspection et control électrique du control alternator.

Selon AMM/B767/TASK 73-21-08-216-001-H00.

Et TASK 73-21-08-766-006-H00.

#### **Application de l'SB 77-031 concernant le control Alternator**

Inspection et contrôle de tension des câbles ECU.

Selon AMM/B767/TASK 73-21-18-206-001-H00.

Note: Ne faire contrôle de tension que si câbles sont dégât déconnecté.

Nettoyage des Electric Connectors en cas de dépose de l'ECU.

Selon AMM/B767/TASK 73-21-18-117-001-H00.

Fuel Manifold Chafing Inspection.

GE/SB/73-0326.

**II- MAINTENANCE DU CIRCUIT D'AIR DU MOTEUR CFM56-7B :**

**.1. SYSTEME DE CONTROLE ACTIF DU JEU DE LA TURBINE BASSE  
PRESSION (LPTACC) :**

Un message de panne apparaît dans l'écran des récents pannes :

```

ENGINE 1 BITE TEST
RECENT FAULTS      1/1

MSG NBR: 75-10531
LPTACC DEMAND AND POSITION
SIGNAL DISAGREE

FLIGHT LEG (X = FAULT SET)
0 1 2 3 4
  X

< INDEX                HISTORY >
    
```

**L'ECRAN DES RECENTS PANNES (CDU)**

Code de la panne est : 75-10531

Chapitre : 75 (système d'air)

Allez au début du chapitre 75 et cherchez le code 75-10531 dans la liste des codes des pannes

LE CODE DE LA PANNE	DESCRIPTION DE LA PANNE	ALLEZ A LA PROCEDURE
750 105 31	Système d'air : La EEC perçoit que la demande de la LPTACC et le signale de position est différent – moteur 1.	75-22 Procédure 801

**LA LISTE DES CODES DES PANNES**

**801. La demande de la LPTACC et le signale de position est différent :**

**A. Description :**

1. Cette procédure est pour les messages de maintenances suivant :

75-10531, 75-10532, 75-20531, 75-20532, 75-30532.

2. Le message de maintenance : 75-X053Y

- X Représente le canal de la EEC qui a envoyé ce message de panne
  - \* Si X= 1, le message est du canal A de la EEC (canal simple)
  - \* Si X= 2, le message est du canal B de la EEC (canal simple)
  - \* Si X= 3, le message est du canal A et B de la EEC (canal doublé)

- Y Représente le moteur d'où vient le message de panne
  - \* Si Y= 1, le message est du moteur N°1
  - \* Si Y= 2, le message est du moteur N°2
  
- \* Si X= 1, la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus du canal A (canal simple)
  - \* Si X= 2, la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus du canal B (canal simple)
  - \* Si X= 3, la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus du canal doublé.

3. Cette panne est reportée sur le canal active de la EEC quand le moteur est en opérations .

4. Vous devez faire la procédure de l'initial évaluation pour savoir si le message de maintenance du canal doublé, 75-30531 ou 75-30532, est aperçus.

5. La EEC perçoit que la valeur absolu de la différence entre la demande de la LPTACC et le signalé de position du vérin est supérieure de 5%.

#### **B. Les causes possibles :**

##### **1. Pour les messages de maintenance reçus du canal simple A ou B :**

- a. La HMU
- b. La EEC
- c. Le harnais électrique (J5) du canal A ou le harnais électrique (J6) du canal B.

##### **2. Pour les messages de maintenance reçus du canal doublé :**

- a. La vanne LPTACC
- b. La HMU
- c. La EEC

#### **C. La coupure des disjoncteurs :**

##### **1. Pour le moteur 1 :**

Les circuit des disjoncteurs primaire qui sont en relation avec la panne sont :

- Le panneau des circuits des disjoncteurs, P18-2 :
  - \* 18A4 alternateur du canal B
  - \* 18A5 alternateur du canal A

##### **2. Pour le moteur 2 :**

Les circuits des disjoncteurs primaire qui sont en relation avec la panne sont :

- Le panneau des circuits des disjoncteurs, P6-2 :
  - \* 6D7 alternateur du canal B
  - \* 6D8 alternateur du canal A

**D. Les figures qui sont en relation avec la panne :**

- Emplacement des connecteurs des harnais électriques (J5, J6, J9, J10) sur la EEC
- Emplacement des connecteurs des harnais électriques (J9, J10) sur la vanne LPTACC
- Emplacement des connecteurs des harnais électriques (J6, J5) sur la HMU (Fig.48).
- Schémas électrique simplifié du système de contrôle actif de jeu turbine LPTACC

**E. L'évaluation initiale :**

Faites ces étapes pour découvrir si la panne est de style active ou elle est du canal doublé :

a. Faites cette procédure : Teste 12 qui est Le teste des vérins.

b. Si l'un des messages de maintenance qui sont : 75-1531 (canal A, moteur 1), 75-10532 (canal A, moteur 2), 75-20531 (canal B, moteur 2) ou 75-20532 (canal B, moteur 2) est apparu, alors faites la procédure de recherche de panne du canal simple pour le canal approprié (A ou B).

c. Si l'un des messages de maintenance qui sont : 75-30531 (canal A et B, moteur 1) ou 75-30532 (canal A et B, moteur 2) est apparu, alors faites la procédure de recherche de panne du canal doublé.

d. Si le message de maintenance n'est pas apparu sur la CDU, alors la panne n'est pas active à ce moment, et vous avez une panne intermittente.

1. Si vous ne trouvez pas la panne, alors la procédure de recherche de panne ne peut pas isoler et réparer la panne

2. Pour les pannes intermittentes vous devez utiliser votre jugement pour réparer cette panne.

3. Si vous voulez réparer cette panne, il vous est recommandé de suivre ces étapes

- Faites les contrôles de visualisation des connecteurs électriques avec la procédure de recherche de panne appropriée décrite ci-dessous.
- Utilisez le manuel WDM pour identifier les pièces intermédiaires des connecteurs électriques dans les harnais électriques et faites le contrôle de visualisation.
- Si vous ne trouvez aucun problème, alors remettez les composants en place.

4. Surveillez les voles prochains de l'avion.

**F. La procédure de recherche de panne du canal simple :**

**Note :** Duran les opérations du moteur, la EEC reporte les pannes seulement dans le Canal active.

Faites ces étapes pour préparer la procédure :

**1. Pour le moteur 1 :**

Coupez les disjoncteurs suivants :

- Panneau des circuits des disjoncteurs : P18-2
  - \* 18A1 Allumage à droite
  - \* 18A3 Allumage à gauche
  - \* 18A4 Alternateur du canal B
  - \* 18A5 Alternateur du canal A

**2. Pour le moteur 2 :**

Coupez les disjoncteurs suivant :

- Panneau des circuits des disjoncteurs : P6-2
  - \* 6D4 Allumage à droite
  - \* 6D6 Allumage à gauche
  - \* 6D7 Alternateur du canal B
  - \* 6D8 Alternateur du canal A

3. Faites cette procédure : Ouvrez le capot du Fan.

**4. La recherche de panne :**

1

Examinez le connecteur électrique, DP0501 (canal A) ou DP0601 (canal B) qui sont sur les harnais électriques J5 et J6.

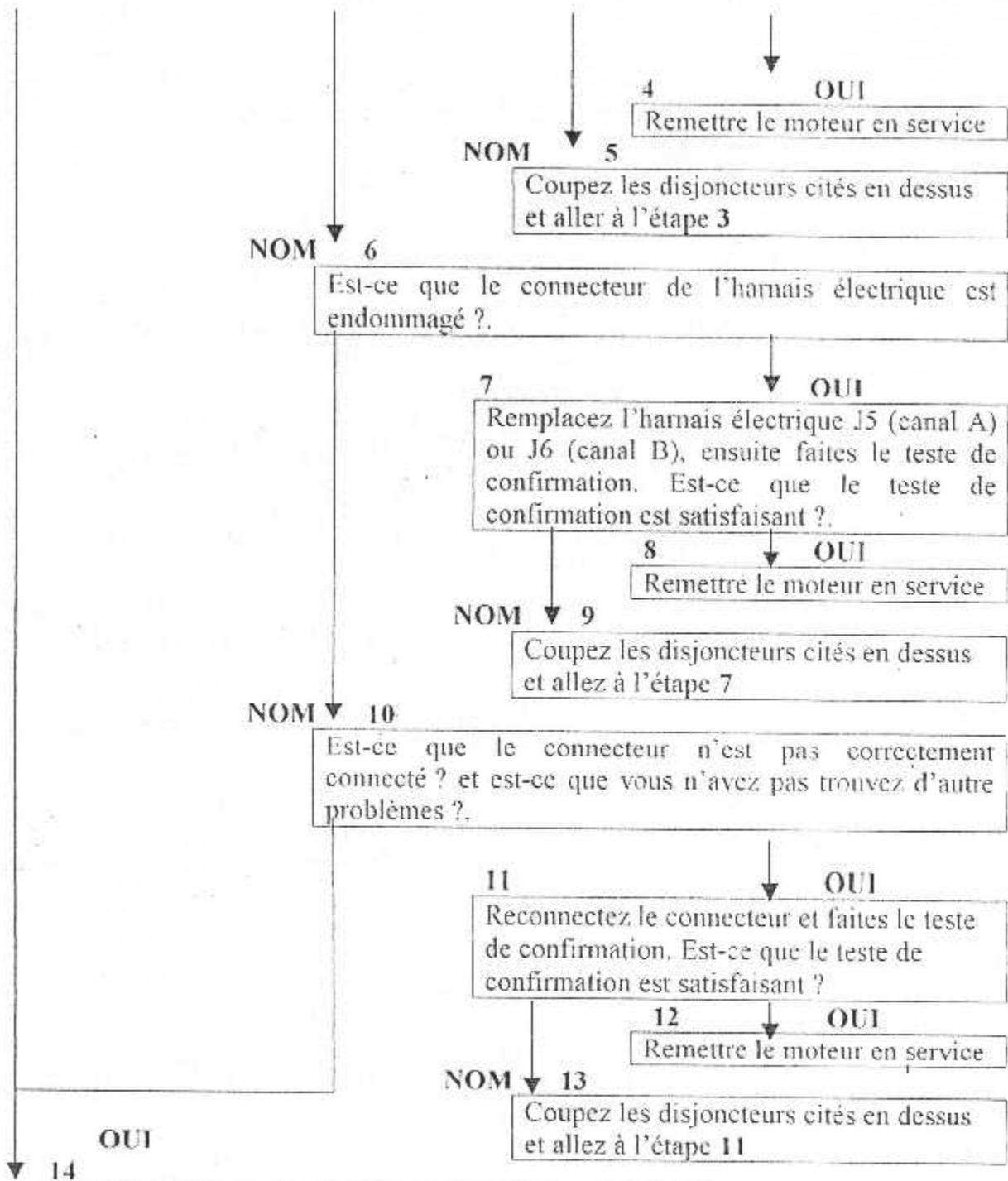
Est-ce que le connecteur électrique DP0501 ou DP0601 est bien connecté à la HMU ?

2 ↓ NON

Déconnectez le connecteur électrique de la HMU et faites l'examine visuelle du connecteur électrique de l'harnais et de la prise de courant fixé à la HMU. Est-ce que la prise du courant de la HMU est endommagé ?

3 ↓ OUI

Remplacez la HMU est faites le teste de confirmation. Est-ce que le teste de confirmation est satisfaisant ?

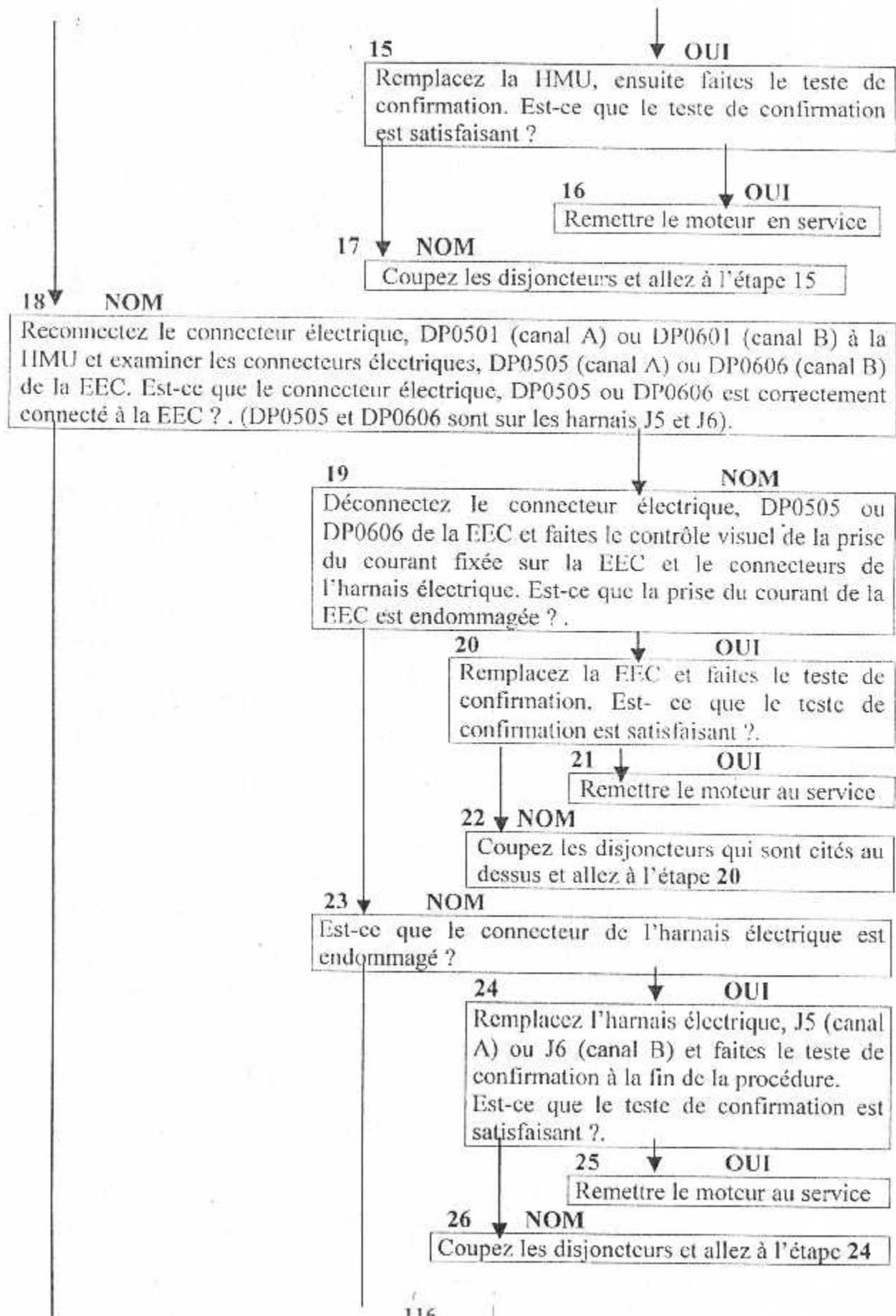


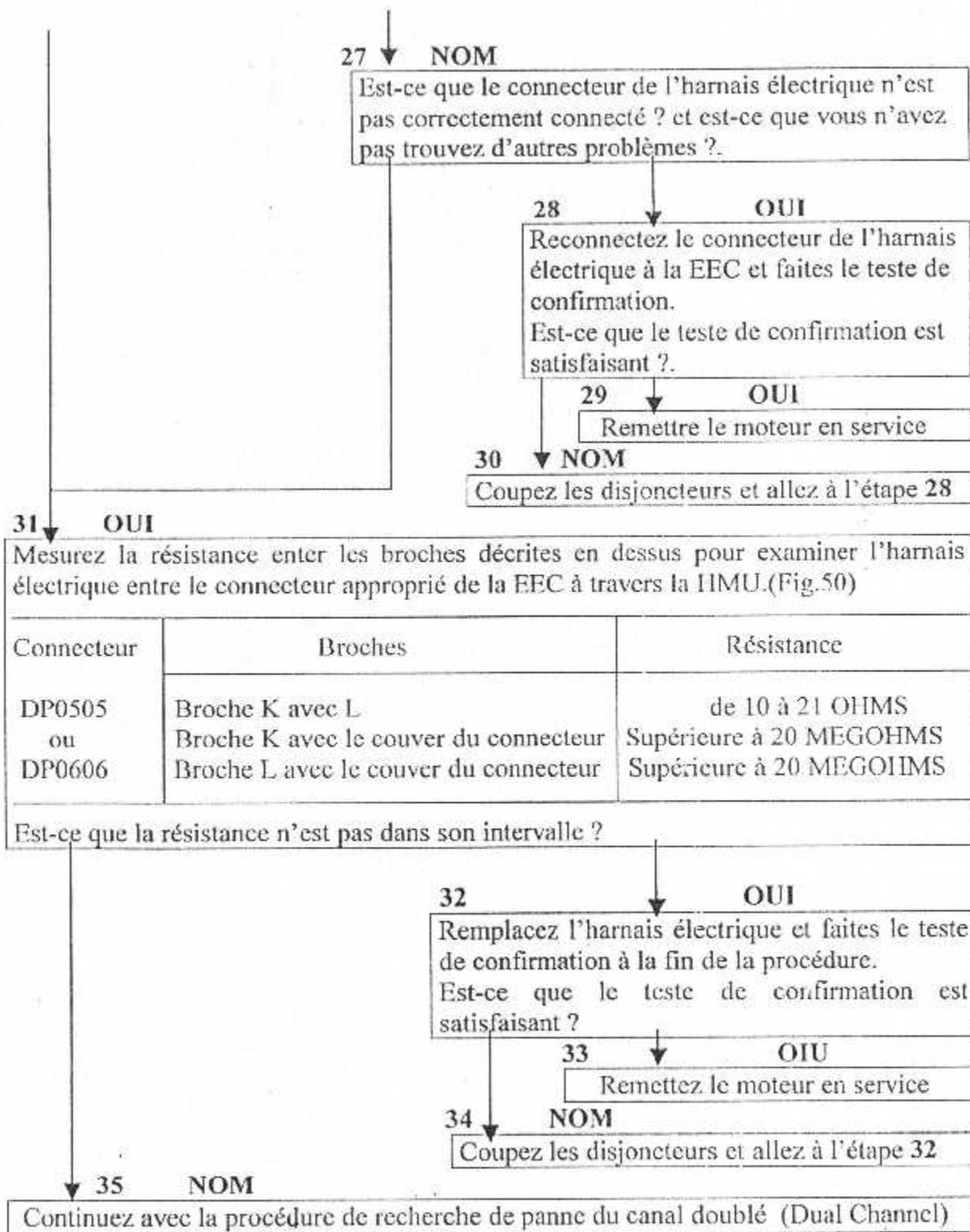
Mesurez la résistance entre les broches décrites en dessus, de la prise de courant de la HMU appropriée au DP0501 (canal A) ou DP0601 (canal B) voir Fig 50

On a :

Prise du courant du connecteur	Broches	Résistance
DP0501	Broche 19 avec 38	de 10 à 21 OHMS
ou	Broche 19 et le couver du connecteur	Supérieure à 20 MEGOHMS
DP0601	Broche 38 et le couver du connecteur	Supérieure à 20 MEGOHMS

Est-ce que la résistance n'est pas dans son intervalle ?.



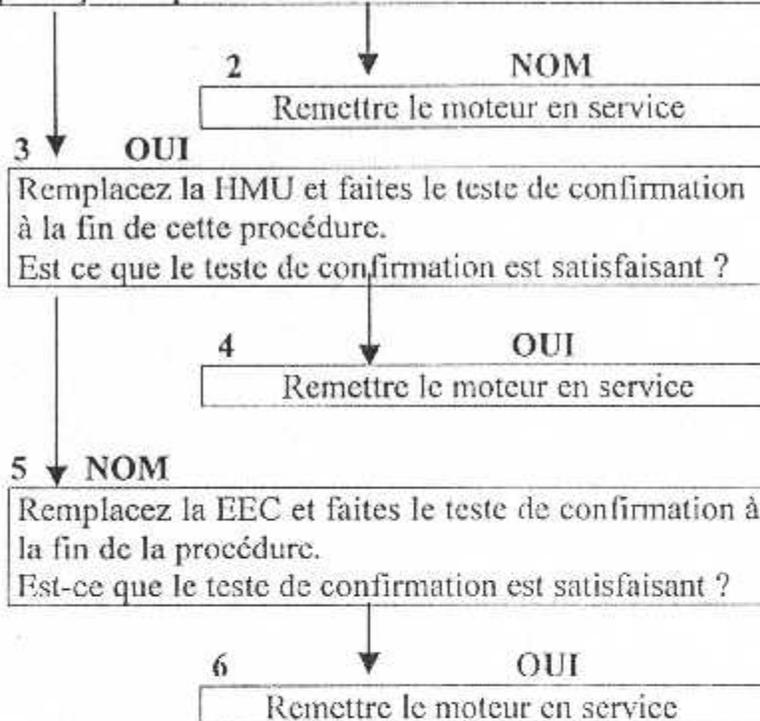


**G. Procédure de recherche de panne du canal doublé (Dual Channel Fault) :**

Suivez les étapes suivantes :

1

La cause la plus probable de la panne dans le cas de la procédure de recherche de panne du canal doublé est la vanne LPTACC. Remplacez la vanne LPTACC et faites le teste de confirmation. Est ce que la panne persiste ?



## H. Le teste de confirmation :

1. Faites ces étapes pour préparer la procédure du teste de confirmation :

- S'assurer que les connecteurs électriques, DP0501 (Canal A) et DP0601 (Canal B), sont correctement connectés à la HMU.
- S'assurer que les connecteurs électriques, DP0505 (Canal A) et DP0606 (Canal B), sont correctement connectés à la EEC.
- Pour le moteur 1 :

Fermez les disjoncteurs suivants :

\* Panneau de circuit de disjoncteur, P18-2 :

- \* 18A1 Allumage à droite
- \* 18A3 Allumage à gauche
- \* 18A4 Alternateur du canal B
- \* 18A5 Alternateur du canal A

- Pour le moteur 2 :

Fermez les disjoncteurs suivants :

\* Panneau de circuit de disjoncteur, P6-2 :

- \* 6D4 Allumage à droite
- \* 6D6 Allumage à gauche
- \* 6D7 Alternateur canal B
- \* 6D8 Alternateur canal A

2. Faites cette procédure : Teste 12 ; Teste des vérins.

- Si le message de maintenance n'apparaît plus, donc vous avez réparé la panne.

3. Faites cette procédure : Fermez le capot du Fan.

### 2. SYSTEME ANTI-POMPAGE (TBV) :

Un message de panne apparaît dans l'écran des récents pannes :

```

ENGINE 1 BITE TEST
RECENT FAULTS      1/1

MSG NBR: 75-10571
THE HMU TBV CONTROL CURRENT
IS OUT OF RANGE.

FLIGHT LEG (X = FAULT SET)
0 1 2 3 4
  X

< INDEX                HISTORY >
```

### L'ECRAN DES RECENTS PANNES (CDU)

Code de la panne est : 75-10601

Chapitre : 75 (système d'air)

Allez au début du chapitre 75 et cherchez le code 75-10601 dans la liste des codes des pannes (maintenances)

LE CODE DE LA PANNE	DESCRIPTION DE LA PANNE	ALLEZ A LA PROCEDURE
750 105 71	Système d'air:La EEC détecte que le retour du courant du moteur couple de la TBV est en dehors de l'intervalle	75-23 Procédure 804

### LA LISTE DES CODES DES PANNES

**804. Le retour du courant du moteur couple de la TBV n'est pas dans son intervalle :**

**A. Description :**

1. Cette procédure est pour les messages de maintenances suivant :  
75-10571, 75-10572, 75-10572, 75-20572, 75-30571, 75-30601 et 75-30572
2. Le message de maintenance : 75-X057Y
  - X Représente le canal de la EEC qui a envoyé ce message de panne
    - \* Si X= 1, le message est du canal A de la EEC
    - \* Si X= 2, le message est du canal B de la EEC
  - Si X= 3, le message est du canal A et B de la EEC
  
  - Y Représente le moteur d'où vient le message de panne
    - \* Si Y= 1, le message est du moteur N°1
    - \* Si Y= 2, le message est du moteur N°2
  
  - \* Si X= 1, la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus du canal A
  - \* Si X= 2, la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus du canal B
  - Si X= 3, la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus du canal A et B.
  - La EEC détecte que le retour du courant du moteur couple (Torque moteur) de la HMU qui contrôle le système de la TBV, n'est pas dans l'intervalle qui permet le bon fonctionnement, c'est-à-dire la valeur absolue de la différence entre la tension de sortie du courant qui est calculé par la EEC et la tension du courant du retour aperçu par la EEC est plus grand que la valeur prévue.

**B. Les causes possibles :**

- a. la HMU
- b. La EEC
- c. L'harnais électrique J5 (canal A) ou J6 (canal B).

**C. La coupure des disjoncteurs :**

**1. Pour le moteur 1 :**

Les circuit des disjoncteurs primaire qui sont en relation avec la panne sont :

- Le panneau des circuits des disjoncteurs, P18-2 :
  - \* 18A4 alternateur du canal B
  - \* 18A5 alternateur du canal A

**2. Pour le moteur 2 :**

Les circuits des disjoncteurs primaire qui sont en relation avec la panne sont :

- Le panneau des circuits des disjoncteurs, P6-2 :
  - \* 6D7 alternateur du canal B
  - \* 6D8 alternateur du canal A

**D. Les figures qui sont en relation avec la panne :**

- Emplacement des connecteurs des harnais électriques (J5, J6, J9, J10) sur la EEC et ceux de (J5,J6) sur la HMU
- Emplacement des connecteurs des harnais électriques (J9, J10) sur la vanne TBV
- Schémas électrique simplifié du système de la vanne de décharge et de transition

**E. L'évaluation initiale :**

Faites ces étapes pour découvrir si la panne est du style active :

a. Faites cette procédure : Teste 12 qui est Le teste des vérins.

b. Si l'un des messages de maintenance qui sont : 75-10571 (canal A, moteur 1), 75-10572 (canal A, moteur 2), 75-20571 (canal B, moteur 1) ou 75-30572 (canal A et B, moteur 2) est apparu, alors faites la procédure de recherche de panne du canal ou des canaux appropriés.

C. Si le message de maintenance n'est pas apparu sur la CDU, alors la panne n'est pas active à ce moment et vous avez une panne intermittente.

1. Si vous ne trouvez pas la panne, alors la procédure de recherche de panne ne peut pas isoler et réparer la panne

2. Pour les pannes intermittentes vous devez utiliser votre jugement pour réparer cette panne.

3. Si vous voulez réparer cette panne, il vous est recommandé de suivre ces étapes :

- Faites les contrôles de visualisation des connecteurs électriques avec la procédure de recherche de panne appropriée décrite ci-dessous.
- Utilisez le manuel WDM pour identifier les pièces intermédiaires des connecteurs électriques dans les harnais électriques et faites le contrôle de visualisation.
- Si vous ne trouvez aucun problème, alors remettez les composants en place.

4. Surveillez les vols prochains de l'avion.

**F. La procédure de recherche de panne :**

Faites ces étapes pour préparer la procédure :

**1. Pour le moteur 1 :**

Coupez les disjoncteurs suivants :

- Panneau des circuits des disjoncteurs : P18-2
  - \* 18A1 Allumage à droite
  - \* 18A3 Allumage à gauche
  - \* 18A4 Alternateur du canal B
  - \* 18A5 Alternateur du canal A

**2. Pour le moteur 2 :**

Coupez les disjoncteurs suivants :

- Panneau des circuits des disjoncteurs : P6-2
  - \* 6D4 Allumage à droite
  - \* 6D6 Allumage à gauche
  - \* 6D7 Alternateur du canal B
  - \* 6D8 Alternateur du canal A

3. Faites cette procédure : Ouvrez le capot du Fan.

**4. La procédure de recherche de panne :**

1

Examinez le connecteur électrique, DP0501 (canal A) ou DP0601 (canal B) sur la HMU qui sont sur les harnais électrique J5 et J6.

Est-ce que le connecteur électrique, DO0505 (canal A) ou DP0606 (canal B) est correctement connecté à la HMU ?

2

NOM

Déconnectez le connecteur électrique, DP0501 ou DP0601 de la HMU et faites l'examen visuelle du connecteur électrique et de la prise du courant fixée sur la HMU.  
Est-ce que la prise du courant de la HMU est endommagée ?

3

OUI

Remplacez la HMU et faites le teste de confirmation à la fin de la procédure.  
Est-ce que le teste de confirmation est satisfaisant ?

4

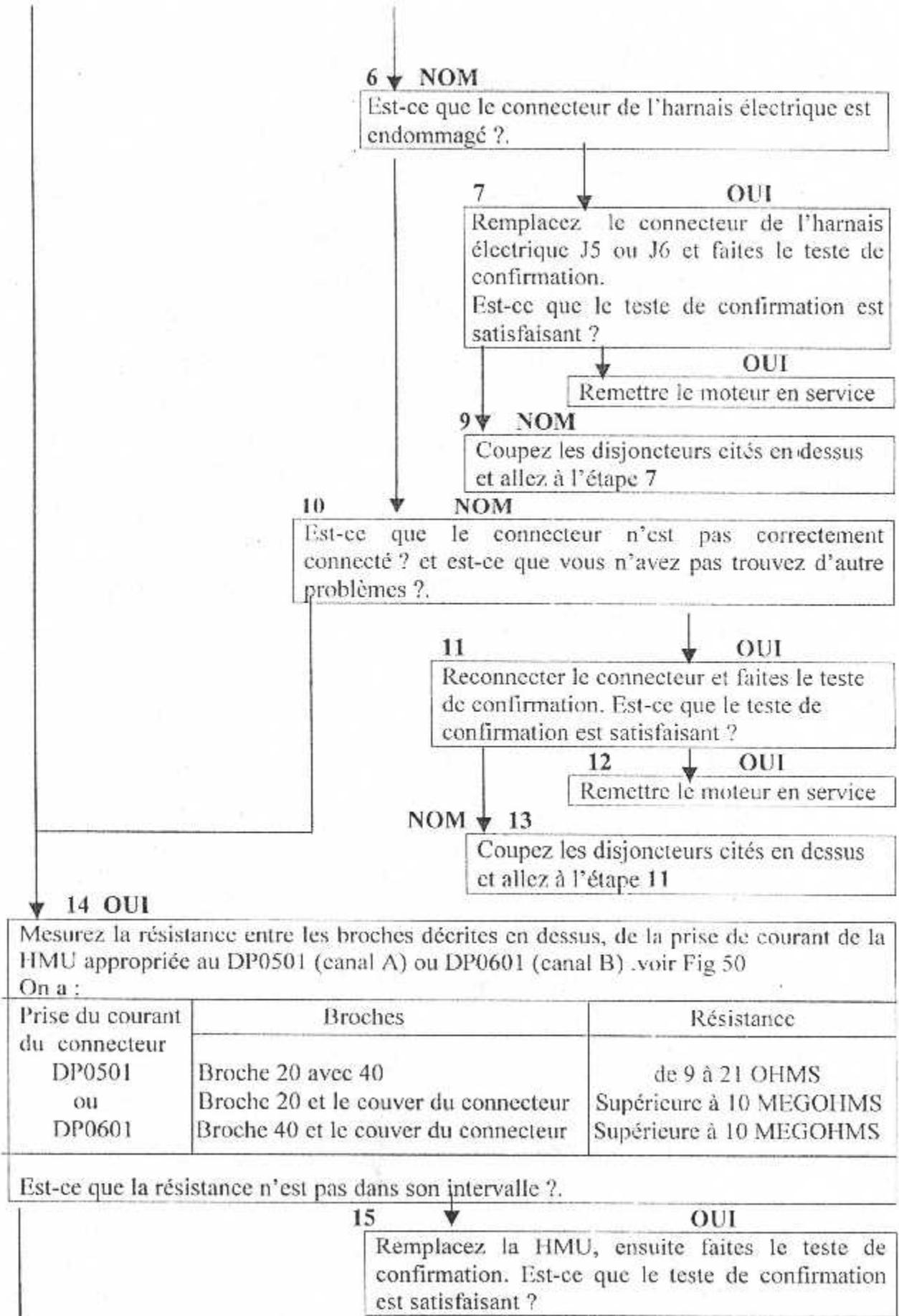
OUI

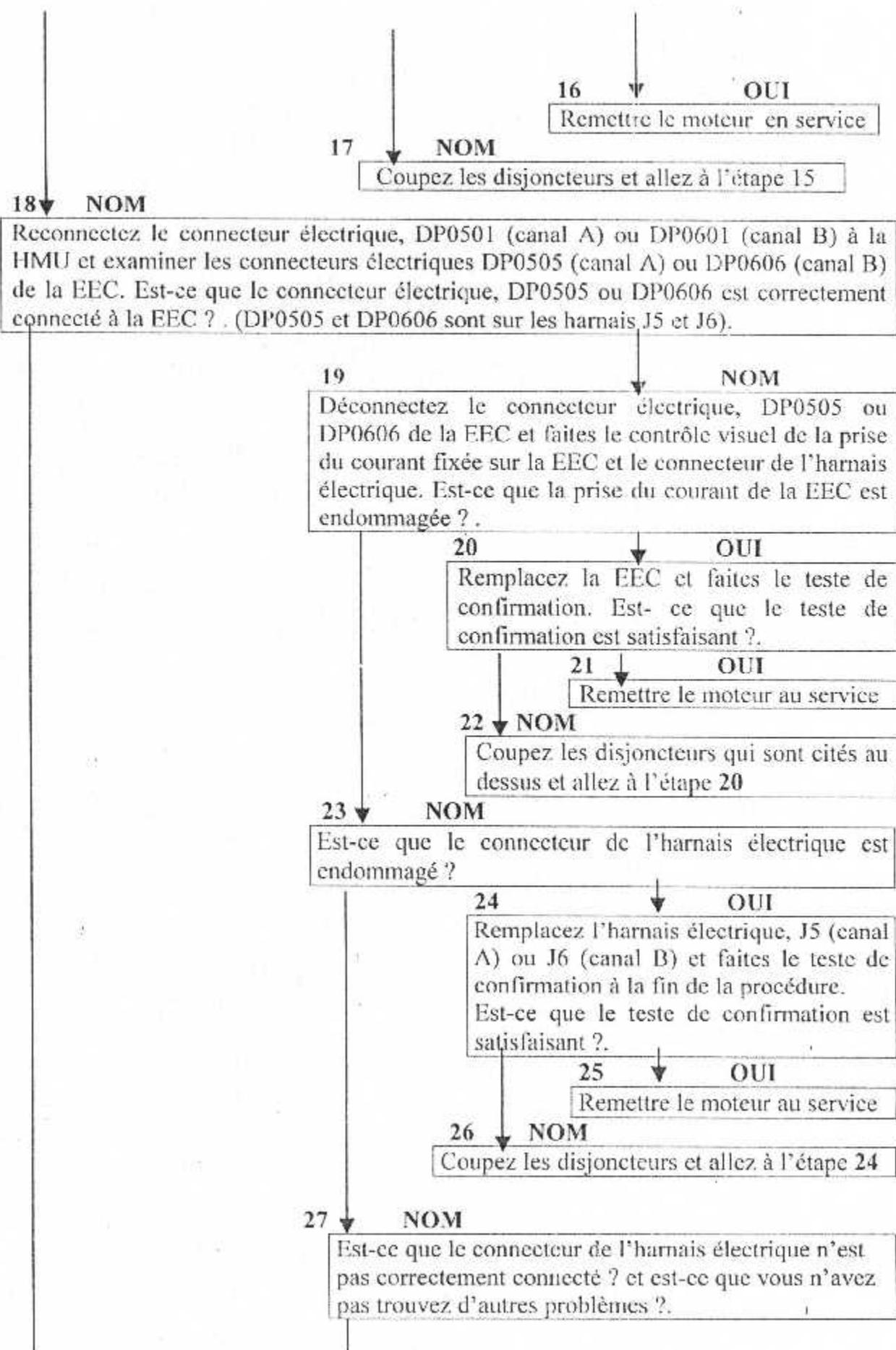
Remettre le moteur en service

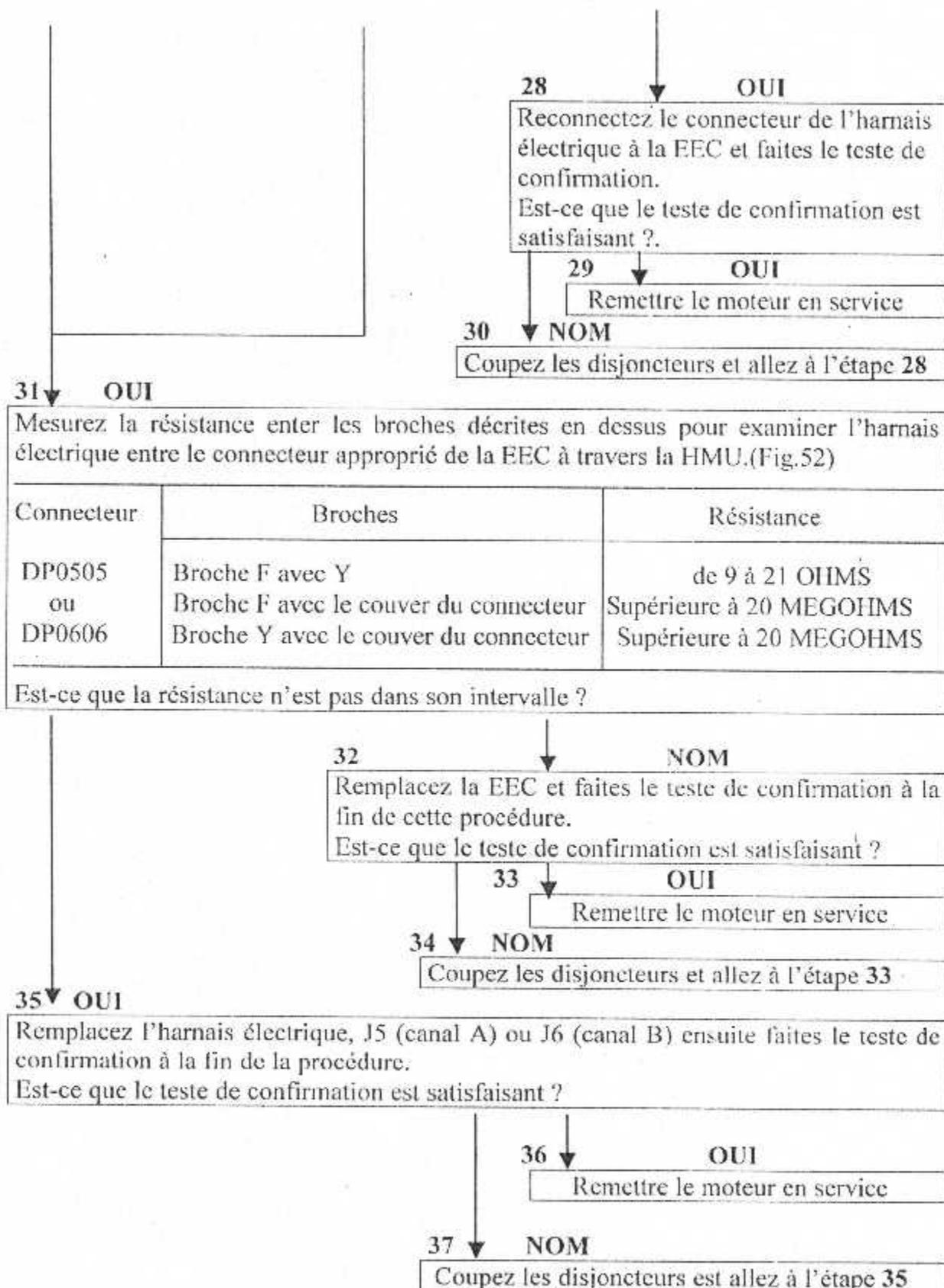
5

NOM

Coupez les disjoncteurs cités au dessus et allez à l'étape 3







**G. Le teste de confirmation :**

1. Faites ces étapes pour préparer la procédure du teste de confirmation :

- S'assurer que les connecteurs électriques, DP0501 (Canal A) et DP0601 (Canal B), sont correctement connectés à la HMU.
- S'assurer que les connecteurs électriques, DP0505 (Canal A) et DP0606 (Canal B), sont correctement connectés à la FEC.
- Pour le moteur 1 :

Fermez les disjoncteurs suivants :

\* Panneau de circuit de disjoncteur, P18-2 :

- \* 18A1 Allumage à droite
- \* 18A3 Allumage à gauche
- \* 18A4 Alternateur du canal B
- \* 18A5 Alternateur du canal A

- Pour le moteur 2 :

Fermez les disjoncteurs suivant :

\* Panneau de circuit de disjoncteur, P6-2 :

- \* 6D4 Allumage à droite
- \* 6D6 Allumage à gauche
- \* 6D7 Alternateur canal B
- \* 6D8 Alternateur canal A

2. Faites cette procédure : Teste 12 : Teste des vérins.

- Si le message de maintenance n'apparaît plus, donc vous avez réparé la panne.

3. Faites cette procédure : Fermez le capot du Fan.