

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



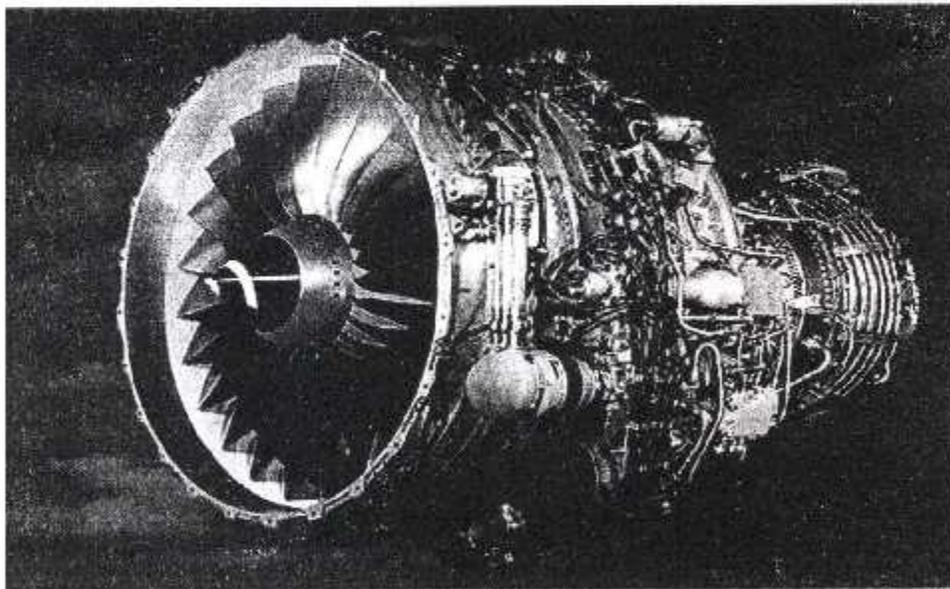
Université de BLIDA
Institut D'aéronautique



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE POUR L'OBTENTION DE DIPLÔME
« D.E.U.A »
EN AÉRONAUTIQUE

Option : Propulsion

ETUDE DESCRIPTIVE DU SYSTEME ANTI-POMPAGE DU MOTEUR CFM56-7B



Réalisé par :

SEMGHOUN RABEH
NECHAD SAID

proposé par :

KEBAB HAKIM
GUELATI KARIM

Promotion: 2001-2002

REMERCIEMENTS

- ❖ Nous remercions, dieu tout puissant de nous avoir enrichir de volonté et de courage afin de donner ce fruit de longues années d'étude.
- ❖ Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Monsieur : « KEBAB HAKIM » de nous avoir encadrer, qui était à l'origine du sujet et qui nous a constamment guidé et orienté durant notre travail, ainsi qu'à notre co-promoteur Monsieur, GUELATI KARIM et sans oublier tout ce qui nous a aidés de proche ou de loin je cite parmi eux : SEDDAR ABDELKADER, ZEDAK SALIM, AZIZ, RABEH, MOHAMED BENZINA, CHERKI AHMED, MAIMEN et un remerciement particulier à tous les personnels de l'Air Algérie.
- ❖ Le sous-directeur de formation D'AIR ALGÉRIE « Mr. HADJ KALI SID ALI ».
- ❖ Nous remercions aussi les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont accordé, en acceptant de juger notre travail.
- ❖ Un remerciement à tous les personnels de notre institut (I.A.B) notamment les enseignants surtout : ZEBBICHE TOUFIK, BENTRAD HOUCINE et ABADA OMAR ainsi qu'au directeur BERGUEFI SAID.
- ❖ Que tous ceux ou celles qui nous ont apporte soutien ou aide moral, trouve ici, l'expression de nos vifs et sincères remerciements.

" SAID " ET " RABAH "



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

A mes chères parents ma mère et mon père
A mes frères : « Djilali », « Mohamed », « Brahim » et « Houcine » et ma
sœur.

A mes grands-pères : « Ahmed », « Abdelkader » et ma grande-mère
« Fatma ».

A tout qui porte le nom de : « NECHAD », « ARAB », « MEBIOUE »
sans oublier les autres familles...

Je tiens encore à dédier ce travail :
A mon binôme " Semghoun Rabah " ainsi qu'à toute la famille
SEMGHOUN.

A tous mes amis-collègues de l'Institut d'Aéronautique je cite parmi eux :
Rachid, Rabah, Cherif, Chaaben, Abderrahmene, Bencharki, Saïdek, Ahmed
et autres chacun par son nom.

A tous mes amis-frères, j'insiste sur :
Athmane, Khelifa, Ibrahim, Kalkoul Khaled, Ismail, Elghani, Sebua,
Khaled, Abdelhakim et sans oublier les autres.

Aux familles : KAKOUL et BOUTBAL.

Et à toute personne qui a contribué à mon aide de proche ou de loin afin de
terminer mon travail.

SAID NECHAD





DEDICACE

*Je dédie ce modeste travail
A celle qui ma élevée, veillée sur moi, aimée, encouragée et soutenue durant
mes années d'études :ma chère mère*

*A celui qui ma entourée d'affection et courage A mon père,
Et à tous mes frères et sœurs et leurs enfants.*

*A mes frères-amis :ATHMANE, KHELIFA, IBRAHIM, et autres chacun par
son nom.*

*A tous les habitants de ma ville natale THENIET EL HAD.
A tous les étudiants, confrères, que ce soit de notre institut ou autres.*

*A des personnes particulières je cite parmi eux : notre grand frère SEBAA et
AHMED, KHALED, MEMAR, AMINE,*

*A mon binôme qui ma soutenu et encouragé SAID NECHAD.
A mes amis d'étude
et tous les gens de propulsion ,structure et avionique.*

sommaire

Introduction	
Historique.....	01

CHAPITRE I : description du moteur CFM 56-7B

I-1. Introduction.....	07
I-2. Dates clés.....	08
I-3. Caractéristique des moteurs.....	08
I-4. Les modules de moteur.....	09
I-4.1. Fau-booster.....	09
I-4.2. Compresseur haute pression.....	10
I-4.3. Chambre de combustion.....	10
I-4.4. Turbine haute pression.....	10
I-4.5. Turbine basse pression.....	10
I-5. Accessoire d'entraînement.....	10
I-6. Boite d'engrenage des accessoires (AGB).....	12
I-7. Paliers et roulements moteur.....	13
I-8. Station aérodynamiques du moteur.....	14
I-9. Système FADEC.....	15
I-10. Description general du système d'air.....	16
I-10.1. Introduction.....	16
I-10.2. Contrôle de jeu turbine.....	16
I-10.2.1. Le contrôle du jeu turbine haute pression (HPTACC).....	16
I-10.2.2. Le contrôle du jeu turbine basse pression (LPTACC).....	17
I-10.3. Contrôle de l'écoulement d'air du compresseur.....	17

CHAPITRE II : pompage et anti-pompage

II-1. Définition.....	19
II-2. Caractéristique de phénomène de pompage.....	19
II-3. Courbes caractéristique du fonctionnement d'un compresseur.....	19
II-4. Le phénomène de pompage dans les compresseurs axiaux.....	22
II-4.1. Présentation du problème.....	22
II-4.2. Marge au pompage et l'environnement du compresseur.....	23
II-4.2.1. Définition quantitative de marge au pompage (pmi, upd).....	23
II-4.3. Les effets de l'environnement sur la marge au pompage.....	24
II-4.4. Autres éléments permettant l'amélioration de la marge au pompage.....	25
II-5. Les cause de pompage.....	25
II-5.1. Faible régime.....	25
II-5.2. Le pompage sur reprise ou obstruction thermique.....	25
II-5.3. Condition du vol.....	26
II-5.3.1. Le pompage tournant.....	26
II-5.3.2. L'influence de température.....	27
II-5.3.3. Effet de la viscosité.....	28
II-5.3.4. Influence de l'entrée d'air.....	28
II-6. Autre cas de pompage.....	29
II-7. Les conséquences du pompage.....	30

II-8. Les remèdes de pompage (dispositifs anti-pompage).....	30
II-8.1. Principe de fonctionnement des dispositifs anti-pompage	31
II-8.1.1. Vannes de décharge.....	31
II-8.1.2. Aubages directeurs d'entrée à calage variable.....	33
II-8.1.3. Aubage du stator à calage variable	34

CHAPITRE III : anti-pompage dans le moteur CFM56-7B

III-1. Introduction.....	36
III-2. Electronique contrôle unité EEC.....	36
III-2.1. Définition et le rôle de la EEC.....	36
III-2.2. Les paramètres fournis par la EEC.....	39
III-2.3. Alimentation électrique de la EEC.....	40
III-2.4. Re programmation de la EEC.....	40
III-3. Description générale de l'unité hydromécanique HMU.....	40
III-3.1. Définition	40
III-3.2. La HMU est relié électrique à ces composants	40
III-3.3. La HMU aux lignes de connexion hydraulique suivants.....	40
III-3.4. Emplacement de l'unité hydromécanique (HMU).....	42
III-3.5. Les élément constituit de la HMU.....	42
III-4. Les aubages du stator à calage variables VSV.....	47
III-4.1. Description générale.....	47
III-4.1.1. Aubes de pré rotation à calage variable IGV.....	47
III-4.1.2. Aubes de stator à calage variable VSV.....	48
III-4.2. Les composants du système VSV.....	48
III-4.3. L'emplacement des composants du système de VSV	49
III-4.4. Caractéristiques fonctionnelles du vérin de VSV.....	50
III-4.5. Description du vérin de commande du système de VSV.....	51
III-4.6. Fonctionnement du système de VSV.....	52
III-4.7. Mode operations.....	54
III-5. Les vannes de décharge VBV.....	54
III-5.1. Description générale.....	54
III-5.2. Les composants de système de VBV	54
III-5.3. Emplacement des composants de VBV	55
III-5.4. Description du vérin de commande de VBV	56
III-5.5. Description des vannes de décharge.....	56
III-5.6. Fonctionnement des vannes de décharge	57
III-5.7. Mode operations.....	59
III-6. Les vannes de décharge transition TBV.....	59
III-6.1. Description générale	59
III-6.2. Les composants de TBV	60
III-6.3. L'emplacement des composants du système de TBV	60
III-6.4. Caractéristiques fonctionnelles de valve de TBV.....	62
III-4.6. Fonctionnement du système de TBV.....	63
III-4.7. Mode opératoire des vannes de décharge de transition TBV.....	64

CHAPITRE IV : maintenance et recherche de panne

Maintenance

IV-1. Définition.....	66
IV-2. Maintenir.....	66
IV-3. Les objectifs de la maintenance.....	66
IV-4. Les types de maintenance.....	66
IV-4.1. Maintenance corrective.....	66
IV-4.1.1. Définition.....	66
IV-4.1.2. Organisation de maintenance corrective.....	67
IV-4.1.3. La mise en œuvre de la maintenance corrective.....	67
IV-4.2. Maintenance préventive.....	68
IV-4.2.1. Définition.....	68
IV-4.2.2. Maintenance conditionnelle.....	68
IV-4.2.3. Maintenance systématique.....	68
IV-4.2.4. Organisation de la maintenance préventive.....	68

Recherche de panne

IV-5. Introduction.....	69
IV-6. L'écran du menu de maintenance.....	69
IV-7. L'écran de sélection du moteur.....	69
IV-8. L'écran du menu principal.....	71
IV-9. Les écrans des récents pannes.....	71
IV-10. Les écrans des anciennes pannes.....	73
IV-11. Les écran de configuration et d'identification.....	73
IV-12. L'écran du menu des testes au sol.....	76
IV-13. Les écrans 1 et 2 d'introduction des données de surveillance.....	76
IV-14. Les document de maintenance (MANUELS).....	78
IV-14.1. Procédure de recherche de panne FIM.....	79
IV-14.1.1. La tâche d'isolation de panne dans FIM.....	80
IV-14.2. L'utilisation du manuel BITE.....	81
IV-14.2.1. Option d'information sur la utilisant le manuel BITE.....	82
IV-15. Descriptions des exemples de recherche de panne.....	83
IV-15.1. L'exemple de VBV.....	87
IV-15.2. L'exemple de VSV.....	96
IV-15.3. L'exemple de TBV.....	105

alphabets latins et les unites

Kn	kilo newton
D	début
T°	température par degré celsius
°C	degré celsius
mm	millimètre
Cs	consommation spécifique
Kg	kilo gramme
R	rapport de pression
Ma	masse d'air
D	début d'air
π	rapport de compression
ρ	masse volumique de l'air
Z	altitude
Va	vitesse absolu (axial)
U	vitesse d'entraînement (tangentielle) ($U = w \cdot r$)
W	vitesse relative
cm	centimetre
Kpa	kilo pascal
I	incidence
H	enthalpie
V	vitesse absolue
Tr/min	tour par minute
IB/sec	unité de poids par second

Introduction

INTRODUCTION

Pour assurer le bon fonctionnement du moteur à compresseur axial, il faut le prévenir de tous les risques qui le menacent tel que le péril du pompage. Ce danger qui compromet la bonne démarche du compresseur s'accompagne de décollement et de décrochage, pouvant causer l'inversion de l'écoulement ce qui provoque la détérioration du compresseur et du moteur.

Notre étude se porte sur l'explication de ce phénomène et les causes qui l'engendrent ainsi que les remèdes et les solutions préconisés. Et pour montrer tous ces concepts on a fait une étude bien détaillée sur le système anti-pompage équipant le moteur CFM56-7B.

Pour ce faire un plan de travail a été élaboré qui se porte sur un petit historique, où on a essayé dans le préambule de traiter l'historique d'AIR ALGERIE et de la firme CFM.

Après cette introduction, on entre dans le cœur du sujet et pour cela on a bien voulu diviser notre travail en quatre chapitres distincts.

Nous présenterons dans le premier chapitre la description du réacteur CFM 56-7B à savoir les différents modules, leurs composants et le circuit d'air.

En second lieu, on traite la description du phénomène de pompage dans les réacteurs sans oublier le principe de fonctionnement des dispositifs de anti-pompage.

Dans la troisième chapitre on décrit le système anti-pompage installé sur un nouveau type de turboréacteur qui est le type le plus fréquemment utilisé CFM 56-7B.

Dans le dernier chapitre on s'est intéressé à la recherche de pannes de ce système.

Enfin une conclusion est tirée.

Historique

HISTORIQUE D'AIR ALGERIE

La compagnie Air Algérie a été créée en 1974 pour l'exploitation du réseau de lignes aériennes entre l'Algérie et la France.

Ce même réseau était desservi par la société Air transport, dont les lignes s'étendaient jusqu'à l'ex-Afrique occidentale Française.

En 1953, à la suite de la fusion de ces deux organismes, la Compagnie Générale de Transport Aérien (Air Algérie), entre en activité.

En 1963, Air Algérie devient compagnie sous tutelle du ministère des transports.

Evolution :

1954 : Air Algérie transporte 100.000 passagers avec une flotte composée de (04) quatre avions conventionnels à piston Douglas DC4.

1956 : L'introduction des Lockheed « porte le nombre à (10) dix avions et le nombre de passagers transportés est de 230.000 »

1957 : Acquisition de deux autres DC4, ainsi que (02) deux NOLD-ATLAS Cargo, Elle transporte 328.000 passages et 4.500 tonnes de fret.

1959 : mise en service de la première caravelle, avion équipé par des turboréacteurs.

1962 : A cette date, la flotte se composait de :

- 04 Caravelles.
- 10 Douglas DC4.
- 03 Douglas DC3.

1966 : Algérianisation totale du personnel navigant commercial.

1968 : Les actions détenues par les sociétés étrangères sont rachetées, acquisition de (04) quatre convers 640 et retrait des DC4 et DC3.

1971 : Mise en service des premiers Super Jet Boeing ; La disponibilité du personnel navigant Algérien permettait la composition des premiers équipages entièrement Algériens.

1972 : Réalisation au sein des ateliers de maintenance de DAR-EL-BEIDA de la première grande visite sur un appareil de type caravelle.

1984 : Algerianisation du personnel navigant technique, 98% de personnel de conduit est composé de nationaux.

- ❖ 02 Airbus A310.
- ❖ 11 Boeing B727-200.
- ❖ 15 Boeing B737-200.
- ❖ 03 Boeing B747-200.
- ❖ 08 Fokker F 27.
- ❖ 03 Hercules L130.
- ❖ 05 Boeing B737-800.

A partir de 1993, La flotte actuelle se compose de :

Commercial :

Nombre	Marque	Type	Module
02	Airbus	A310	240 Passagers
03	Boeing	B767	240 Passagers
11	Boeing	B727-200	180 Passagers
14	Boeing	B737-200	120 Passagers
08	Fokker	F27	40 Passagers
05	Boeing	B737-800	163 Passagers

Cargo:

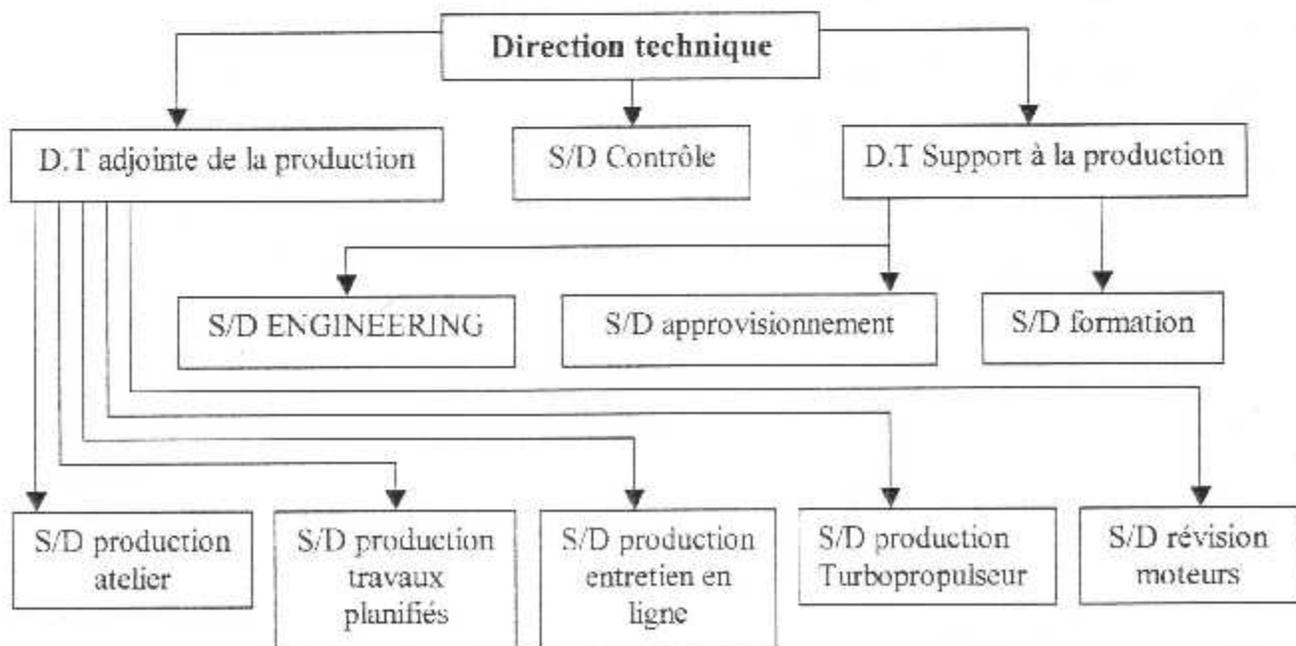
Nombre	Marque	Type	Module
03	Hercule	L130	21 Tonnes
01	Boeing	B737	08 Tonnes

Organisation de la direction technique :

La direction technique est chargée d'assurer la maintenance des appareils propres d'Air Algérie, ainsi que ceux qui lui sont confiés par les tiers étrangers.

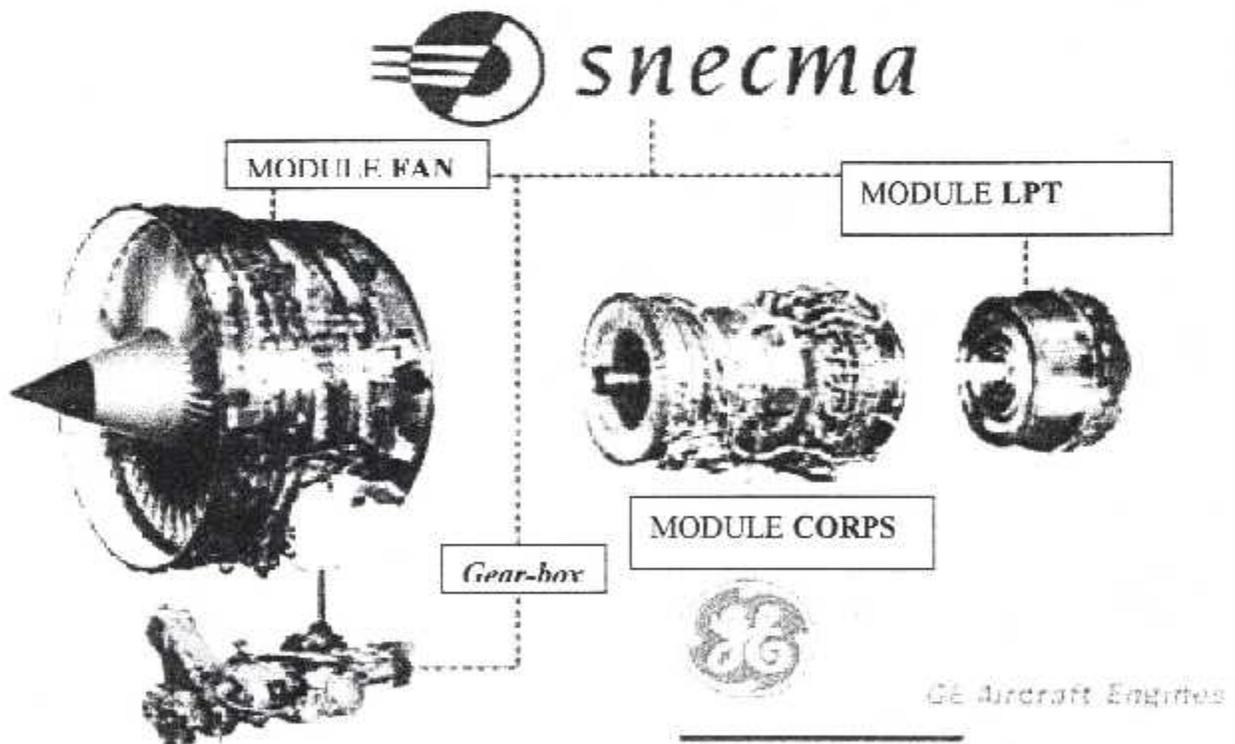
Elle est organisée et structurée pour faire face au travail d'entretien, de réparation révision des équipements, accessoires et aéronefs.

Le personnel de maintenance est en majeure partie composée d'agents ayant un profil technique correspondant aux qualifications requises pour l'entretien des avions et de leurs équipements.

ORGANIGRAMME DE LA DIRECTION TECHNIQUE :

HISTORIQUE DU CFM :

Avec 50% de la part de marché cumulée durant les cinq dernières années, la famille CFM56 confirme en 1999 sa place N°1 à l'échelle mondiale pour les avions plus de 100 places. Dans le cadre de leur filiale commune, CFMI international, SNECMA et GENERAL ELECTRIC conçoivent, fabriquent et commercialisent les moteurs CFM56. Pour préparer l'avenir et satisfaire le futur besoin du marché, les deux partenaires se sont engagées dans un important programme de développement technologique : TECH 56. par ailleurs, SNECMA poursuit le développement de son activité dans le domaine des moteurs de forte poussée.



ACTIVITES DIVISION MOTEURS CIVILS :

Les activités civiles de Snecma Moteurs couvrent une gamme étendue de motorisation de 82 à 490 kn (18500 à 110 000 lb). Ses matériels équipent notamment les avions court, moyen et long-courriers produits par Airbus et Boeing.

Les moteurs CFM56, issus de plus de 25 ans d'un partenariat étroit entre Snecma et General Electric, équipent plus de 4000 avions dans le monde. Un avion équipé de moteurs CFM56 décolle toutes les 5 secondes.

Le programme CFM56 :

Dans le cadre du partenariat CFM International, Snecma Moteurs et Général Electric assurent 50% de la conception, du développement, de la production, des essais, du commerce et du support après vente du programme CFM56



Snecma Moteurs est responsable des systèmes basse pression (soufflante, compresseur et turbine BP).

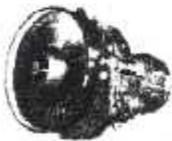
La famille des moteurs CFM56

La famille CFM56 offre la plus large gamme de moteurs au monde, que ce soit dans le domaine civil et aussi militaire.



Le CFM56-2 :

Il est à l'origine de toute la famille CFM56. Il équipe depuis 1982 des avions DC-8 Super 70 en version Cargo, transport et VIP. Il motorise également les avions militaires stratégiques, pour des missions de ravitaillement en vol ou de surveillance.



Le CFM56-3 :

Le CFM56-3 motorise les Boeing 737-300, -400 et 500. Sa remarquable fiabilité a permis à la famille CFM56 de s'implanter mondialement sur le marché des avions à couloir unique de 100 à 200 places.



Les CFM56-5A et 5B :

Les CFM56-5A et CFM56-5B motorisent plus de 60% des avions de la famille A320.



Le CFM56-5C :

Le CFM56-5C équipe le quadrimoteur long-courrier Airbus A340. C'est le moteur le plus puissant de la famille CFM56.

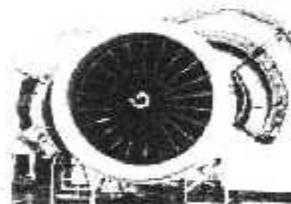
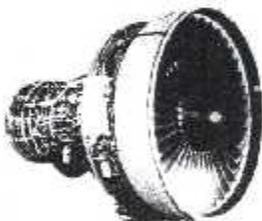


Le CFM56-7 :

Le CFM56-7 a été choisi par Boeing pour motoriser en exclusivité la nouvelle famille d'avions courts et moyens courriers Boeing 737 « Next Generation »

Les moteurs de forte poussée : CF6 et GE90

Snecma Moteurs participe également dans les programmes CF6 et GE90 de General Electric.



Concernant le programme GE90, Snecma Moteurs est responsable à hauteur de 25% des études, de la fabrication à l'assemblage des modules compresseurs basse et haute pression ainsi que de leurs supports en exploitation. Snecma Moteurs produit également, au sein de la filiale commune CFAN, 50% des aubes en composite à large corde de la soufflante.

Concernant le programme CF6, Snecma est associé, selon les versions, à la hauteur de 10 à 20% à la production, à l'assemblage et aux essais de série des CF6 destinés aux avions Airbus A300, A310 A330, et aux Boeing 747, 767 et MD-11.

Ces participations significatives de Snecma Moteurs dans ces programmes lui permettent d'être très présente sur le marché des moteurs de forte poussée de 206 à 490 kN (50 000 à 110 000 lb)

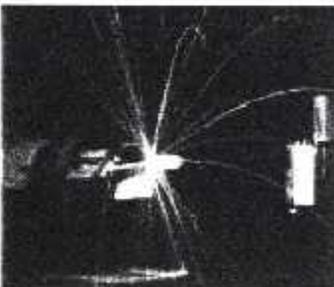
Snecma Moteurs : Technologie et fiabilité

Snecma Moteurs, dont les activités aéronautiques sont certifiées ISO9001, est reconnue comme une référence mondiale en terme de qualité et de fiabilité avec notamment les moteurs de la famille CFM56.

Snecma Moteurs travaille depuis des années sur l'ensemble des technologies permettant de maîtriser le développement des moteurs civils : aubes de soufflante, corps haute pression, intégration d'ensemble, régulation, etc. ...

Pour cela, Snecma Moteurs s'attache particulièrement à développer :

- des méthodes de modélisation et de moyens informatiques tant sur le calcul que sur la production assistée par ordinateurs.
- les technologies de corps haute pression.
- la recherche et développement du bruit et de la pollution notamment avec le programme Nox III.



Snecma Moteurs dispose aussi de moyens industriels performant allant de la production (forge, fonderie, soudage laser, ...), des unités de montage (capacité de produire plus de 100 moteurs par mois) jusqu'au aux essais de certifications des moteurs (22 bancs d'essais différents pour tester les moteurs)

Chapitre I

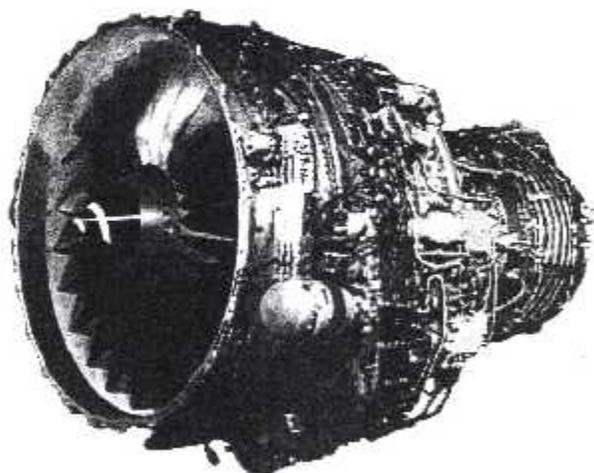
DESCRIPTION DU MANUSCRIT
CHIFFRE 7B

DESCRIPTION GENERALE DU MOTEUR CFM56-7B :

I. 1- INTRODUCTION :

Le **CFM56-7**, dernier-né de la famille des **CFM56***, a été choisi par Boeing comme source unique pour motoriser ses B737-600/-700/-800/-900 Nouvelle Génération. Situé dans la gamme de poussée de 87 à 121 kN, il bénéficie d'améliorations très nettes par rapport au leader de sa catégorie, le **CFM56-3** équipant le B737 classique.

Ce moteur a bénéficié d'une démarche de conception intégrée, associant les aspects techniques et les besoins des clients. Le couple **CFMI / Boeing** a notamment sollicité les compagnies clientes très en amont dans le processus de conception afin de pouvoir leur donner satisfaction sur un maximum de points. Le moteur issu de cette coopération présente les caractéristiques suivantes : robustesse accrue, aubes soufflante large corde, conception aéro 3D, corps haute pression et turbine basse pression dérivés du **CFM56-5B**. Le **CFM56-7**, avec l'apport de matériaux nouveaux, d'une régulation numérique pleine autorité redondante (FADEC) et, en option, d'une chambre de combustion à double tête (DAC) permettant de réduire la production d'oxydes d'azote, est considéré comme le moteur le plus performant du marché dans sa catégorie.



LE MOTEUR CFM56 - 7B

Sa turbine haute pression, dotée d'aubes monocristallines en alliage N5, permet au **CFM56-7** des avancées notables sur le **CFM56-3** :

- une température de fonctionnement plus basse avec des marges EGT (température de sortie des gaz) plus élevées pour une meilleure longévité du moteur sous l'aile,
- Une consommation spécifique de carburant réduite de plus de 8 %.

Les outils les plus modernes de conception numérique ont été utilisés à chaque étape du développement du **CFM56-7B**. Les résultats sont là : des temps de dépose et de remplacement des équipements réduits jusqu'à 80 %

par rapport au **CFM56-3** et la possibilité de changer le moteur sur site en une seule fois. Venant confirmer la fiabilité des moteurs de la famille, le **CFM56-7** offre aux opérateurs des coûts de maintenance réduits, inférieurs de 15 % à ceux du **CFM56-3C1**.

Près de 1 130 **CFM56-7B** ont été commandés à ce jour par soixante clients pour équiper leurs B737 Nouvelle Génération. Au seuil du XXIème siècle, la famille **CFM56** est ainsi dotée des atouts nécessaires pour maintenir, voire d'accroître, sa position de premier plan.

Le CFM International est une filiale commune de Snecma (France) et de Général Electric (Etats-Unis)

I. 2- Dates clés :

• Lancement du programme avion	janvier 1994
• Premiers essais moteurs	avril 1995
• Premier vol moteur sur Boeing 707 FTB	janvier 1996
• Certification du CFM56-7B	décembre 1996
• Certification sur Boeing 737-700	septembre 1997
• Entrée en service sur Boeing 737-700	décembre 1997
• Entrée en service sur Boeing 737-800	avril 1998
• Entrée en service sur Boeing 737-600	août 1998
• Entrée en service sur Boeing 737-900	décembre 2000

I.3- caractéristiques des moteurs :

	CFM56-7B18	CFM56-7B20	CFM56-7B22
• Poussée max. au décollage (kN)	87,00	91,50	101,00
• Taux de dilution	5.5	5.4	5.3
• T° à poussée nominale maintenue (°C)	30	30	30
• Poussée max. en montée (kN)	26,50	26,50	26,50
• Taux de compression général	32,70	32,70	32,70
• Longueur (mm)	2 629	2 629	2 629
• Diamètre de soufflante (mm)	1 550	1 550	1 550
• Applications	B737-600	B737-600 B737-700	B737-600 B737-700

	CFM56-7B24	CFM56-7B26	CFM56-7B27
• Poussée max. au décollage (kN)	107,50	117,00	121,00
• Taux de dilution	5.3	5.1	5.1
• T° à poussée nominale maintenue (°C)	30	30	30
• Poussée max. en montée (kN)	26,50	26,50	26,50
• Taux de compression général	32,70	32,70	32,70
• Longueur (mm)	2 629	2 629	2 629
• Diamètre de soufflante (mm)	1 550	1 550	1 550
• Applications	B737-700 B737-800 B737-900	B737-800 B737-900	B737-800 B737-900

I. 4 - LES MODULES DE MOTEUR :

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

- module fan
- module corps
- module LPT

le moteur se compose des sections suivantes :

- fan-booster (compresseur basse pression : LPC)
- compresseur haute pression (HPT)
- turbine haute pression (HPT)
- chambre de combustion
- turbine basse pression (LPT)
- accessoire d'entraînement

le rotor fan-booster et le rotor LPT sont sur la même basse pression (N1) le rotor HPC et le rotor HPT sont sur le même arbre haute pression (N2)

I. 4.1 - fan-booster :

le fan-booster est un compresseur à quatre (04) étages

Le fan augmente la vitesse de l'air. un séparateur (splitter) divise l'air en deux flux :

- primaire
- secondaire

Le flux primaire va dans le corps du moteur le booster augmente la pression de cet air et l'envoie au HPC.

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

I.4. 2 - COPRESSEUR HAUTE PRESSION (HPC):

Le HPC est un compresseur a neuf (09) étages. il augmente la pression de l'air venant du LPC et l'envoi a la chambre de combustion

Le HPC fourni aussi de l'air pour les systèmes pneumatique avion et le système d'air du moteur.

I.4. 3 - CHAMBRE DE COMBUSTION :

La chambre de combustion mélange l'air venant du compresseur avec le carburant venant des injecteurs.

Ce mélange air/carburant brûle dans la chambre de combustion pour produire des gazes chauds ces derniers vont à la HPT.

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

- chambre de combustion annulaire «SAC»
- chambre de combustion annulaire double «DAC» (optionnelle) .

I.4. 4 - TURBINE HAUTE PRESSION :

La HPT est turbine mon étage. Elle est convertie l'énergie des gaze chauds en énergie mécanique. La HPT utilise l'énergie mécanique pour entraîner le rotor HPC et les accessoires.

I.4. 5 - TURBINE BASSE PRESSION :

La LPT est une turbine a quatre (04) étages. Elle est convertie l'énergie des gaze chauds en énergie mécanique. La LPT utilise l'énergie mécanique pour entraîner le rotor fan-booster.

I. 5 - ACCESSOIRE D'ENTRAINEMENT :

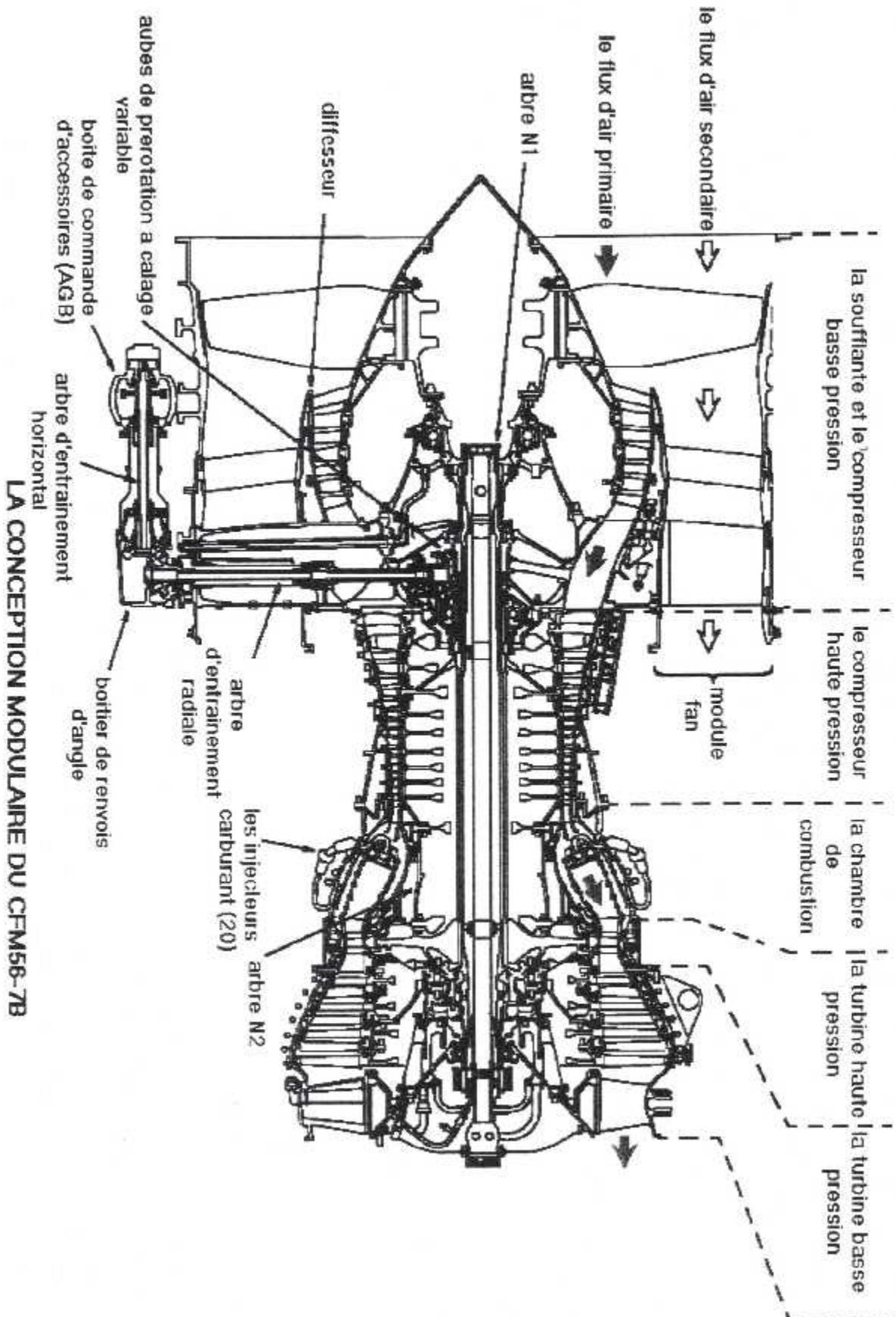
il se compose de :

- boite à engrenage d'entrée (IGB)
- arbre d'entraînement RADIAL (RDS) :
- boite à engrenage de transfert (TGB)
- arbre d'entraînement horizontal (HDS)
- boite à engrenage d'accessoire (AGB)

l'arbre N2 entraîne la AGB a travers les arbres et boites à engrenage suivant :

- boite a engrenage d'entrée (IGB)
- arbre d'entraînement radial (RDS)
- boite a engrenage de transfert (TGB)
- arbre d'entraînement horizontal (HDS)

La AGB fait fonctionner les accessoires avions et les accessoires moteurs.



I. 6 - BOITE D'ENGRENAGE DES ACCESSOIRES (AGB) :

Le module AGB est dans le côté gauche du moteur sur le carter entré fan. Des unités remplaçables et les portes de service suivantes sont associées au module AGB et elles sont localisées sur la face avant :

- joints magnétiques
- joints salol
- alternateur EEC
- démarreur pneumatique
- coussinets de ventilation manuelle
- pompe hydraulique
- IDG

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

Les unités remplaçables elles portent service suivantes sont associées au module AGB et sont localisées sur la face arrière de l'AGB :

- joints magnétiques
- joints salol
- HMU
- Pompe carburant
- Pompe lubrification
- Echangeur principal huile/carburant
- Servo réchauffeur carburant

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

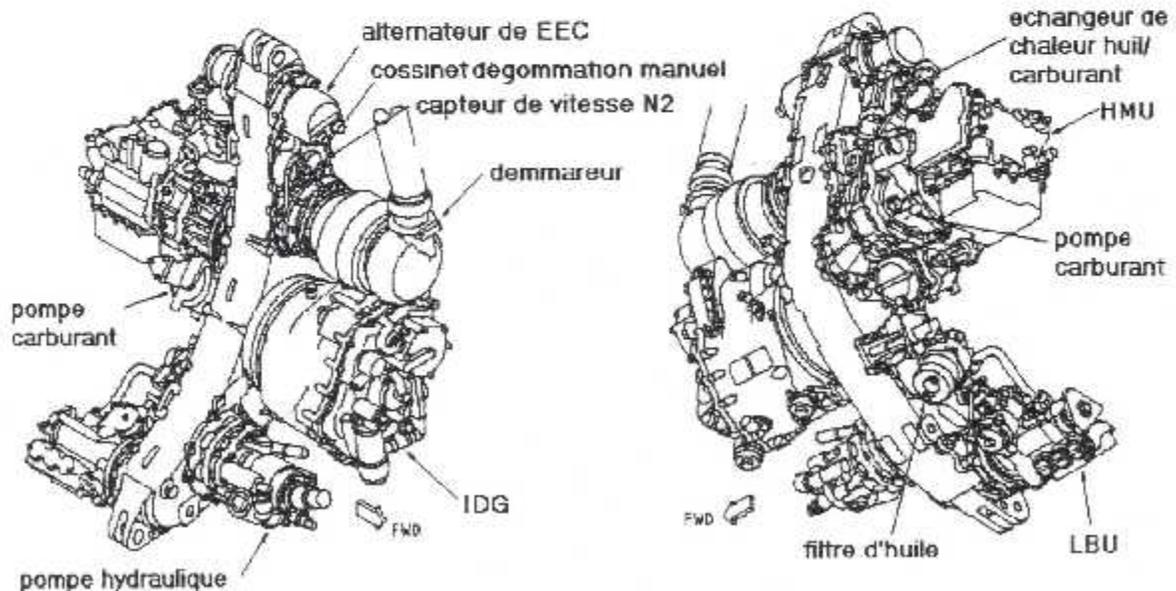


FIG. (I.03): LES ACCESSOIRES DE LA GEARBOX (MODULE AGB)

I. 7 - PALIERS ET ROULEMENTS MOTEUR :

il y a deux (02) paliers pour le moteur :

- palier avant
- palier arrière

Cinq (05) roulements principaux (deux a bille et trois a galets) sont contenus dans le palier avant (roulement 1B,2R,3Bet R) et palier arrière (roulement 4Ret5R).

Cinq (05) roulements moteurs principaux supportent les arbres N1 et N2. les roulements sont identifiés par des numéros allant de 1 à 5

les roulements ont billes absorbent les charges axiales de l'arbre les roulements a galets absorbent les charges radiales

- roulement a bille N0 1 et roulement a galets N0 2 supportent l'arbre fan
- roulement a bille N0 3 et roulement a galets N0 3 supportent l'arbre HPC dans l'extrémité avant et est localisé dans l'IGB
- roulement a galets N0 4 supporte l'arrière de l'arbre rotor HPT et roulement galets N0 5 supportent l'arrière de l'arbre LPT

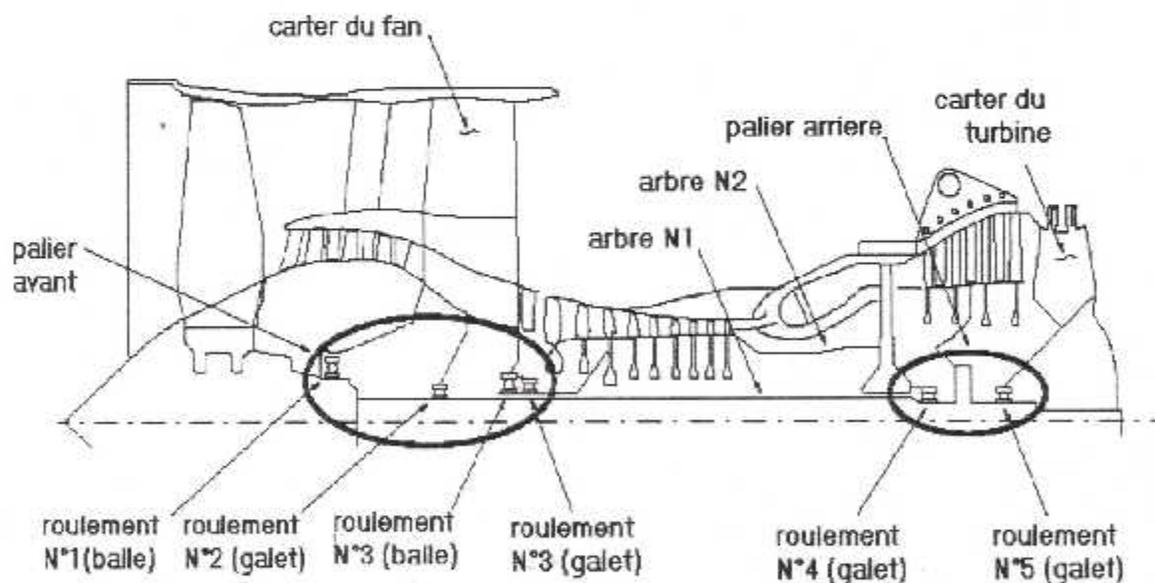


FIG. (I.04): ROULEMENT ET PALIERS PRINCIPALES DU MOTEUR

I. 8 - STATION AERODYNAMIQUE DU MOTEUR :

Il y a des capteurs et des sondes aux cinq (05) stations aérodynamiques sur le CFM56 – 7B :

- Station 0 : air ambiant.
- Station 12 : entrée d'air.
- Station 25 : température d'entrée HPC.
- Station 30 : décharge du compresseur haute pression.
- Station 49.5 : deuxième étage de la LPT.

Si le moteur a le KIT de surveillance de santé optimale, on a plus de sondes à ces station aérodynamique :

- Station 13 : décharge de soufflante.
- Station 25 : admission du compresseur haute pression.
- Station 50 : décharge de la LPT.

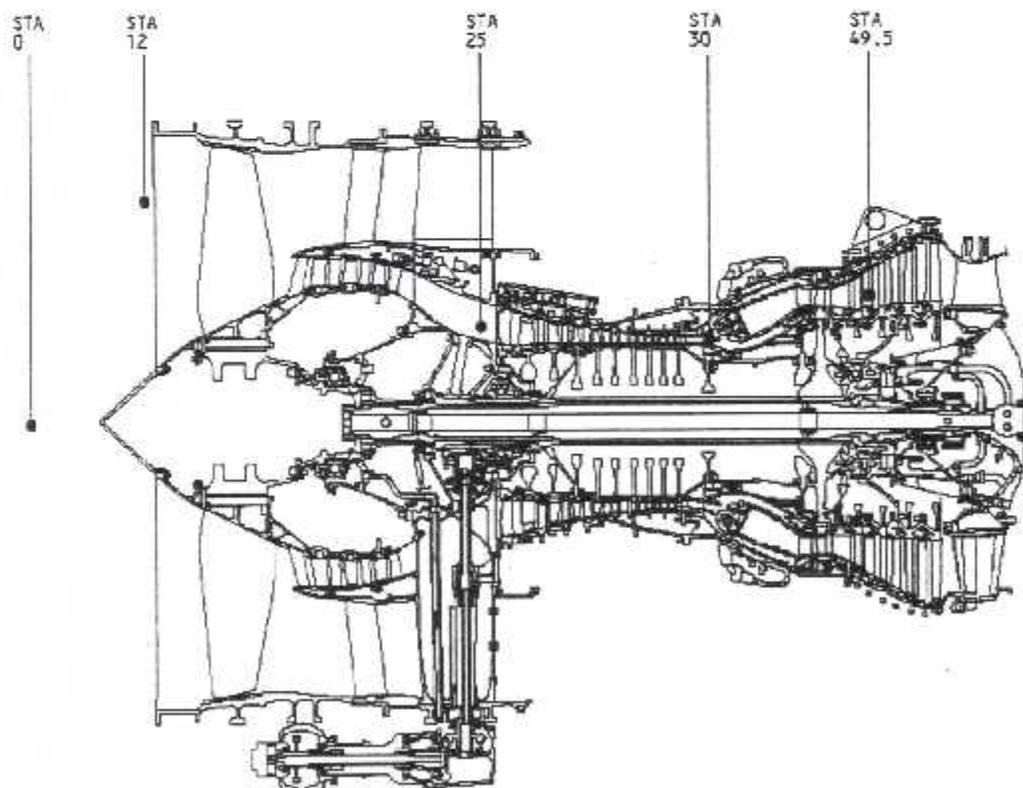


FIG.(I.05):STATIONS AERODYNAMIQUES DU MOTEUR

I. 9 - SYSTEME FADEC :

(Full authority digital engine control : système de régulation électronique numérique à pleine autorité du moteur)

le système FADEC de chaque moteur consiste sur deux canaux de la EEC (unité contrôle électronique) indépendantes A et B.

le EEC est un ordinateur du système FADEC, elle est positionnée à 4 : 00 H. il commande le moteur d'après l'équipage ou du système de commande automatique de la poussée surveillance continue du fonctionnement du moteur en empêchant le franchissement des limites calculées.

Le rôle de système FADEC est d'exécuter les opérations suivantes :

- Contrôle de régulation carburant.
- Contrôle de gestion de puissance.
- Contrôle de la valve de démarrage de bruiteur (BSV)
- Contrôle de la valve de retour carburant (FMV)
- Vanne de décharge (VBV)
- Stator a calage variable (VSV)
- Dispositif de purge actif de contrôle et de jeu rotor (RACSB)
- Contrôle actif de jeux turbine haute et basse pression (HPTACC / LPTACC)
- Mise en marche automatique et manuelle.
- Contrôle renversé de poussée.
- La auto-poussée.
- Indication de moteur.
- Données d'entretien du moteur.
- Condition de données de surveillance.

Le système FADEC⁴ constitue 4 éléments suivants :

- Les différents accessoires entraînent par la GEAR-Box.

Le boîtier des accessoires est fixe a la partie inférieure du carter du compresseur HP.

- Un arbre horizontal relié a la boîte de (TGB) au boîtier des accessoires.
- Un arbre incline relié la prise de mouvement à la boîte de (TGB)

I. 10 - DESCRIPTION GENERAL DU SYSTEME D'AIR

I. 10. 1 - Introduction :

Le système d'air a pour rôle de contrôler le fonctionnement du moteur, en empêchant des dysfonctionnements de présenter, comme le phénomène du pompage au niveau du compresseur, et la consommation excessive du carburant, et ceci en contrôlant les sous-système suivant :

- Le jeu de turbine : Haute pression HPTCC, et basse pression LPTACC.
- Le flux d'air du compresseur : VSV, VBV et TBV.

Les éléments concernés par le système à air sont :

- ❖ La EEC
- ❖ VSV
- ❖ VBV
- ❖ La HMU
- ❖ Turbine Actuator (vérin)

I. 10. 2 - Contrôle du jeu turbine :

Le système d'air ajuste entre les aubes de la turbine haute pression (HPT) et son carter, ainsi que le jeu entre les aubes de la turbine basse pression (LPT) et son carter.

Le système d'air diminue le jeu entre le rotor et le carter turbine, avec cette aide le moteur consomme moins de carburant, le système à air augmente aussi le jeu entre les aubes de la turbine haute pression (HPT) et son carter durant certain régime de propulsion, et ceci pour s'assurer que les extrémités des aubes ne frottent pas contre les parois du carter intérieur.

$$Cs = Mc / F \quad \text{kg/seconde} * N$$

Avec :

Mc : débit masse carburant en kg/seconde

F : pousse réacteur en newton

I. 10. 2-1 -Le contrôle du jeu turbine haute pression (HPTACC) :

Le jeu est par la valve HPTCC.

Le contrôle du jeu turbine haute pression est assuré par une soupape (HPTCC valve) qui contrôle la quantité d'air prélevé du compresseur haute pression (HPC) au niveau du 4ème étage et d'une quantité d'air aussi prélevé au niveau du 9ème étage, envoyer vers le carter de la turbine haute pression (HPT)

-FONCTIONNEMENT :

- Pas d'air :

La valve HPTCC possède 2 valves respectivement pour l'air du 9ème étage et du 4ème étage. quand il n'y a pas d'air qui passe, les VSV sont dans la position :

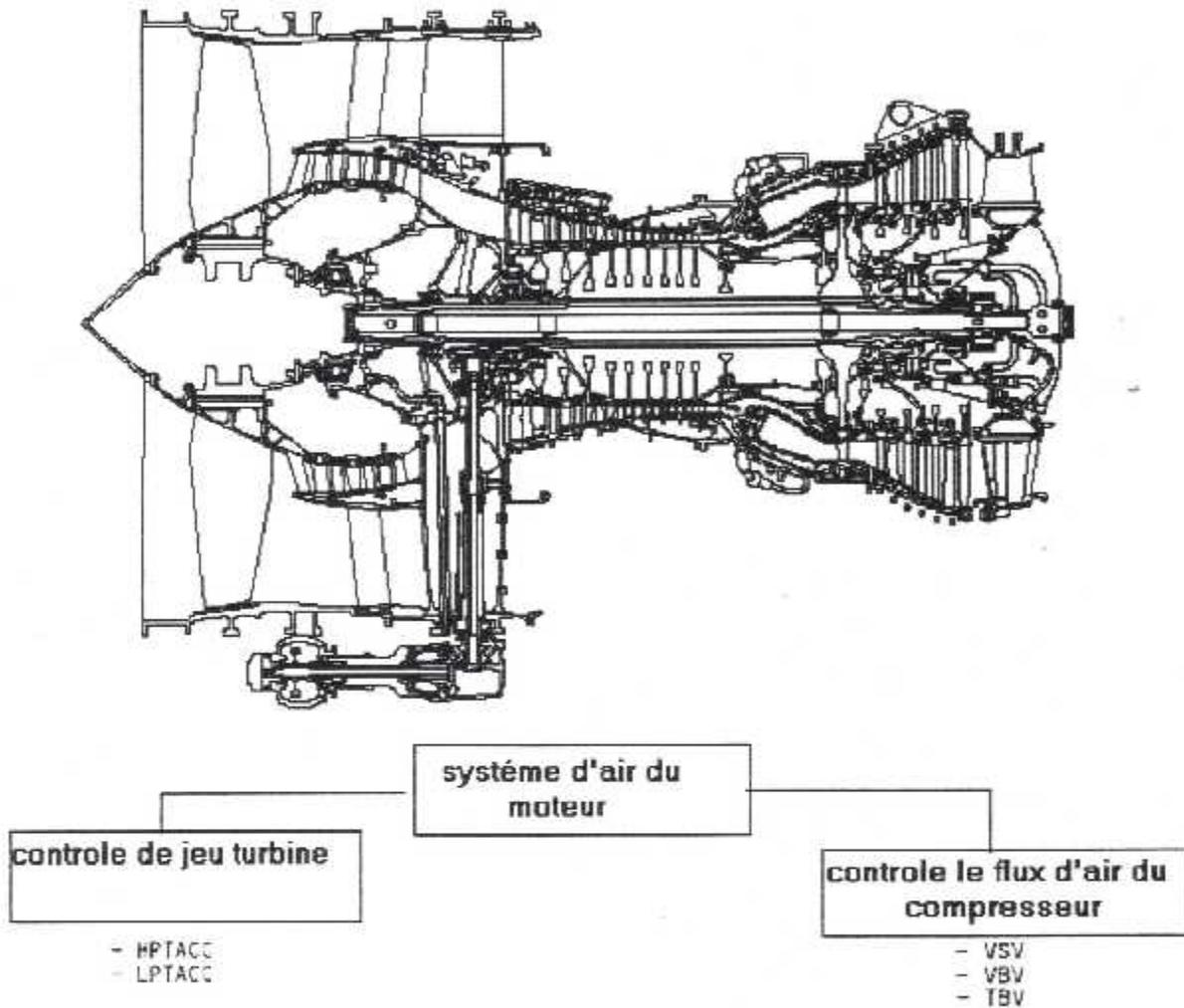


Fig.(I.06) : SYSTEME D'AIR DU MOTEUR

PAS D'AIR QUI PASSE

Les valves sont dans la position closed, cet état correspond à la position « shut down », c'est aussi la position par défaut de sécurité.

-Écoulement haut du 9ème étage (HIGHT FLOW9thSTAGE) :

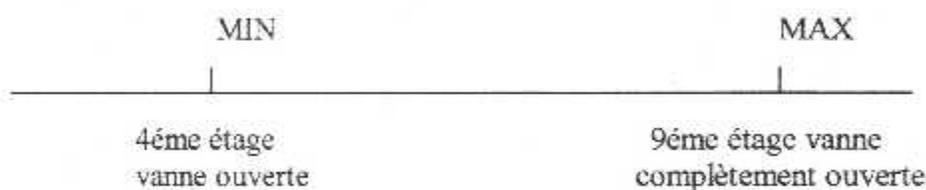
A la position complètement ouverte de la valve 9ème le flux chaud de l'air est entièrement envoyé vers le support du carter HPT, à ce moment là l'air au maximum. On peut avoir un écoulement faible en contrôlant l'air provenant du 9ème étage par l'intermédiaire de la valve mais cette fois ci, il n'est pas complètement ouvert, donc il y a moins de quantité d'air chaud qui est envoyé vers le HPT

REMARQUE :

la valve du 4ème étage est gardé fermé.

-Le flux mixte

Dans le mode mixte, une quantité d'air chaud de la valve du 4ème étage peut être mélangé à celle provenant du 9ème étage et envoyé à la fin au carter de HPT, ce procédé nous permet d'avoir un contrôle du jeu désiré à la HPT.



I. 10 - 2 -2- Contrôle du jeu de la turbine basse pression LPT active (clearance contrôle LPTCC) :

LPTCC, c'est la vanne qui contrôle la quantité d'air provenant du flux secondaire FAN et qui est dirigée à la LPT pour contrôler le jeu.

La valve LPTCC n'est jamais complètement fermée pour permettre le refroidissement carter LPT pour contrôler-le jeu.

LPT. La LPTCC ouvre et module la quantité d'air prélevé du FAN renvoyer vers le collecteur du carter LPT.

I. 10. 3 - Contrôle de l'écoulement d'air du compresseur :

Le système d'air du moteur ajuste l'écoulement d'air du compresseur basse pression (LPC), et celui du compresseur haute pression (HPC) dans tous les régimes moteur afin d'empêcher le pompage qui peut aller jusqu'à causer la perte totale de la poussée et par suite l'arrêt du moteur.

Chapitre II

pompage et anti-

pompage

II – POMPAGE :

II.1- DEFINITION :

Au régime de marche nominale du compresseur, l'air s'écoule régulièrement sur les aubes. Aux autres régimes de marche du moteur, cet écoulement régulé est compromis et s'accompagne de décollements au décrochage. le décrochage aérodynamique des filets d'air sur les premiers étages consécutifs aux angles d'incidence trop élevés entraîne une perte d'efficacité. Comme le débit est freiné par ces derniers, cette contre-pression entraîne l'inversion du débit. Cette inversion amène une augmentation d'incidence sur les derniers étages qui deviennent efficace et la contre-pression diminue, ce qui permet au débit de redevenir normal. Ceci entraîne de nouveau une diminution d'incidence sur les derniers étages et une augmentation de la contre-pression d'où l'inversion de débit. Le même cycle recommence, donc le moteur pompe, d'où l'apparition du phénomène de pompage. Alors l'écoulement d'air n'est plus régulier, il devient pulsatoire.

On peut dire que le pompage est un décrochage aérodynamique sur aubages rotor pouvant se traduire par l'inversion de l'écoulement (variation brutale de P_2)

II. 2 – CARACTERISTIQUE DE PHENOMENE DE POMPAGE :

La marche instable du compresseur (le pompage) est caractérisée par des oscillations périodiques brutales de la pression et des vitesses dans l'écoulement d'air traversant le compresseur, des oscillations de la veine d'air dans le moteur et parfois par des retours d'air du compresseur dans l'entrée d'air.

II. 3 - COURBES CARACTERISTIQUES DU FONCTIONNEMENT D'UN COMPRESSEUR :

Le compresseur est teste sur un banc d'essai de compresseur. Il est constitué de façon suivante :

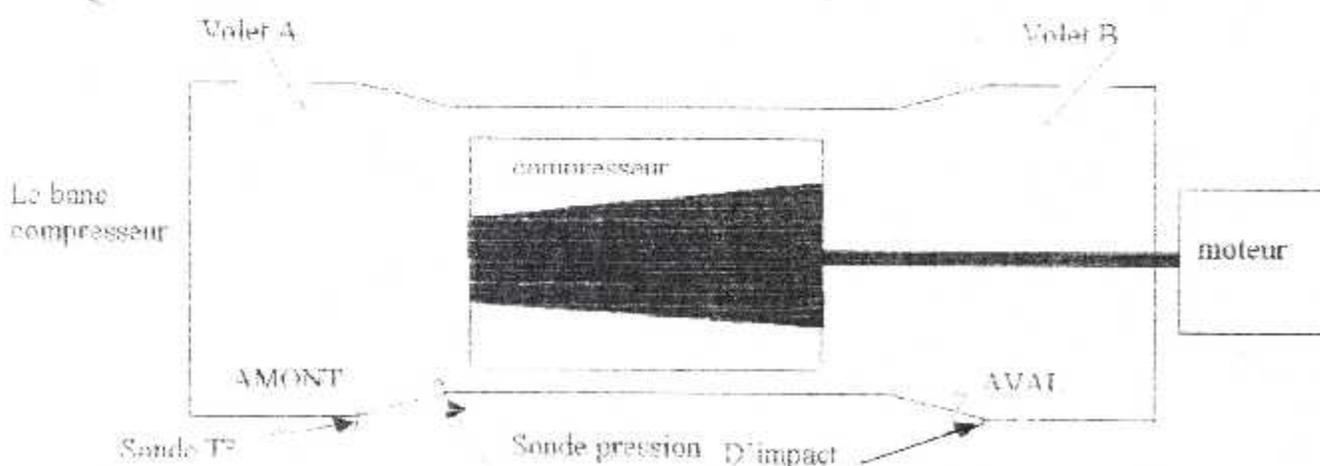


Fig.(II.01): Banc d'essai de compresseur

Le rotor est accouplé à un moteur électrique dont on peut faire varier le régime

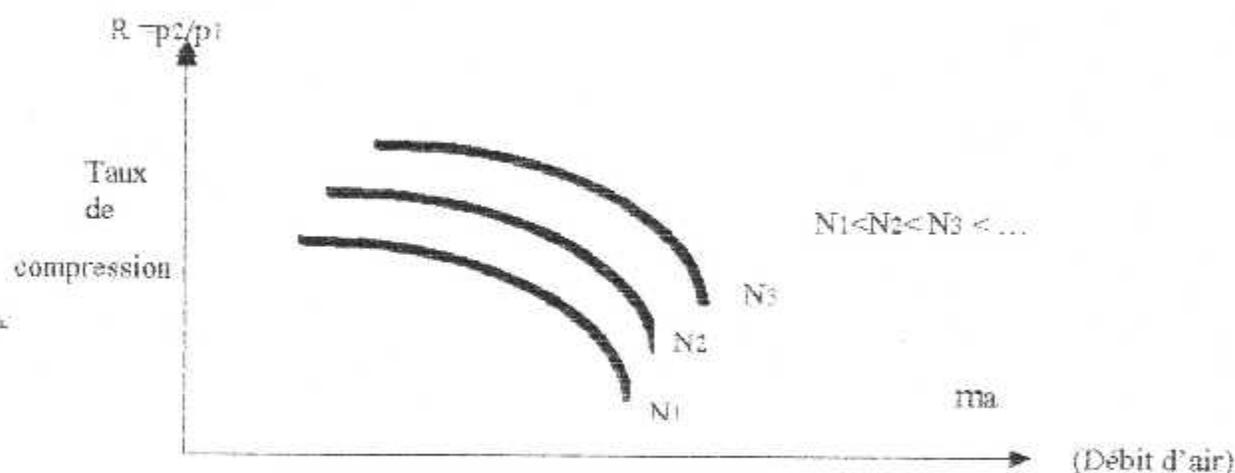
(Nombre de tours/min). Le compresseur reçoit sur sa partie avant une chambre amont (nombre de tours/min) Munie d'un volet permettant de régler le débit d'air et la pression amont, il reçoit également à sa partie avale sont assez vastes pour que les vitesses d'écoulement soient négligeables.

A un régime donne (à une vitesse de rotation du moteur électrique entraînant le compresseur) N_1 (tr/min), en faisant varier le débit d'air par l'intermédiaire des volets A et B et on suit la variation du taux de compresseur : $R = P_2/P_1$.

P_2 = pression sortie de compresseur.

P_1 = pression entrée de compresseur

On obtient une courbe ayant la forme illustrée par la courbe (II. 02) puis on réitère, en changeant à chaque fois la vitesse de rotation du moteur électrique (N_2, N_3, \dots).

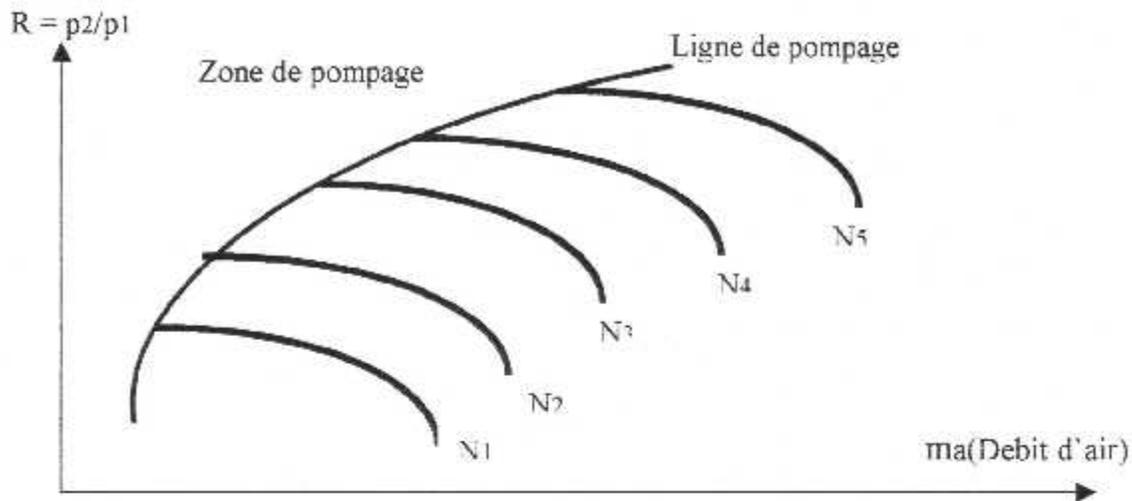


Courbe (II. 02): courbe $R = R(ma)$

Nous constatons que :

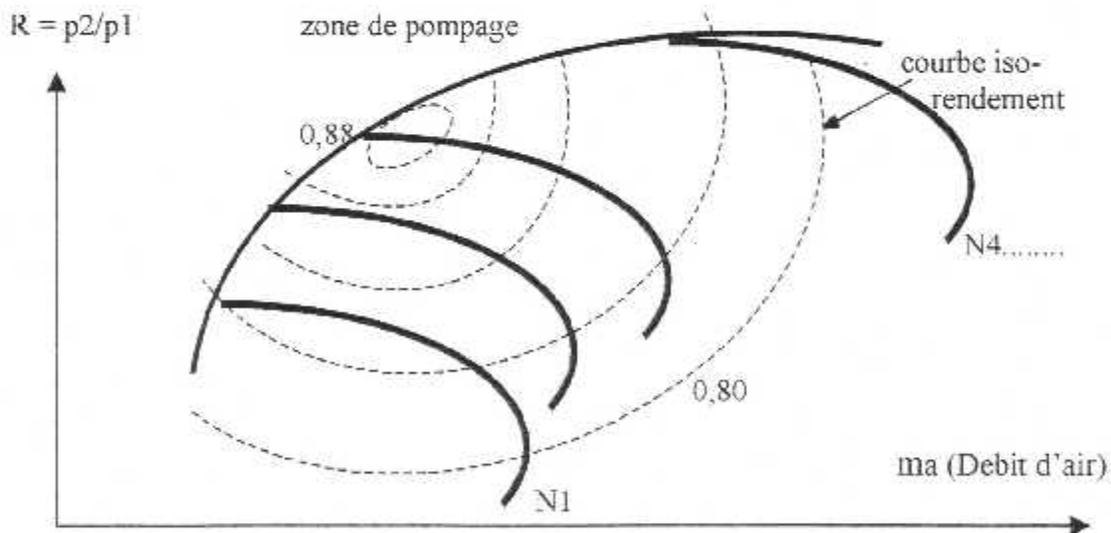
AN = constante, le taux de compression est sensiblement constant pour les faibles débits, puis il chute rapidement quand les débits augmentent. A débit constant le taux de compression augmente quand le nombre de tours croit.

Pour compléter le diagramme ci-dessus, il faut tracer la ligne de pompage qui apparaît lorsqu'on réduit trop le débit. Cette ligne nous permet d'éviter de fonctionner le compresseur dans la zone de pompage, c'est à dire la ligne delimitant la zone de pompage, en effet, une trop grande réduction du débit entraîne une diminution de la vitesse d'entrée à chaque étage et donc un décrochage des aubes amenant le pompage. Le diagramme trouvé est le suivant (voir Courbe (II. 03))



Courbe (II. 03) : DIAGRAMME MONTRANT LA LIGNE DE POMPAGE

Il est également intéressant de tracer sur ce diagramme, les courbes iso rendement du compresseur. En pratique, le calcul du rendement compresseur est aisé puisqu'il est facile de déterminer la puissance fournie au compresseur par le moteur d'entraînement. Cela se traduit par le diagramme suivant : (voir Courbe (II. 04))



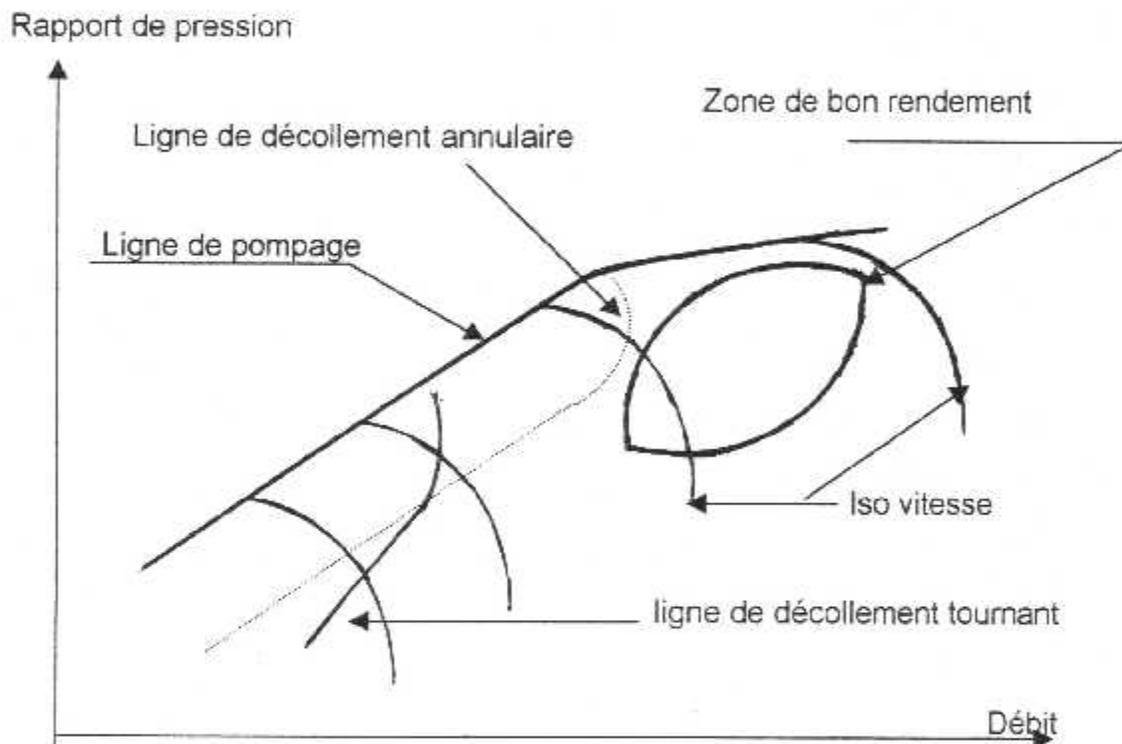
Courbe (II. 04) : Courbe iso-rendement

On voit que le rendement augmente lorsque l'on se rapproche de la ligne de pompage. Les constructeurs cherchent donc à faire fonctionner le compresseur dans ces zones de rendement élevé, mais encore faut-il ne pas risquer de tomber dans la zone de pompage.

II. 4 - LE PHENOMENE DE POMPAGE DANS LES COMPRESSEURS AXIAUX :

II. 4. 1 – PRESENTATION DU PROBLEME :

Il est classique de représenter la carte des performances d'un compresseur axiale dans le plan rapport de pression débit sur chaque courbe caractéristiques à vitesse de rotation constante (iso vitesse). Il existe un point rapport de pression débit au delà duquel apparaît un régime localement ou globalement stationnaire. (voir Courbe (II. 05))



Courbe (II. 05) : Courbe des zones d'instabilités

Ces régimes peuvent être essentiellement de quatre types : décollement annulaire, flottement ou pompage.

Le pompage est un régime instationnaire qui affecte l'ensemble (compresseur – circuit récepteur). Il est caractérisé par une oscillation axiale du débit à faible fréquence avec des amplitudes considérables. L'aisance d'un tel phénomène dépend non seulement du compresseur mais aussi de son environnement. elle peut néanmoins être déclenchée par la présence de décollement tournant. Ce régime inacceptable, en raison de graves dangers qu'il présente, oblige les constructeurs à prévoir une (marge de pompage), c'est à dire une limite du domaine de fonctionnement qui exclut l'ensemble de ces instabilités. Le problème est d'autant plus critique que la zone de bon rendement voisin avec cette marge doit se faire au niveau de l'avant projet en tenant compte de la précision de la méthode déterminant la ligne de pompage de son éloignement du point d'opération optimum et de l'influence des hétérogénéités de l'écoulement à l'entrée du compresseur.

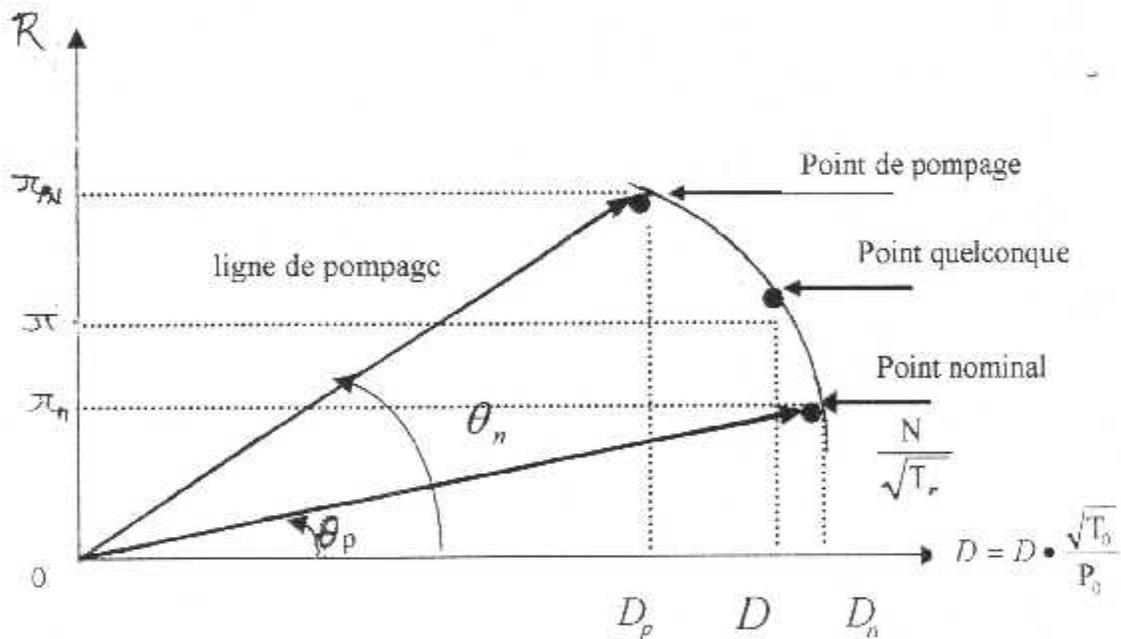
II. 4. 2 - MARGE AU POMPAGE ET L'ENVIRONNEMENT DU COMPRESSEUR:

II. 4. 2. 1 – DEFINITION QUANTATIVE DE MARGE AU POMPAGE :

La marge au pompage, nous l'avons vu, estime la distance entre la ligne de fonctionnement (définie généralement comme le lieu géométrique, dans le plan taux de compression – débit, des points de rendement maximal) et la ligne de pompage (limite de fonctionnement stable) pour une iso vitesse deux thèses s'affrontent :

- La première intéresse à la distance entre le point nominal et un point de pompage sur la même iso vitesse.
- La deuxième à la distance entre le point nominal et un point sur la ligne de pompage se trouvant au même débit du point nominal.

A) MARGE AU POMPAGE BASEE SUR LA PENTE INITIALE (M_{pi}) :



Courbe (II. 06) : marge au pompage basé sur la pente initiale(M_{pi})

Cette définition de la marge au pompage ne s'intéresse qu'au pompage sur une même iso vitesse indépendamment de la forme de la ligne de pompage sur les autres iso vitesses. (voir Courbe (II. 06))

$$\text{On a : } M_{pi} = \left[\frac{\left(\frac{\pi_{Pq}}{D_{Pq}} \right)}{\left(\frac{\pi_n}{D_n} \right)} - 1 \right] * 100$$

(M_{pi}) mesure la distance angulaire entre le point nominal et le point de pompage. cette définition la plus souvent utilisée par le rapport NASA, peut être exprimée également par :

$$M_{pi} = \left[\frac{\text{tg } \theta_p}{\text{tg } \theta_n} - 1 \right] * 100$$

On utilisant la même méthode, on peut définir un point quelconque sur une vitesse donnée par un paramètre appelé (XMARGE).

$$XMARGE = \left[\frac{\left(\frac{\pi}{D} \right)}{\left(\frac{\pi}{D_n} \right)} - 1 \right] * 100$$

Au point nominal

XMARGE = 0,0 %

Au point de pompage

XMARGE = M_{pi}.

Pour $\pi < \pi_n$

XMARGE est négatif.

Pour $\pi > \pi_n$

XMARGE est positif.

B) MARGE AU POMPAGE BASEE SUR ISO DEBIT (M_{pd}) :

Cette marge au pompage est la plus utilisée dans l'industrie. Elle est définie par la courbe (II. 06)

La simplicité de cette définition est évidente, elle s'intéresse directement au taux de compression. La notion d'iso débit n'est pas éloigné de la méthode de calcul hors adaptation généralement utilisée et dans laquelle on impose un débit.

II. 4. 3 - LES EFFETS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LA MARGE AU POMPAGE :

Le phénomène de pompage dépend non seulement du compresseur mais aussi de son environnement. Le pompage est un régime instationnaire qui affecte l'ensemble compresseur circuit récepteur. (GREITER) a montré depuis 1976, l'importance du circuit général amont et aval, dans lequel est installé le compresseur.

D'autre, il est connu que la ligne de pompage d'un compresseur est fonction des hétérogénéités de l'écoulement à l'entrée. C'est le cas de la phase de vol à forte incidence ou le décollement de la marche d'entrée, du moteur provoque des distorsions radiales et circonférentielles de vitesse et de pression qui affectent la ligne de pompage.

Une marge au pompage doit tenir compte d'un certain nombre d'effets :

- Le niveau prévu des distorsions à l'entrée.
- Une certaine tolérance vis-à-vis de ces distorsions.
- Les effets de nombre de reynolds.
- La détérioration partielle des éléments de la machine.
- Le vieillissement.
- Les phases transitoires d'accélération.

On estime qu'un compresseur moderne a une marge au pompage (M_{pd}) de 20 % représentant la somme de :

- 5% pour tenir compte des distorsions prévues.
- 3% de tolérance.
- 2% pour tenir compte des détériorations de la machine.

10% pour tenir compte des phases transitoires.

En effet, durant la phase d'accélération, le débit carburant augmente, la variation d'enthalpie (H) fournie par la turbine augmente plus vite que n'augmente le débit du compresseur lors d'un fonctionnement stabilisé et pourtant, le taux de compresseur est supérieur à la valeur stabilisée.

II. 4. 4 - AUTRES ELEMENTS PERMETTANT L'AMELIORATION DE LA MARGE AU POMPAGE :

Parmi les éléments de construction de chaque étage, quelques-uns ont été étudiés en détail dans la littérature. Ces éléments sont :

- L'incidence nominale.
- Les jeux au bout de l'aube.
- L'allongement.
- La solidité.
- Le traitement du carter.
- Vannes de décharge.
- Géométrie variable des stators.



II. 5 – LES CAUSES DE POMPAGE :

En ce qui concerne les causes du pompage, on distingue essentiellement les causes suivantes :

- ❖ Faible régime.
- ❖ Le pompage sur reprise ou obstruction thermique.
- ❖ Conditions de vol (température, viscosité, la marche d'air)

II. 5. 1 – FAIBLE REGIME :

Avant d'étudier l'effet des faibles régimes, on va examiner la variation de l'angle d'incidence (i) de l'écoulement par rapport au profil d'aube, selon les vitesses axiales et d'entraînements.

Pour une vitesse axiale constante, une augmentation de la vitesse d'entraînement provoque une augmentation de l'angle d'incidence (i). La même chose pour une vitesse d'entraînement constante, si la vitesse axiale croît ou décroît, l'incidence (i) augmente ou diminue.

Ainsi aux faibles régimes, c'est à dire lorsque la vitesse de rotation du compresseur basse pression (BP) n'est pas adaptée à la vitesse de l'écoulement d'air dans l'aubage, il en résulte un angle d'incidence trop élevé ce qui provoque un décollement des filets d'air sur *l'extrados des ailettes*

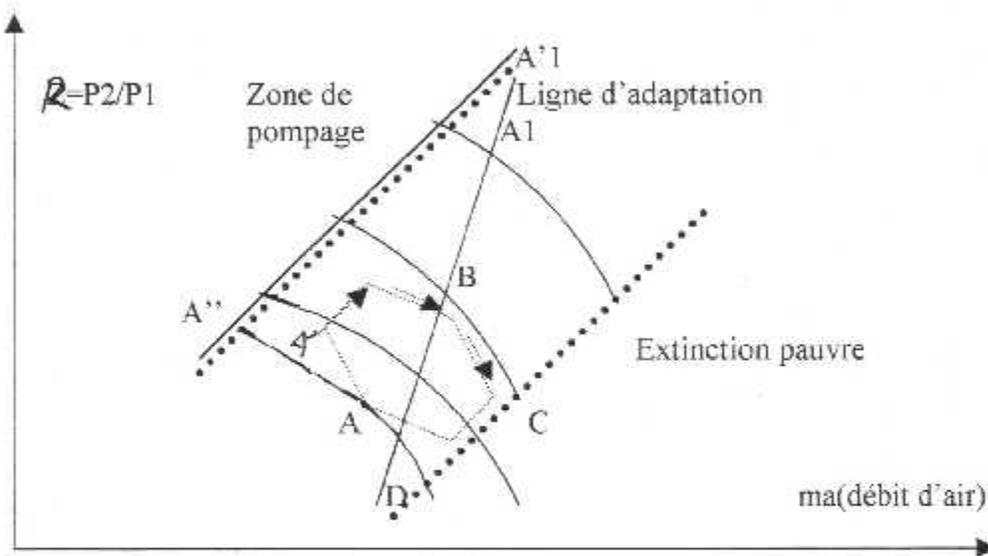
II. 5. 2 LE POMPAGE SUR REPRISE OU OBSTRUCTION THERMIQUE :

Ce type de pompage se rencontre lorsqu'on fait un rapport trop important du carburant dans la chambre de combustion.

En effet, la commande de poussée est en relation directe avec le débit carburant. Si le pilote accélère brusquement, le débit carburant va augmenter ainsi que la quantité de chaleur apportée dans la chambre de combustion. Cette augmentation de température se traduit par une obstruction à la sortie de compresseur. C'est à dire une diminution de débit d'air pouvant entraîner un pompage. Pour bien comprendre, nous prenons l'exemple qui exprime le type de pompage voire la courbe (II. 07).

Soit (A) est le point de fonctionnement en régime stabilisé correspondant $N1/\sqrt{T1}$ et supposant que nous voulons passer au point (B), le régime stabilisé qui correspond à $N2/\sqrt{T2}$. Pour cela, on augmente le débit carburant. Si l'apport de carburant n'est pas trop important, le point (A) va se déplacer en (A') à cause de l'inertie de l'attelage compresseur-turbine.

L'énergie de pression ayant augmenté dans la chambre de combustion et le couple résistant du compresseur n'ayant pas varier. Donc l'énergie récupérée par la turbine augmente et le régime de rotation de l'attelage augmente aussi. Le débit d'air et la taux de compression croissent jusqu'à atteindre une valeur correspondante au point (B). Mais si l'apport de carburant est trop important, le point (A) va se déplacer en (A''). On constate alors une très forte diminution du débit d'air alors que le point (A'') est situé dans la zone de pompage (voir Courbe (II. 07))



Courbe (II. 07) : LE COURBE CARACTRISE LE POMPAGE SUR REPRISE OU OBSTRUCTION THERMIQUE

II. 5. 3 – CONDITION DE VOL :

On distingue trois paramètres (condition) de vol ayant des origines diverses qui peuvent provoquer un pompage.

II. 5. 3. 1 - le pompage tournant :

Précédemment nous avons supposé que l'entrée d'air fournit un profil de vitesse homogène à l'entrée du compresseur.

En réalité, il peut régner dans certains cas une hétérogénéité provoquant un décrochage local sur certains aubages rotor du premier étage. (Voire Fig. (II. 08))

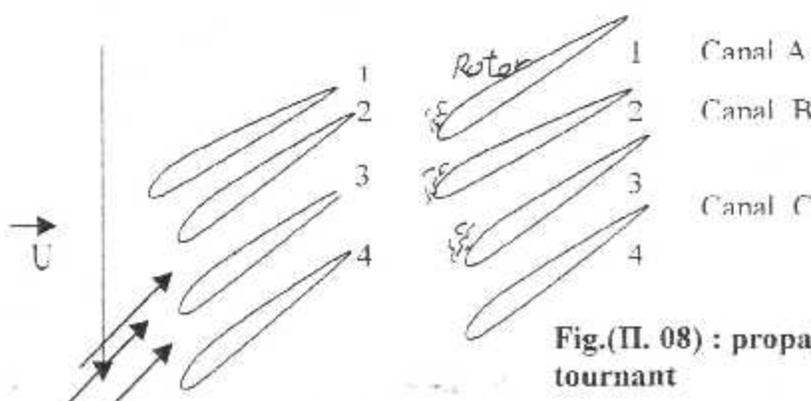


Fig.(II. 08) : propagation du décollement tournant

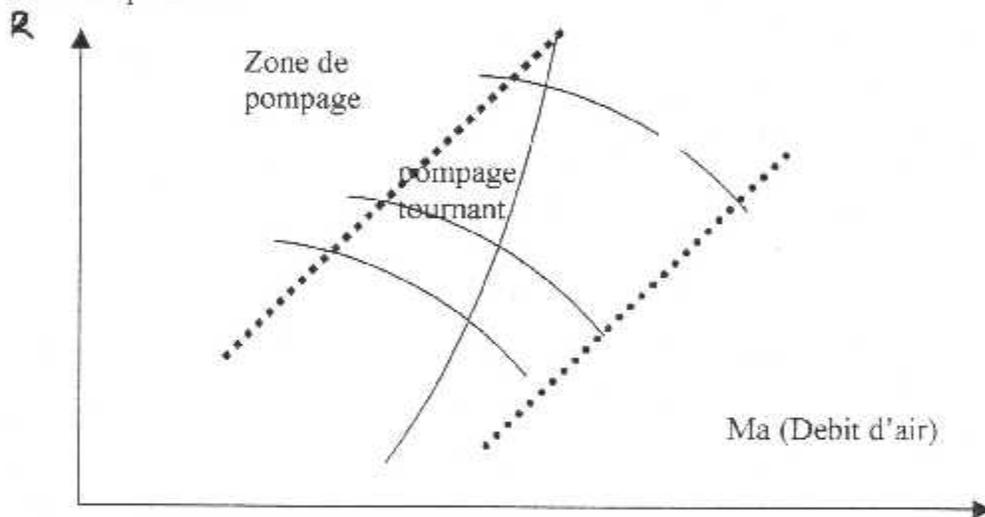
Explication :

Supposons que les aubes (2) et (3) décrochent, les canaux (B) et (c) s'obstruent complètement ils ne débitent plus, alors que le débit total reste inchangé. Cette chute de débit modifie les incidences locales de l'aubage (2) et (4)
l'incidence de l'aube (2) diminue alors que celle de (4) reçoit.

L'aube (4) décroche à son tour alors que l'aube (2) raccroche. La zone de décrochage se déplace. Donc le sens de déplacement du décrochage par rapport au stator semble inverse au sens de rotation du rotor. On peut trouver sur un compresseur plusieurs zones de décollement tournant. Un décollement tournant même très locale peut amener le décrochage complet de la rangée d'aube entraînant un pompage.

Le décollement tournant est très néfaste au compresseur un décrochage périodique peut entraîner la rupture par fatigue (voir la courbe (II.09)).

Taux de compression



Courbe (II. 09): courbe de caractéristique du pompage tournant

II. 5. 3. 2 - l'influence de la température :

Les altitudes plus élevées (Z)
S'accompagne d'une diminution simultanée de la température à l'entrée du compresseur et du débit (ma) (raréfaction de l'air)

On a :

$$\rho = \rho_0(20-Z) / (20+Z) \text{ avec:}$$

ρ : la masse volumique de l'air à une altitude (Z) (kg/m^3)

ρ_0 : la masse volumique de l'air au niveau de la mer ($Z=0$)

Z : Altitude

$Ma = \rho S V$ avec :

Ma : débit masse d'air

S : surface d'écoulement d'air

V : vitesse d'écoulement d'air

Nous remarquons que lorsque $Z \rightarrow \rho \rightarrow ma$

Cette diminution (ma) du débit pouvant conduire au pompage.

II. 5. 3. 3 - effet de la viscosité :

Nous avons suppose dans notre étude précédent que l'air est suppose comme étant un fluide parfait mais l'air est un fluide visqueux (Fig. (II.10)).

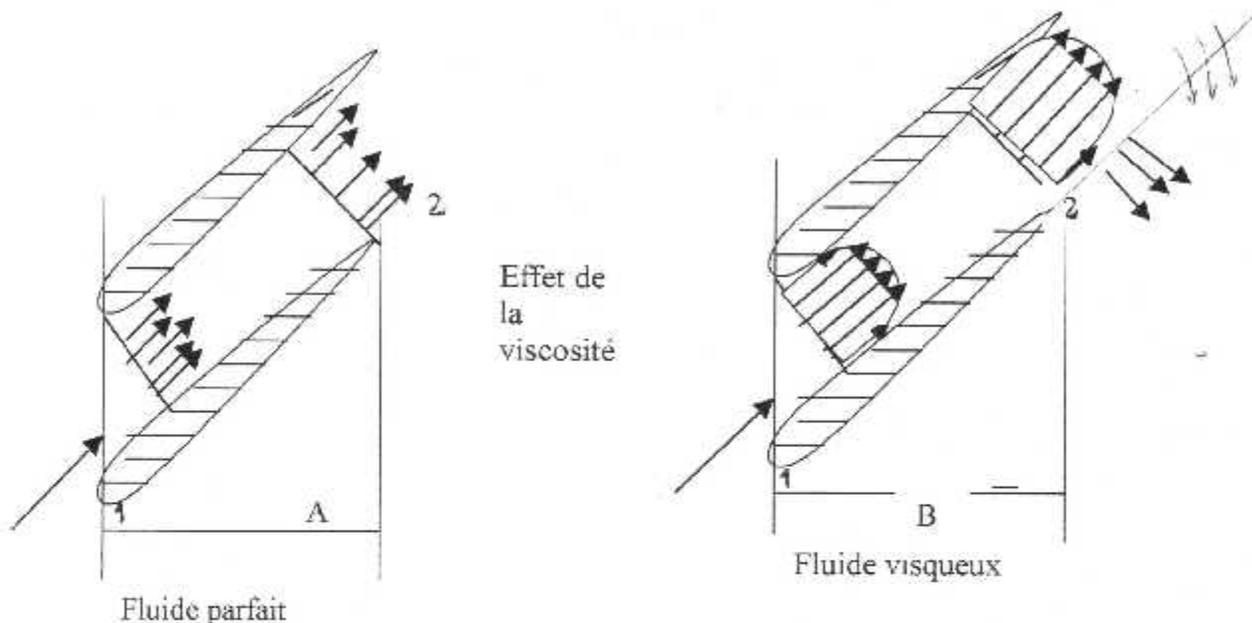


Fig.(II.10): L'effet de la viscosité

Le décrochage aérodynamique peut intervenir de forte incidence ou en dérapage important. Les deux cas précédents entraînent un pompage par diminution de débit d'air et du taux de compression et se rencontre surtout sur les avions militaires qui volent aux hautes altitudes(épaissement de couches limite) ou a des incidences élevées.

Ce type de décollement est d'autant plus fort que la viscosité cinématique est élevée or celui-ci croit avec l'altitude pouvant ainsi entraîner un pompage en altitude.

II. 5. 3. 4 – influence de l'entrée d'air :

Sur l'entrée d'air, toute variation brutale du débit masse d'air peut entraîner un phénomène de pompage, lorsque l'avion fait :

- ❖ Une ressource rapide.
- ❖ Une assiette très cabrée.
- ❖ Un dérapage de frottement (surface efficace très faible)

On représente deux cas de décrochage dues aux fortes incidences ou au dérapage important.

Les deux cas précédents entraînent un pompage par diminution du débit d'air et du taux de compression et se rencontrent surtout sur des avions militaires évoluant aux hautes altitudes et à des incidences élevées (Fig. (II.11)).

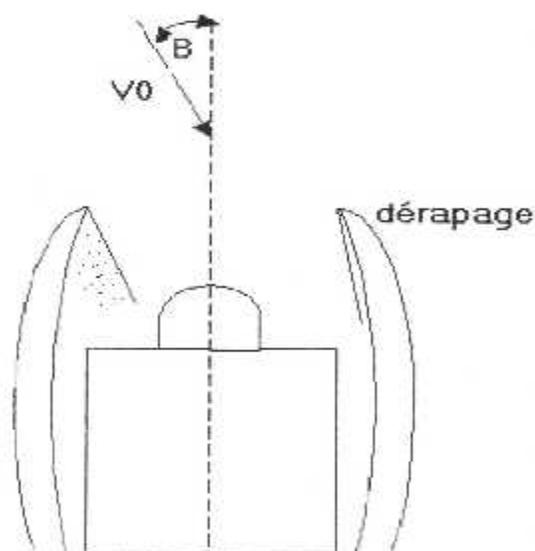
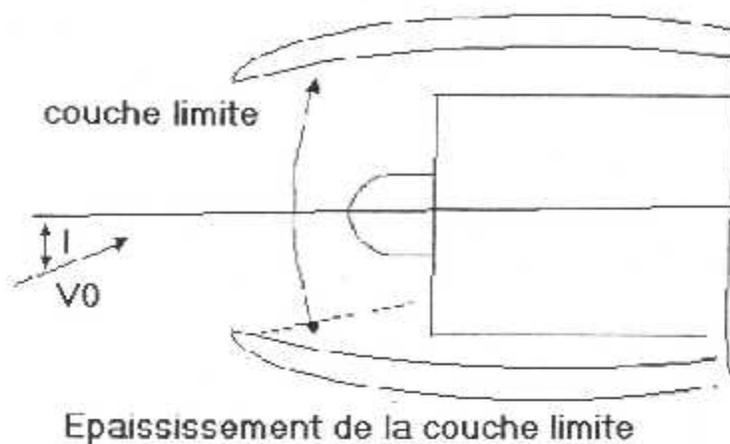


Fig.(II.11): L'influence de l'entrée d'air.

II. 6 – AUTRE CAS DE POMPAGE :

- Lors du tir d'un missile, l'aspiration des gaz chauds de la propulsion entraîne une diminution de débit d'air pouvant conduire au pompage.
- Dans les turboréacteurs avec postcombustion, l'allumage de celle-ci, avec une section de sortie ou d'éjections trop faibles, entraîne une augmentation de la température dans la tuyère. Cela amène une obstruction thermique qui conduit par suite au pompage et l'extinction du moteur.
- Le cas de deux avions se suivent de trop près, le second absorbe les gaz chauds sortant de la tuyère du premier, alors cela risque de s'approcher de la zone de pompage.
- Des détériorations du compresseur (absorption de corps étrangers) peuvent entraîner pour un même débit, un taux de compression plus, la ligne de pompage descend.
- Augmentation brusque et important du débit de carburant, dans ce cas, le freinage se situe à la sortie même du compresseur (voir Fig.(II.12)).
- Un blocage de début à cause de l'apparition d'un col sonique à un distributeur de turbine, dans une phase de fonctionnement où l'écoulement devait être normalement sonique (voir Fig.(II.13)).

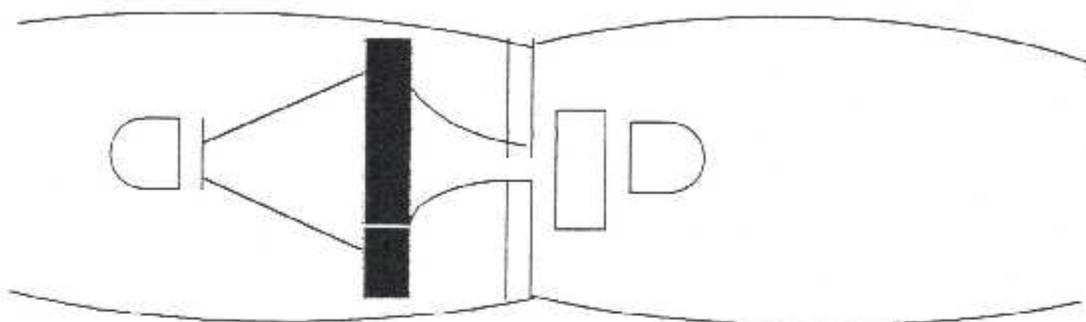


Fig.(II.12): Cas (e) de pompage

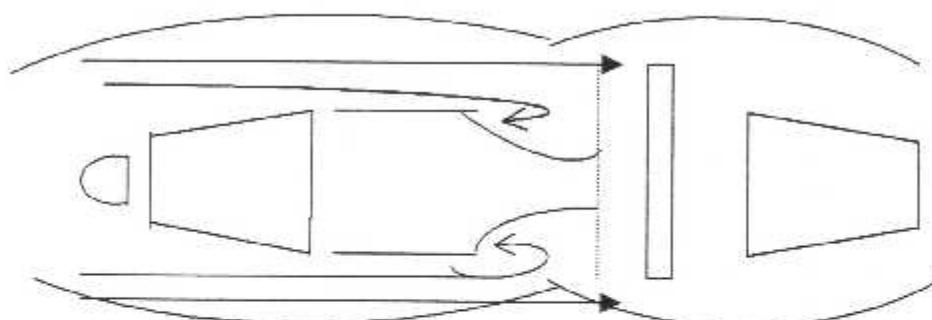


Fig.(II.13): Cas (f) de pompage

II. 7 - Les conséquences du pompage :

* mauvaise alimentation en air d'où :

- 1- augmentations de la température turbine (risque de surchauffe)
- 2- diminutions des performances du réacteur (baisse de poussée)
- 3- risques d'extinction.

* Vibration, d'où risque de formation de criques et éventuellement rupture d'aubage

II. 8 - LES REMEDES DE POMPAGE (dispositifs anti-pompage) :

On a vu que le pompage est un phénomène dangereux, il peut aller jusqu'à causer la perte de la totalité de la poussée et par suite l'arrêt du moteur. Pour remédier à ce phénomène on a pensé aux dispositifs de régulation appelés dispositifs anti- pompage qui est constitué de :

- 1- aubage de pré rotation (IGV)
- 2- vannes de décharge (VBV)
- 3- stator à calage variable (VSV)
- 4- limiteur d'accélération.
- 5- modification une condition de vol
- 6- les doubles attelage.
- 7- tuyère a section variable (ce remède n'est pas spécifique de CFM 56-7b (avion civil) mais utilise dans avion (militaire) donc on en est pas intéressé)

➤ NOTE :

causes	REMEDES
Faible régimes	Aubages de pré rotation stator variable vannes de décharge
Reprise ou obstruction thermique	Limiteur d'accélération tuyère à section variable (moteur à PC)
Conditions de vol température viscosité Entée d'air	Modification des conditions de vol (altitude, assiette, dérapage)

II. 8. 1 - Principe de fonctionnement les dispositifs anti-pompage :

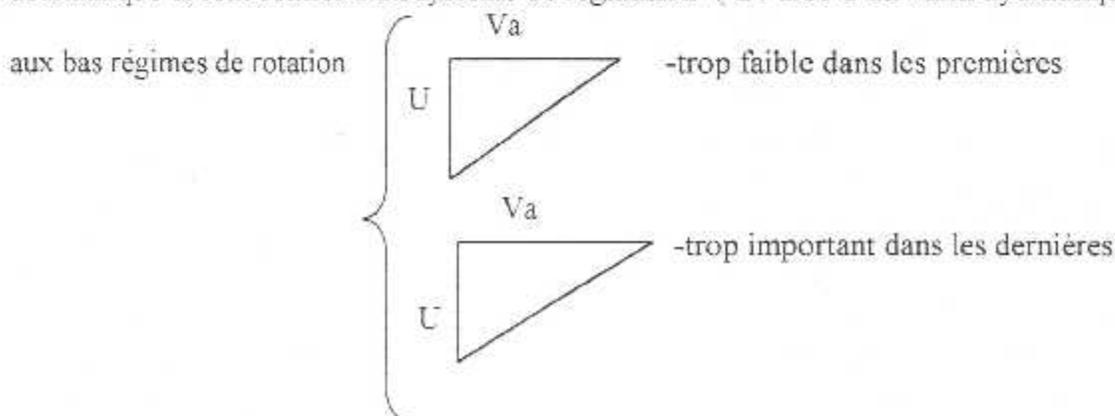
Pour remédier à ce phénomène, on a des dispositifs de régulation appelés dispositifs anti-pompage qui est composé de :

II. 8. 1. 1 - Vanne de décharge :

C'est une évacuation d'une certaine quantité d'air du compresseur d'un débit normal au débit dérive (débit secondaire) à travers l'ouverture de vanne de décharge sans modification du fonctionnement du compresseur.

Cette ouverture des vannes de décharge permet de faciliter l'écoulement dans les étages situés en amont (V_a/V) et diminue l'écoulement dans le dernier puisque moins d'air y circule (V_a/V)

Elles sont ouvertes aux bas régimes et fermées aux poussées importantes, en fonction automatique et sont confiés à un système de régulation (à l'aide d'un vérin hydraulique.



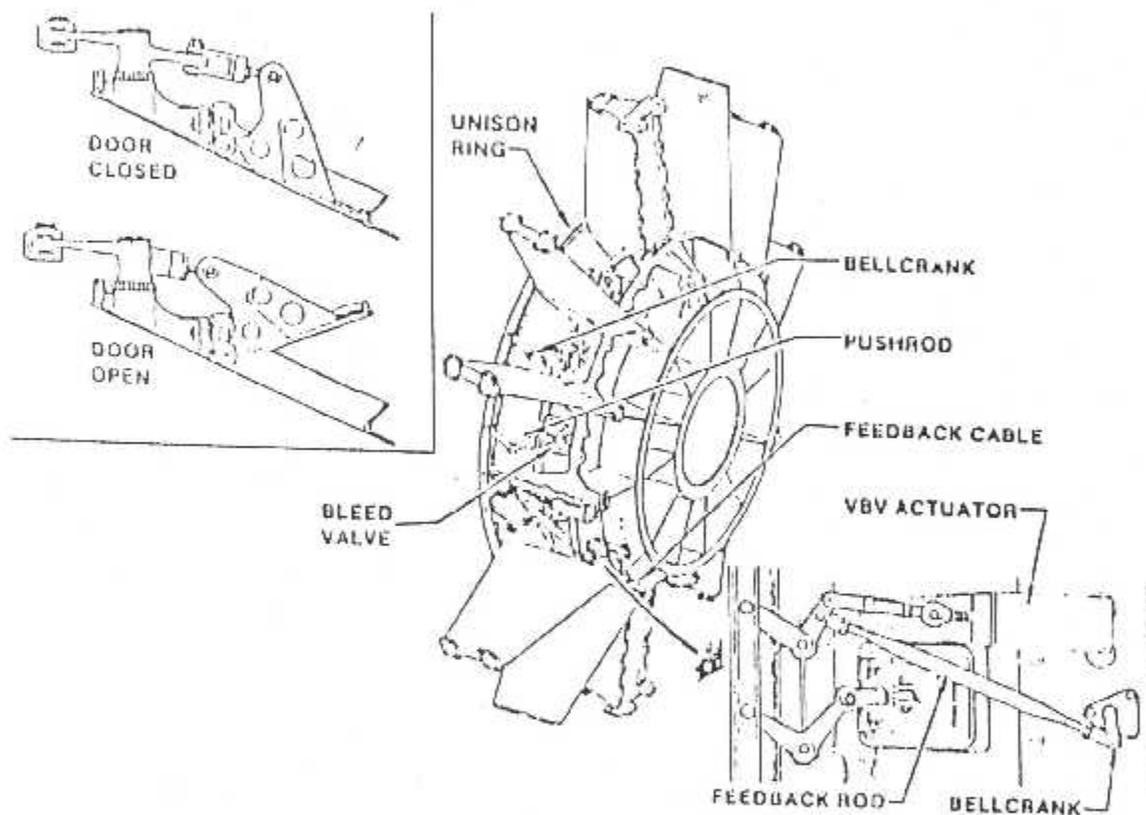


Fig (II. 14): le système des vannes de décharge

II. 8. 1. 2 - Aubages détecteurs d'entrée à calage variable (appelée aussi aubage de pré rotation à calage variable) :

Ce sont des aubages à l'entrée du rotor qui permettent de diriger l'air convenablement sur la première grille d'aubages mobiles, c'est à dire modification de l'angle de calage de ces aubages. Nous pouvons, en faisant tourner l'air dans le même sens que le compresseur aux bas régimes, amené une diminution relative de l'angle d'incidence, donc améliorer l'efficacité du premier étage et par voie les conséquences de l'efficacité du compresseur (Fig.(II.15)).

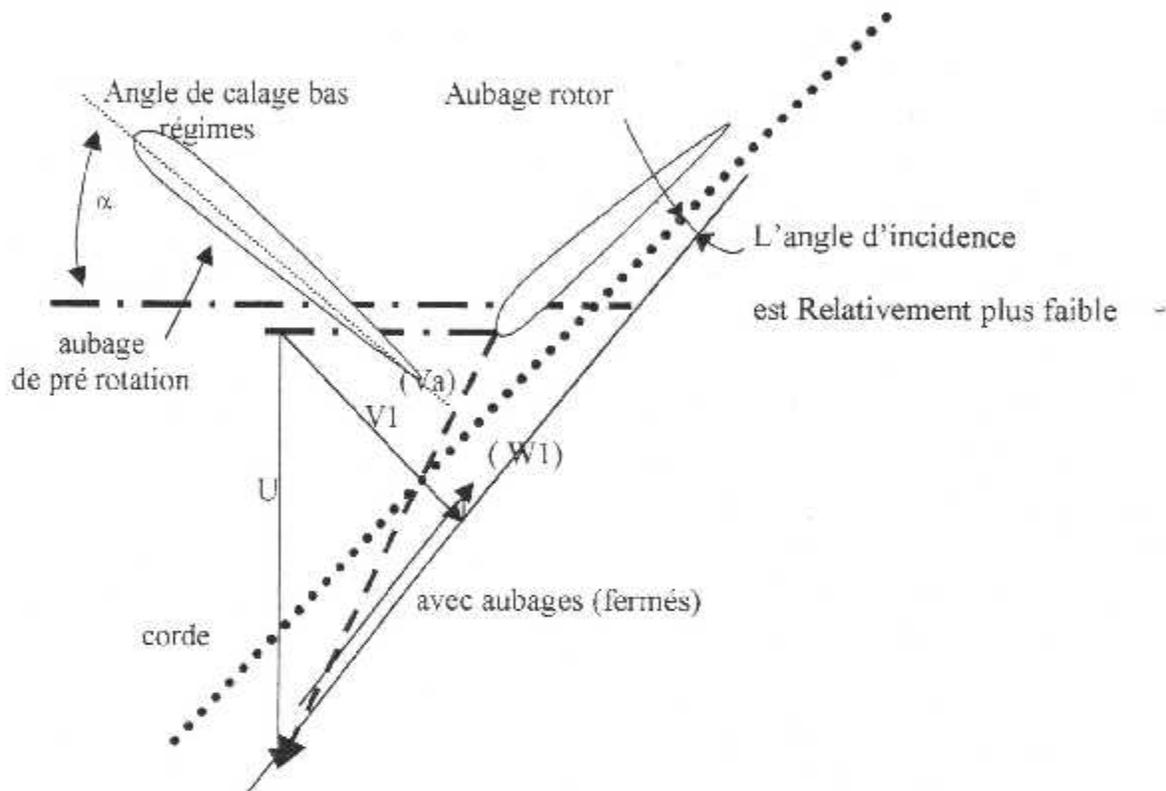


Fig.(II. 15) : Les aubages directrice d'entre à calage variable

Au fur et à mesure de l'augmentation de la vitesse de rotation, l'angle de calage est modifié à fin que l'écoulement revient dans l'axe. On dit que les aubages « s'ouvrent » (α).

Le fonctionnement de ces aubages directeurs d'entrée à calage variable et également automatique et confié à un système de régulation.

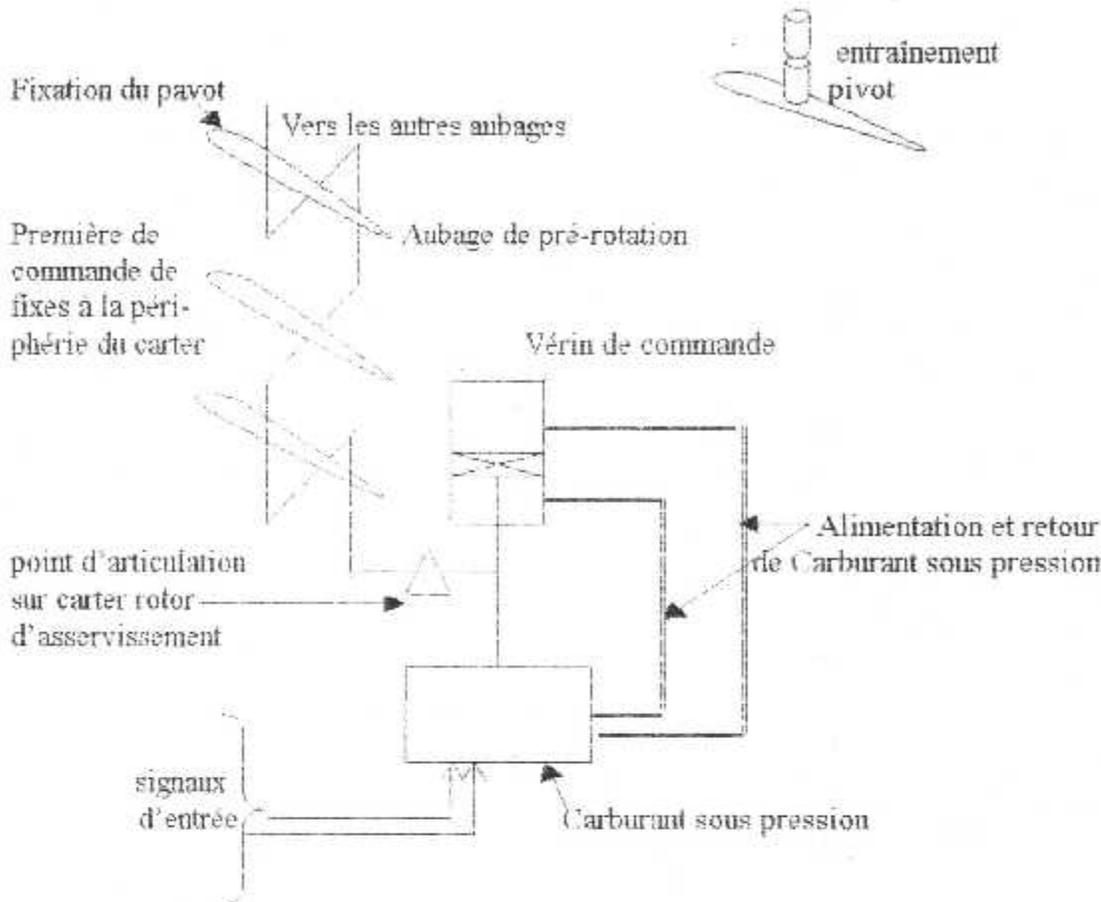


Fig. (II 16) : Le système du stator à calage variable (VSV)

II. 8. 1. 3 - aubage du stator à calage variable: (Fig.(II 16))

Le principe de fonctionnement de ces "stators à calage variable " est le même que celui des aubages directeurs d'entrée à calage variable.

Ils sont également « fermes » aux vitesses de rotation faible et « ouvertes » au à mesure de l'augmentation NV min .

Comme il s'agit de diminuer l'angle d'incidence de l'air sur les premières grilles mobiles, il est bien entendu que ces stators à calage variable sont réservés pour les trois premiers étages

Un vérin double effet alimente par le courant sous pression venant de régulateur actionne un arbre, la rotation sur lui-même de cet arbre entraîne le déplacement de quatre (4) anneaux ceinturant le carter compresseur grâce à quatre (4) bielles reliant ces différentes parties.

Le moment alternatif circulaire de ces anneaux amène la rotation des aubages sur eux-mêmes car des biellettes relient les anneaux aux embouts carrés et brides des aubages.

□ Dans le chapitre qui suit-on va essayer de donner une idée bien détaillée du système anti-pompage du moteur le plus utilisé dans le marché mondial, en l'occurrence le CFM 56-7b, une étude minutieuse sera faite sur ce dispositif ou on va illustrer son fonctionnement et sa composition (éléments)

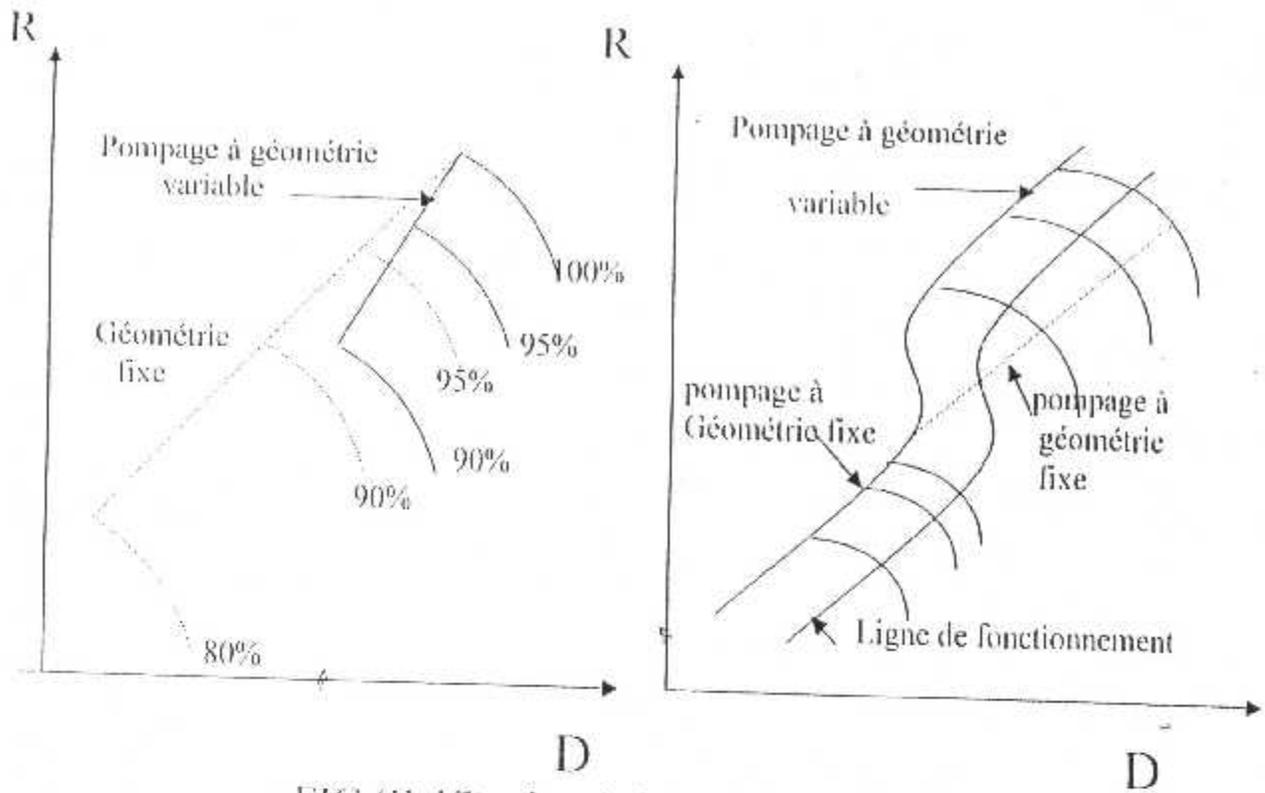


FIG (II-17):géométrie variable des stators

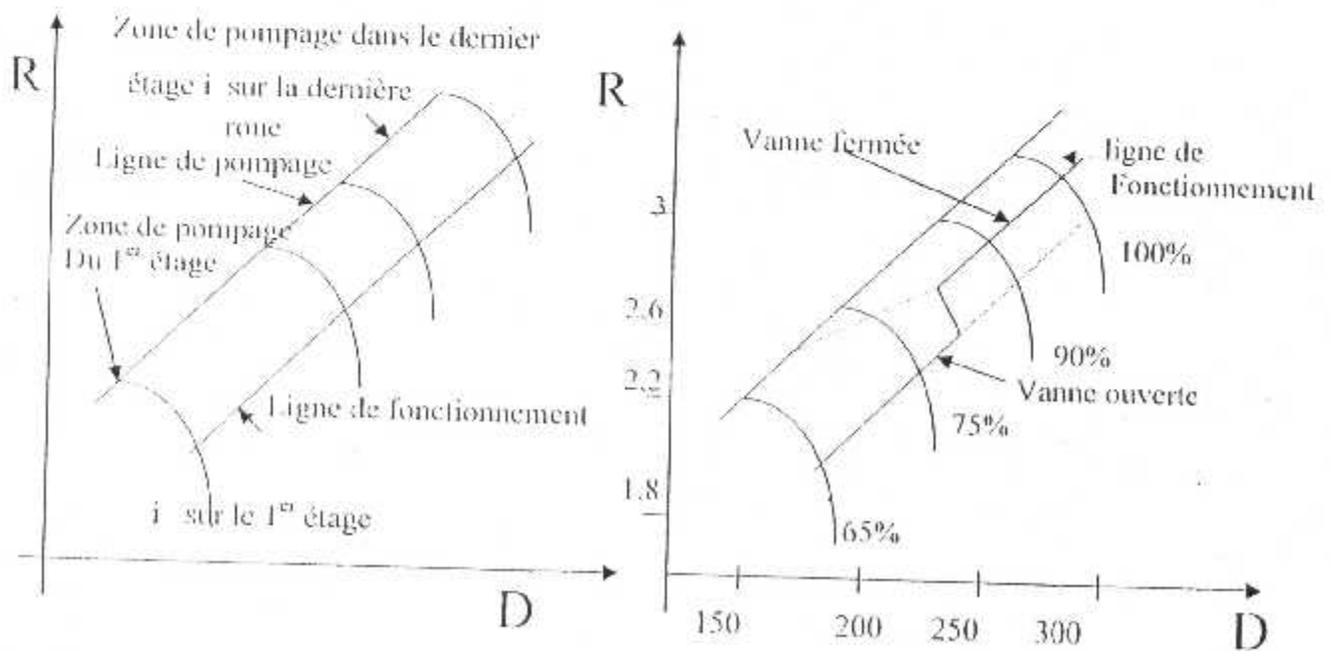


FIG (II-18):vannes de décharge et ligne de fonctionnement

Chapitre III

Dispositif anti-

pompage

dans le moteur CFM56-7B

SYSTEME ANTI-POMPAGE DANS LE MOTEUR CFM567B

III. 1 - INTRODUCTION :

Les dispositifs anti-pompage dans le moteur CFM56-7B afin d'assurer cette tâche le système est muni ces dispositifs suivants :

- Les vannes de décharge (VBV : variable bleed valve)
- Les aubages du stator à calage variable (VSV : variable stator valve)
- Les vannes de décharge et de transition (TBV : transient bleed valve)

Pour comprendre ce système, il faut bien définir après deux éléments essentiels à savoir :

- ❖ Système de régulation électronique numérique du moteur (EEC : electronic engine control)
- ❖ Dispositif de régulation du moteur (HMU : hydromechanical unit) qui assure :
 - La régulation du débit carburant vers la chambre de combustion.
 - La régulation des pressions d'asservissement vers les vérins.
 - La protection survitesse.

III. 2 - ELECTRONIQUE CONTROLE UNITE (EEC) :

III. 2. 1 - Définition et rôle de la EEC : (Voir Fig.(III. 1 et 3))

La EEC est le composant primaire qui commande du système carburant et contrôle moteur, il est positionnée à 4:00 H et composé de deux canaux (Channel) canal (A) et le canal (B) de sécurité, d'où il est la mémoire contrôle du moteur qu'il faut prendre soin de lui.

La EEC emploie des données (information d'entrées pour calculer un signal de commande logique du canal (A) et du canal (B) puis envoie le signal de contrôle pour faire un bon fonctionnement du moteur et évite les dégats.

Des signaux commandes de contrôle vont à travers des connecteurs électriques aux systèmes de contrôle moteur.

La EEC se relie à ces systèmes et composant moteur avion : (voir Fig.(III. 2))

1-moteur :- prise d'identification.

- Dispositif de régulation moteur (HMU)
- Système de contrôle d'air moteur.
- Capteur moteur.
- Système contrôle carburant.
- Alternateur de la (EEC)
- Système d'alumage.

2-avion :- système d'écrans commun (CDS)

- Unité électrique d'écrans (DEU's) ou bien boîte de contrôle et d'affichage.
- Calculateur d'antomanette.
- Ordinateur de gestion de vol (FMC)
- Commande de démarrage (levier)
- Indication de moteur et de carburant.

- Unité de référence inertielle de donnée aérienne (1)et(2) (ADIRU)
 - Unité d'acquisition des données de vol (FDAU)
 - Interrupteur anti-incendie.
 - Manette de poussée.
 - Inverseurs de poussée.
 - Bus de transfert.
- Par ces connexions l'unité de contrôle électrique réacteur (EEC) assure les fonctions suivantes :
 - Contrôle de la poussée de réacteur.
 - Contrôle de débit d'air du compresseur (VSV, VBV, TBV)
 - Refroidissement les accessoires du réacteur.
 - Refroidissement des carters turbine haute et basse pression (HPTACC, LPTACC)
 - La protection des paramètres limités.
 - Le système de test incorporé a l'équipement.
 - La détection des pannes.
 - Les indications des pannes.
 - Contrôle du circuit renversé.
 - Contrôle du circuit démarrage.

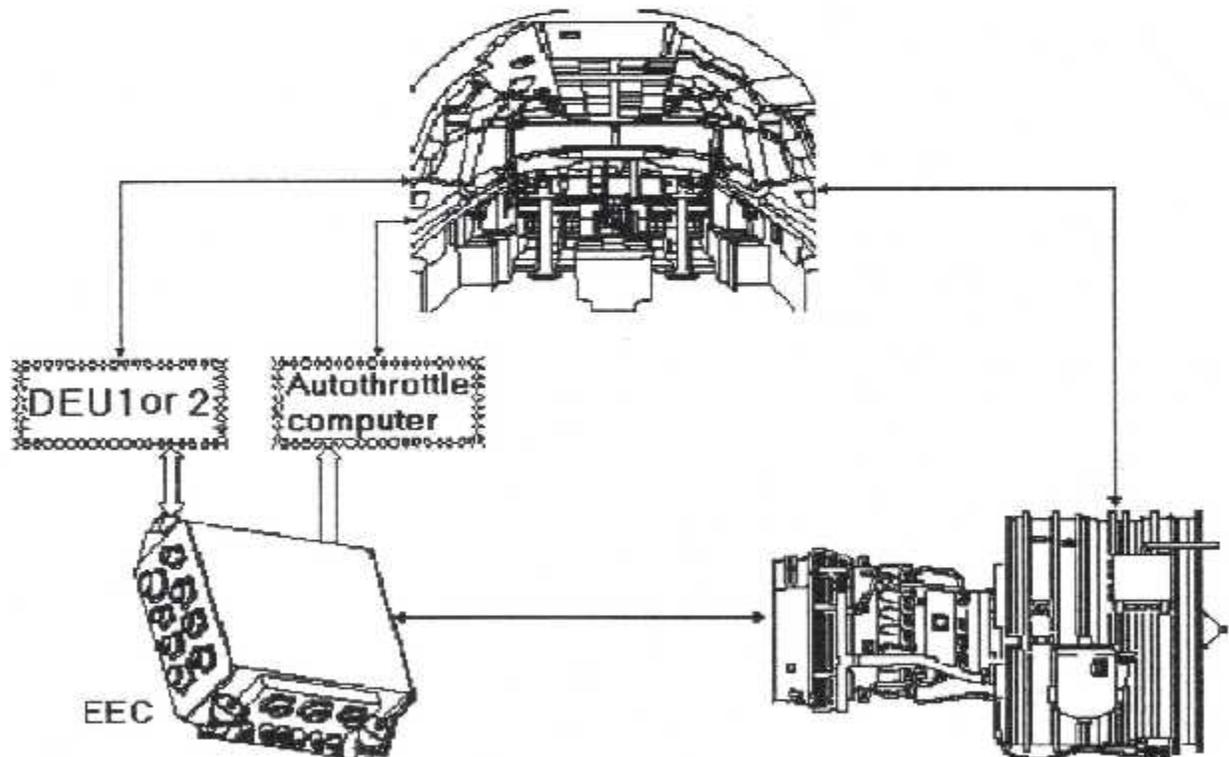


Fig.(III. 1) : DESCRIPTION GENERALE DE LA EEC

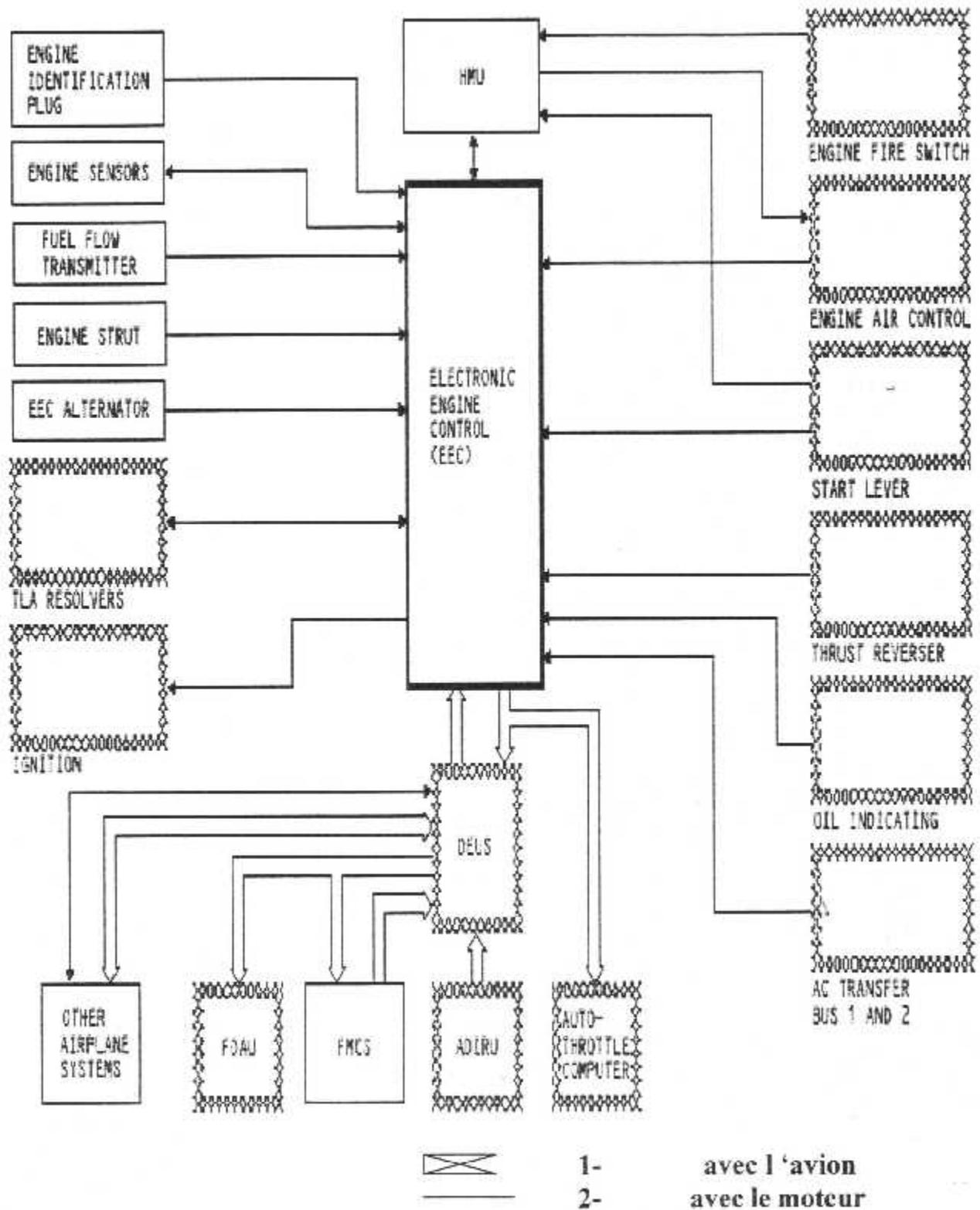


Fig. (III. 2) : CONNEXION DE LA EEC

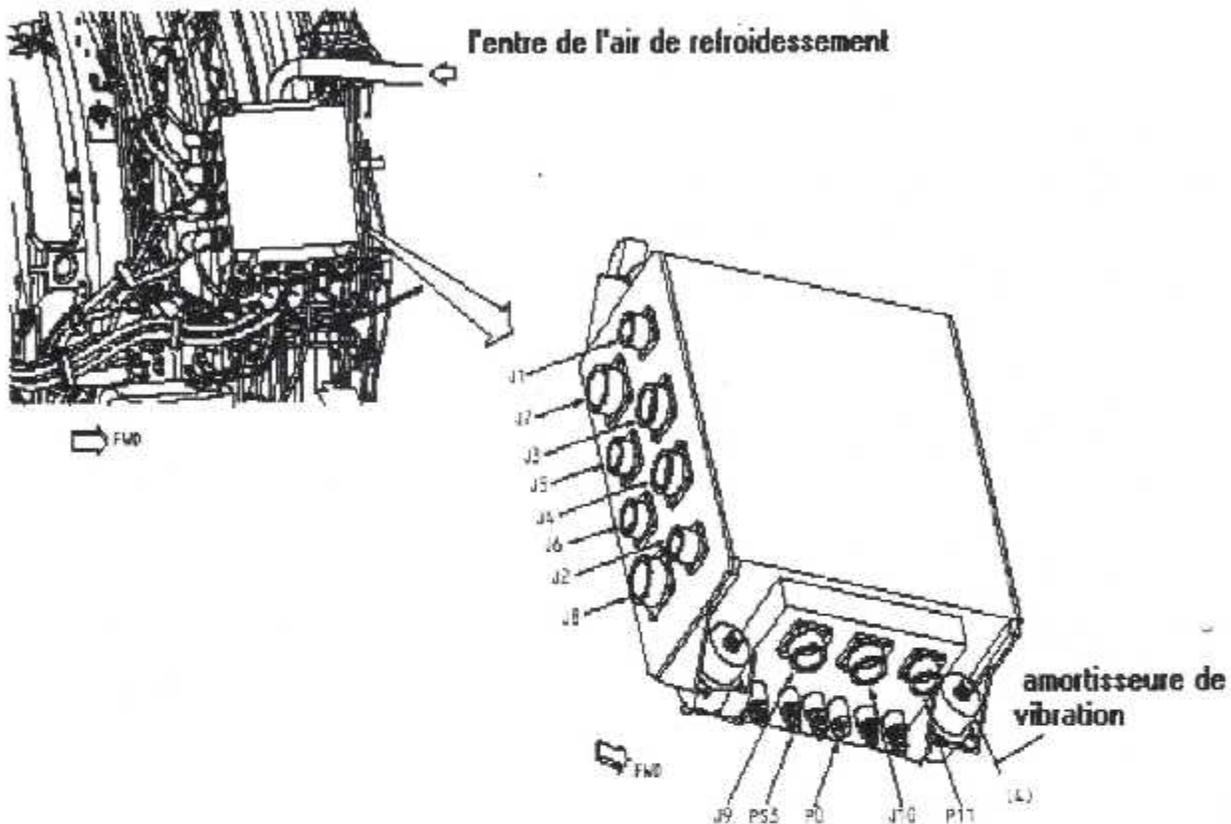


Fig. (III. 3) : L'EMPLACEMENT DE LA EEC

• Remarque :

L'unité de contrôle électronique réacteur (EEC) à deux (02) modes de fonctionnement :

- Le mode contrôle
- Le mode teste

III. 2. 2 - Les paramètres fournis par le EEC :

L'unité de contrôle électronique (EEC) transmet comme paramètres de base : P0,P12,P3, T12, T49,N1,N2, Wf (débit de carburant), plus les positions des vannes.

La position du moteur sur l'avion (1 ou 2) et son NO de séries des mots d'état de maintenance donnant des informations des pannes détectées (le cas échéant) dans la EEC ou l'un quelconque des organes installés sur le moteur et dans la nacelle : HMU, vanne de refroidissement de la EEC, boîtiers d'allumage, les capteurs....., En option, la EEC peut aussi transmettre les paramètres P13, P25, T3, T5.

Tous ces paramètres sont transmis **sous** forme digitale (mots séries de 25 bits, transportant soit en des valeurs numériques, soit en des booléens d'état), **et** envoyés vers Unité d'affichage (DEUs) pour l'affichage.

III. 2. 3 - ALIMENTATION ELECTRIQUE DE LA EEC :

La EEC est alimentée en 28 volts continue à partir du réseau avion quand le moteur ne tourne pas ou sa vitesse est encore faible au démarrage (N_2 inférieur à 12%), et par son alternateur triphasé qui lui est propre dès que le moteur tourne à plus de 15% de N_2 nominale. Au sol, 5 minutes après l'arrêt du moteur, l'alimentation automatique coupée pour éviter des heures initiales de fonctionnement de l'EEC. Il reçoit aussi une alimentation 115 volts alternatifs pour les circuits d'allumage.

III. 2. 4 - REPROGRAMMATION DE LA EEC :

La EEC peut être reprogrammée avec chargeur de donnée portable (PDL). Un câble du PDL est branché à la EEC dans le J1, J2, P11. LA EEC et le PDL sont alimentés, ensuite est chargé dans la EEC.

Le PDL affiche le message « LOAD COMPLETE » lors de la réussite du chargement ou « TRANSFER FAIL » lors de l'échec du transfert. Pour vérifier la configuration du logiciel on consulte les pages maintenance de la CDU.

III. 3 - Description générale d'unité hydromécanique (HMU) :

III. 3. 1 - Définition :

La HMU est un élément de système FADEC : elle reçoit des signaux électriques de la EEC et les convertit grâce à des moteur-couple et à des servo-vannes, en ordres hydraulique pour la commande (contrôle) le dosage du carburant (FMV) envoyé aux injecteurs et pour la commande des dispositifs anti-pompage (VBV, VSV, TBV) et des vannes de contrôle actif des jeux (HPTCC, LPTCC).

La HMU a des raccords électriques et hydraulique (carburant), ceux ci relient la HMU à la EEC, aux systèmes de commande, et aux systèmes de servo de moteur pour une bonne fonctionnement du moteur. (Fig. (III. 4))

III. 3. 2 - La HMU est relié électriquement à ces composants :

- ❖ La prise électrique du canal « A » de la EEC
- ❖ La prise électrique du canal « B » de la EEC
- ❖ Le solénoïde du robinet d'arrêt haute pression (HPSOV)
- ❖ Indicateur de colmatage de valve (HPSOV)

III. 3. 3 - La HMU aux lignes de connexion hydrauliques suivants :

- ❖ La valve de démarrage du brûleur BSV (non montré)
- ❖ La ligne d'ouverture de vanne de décharge (VBV open line)
- ❖ La ligne de fermeture de vanne de décharge (VBV close line)
- ❖ La ligne du côté tige des vérins des stators à calage variable (VSV rode line)
- ❖ La ligne du côté tête des vérins des stators à calage variable (VSV Head line)
- ❖ La ligne de régulation de pression du carter (PCR line)
- ❖ La ligne de la valve de contrôle de jeu de turbine haute pression (HPTCC)
- ❖ La ligne de la valve de contrôle de jeu de turbine basse pression (LPTCC)
- ❖ La ligne de la valve de décharge de transition (TBV)

❖ La ligne de drainage

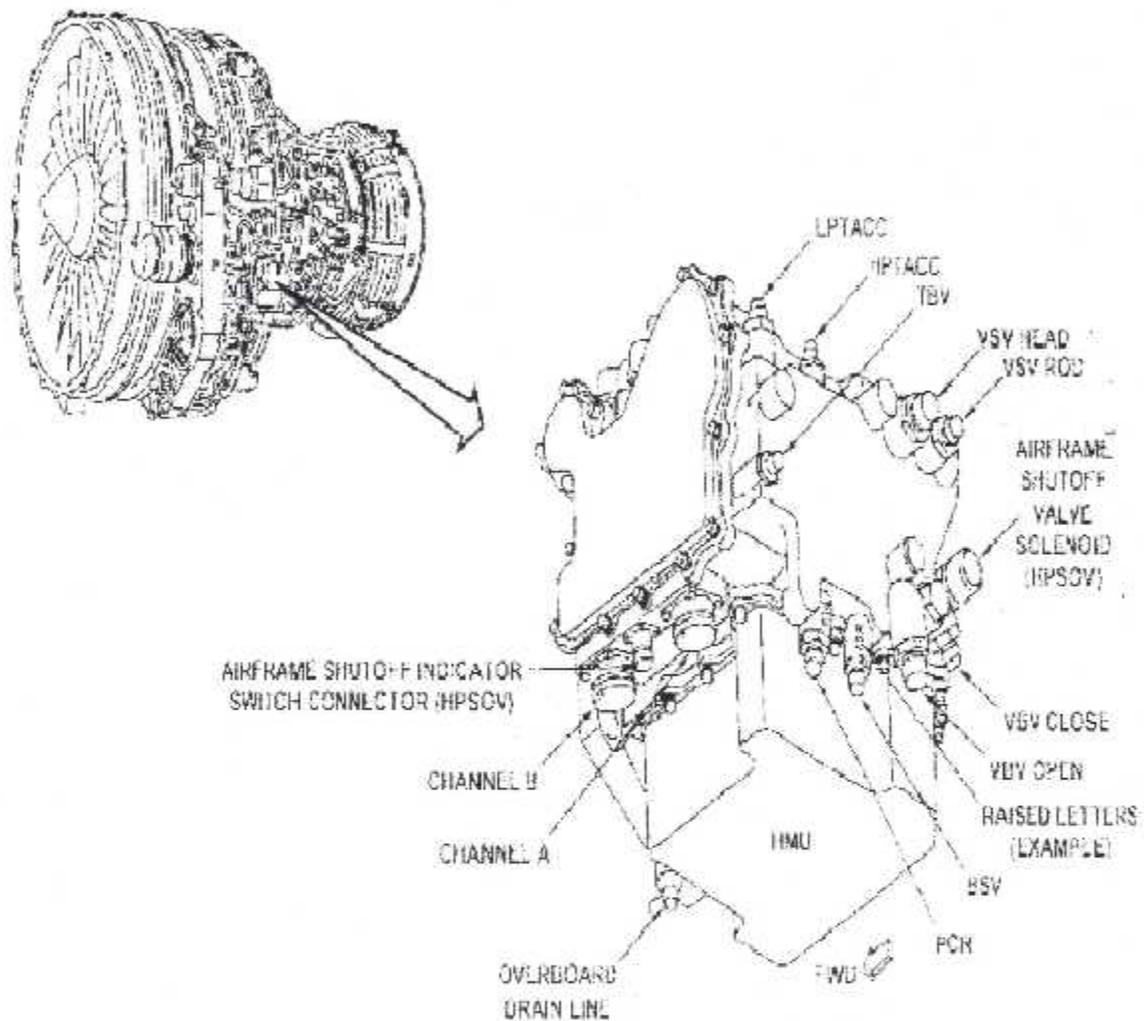


Fig. (III.4) : UNITE HYDRAUMECANIQUE (HMU)

- Les lettres sur la HMU identifient les différents raccordement (hydrauliques et Electriques)
- La HMU à (06) moteurs-couples et vannes électro-hydraulique (EHSV) qui réglet les signaux de commande hydraulique en débit et pression de carburant en fonction des ordres donnés de la EEC, à destination des moteurs et vérins des systèmes suivants :

- Vanne de dosage carburant (FMV)
- La vanne de décharge de transition (TBV)
- La vanne de contrôle de jeu de turbine haute pression (HPTCC)
- La vanne de contrôle de jeu de turbine basse pression (LPTCC)
- Les vannes de décharge (VBV)
- Les stators à calage variable (VSV)

III. 3. 4 - Emplacement de l'unité hydromécanique (HMU) :

- La HMU décrit en dessous est disposée au côté arrière de bloc pompe de carburant qui attache au AGB.
- Pour avoir accès au HMU, il faut ouvrir le capot gauche du fan.

III. 3. 5 - Les éléments constituent de la HMU : Fig. (III. 5)

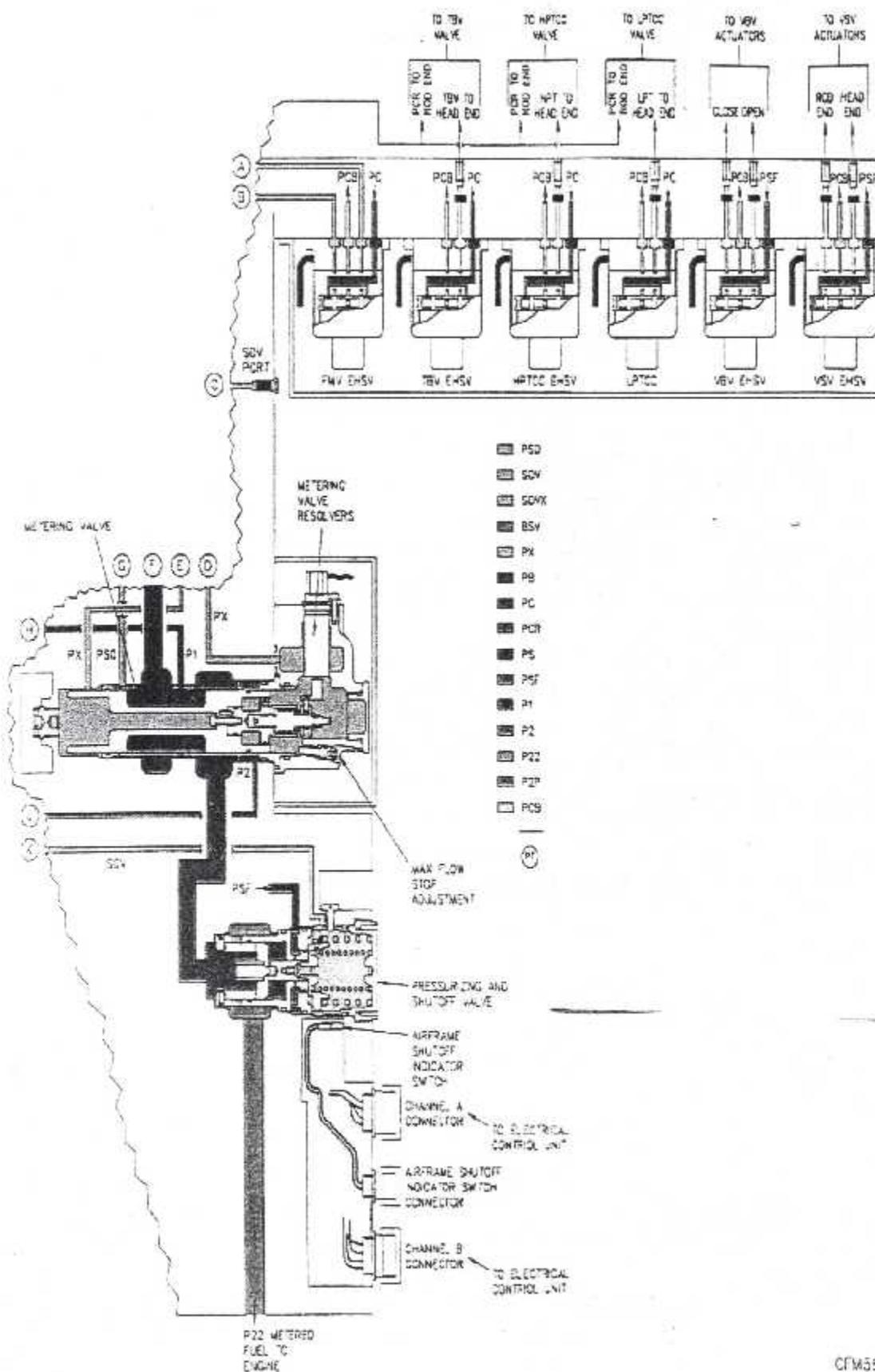
1- électro-hydraulique vannes (EHSV) :

-L'EHSV installe à six emplacement dans la HMU, elle convertit, la commande électrique de la EEC en signal hydraulique, il deux types de l'EHSV un à quatre voies et l'autre à trois voies.

- L'EHSV commandée par un moteur-couple qui pilote un vérin, le moteur-couple à deux bobines indépendantes, isolées électriquement, chacune recevant ses ordres d'un canal de l'EEC.
- Un dispositif compare les pressions à l'amont et l'aval de la valve et maintient leur différence constante en réglant la quantité de carburant envoyée.

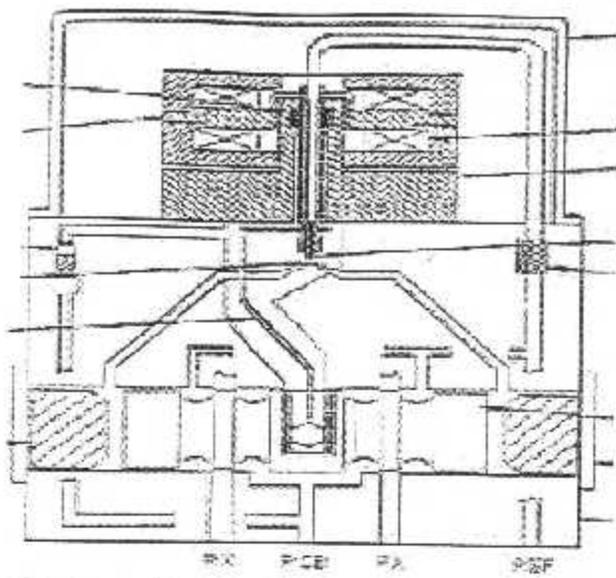
2- la valve de dosage carburant :

Elle établit l'orifice de la livraison pour assurer le carburant dose de moteur au robinet de pressurisation et d'isolement. la position de la valve de dosage, et l'ouverture de l'orifice est établit par la valve de dosage EHSV en réponse au commande de la EEC

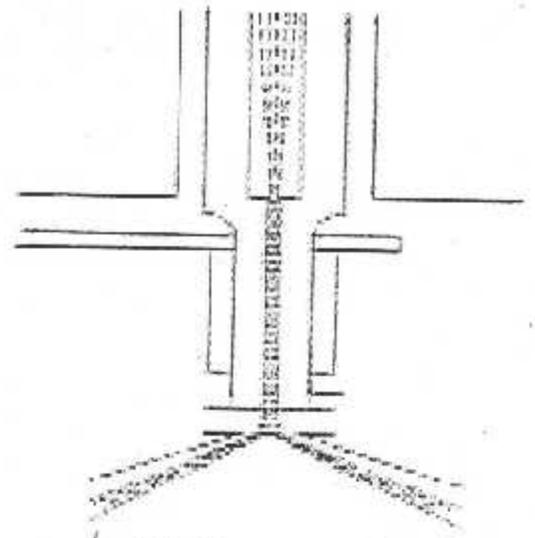


CFM56

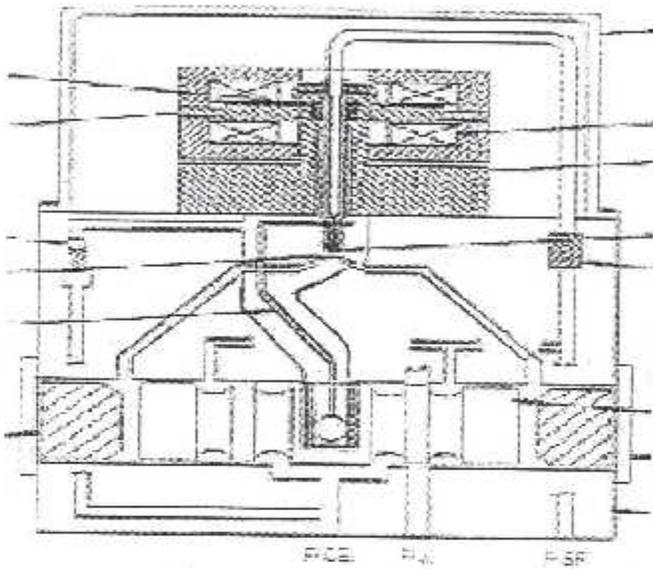
Fig. (III. 5) : ELECTRO-HYDRAULIQUE VANNES ET LA VANNE DE DOSAGE CARBURANT



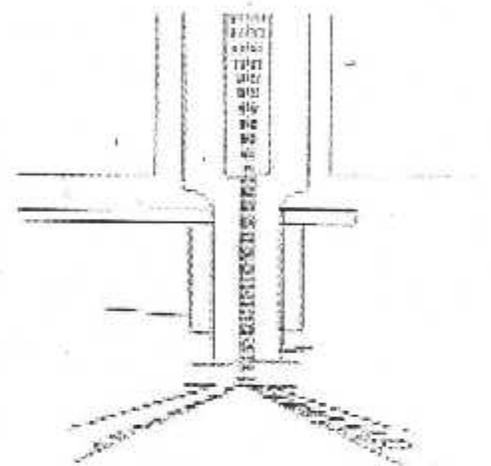
Electro-hydraulique vannes (à 4 voies)



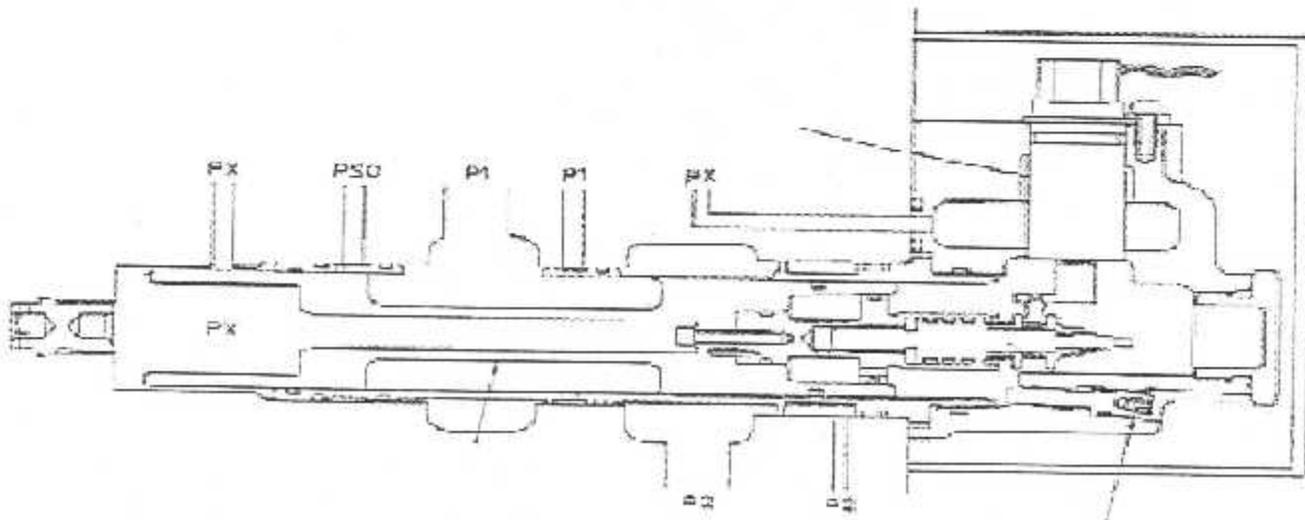
La position neutre



Electro-hydraulique vannes (à 3 voies)



La position de fonctionnement



- La valve de dosage carboné -

8- la tête de sonde et la valve de by-pass :

Ils se fonctionnent ensemble pour maintenir la différence de pression de la valve de dosage P1-P2.

9- la solénoïde de valve d'isolement (AFSO):

Elle fonction pour compléter le circuit de la HMU (clapet)

10- la valve de démarrage du brûleur (BSV):

Elle fonction suivant de circuit de carburant

11- la valve anti-retour et de pressurisation :

Elle exécute deux fonctions :

Assure que les pressions d'asservissement de fonctionnement sont dans la régulation pendant le démarrage de moteur et les états de débit faible, et agir en tant que robinet d'isolement de carburant livraison pendant l'arrêt du moteur

12- le régulateur de survitesse (OSG) :

L'OSG assure la protection de moteur en cas ou le système FADEC perdu la commande du moteur

13- un dispositif électromécanique d'interface de moteur (EMID) :

EMIVs est un solénoïde convertit d'entrée de signal électrique de EEC en signal hydraulique pour les fonctions externes.

3- Les commutateurs de position :

Les commutateurs de position type de roseau au deux locations dans la HMU, ils fournissent des indications à la EEC et l'avion

4- l'alimentation de carburant au HMU :

Le carburant est fourni directement à la prise principale de carburant principale de carburant PC, et par un réchauffeur de carburant PSF, la pression de ce dernière distribue au :

- Moteur couple à des servo-vannes de la vanne de décharge (VBV EHSV)
- Solénoïde de la valve d'isolement d'air-frane
- Moteur couple à des servo-vannes de la vanne de décharge et de transition (VSV EHSV)
- Travers le restricteur vers la tête de sonde et la valve de by-pass intégré
- La valve d'isolement et pressurisation
- Régulateur de pression PC

5- le régulateur de pression d'asservissement PC :

Le régulateur de PC établit, réglé la pression de refoulement PC et maintien approximativement 300psig (2069kgage) au-dessus la pression du carter de régulation PCB. La pression de carburant PC est distribué au :

- Régulateur de pression PCR
- Moteur couple à des servo-vannes de la vanne de dosage carburant (FMV EHSV)
- Servo-valve de vitesse
- Moteur couple à des servo-vannes de la vanne de contrôle de jeux basse pression (LPTCC EHSV)
- Moteur couple à des srvo-vannes de la vanne de contrôle de jeux haute pression (HPTCC EHSV)
- Solénoïde de la valve de démarrage du brûleur (BSV)
- Moteur couple à des servo-vannes de la vanne de décharge et de transition (TBV EHSV)

6- le régulateur pression d'asservissement au PCR :

Ce régulateur établit pour régler la pression PCR approximativement 150psig (1034 kpa gage) au-dessus la pression de carter du régulateur de PCB. La pression de carburant PCR est distribuée à :

- Tête de piston intégré
- La tige de la valve de HPTCC
- La tige de la valve de LPTCC
- La tige de la valve TBV
- Le solénoïde de BSV

7- la valve anti-retour PCB :

C'est une valve à ressort et à piston qui maintient PCB un nominal 10psi (69kpa) au-dessus de PB

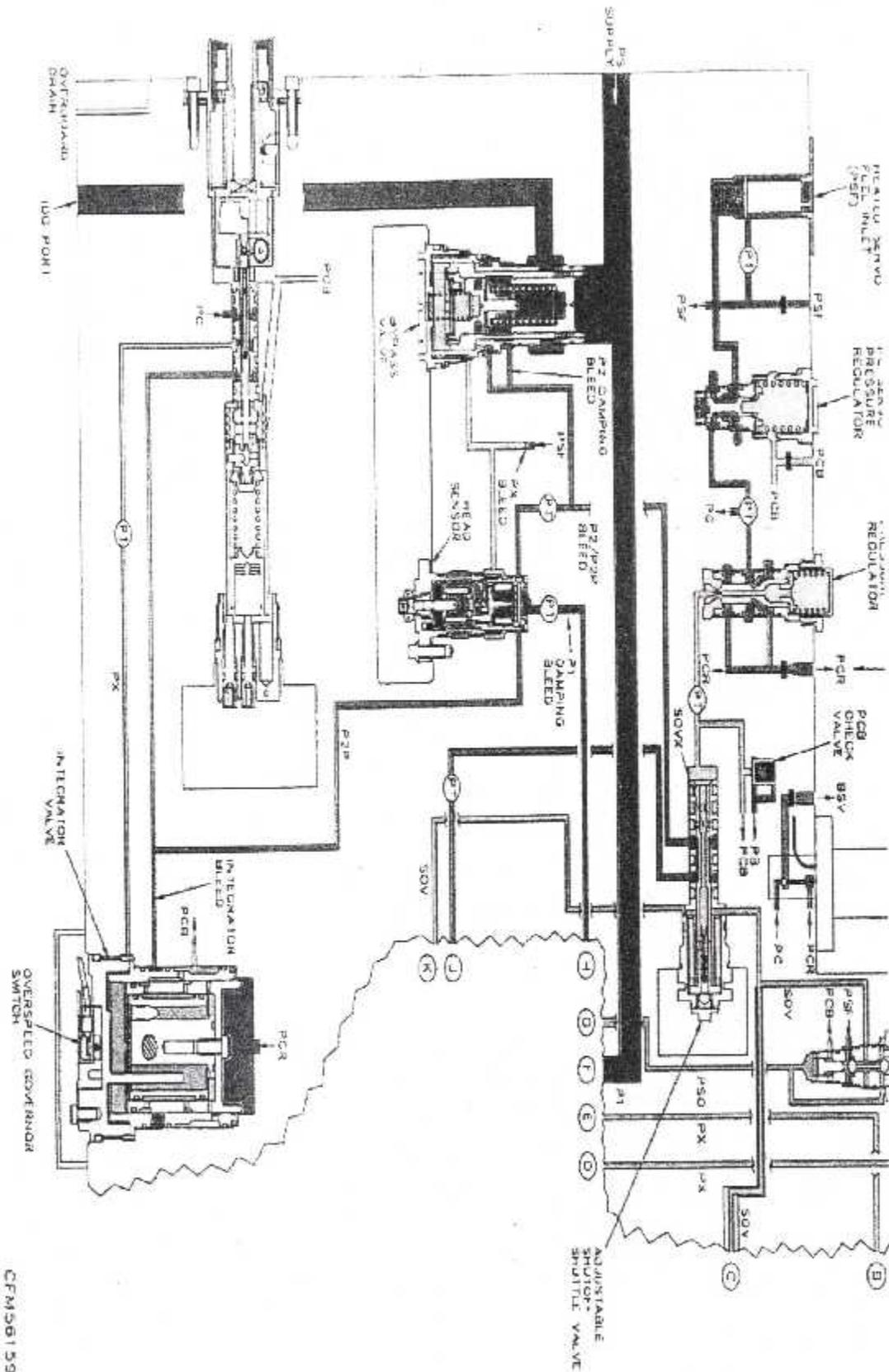
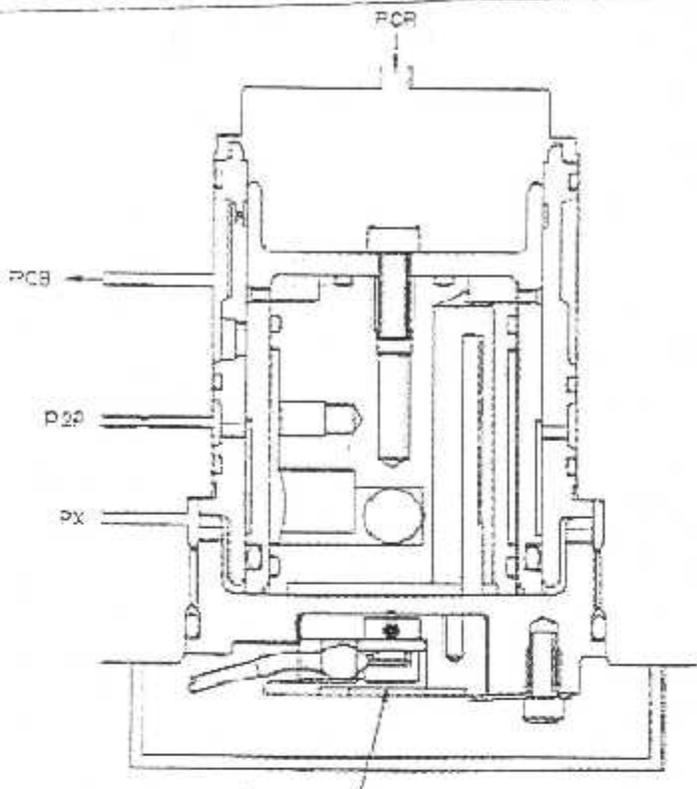
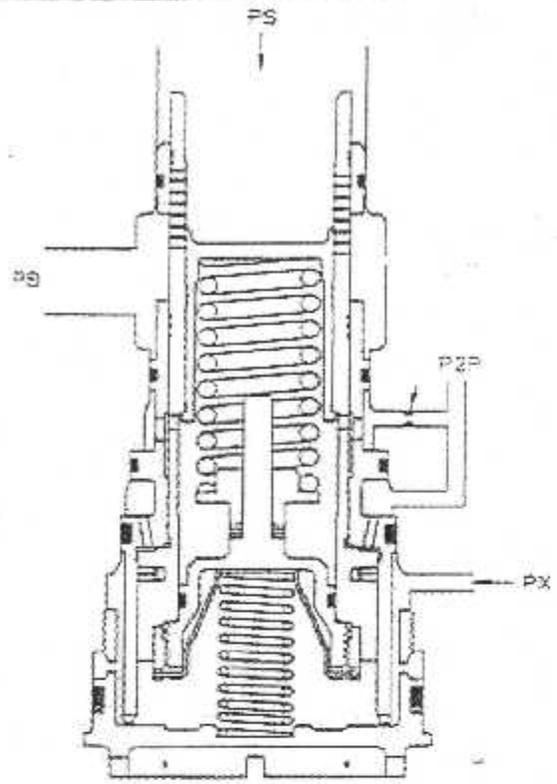


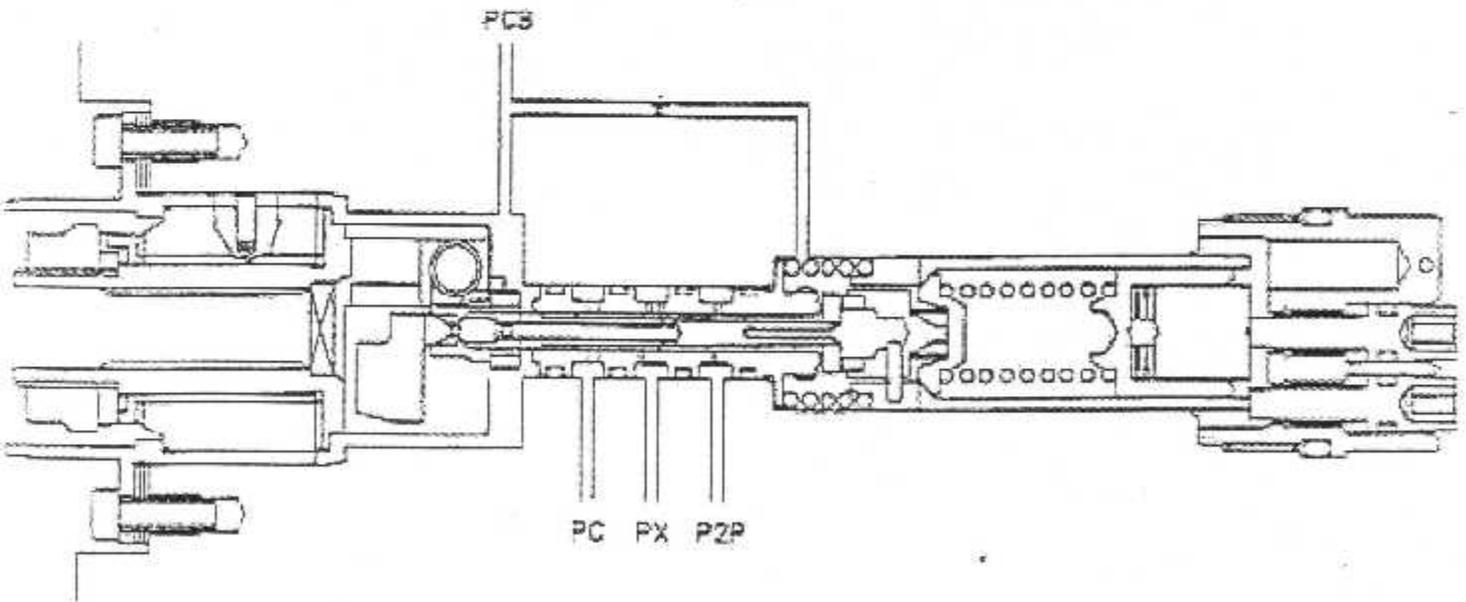
Fig. (III. 6) : DESCRIPTION DEUXIEME PARTIE D'ASSERVISSEMENT



La valve anti-retour (PCB)



La valve de by-pass



Le régulateur de surpression (OSG)

III. 4 - LES AUBAGES DU STATOR A CALAGE VARIABLE (VSV) :

III. 4. 1 - Description générale :

Ce mécanisme de stator a calage variable est utilisé sur l'entrée du compresseur haute pression (HPC), pour ajuster l'écoulement d'air autour des profils d'aube à différents régimes de fonctionnement moteur. Dans le but d'éviter le pompage du moteur.

Ce système de stator à calage variable assure ses fonctions en contrôlant la position angulaire de dispositif suivant :

III.4. 1. 1- Les aubes de pré rotation à calage variable (IGV) : (fig. (III. 7))

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

-sur la figure (A) est représenté le diagramme rotor au nous remarquons que, pour une vitesse d'entrée V et pour une vitesse U (correspondant à un régime voisin de N_{max}), le fonctionnement est correct. Pour la même vitesse d'entrée V , si l'on diminue trop U , soit m les filets d'air se présentant 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.

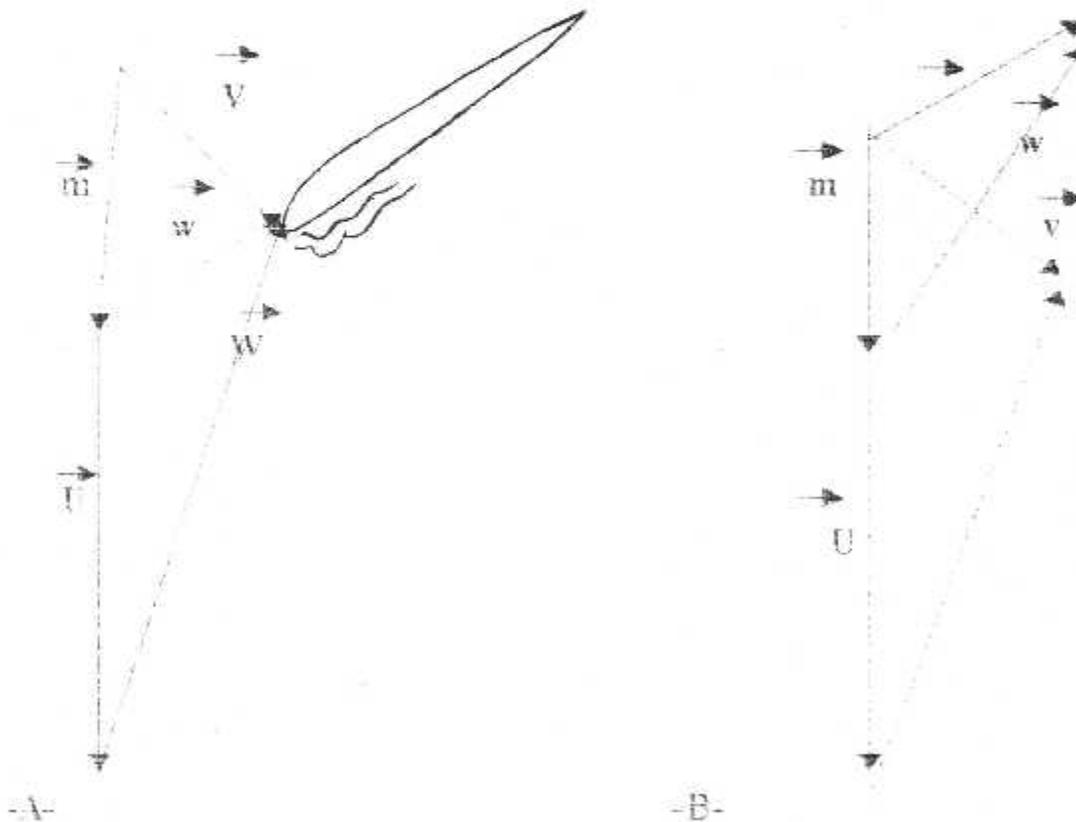


FIG. (III. 7) : Rétablissement du bon fonctionnement aux bas régimes

Son rôle (IGV) est de modifier la direction du vecteur de vitesse absolue sans trop en changer le module, afin de rétablir un fonctionnement. On trouve donc devant 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 :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{aux forts régimes} \\ \text{aux faibles régimes} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} U + W = v \\ M + u = V \end{array} \quad \text{avec } V = v$$



→ Position de l'aubage de pré rotation pour les faibles régimes.

→ Position de l'aubage de pré rotation pour les régimes proches du régime maximal



AUBAGE ROTOR

III.4. 1. 2- aubage du stator à calage variable (VSV) :

Afin d'améliorer les performances du compresseur haute pression (HPC), on y installe des stators à calage variable. Le fonctionnement de ces stators est identique an aubages de pré rotation, ils permettent de désire V_a en fonction de nombre de tour par minute pour adopter 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 de compresseur .

III. 4. 2 - LES COMPOSANTS DU SYSTEME (VSV) :

Le système du stator a calage variable est constitué de :

- Deux (02) vérins de commande : (voir Fig.(III. 8))

Se sont des verins de type à piston qui ont pour rôle de convertir la pression hydraulique de HMU par action mécanique pour entrainer les deux barres a leviers de commande (bellocrank assemblies)

- Deux barres à levier de commande :

Se sont des barres reliées à quatre anneaux de commande pour les actionner.

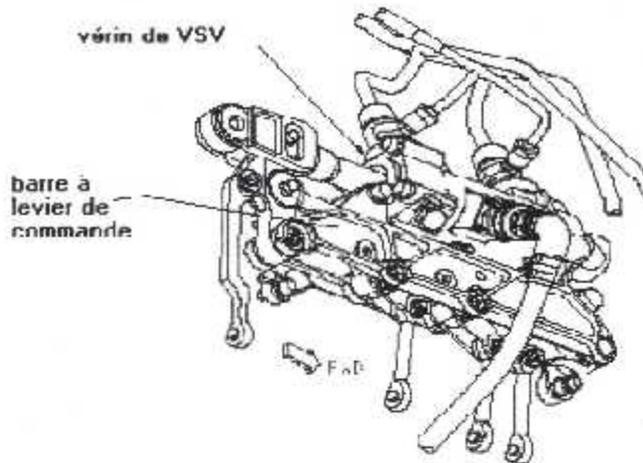


Fig. (III. 8) : l'ensemble de vérin du VSV

- *Quatre (04) anneaux de commande :*

Se sont des anneaux de contrôle de l'angle d'incidence des ailettes du stator de compresseur haute pression (HPC)

- *Stator à calage variable :*

- Un seul étage des aubes directrices d'entrée à calage variable (IGV)
- Trois (03) étages des aubes du stator à calage variable (VSV)

III. 4. 3 - L'emplacement des composants du système de VSV :

a) les aubes de pré rotation à calage variable (IGV) :
sont montées à l'entrée d'air du compresseur haute pression (HPC)

b) Les aubages du stator à calage variable (VSV) : (Fig. (III. 9))
dispose aux trois(03) étages premiers de compresseur haut pression (HPC)

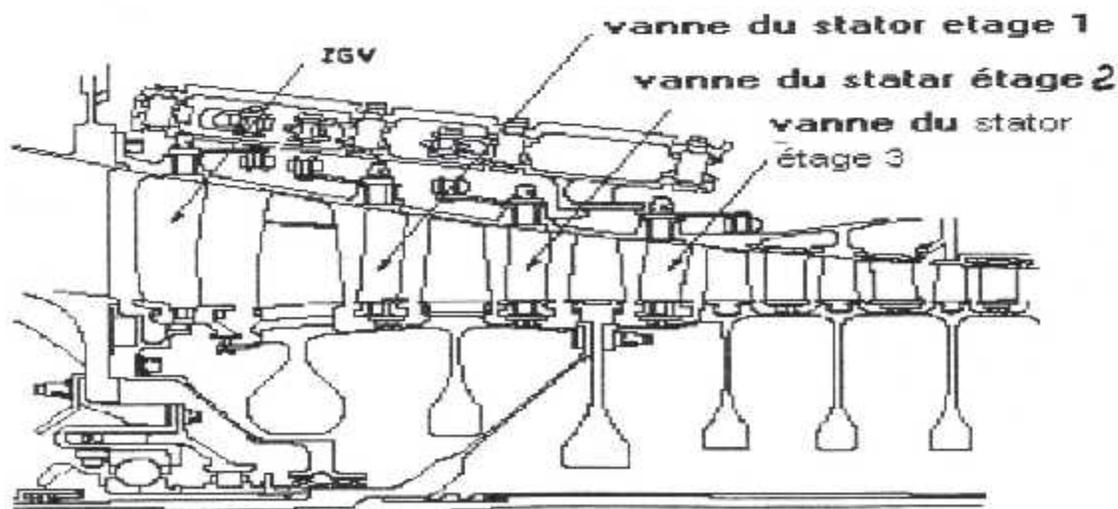


Fig.(III. 9) : COMPOSANTS DU STATOR A CALAGE VARIABLE

C) Deux vérins de commande :

Sont montés sur la cote droite et gauche du moteur sur le compresseur (HPC) dont leurs positions horaires sont à 2 : 00 et 8 : 00 heures, chaque vérin est lié sur une barre à levier de commande.

D) Deux barres à leviers de commande : elles sont disposées, systématiquement de chaque cotés du compresseur haute pression (HPC)

E) Quatre (04) anneaux de commande : disposés autour des premiers étages du compresseur HP.

- Pour avoir **L'** accès au composant du système de VSV, il faut ouvrir le capot du fan et des revers.(voir FIG. (III. 10))

III. 4. 4 - Caractéristiques fonctionnelles du vérin de VSV :

Fluide d 'opération	MIL-T-5624,Grade JP 4-5 MIL-C- 7024,, Type 2 ASTMD 1655 JET A 1 or JET B
Pression	Operation (refoulement): 0-1370 psig (0-9446kpa)
	résistance : 2055psig (14169 kpa) à 350 °F (177°C) 2350 psig (16203 kpa) à 70°F (21°C)
Dimensions physiques	Longueur (piston rétracte) : 11,5in. (292,1 mm) Longueur (piston élargir) : 14,25 in. (361,96 mm) Largeur : 3,5in. (88,9 mm) Hauteur : 3,5in. (88,9 mm)
Température	Fluide : -65° à 325 °F (-18,3° à 176,6 °C) Opération : -65 ° à 325 °F (-18,3 ° à 176.6 °C)
Poids	5,3 lb (2,40 kg)

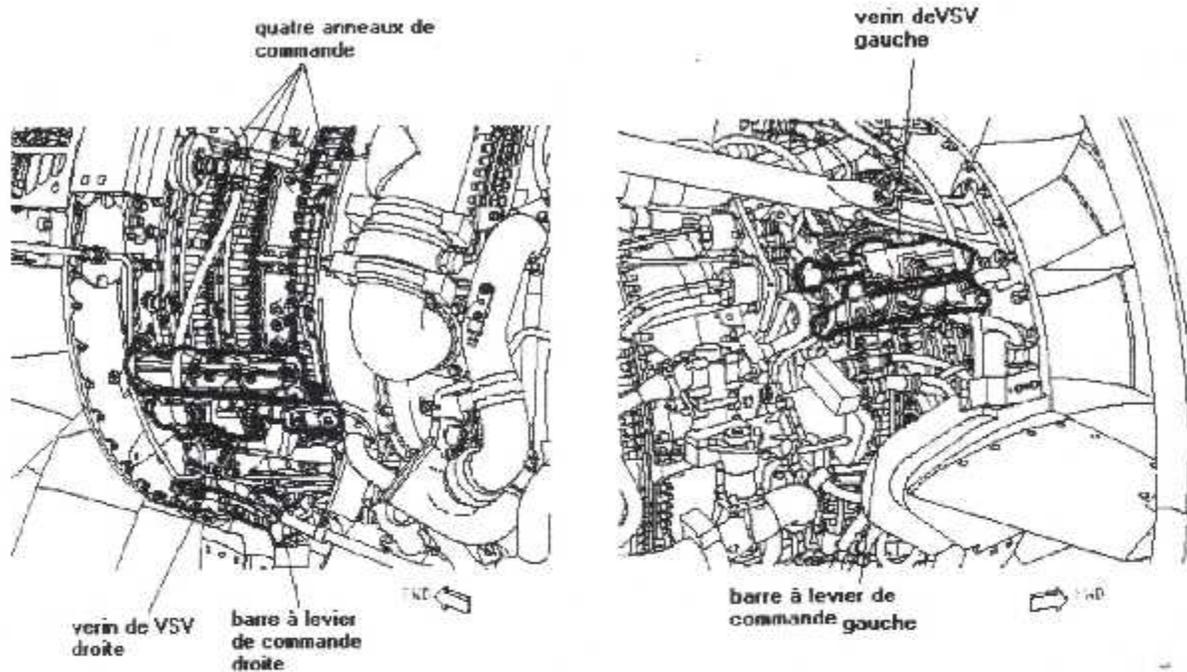


Fig. (III. 10) : l'emplacement des composants du système (VSV)

III. 4. 5 - Description du vérin de commande du système de VSV :

Le vérin du système est de type (vérin à piston), munis de deux connections hydraulique coté tige du piston 'rode side' et du coté de tête «Head side» qui est reliés à la HMU, à travers ces connections. La HMU envoie un signal hydraulique de commande 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 transmette le mouvement. Le deuxième vérin opère de la même façon. Chaque levier d'une même rangée d'aube et relie à un anneau de commande. Les quatre anneaux de commande des VSV sont entraînés par deux barres à leviers de commande disposés de chaque coté du compresseur pour actionner les IGV et les VSV qui fonctionnent en même temps et de la même façon.

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

-Le transducteur différentiel variable linéaire (LVDT) du vérin gauche est connecté au canal A de la EEC, tandis que le LVDT du vérin droit est connecté au canal B de la EEC. Leur rôle consiste à transmettre la position des VSV à partir de la EEC. (FIG.(III. 11))

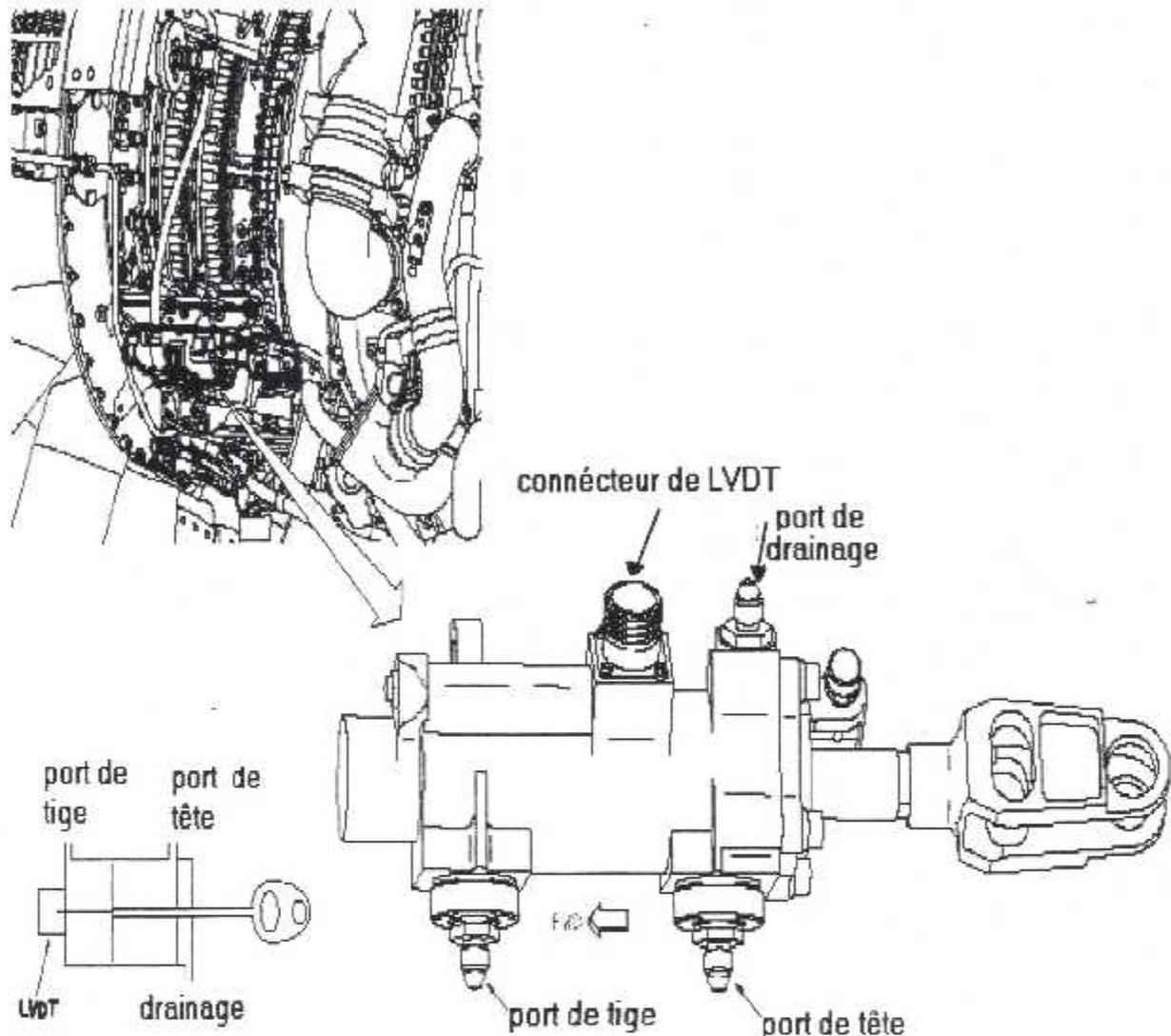


FIG. (III. 11) : DESCRIPTION DU VERIN DE SYSTEME DU VSV

III. 4. 6 – FONCTIONEMENT DU SYSTEME DE VSV :

L'unité de contrôle électronique (EEC) utilise ces données pour programmer la position du stator à calage variable (VSV) :

- ❖ La température d'air totale (TAT)
- ❖ La pression d'air totale 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 du compresseur HP T25.

Le système de VSV fonctionne automatiquement. La EEC obtient TAT, PT, et P0 de l'ADIRU à travers l'unité d'affichage électronique (DEU), et sont obtenus les autres données des sondes du moteur. Ces paramètres sont employés pour calculer la position commande de VSV.

A partir de ces données la EEC envoie un signal de commande électrique à l'unité hydromécanique (HMU), qui envoie à son tour un signal hydraulique aux deux vérins de commande du VSV. Chacun de ces deux vérins est connecté à une barre de leviers de commande disposé de chaque côté du compresseur HP, les deux vérins et barres de levier de commande fonctionnent au même temps pour actionner le stator à calage variable (VSV) aux quatre anneaux de commande.

La pression hydraulique d'unité hydromécanique (HMU) est délivrée aux deux orifices de connections hydrauliques de chaque vérin de commande des VSV, Ceux des côtés têtes (Head side) ou ceux des cotés tiges (Rod side) de ces derniers, 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. Même direction et même sens du mouvement pour le deuxième piston qui fonctionne de la même façon que le premier.

La pression reçue de l'orifice qui est de cote tête (HEAD SIDE) du vérin de commande actionne les VSV vers la fermeture suivant le réglage de position voulue et vice-versa la pression reçue de l'orifice qui est du cote tige (ROD SIDE) du vérin actionne les stators à calage variable (VSV) vers l'ouverture suivant le réglage de position voulue, et ceci en fonction du débit de la pression hydraulique (quantité du carburant) fournie par la HMU est calculé par la EEC, même procédure pour le deuxième vérin.

Chaque vérin de commande des VSV se compose d'un LVDT, de deux raccords de carburant et d'une prise électrique. Le LVDT du vérin gauche est connecté au canal B de la EEC, tandis que le LVDT du vérin droit est connecté au canal A. leur rôle consiste à transmettre la position des VSV à partir de la EEC. (Voir Fig.(III. 12))

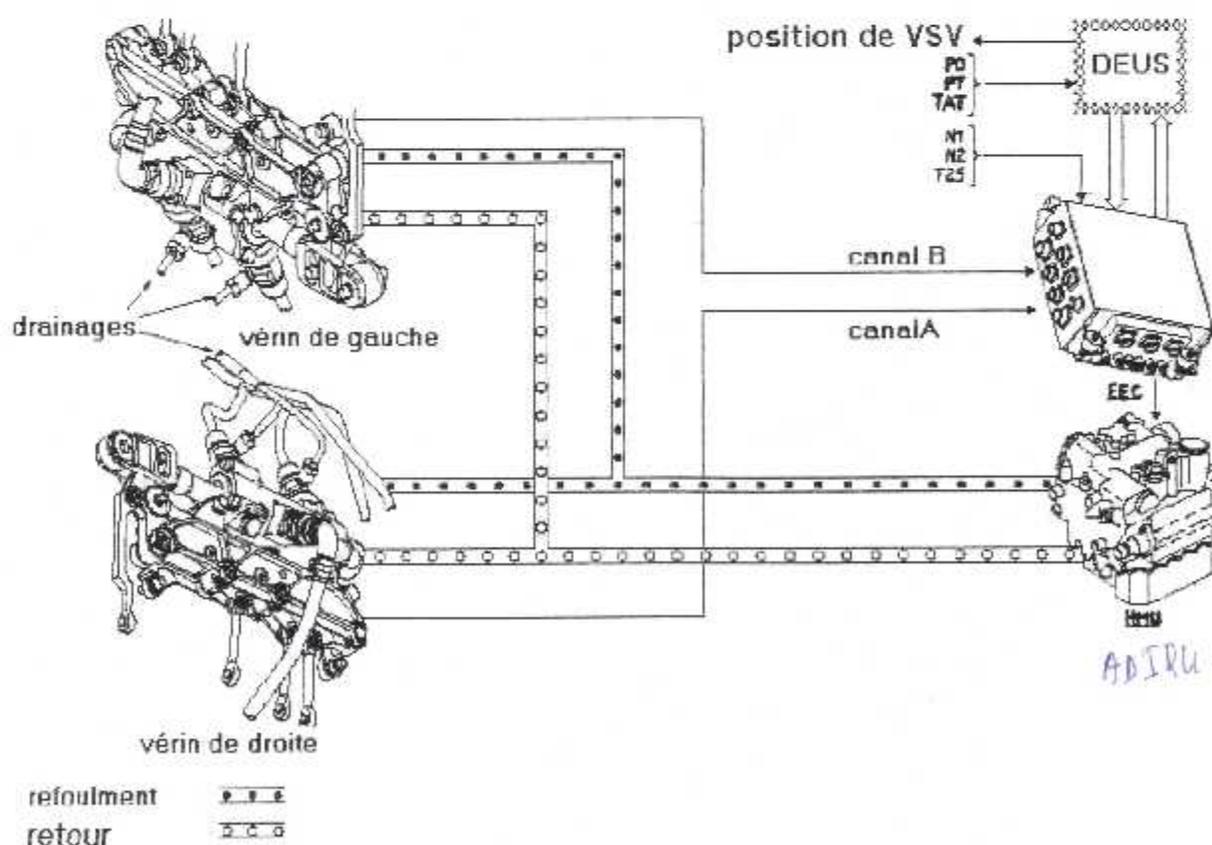


Fig.(III. 12) : FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DES AUBAGES DU STATOR A CALAGE VARIABLE (VSV)

III. 4. 7 - MODE OPERATIONS :

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. Quand la vitesse de rotation de l'attelage haute pression (N2) est au régime ralenti (61%), les VSV sont en position « FERME ».

Les VSV reviennent graduellement à leur position plus fermée aux basses altitudes et au importante chute de températures d'air totale pour améliorer la stabilité du moteur pendant les conditions de givrage. au régime élevé, le compresseur fonctionne à un régime d'adaptation qui lui assure un rendement optimal dans ce cas de VSV sont en position « OUVERTE », ils s'ouvrent progressivement quand N2 augmente, et ils sont à la position plus ouverte quand la vitesse de rotation d'attelage haute pression est plus de 95%



III. 5 -LES VANNES DE DECHARGE (VBV) :

III.5. 1 - description générale :

Le compresseur basse pression (LPC), étant destiné à alimenter le compresseur haute pression (HPC), fournit un taux de compression faible mais adapté aux régimes élevés. Donc le compresseur est dimensionné pour conserver la vitesse axiale ce qui veut dire que la vitesse axiale de sortie du compresseur est sensiblement égale à celle de l'entrée du 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) S2 - S1. Au faible régime donc à une vitesse axiale faible, S2 est trop faible pour conserver le débit à cause du phénomène de barrage dans le dernier étage. Pour remédier à ce phénomène les constructeurs ont donc adapté des vannes de décharge qui éjectent l'air à l'extérieur lorsqu'elle est ouverte, et permettent aussi de rétablir une vitesse axiale constante.

Aux bas régimes, le débit d'air qu'il fournit est généralement excessif au besoin, c'est dire son taux de compression est trop élevé ce qui provoque le pompage.

Le mécanisme des vannes de décharge (VBV) permet effectuer une décharge d'air du compresseur basse pression (LPC) vers l'écoulement de l'air secondaire. Ceci afin d'éviter le décrochage de l'écoulement dans le compresseur basse pression.

III. 5. 2 - LES COMPOSANTES DE SYSTEME DE VBV :

Le système de VBV contient les parties suivantes :

- ❖ Deux (02) vérins de commande de VBV.

Chaque vérin de commande des vannes de décharge contient les composants suivants :

- une sonde
- une enveloppe
- tige de cylindre et une unité de tige de piston du cylindre

- ❖ Un anneau de commande.
- ❖ Dix (10) portes de décharge et deux (02) portes maîtresse.

III. 5. 3 - EMBLACEMENT DES COMPOSANTS DE VBV : (Fig. (III.13))

-les vannes de décharge sont disposées à l'arrière du compresseur basse pression (LPC), elles sont interconnectées par un anneau de commande et actionnées par deux (02) vérins hydraulique.

-le vérin de commande droit des vannes de décharge (VBV) est disposé sur la partie arrière du carter de la soufflante (fan) aux 4 : 00 H position.

-le vérin de commande gauche de vanne de décharge (VBV) est monté sur la partie arrière du carter fan dont sa position horaire est 1 : 00.

-les composants sont disposés autour du carter fan(soufflante) sont :

- dix (10) vannes de décharge et deux (02) vannes de décharge maîtresse, l'une des deux derniers positionnés à 1 : 00 H et l'autre positionnée à 4 : 00 H

-Un anneau de commande.

-Douze (12) leviers coudés (bielles)

Pour obtenir l'accès aux composants du système de VBV il faut ouvrir les deux capots fan et le capot des reverse.

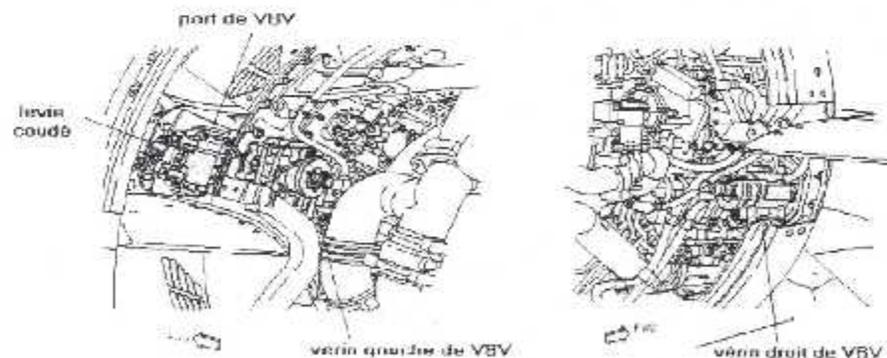


Fig. (III. 13) : L'EMPLACEMENT DES COMPOSANTS DU SYSTEME VBV

III. 5. 4 - DESCRIPTION DU VERIN DE COMMANDE DE VBV :

Le vérin de commande des VBV est un vérin à piston, il est muni de deux connections hydrauliques coté tige du piston (Head side) et coté tête (Rod side) qui le relie à la HMU par un bourrelet qui empêche les prises d'air, la même chose pour d'autre vérin.

A travers ces deux connections la HMU envoie un signal hydraulique de commande aux deux pistons de deux vérins pour les actionnées.

Il y a un descripteur différentiel variable linéaire (LVDT) qui se connecte avec chaque vérin, le LVDT du vérin gauche est relié au canal A de la EEC, celui du vérin droit est relié au canal B de la EEC.

Le vérin de commande de VBV possède une porte de drainage, pour évacuer le carburant qui fuit du joint de l'arbre. (Fig. (III. 14))

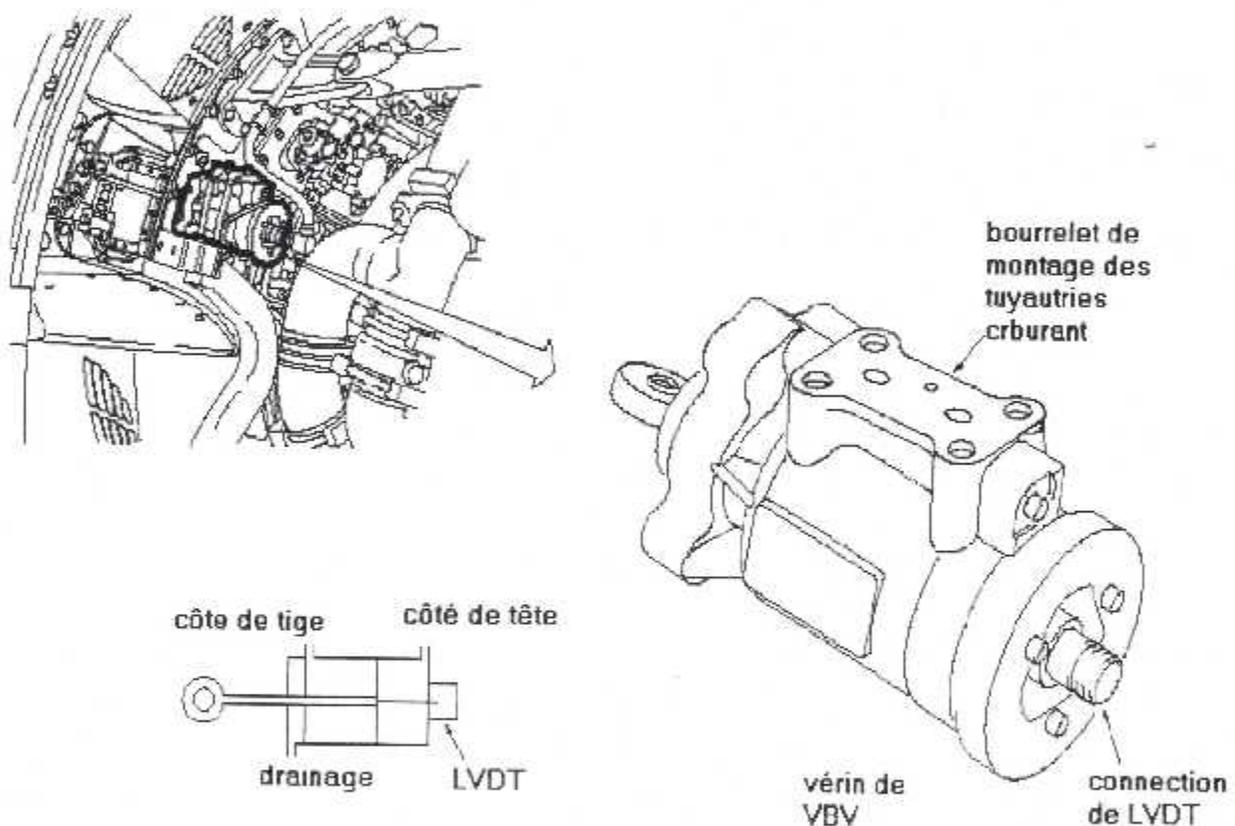


Fig. (III. 14) : VERIN DE COMMANDE DE SYSTEME DU VBV

III. 5. 5 - Description des vannes de décharge : (Fig. (III. 15))

Les vannes de décharge contrôlent et régulent le décharge de quantité d'air du compresseur basse pression (LPC) vers l'écoulement de flux d'air secondaire pour éviter le décrochage de l'écoulement dans les aubages du compartiment de compresseur basse pression (LPC). D'autre part, elle permet d'éviter les particules et les matières désirées comme l'eau. (FOD) pour atteindre le compresseur haute pression (HPC)

On a dit que il y a douze (12) vannes de décharge du VBV qui sont disposées en arriere de compresseur basse pression (LPC) et entoure du carter de la soufflante (fan). Chaque vanne est connecté à l'anneau de commande à travers une bielle, deux ces vannes

sont nommées les vannes maîtresses, parce qu'ils sont à proximité des vérins de commande et se relient directement à ces derniers par une longue bielle. Les décharge opérants quand les deux vérins provoquent le mouvement des bielles des vannes maîtresses qui entraînent l'anneau de commande ainsi que les douze (12) vannes qui sont connectés à ce dernier.

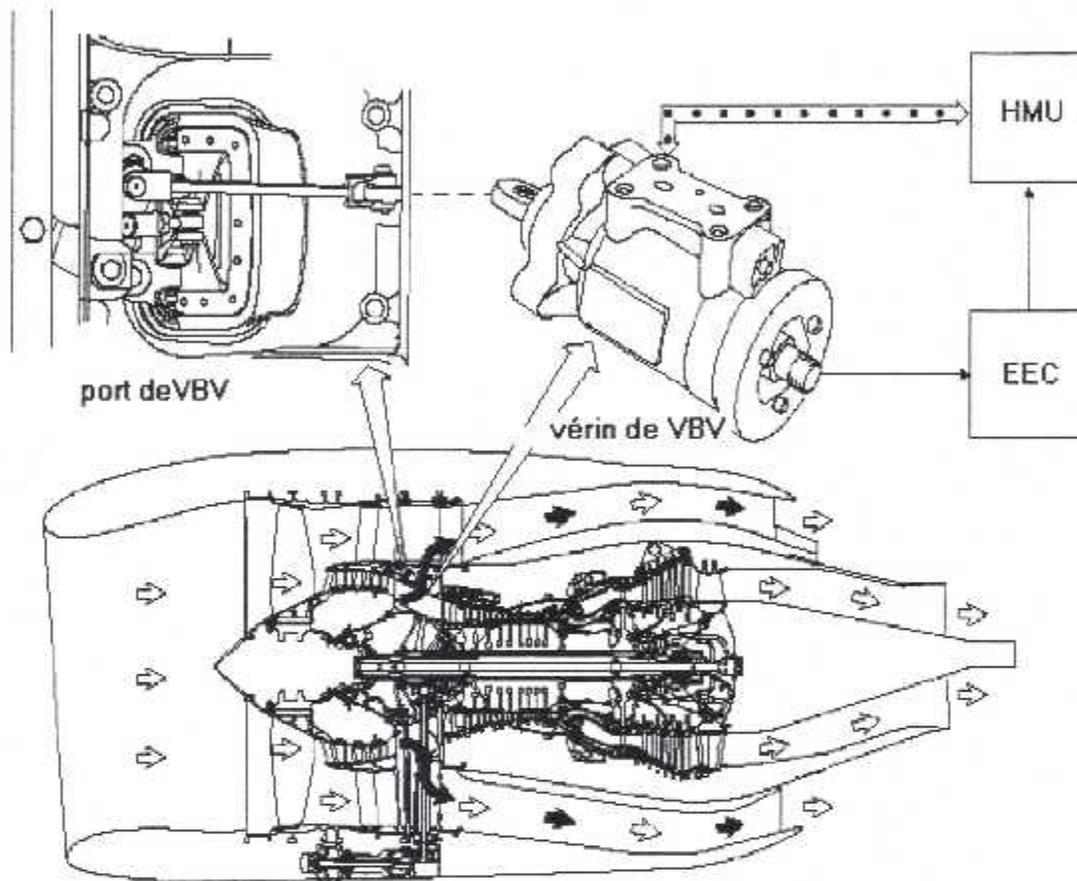


Fig. (III. 15) : LES VANNES DE DECHARGE DU SYSTEME DE VB

III. 5. 6 - FONCTIONNEMENT DES VANNES DE DECHARGE (VBV) :

Le contrôle électronique du moteur (EEC) utilise des données de l'avion et de moteur pour calculer la position angulaire des vannes de décharge (VBV) sont :

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

Le système de VBV fonctionne automatiquement. La EEC obtient P0, PT, et TAT de l'ADIRU à travers la DEU, N1, N2, T25 et la position des VSV du sondes du moteur et obtient aussi TRA de la résolution des reverses. La EEC utilise ces données pour programmer la position optimale des vannes de décharge (VBV)

A partir de ces données la EEC envoie un signal de commande électrique au régulateur carburant (HMU), qui transmet à son tour un signal hydraulique de commande pour régler la quantité de carburant d'inservisement qui est délivrée aux deux orifices de connections hydrauliques de chacun des deux vérins de commande VBV, Ceux du coté têtes ou ceux des cotés tiges de ces derniers. L'orifice qui reçoit la pression hydraulique du carburant en premier, détermine la direction de mouvement du piston, la quantité de pression donne la distance de déplacement du vérin, le deuxième vérin opère de la même façon.

La pression reçue de l'orifice qui est du côté tête du piston actionne les vannes VBV 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 les vannes vers la fermeture suivant le réglage de position voulue, même fonctionnement pour le deuxième vérin.

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.

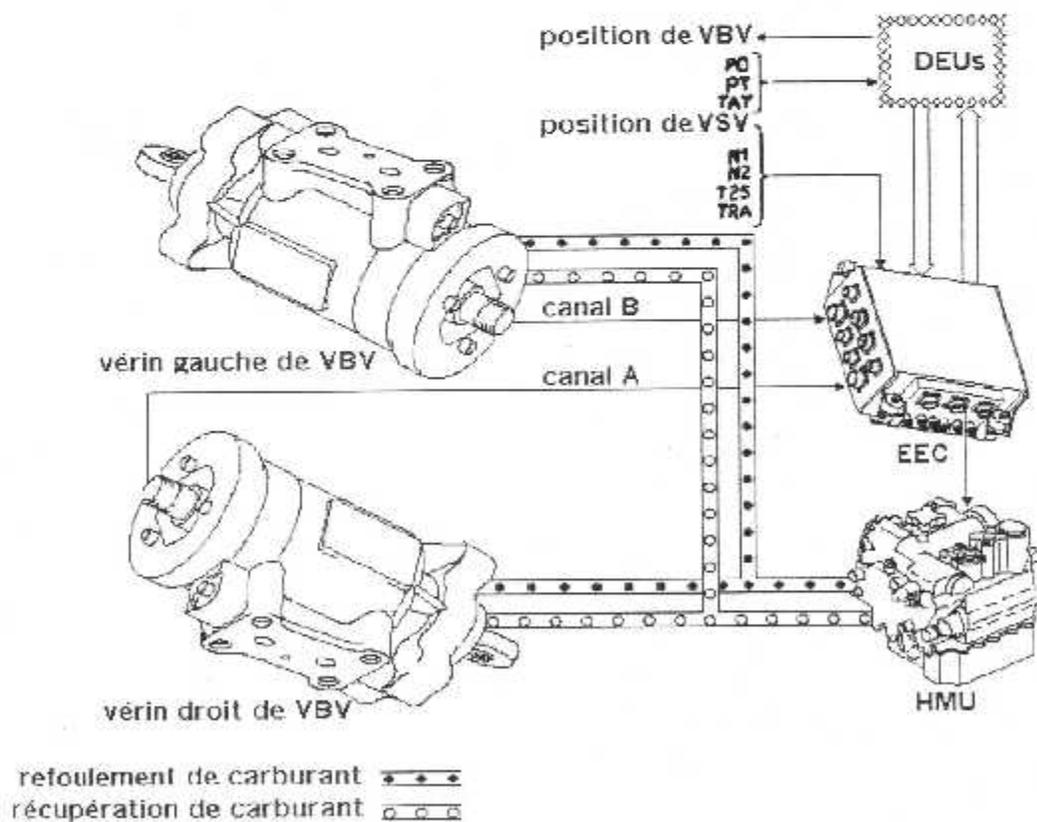


Fig. (III. 16) : FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DES VANNES DE DECHARGE (VBV)

Les vérins de commande sont connectés à douze (12) portes qui assurent la position des vérins (VBV), ces derniers contrôlent la quantité d'air déchargée de LPC qui va au flux d'air secondaire. La sortie des pistons provoque une rotation en arc de cercle de l'anneau dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et provoque la fermeture des vannes de décharge (VBV), même mécanisme pour l'autre vérin qui opère comme le premier et qui est à proximité de la deuxième vanne de décharge maîtresse.

Chaque vérin de commande se compose d'un transformateur différentiel variable linéaire (LVDT), de deux raccordements de carburant et d'une prise électrique. Le LVDT du vérin droit envoie un signal électrique au canal A de la EEC, l'autre LVDT du vérin gauche envoie un signal électrique au canal B de la EEC pour contrôler la position des vannes de décharge (VBV) (voir Fig. (III. 16))

III. 5. 7 - MODE OPERATIONS :

Dans les conditions optimales de fonctionnement du moteur c'est à dire a bas régime les vérins de commande définit une position OUVERTE des VBV.

Les VBV sont en position FERME quand les VSV sont en position OUVERTE, c.à.d quand la vitesse de rotation N2 atteint les 80% de sa vitesse maximale (au régime élevé)



Les vérins de VBV actionnent les portiers VBV à une position OUVERTE quand les stators à calage variable (VSV) sont actionnés à la position FERME, c.à.d quand la vitesse de rotation N2 atteint les 61% de sa vitesse maximale (au bas régime)

Les portières de VBV se déplacent à leurs tours à une position plus FERME quand les VSV se déplacent à une position plus OUVERTE.

La EEC commande les portières des VBV pour être plus OUVERTE pendant les états suivants :

- ❖ Une décélération rapide de moteur.
- ❖ Les inverseurs de poussée sont en opérations.
- ❖ Conditions de givrage potentielles.

III. 6 -LES VANNES DE DECHARGE TRANSITION TBV :

III. 6. 1 - DESCRIPTION GENERAL :

La vanne de décharge transition (TBV) est un dispositif des vannes (soupapes) qui contrôlent la quantité d'air qui est soutirée (piquée) de 9ème étage du compresseur haute pression (HPC), pour être envoyée au distributeur (aube stator) du 1^{er} étage de la turbine basse pression (LPT)

Pendant le démarrage, la TBV est en position ouverte pour permettre à l'air sous pression du 9ème étage du compresseur haute pression (HPC) de premier étage du turbine basse pression (LPC), ceci pour le éviter décrochage de l'écoulement dans le compresseur haute pression (HPC) (fig.(III. 17))

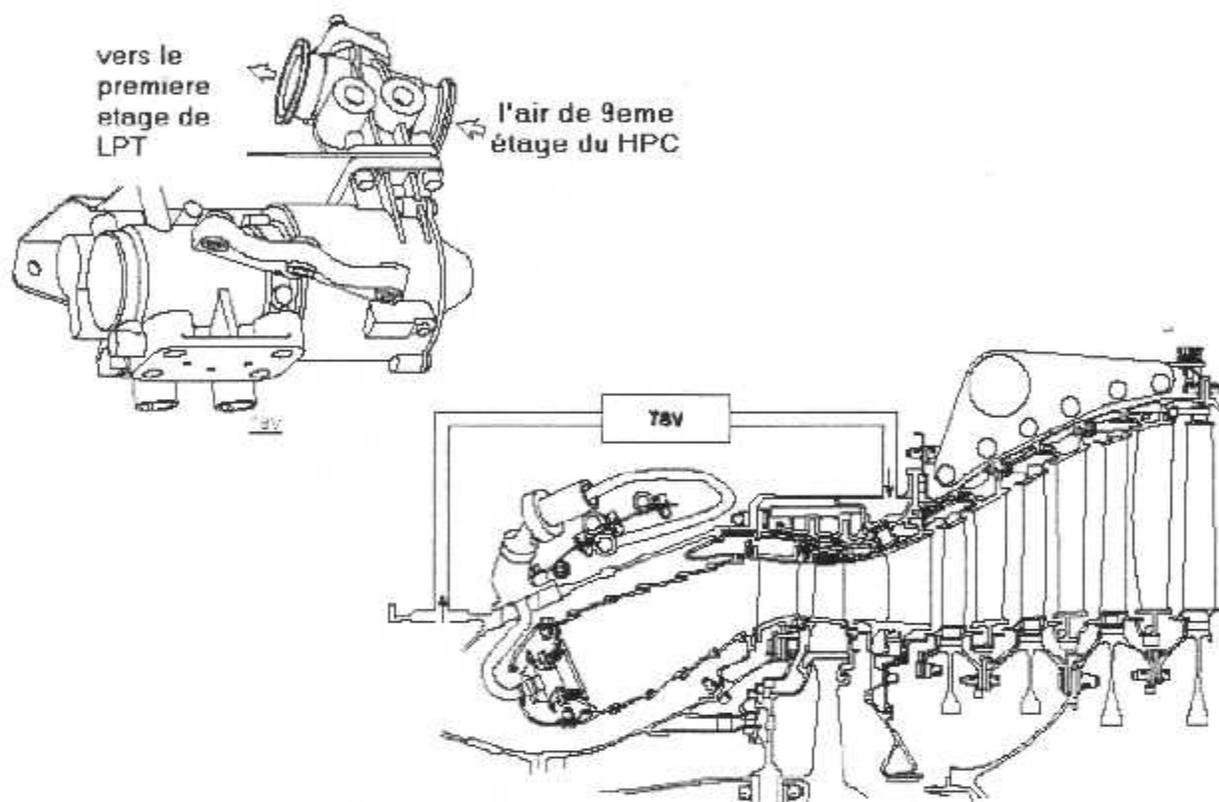


Fig. (III.17) : LA VANNE DE DECHARGE ET DE TRANSITION

III. 6. 2 - LES COMPOSANTS DE TBV :

Le système de TBV est constitué des composants suivants :

- 1- Vanne de TBV : est une valve a papillon permet de contrôler la quantité d'air de 9ème étage qui est dirigée vers le distributeur du 1^{er} étage de la turbine basse pression (LPT)
- 2- La tuyauterie TBV (collecteur) : C'est une conduite qui permet de transporter l'air du 9ème étage du compresseur haute pression vers le 1^{er} étage de la turbine basse pression. (Voir Fig. (III. 18))

III. 6. 3 - L'EMPLACEMENT DES COMPOSANTS :

Les composants du système de TBV d'écrits sont disposés sur le carter de la turbine haute pression (HPT)

- La vanne TBV est positionnée à 6 : 00 H
- La tuyauterie de TBV est positionnée à 5 : 00 H

Pour avoir l'accès aux composants du système TBV, il faut ouvrir les deux capots du fan (soufflante) et le capot des reverses. (Voir Fig. (III. 18))

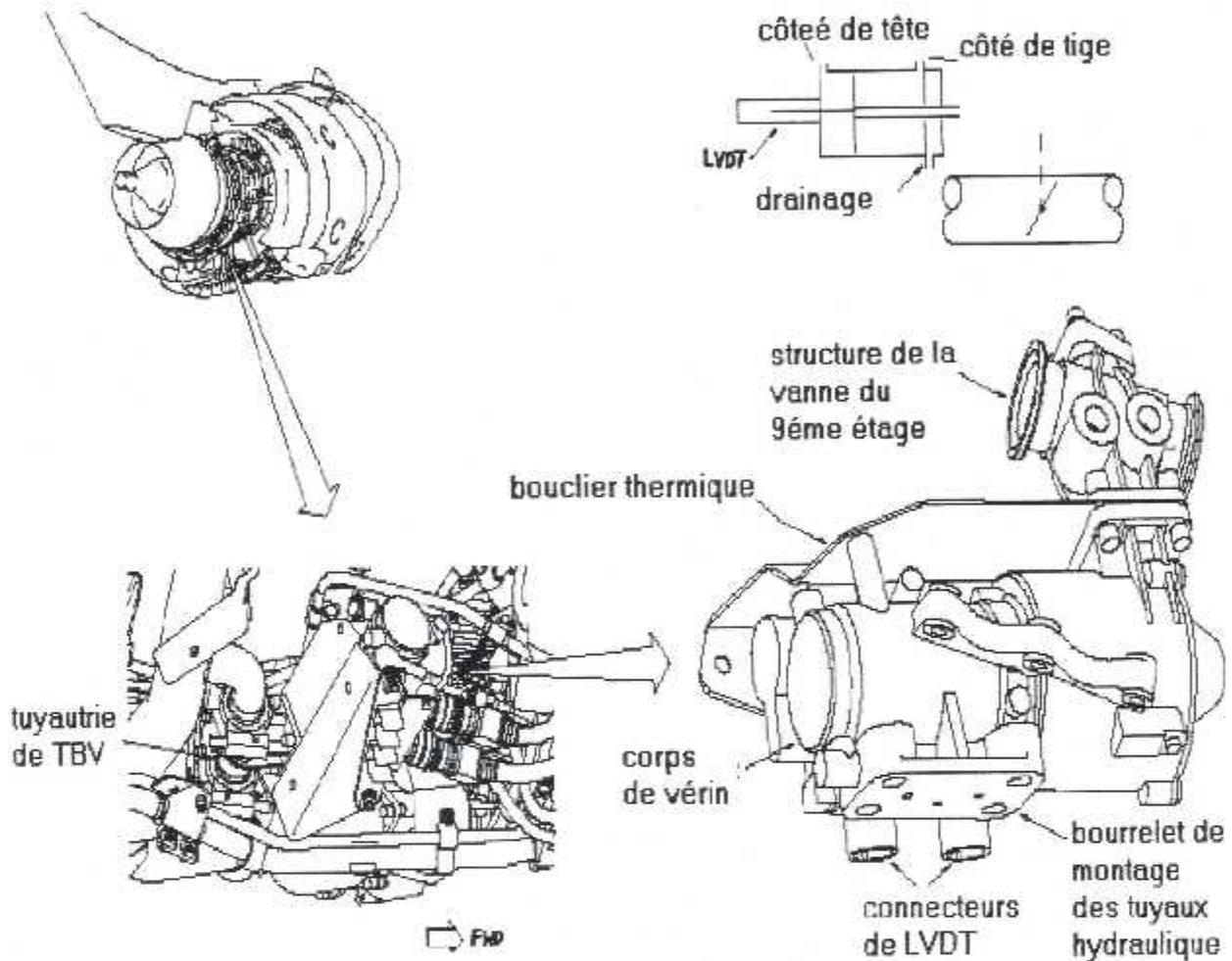


Fig. (III. 17) : LES COMPOSANTS DU SYSTEME DE TBV ET LEUR EMBLACEMENT

La vanne de TBV contrôle la quantité d'air de 9ème étage qui est dirigée vers le distributeur de 1^{er} étage de la turbine basse pression (LPT)

Cet air coule de la vanne de TBV à travers le tuyau du TBV vers le carter de la turbine basse pression (LPT) pour passer enfin à travers des trous dans la sortie de premier étage de la LPT et se mélanger avec les gaz d'échappements du moteur .

Elle est constituée de :

- L'ensemble du corps de la valve sont :
 - Un corps de la valve.
 - Une plaque à papillon et vérin triangulaire.
 - Un indicateur de position.
 - Un bourrelet de montage des tuyaux hydraulique

- L'ensemble de chambre de vérin :

- Un vérin triangulaire.
- Un piston.
- Un transducteur différentiel variable linéaire (LVDT)

la vanne a deux position, fermée et ouverte qui est provoqué par la sortie ou la rétraction du piston, ce dernier est liée a la plaque à papillon de la vanne de TBV, l'entraînant aussi tout de sons déplacement pour une position d'ouverture au 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 de TBV au canal A, tandis que l'autre transmet au canal B de la EEC. Voir Fig. (III. 19)

III. 6. 4 – Caractéristiques fonctionnelles de la valve de TBV :

Distance franchissable de Température	température et les pressions associées du 9ème étage	-65 à 115 °F (-54 à 623 °C) en 3 à 470 psi (20,6 à 3240,5 kpa)
Distance franchissable de pression	La pression de fermeture de la valve	470 psia (3240,5 kpa) maximum à 983°F (528°C) et la pression de décharge 153 psia (1054,8 kpa)
	La pression d'ouverture de la valve	248 psia (1709,8 kpa) maximum à 850 °F (454 °C)
	La pression de carburant dans l'entrée du vérin	1204 psia (8301,2 kpa) maximum a 338 (170°C)
Les connexions	Connexion électrique N°1	M83723-88Y-12-12-8 ou l'équivalente
	Connexion électrique N°2	M83723-88Y-12-12-8 ou l'équivalente
Dimensions de l'enveloppe	longueur	9,59 inches (24,35 cm) approximativement
	largeur	5,13 inches (13,03 cm) approximativement
	hauteur	7,73 inches (19,63 cm) approximativement
	poide	7,59 pounds (19,05 kg) maximum

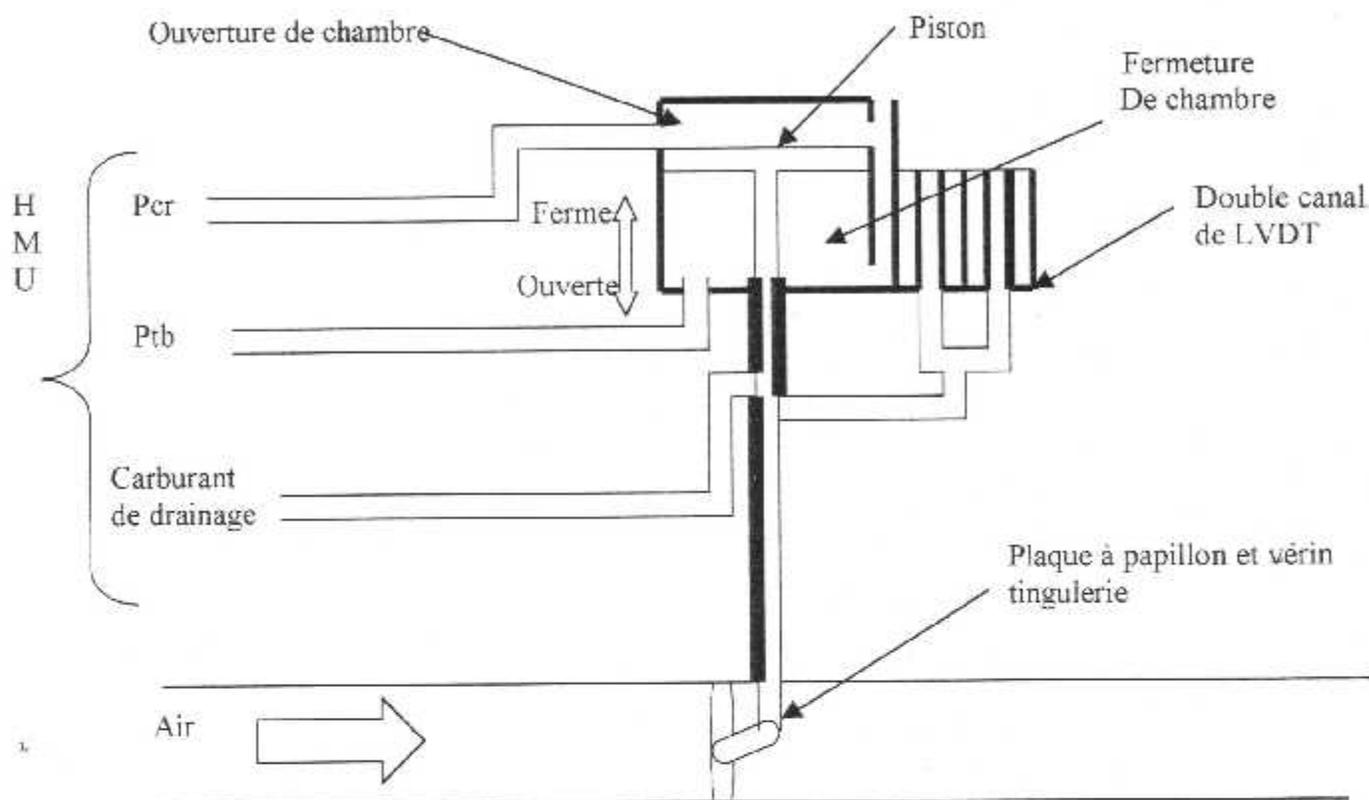


Fig. (III. 19) : La valve de décharge et de transition (TBV)

III.6. 5 – FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DE TBV : (Fig. (III. 20))

La EEC utilise ces paramètres pour programmer 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 de la sortie du compresseur haute pression (T25)

Le système de la vanne de décharge et de transition (TBV) opère automatiquement. La EEC obtient la vitesse de rotation de l'attelage HP (N2) et la température d'air à la sortie du compresseur HP (T25) des sondes du moteur et les utilise pour déterminer une rectification de la vitesse N2 et donne l'ordre de fonctionnement de la vanne TBV.

A partir de ces paramètres la EEC envoie un signal de commande électrique au niveau d'unité hydromécanique (HMU), qui transmet à son tour un signal de commande aux deux orifices de connections 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 premier, détermine la direction du piston, pendant que le débit de cette pression calcule la distance parcourue. La vanne du système de TBV est complètement ouverte ou bien complètement fermée, donc la distance est la même et le débit de pression (quantité du carburant) est toujours constant.

La pression de l'orifice qui est du côté tête (Head side) du piston actionne 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 provoquées par la sortie ou la rétraction du piston, ce dernier est lié au papillon de la vanne TBV, l'entraînant ainsi lors de son déplacement pour une position d'ouverture ou de fermeture.

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

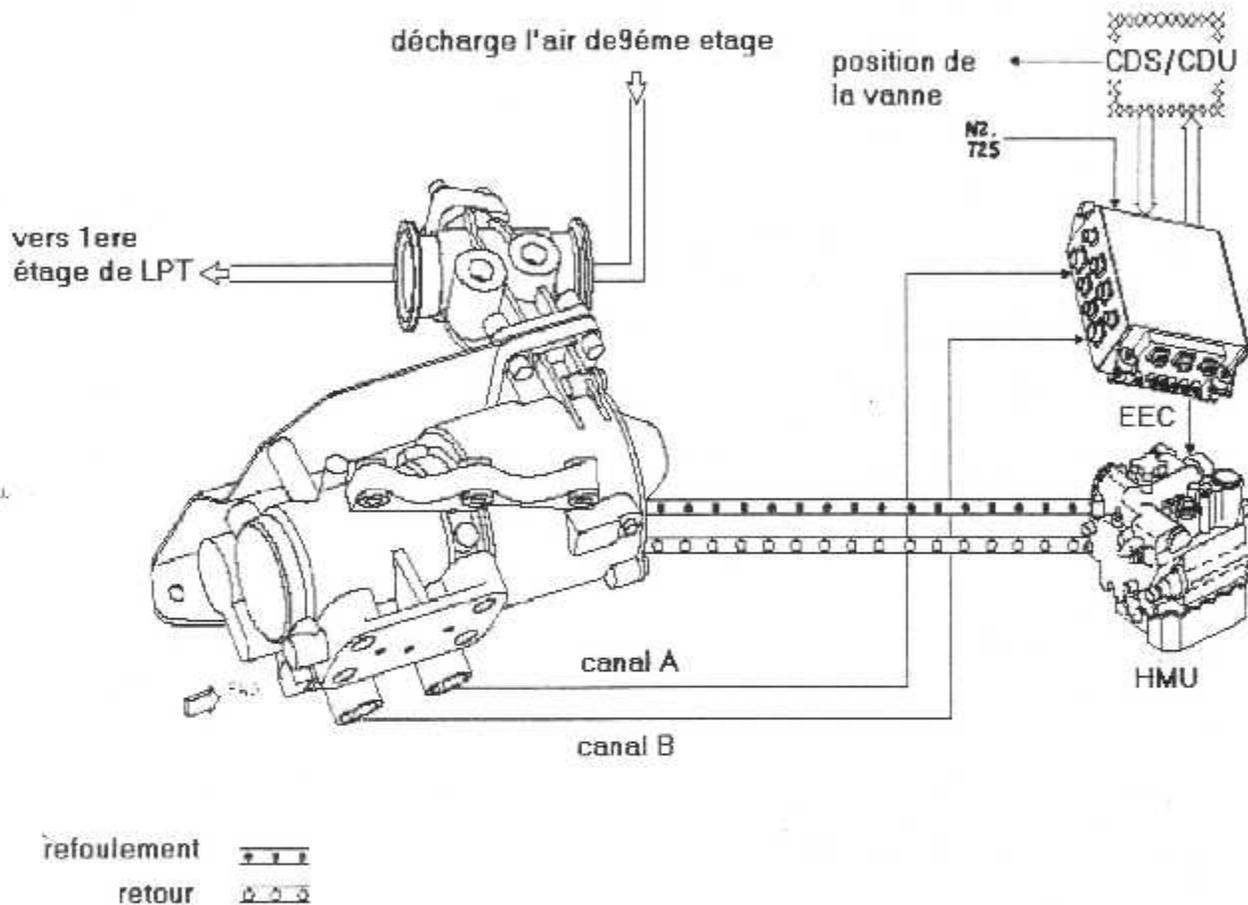


Fig.(III. 20) : FONCTIONNEMENT DE VANNE DE DECHIARG ET DE TRANSITION (TBV)

III. 6. 6 - Mode opératoire des vannes de décharge de transition (TBV) :

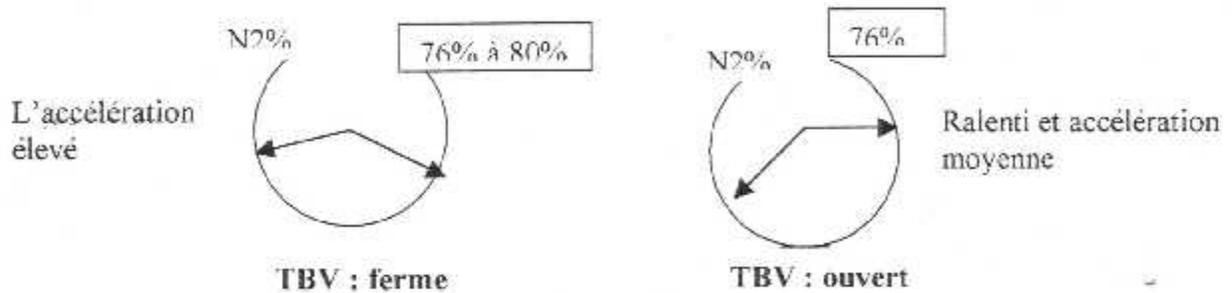
La EEC emploie des données pour calculer une vitesse corrigée de l'arbre N2 qui sont :

- La vitesse de l'arbre N2
- La température d'air de la sortie du compresseur haute pression HPC (T25)

A ce moment-là pendant le démarrage, la TBV sera en position OUVRETE pour permettre à l'air sous pression de la 9^{me} étage de passer au distributeur du 1^{er} étage de la

turbine basse pression ceci pour éviter le décrochage de l'écoulement dans le compresseur haute pression HPC

Pendant une accélération du moteur, la TBV s'ouvre quand la vitesse corrigée de l'arbre N2 est approximativement 76% de la vitesse maximale de N2.
La TBV se FERME quand la vitesse de rectification de l'attelage haute pression N2 est entre 76% et 80% de sa rotation maximale selon T25, la vitesse de N2 est supérieure à 80%, la TBV est fermée durant les phases d'accélération du moteur.



Chapitre IV

Maintenance et recherche de panne

Maintenance

IV. 1 - Définition :

La maintenance est définie comme étant l'ensemble des interventions permettant de maintenir ou établir un matériel à son potentiel de performances et de disponibilité à un niveau fixé par l'autorité responsable (l'état)

En aéronautique, la maintenance est un corps important régié par des réglementations que le JAR-145 et est soumis à une structure organisationnelle technique importante à un point que pas toutes les compagnies aériennes peuvent se la permettre indépendamment et sans sous-traitance.

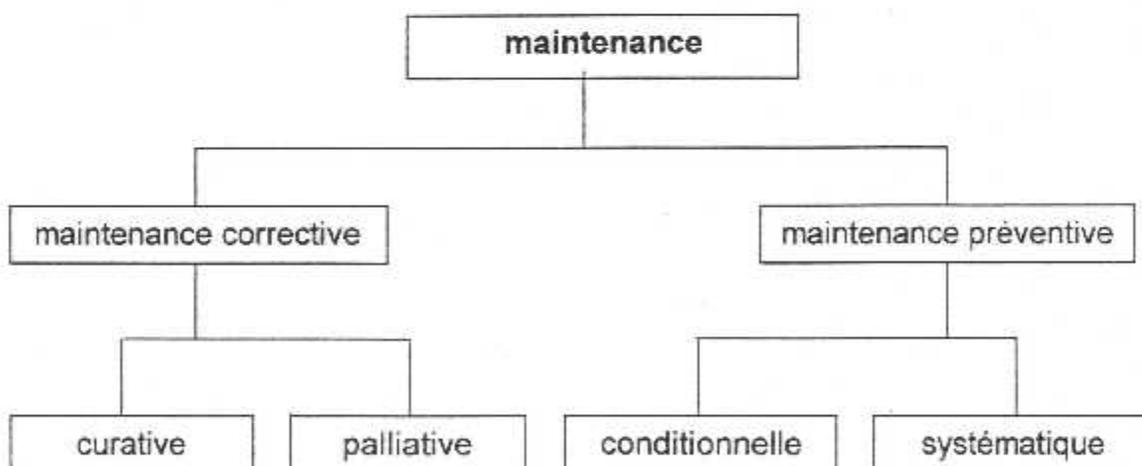
IV. 2 - Maintenir :

C'est effectuer des opérations de dépannage, graissage, visite et opérations qui permettent de conserver le potentiel de matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production.

IV. 3 - Les objectifs de la maintenance :

- Assurer la SECURITE au niveau le plus haut (navigabilité)
- Assurer la DISPONIBILITE (diminuer le temps d'arrêt)
- Assurer le COUT minimum (économie)

IV. 4 - Les type de maintenance (organigramme de maintenance) :



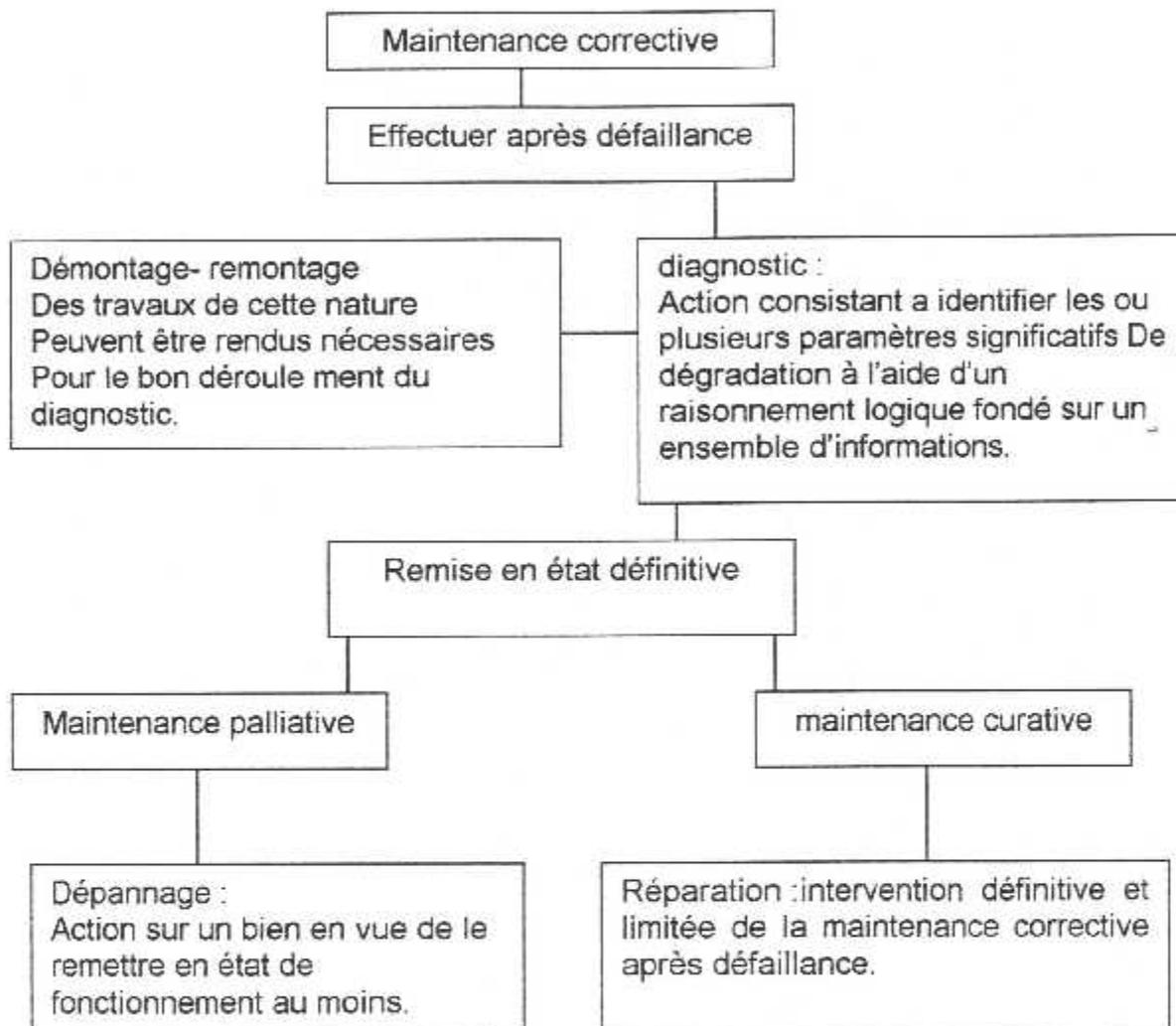
IV. 4. 1- Maintenance corrective :

IV. 4. 1. 1 - Définition :

C'est une maintenance effectuée à une défaillance (norme AFNOR X60-10), par une politique, dépannage ou réparation qui correspond à une attitude de réaction à des événements plus ou moins aléatoires et qui s'applique après la panne.

C'est un choix politique de l'entreprise qui malgré tout nécessite la mise en place des certains nombres de méthodes qui permettent d'on diminuer les conséquences.

IV. 4. 1. 2 - Organisation de la maintenance corrective :



IV. 4. 1. 3 - La mise en oeuvre de la maintenance corrective :

La maintenance corrective devra s'appliquer automatiquement au défaillances, comme par exemple la rupture brusque d'un organe mécanique ou le court-circuit d'un système électrique.

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

IV. 4. 2 - Maintenance préventive :

IV. 4. 2. 1 - Définition :

C'est une maintenance effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu pour cela on a deux types de maintenance.

- Maintenance conditionnelle
- Maintenance systématique

IV. 4. 2. 2 - Maintenance conditionnelle :

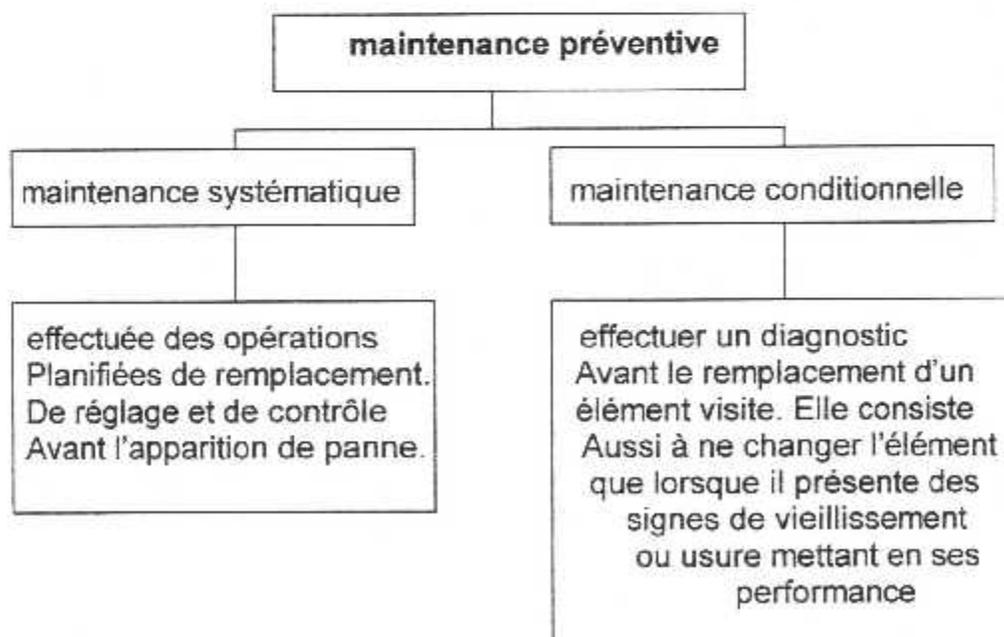
C'est une maintenance qui effectue un diagnostic avant de remplacer l'élément visé. Elle s'applique par exemple (pour les grandes machines tournantes). Un démontage ou un remplacement coûte cher en perte de production et en temps. Pour cela la maintenance conditionnelle consiste aussi à ne changer l'élément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

IV. 4. 2. 3 - Maintenance systématique :

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

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

IV. 4. 2. 4 - organisation de la maintenance préventive :



RECHERCHE DE PANNES

IV. 5 - Introduction :

Il y a panne dès qu'un défaut apparaît c'est à dire, un écart entre ce qui devrait être et ce qui est vraiment.

Lors d'une éventuelle panne le technicien de maintenance suit les étapes de dépannage suivantes

- ❖ Plainte équipage ou message de panne sur la CDU.
- ❖ Recherche de panne
- ❖ Pose /dépose
- ❖ Teste du bon fonctionnement
- ❖ Compte rendu
- ❖ Restitution de l'avion à l'exploitation

Le système de recherche de pannes permet l'accès aux messages de pannes enregistrés et aux fonctions de maintenances pour assister le personnel de maintenance, dans le but d'avoir une action corrective, rapide et performante. Dans le CFM 56-7B ce système opère en utilisant les composants suivants :

- ❖ Les deux unités de contrôle électrique EEC (détection des pannes)
- ❖ Les deux unités d'affichage électrique DEU (intermédiaires d'échange des données entre la EEC et FMC/CDU)
- ❖ L'ordinateur de gestion de vol FMC
- ❖ Les deux boîtes de commande et d'affichage CDU

IV. 6 - L'ECRAN DU MENU DE MAINTENANCE : Fig (IV- 1)

Il affiche le menu qui permet l'accès au fonction de maintenance de l'avion et du moteur

Les fonctions affichées par l'écran du menu de maintenance sont :

- Le système de l'ordinateur de gestion de vol FMCS
- Le système de contrôle digital de l'avion DFCS
- L'auto manette AT
- Centrale de référence inertielle de données aérienne ADIRU
- Le système de visualisation commune CDS
- L'index de la maintenance du moteur ENGINE
- Unité de puissance auxiliaire APU
- Le système d'indication de quantité d'huile FQIS

Pour avoir accès aux fonctions de la maintenance du moteur on sélectionne la touche à coté de l'indiction ENGINE.

IV. 7 - L'ECRAN DE SELECTION DU MOTEUR : FIG (IV- 2)

Il permet le choix du moteur (1 ou 2) , pour avoir accès au menu principal de maintenance et au rapports des dépassements des limites du moteur et ceci sélectionnant la touche à coté de l'indiction EXCEEDANCES.

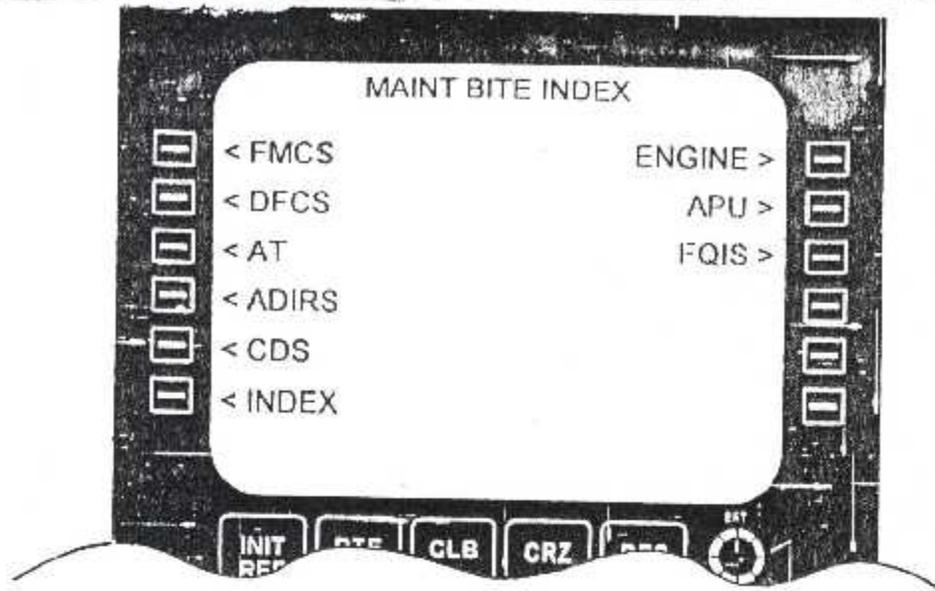
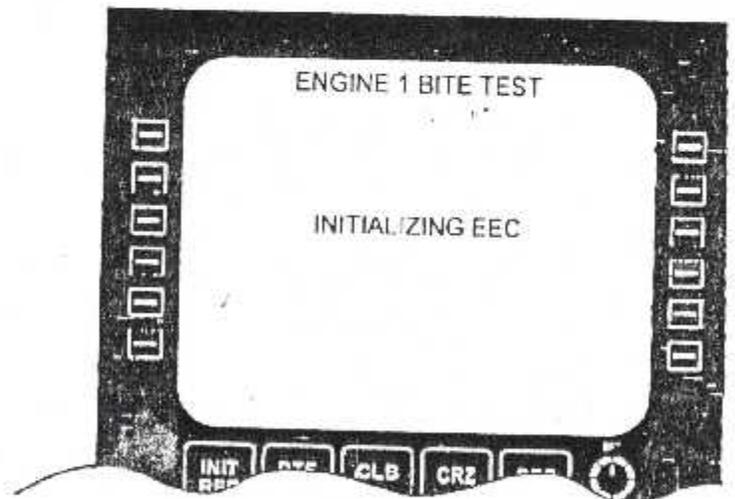
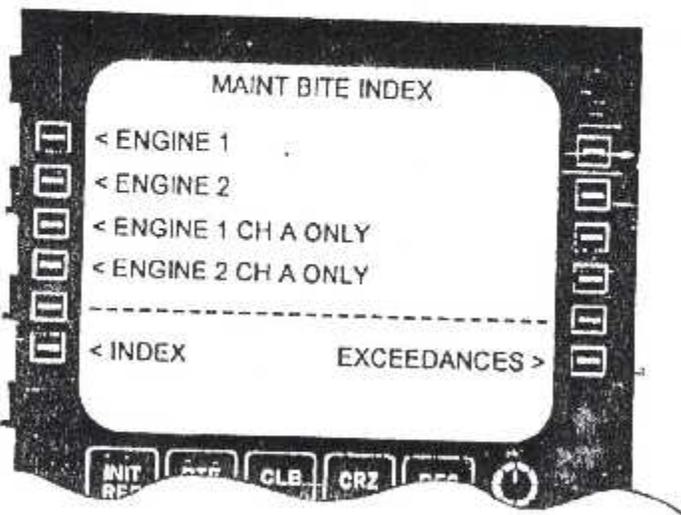


Fig.(IV-1) L'ECRAN DU MENU DE MAINTENANCE



Fig(IV-2) L'ECRAN DE SELECTION DU MOTEUR

Après la sélection, l'ordinateur de gestion de vol FMC établit la communication avec la EEC du moteur sélectionné, à cet instant l'apparaît la phrase « initialisation de la EEC » sur l'écran suivi de l'écran du menu principal MAIN MENU SCREEN.

IV. 8 - L'ECRAN DU MENU PRINCIPAL : Fig(IV- 3)

C'est le premier menu affiché par la EEC, permet d'avoir accès à la liste des testes de tous les fonctions du moteur réalisables par l'équipe de maintenance et il contient les options suivantes :

- Les pannes récentes
- Les pannes anciennes
- Identification /configuration
- Testes au sol
- Entrées de données de surveillance

Pour sélectionner les pannes récentes on appuie sur la touche à coté de l'indication RECENT FAULTS.

IV. 9 - LES ECRANS DES RECENTS PANNES :Fig (IV-4)

Ils enregistrent les pannes détectées des trois derniers vols en mémoire (inclure les pannes détectées pendant les manœuvres au sol)

La sélection de la fonction RECENT FAULTS de l'écran du menu principal affichera un message de panne par page (écran). La fraction $\frac{1}{4}$ sur la deuxième ligne à l'extrémité droite de l'écran indique la page courante sur le nombre total des pages.

La deuxième ligne affiche le titre de la touche sélectionnée de l'écran du menu principal. Tandis que la troisième ligne identifie la zone ou la panne a été enregistrée

La cinquième ligne contient le code en nombre qui est utilisé uniquement pour identifier la panne. Ce nombre se trouve dans le manuel de recherche de panne FIM qui explique la procédure requise qui permet de réparer la panne signalée.

Les lignes six et sept donnent une brève description de la faute identifiée dans la cinquième ligne.

Les lignes 09,10 et11 affichent les trois pannes les plus récentes détectées en vol. un « X » indique dans quels vols des trois derniers, des pannes ont été détectés et ceci en indiquant des chiffres allant de 1 jusqu' à 3 dont le 1 signifie le vol le plus récent et le 3 celui du plus ancien. Un autre « X » apparaît au-dessous du chiffre zéro 0 qui indique les pannes les plus récentes durant le fonctionnement au sol de l'avion si elles existent.

Si les données des récents pannes ne sont pas disponibles dans le canal doublé de la EEC, l'affichage des récentes pannes seront d'un canal particulier.

S'il n y a pas de pannes enregistrées, l'expression « NO RECENT FAULTS STORED » (pas de récente panne enregistrée) est affichée sur l'écran.

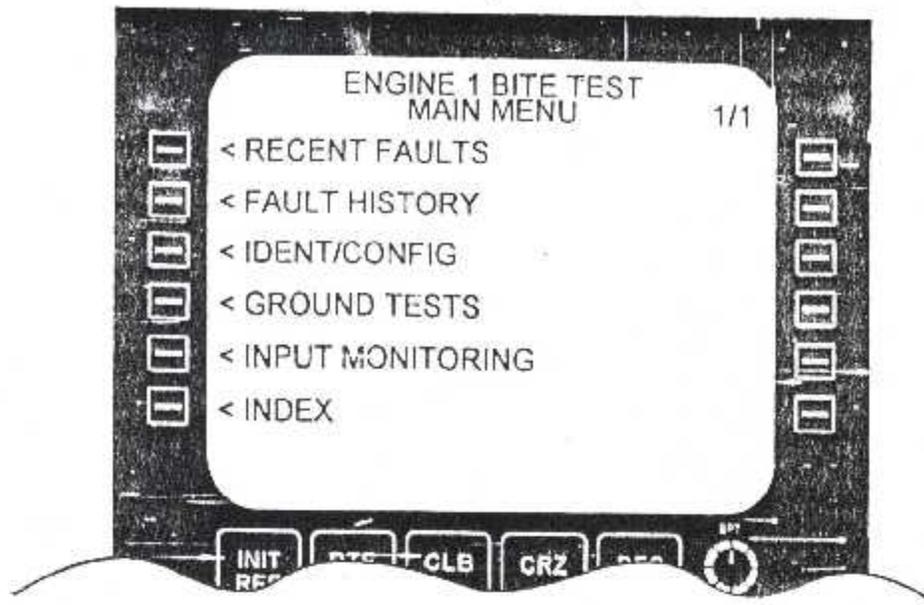


Fig (IV- 3) L'ECRAN DU MENU PRINCIPAL

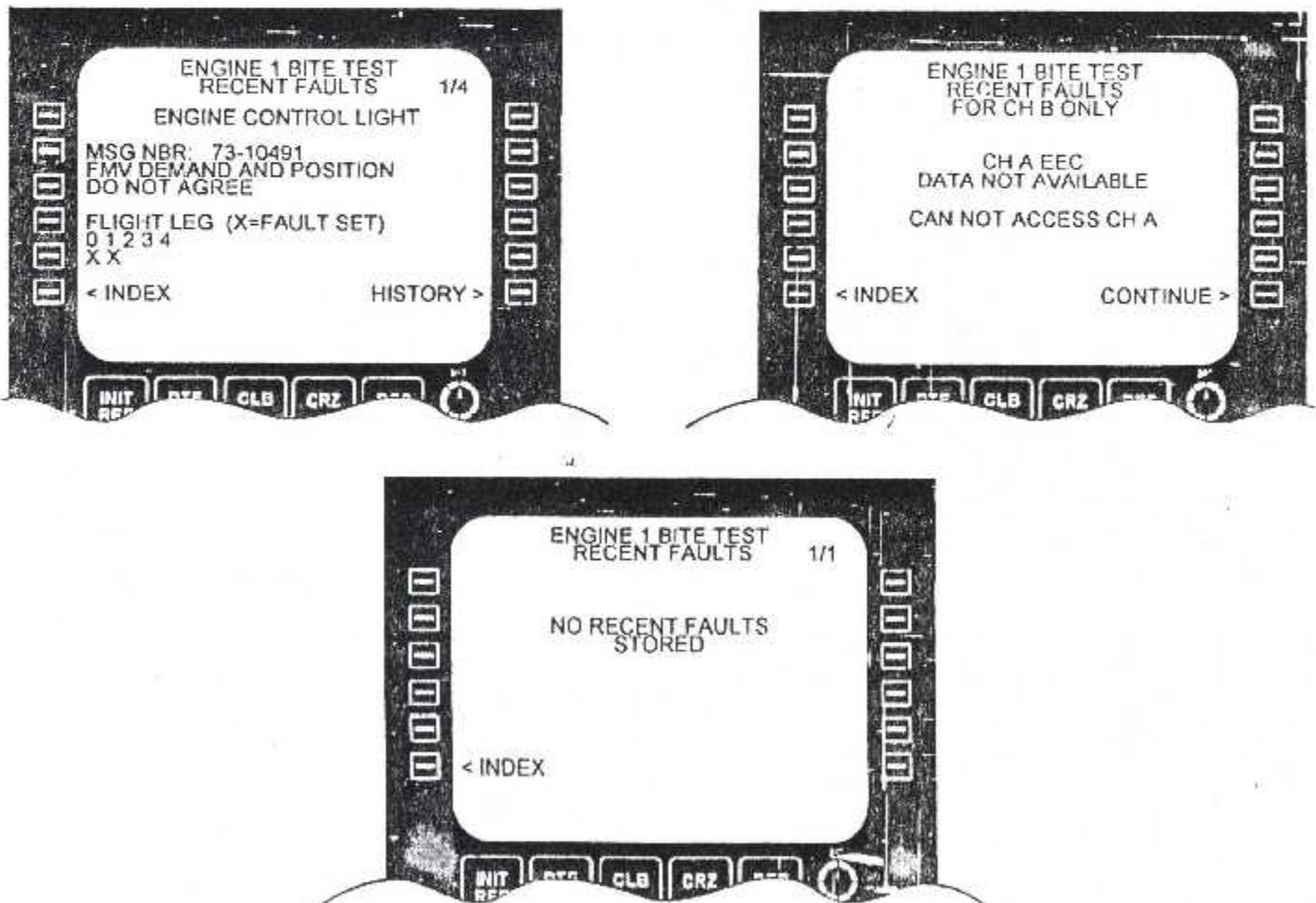


Fig. (IV- 4) LES ECRANS DES RECENTS PANNES

Pour défiler les pages en avant ou en arrière les boutons NEXT PAGE ou PREV PAGE de la CDU sont utilisés.

Sélectionner le bouton à cote de la fonction INDEX retournera l'opérateur à l'écran du menu principal.

IV. 10 - LES ECRANS DES ANCIENNES PANNES :Fig (IV- 5)

La fonction FAULT HISTORY affiche les pannes des dix 10 derniers vols ; et les pannes détectées durant le fonctionnement au sol de l'avion.

La sélection de la fonction FAULT HISTORY de l'écran du menu principal affiche un message de panne par page (écran). La fraction $\frac{1}{4}$ sur la deuxième ligne à l'extrémité droite de l'écran indique la page courante sur le nombre total des pages.

La deuxième ligne affiche le titre de la touche déjà sélectionné de l'écran du menu principal. Tandis que la troisième ligne identifie la zone ou la panne a été enregistrée

La cinquième ligne contient le code en nombre qui est utilisé uniquement pour identifier la panne. Ce nombre se trouve dans le manuel de recherche de panne FIM qui explique la procédure requise qui permet de réparer la panne signalée.

Les lignes six et sept donnent une brève description de la faute identifiée dans la cinquième ligne.

Les lignes 09,10 et11 affichent les trois pannes les plus récents détectées en vol. un « X » indique dans quels vols des dix 10 derniers, des pannes ont été détectés et ceci en indiquant des chiffres allant de 1 jusqu 'a 10, dont le 1 signifie le vol le plus récent et le 10 celui du plus ancien. Un autre « X » apparaît au-dessous du chiffre zéro 0 qui indique les pannes les plus récentes durant le fonctionnement au sol de l'avion si elles existent.

Si les données des anciennes pannes ne sont pas disponibles dans le canal doublé de la EEC, l'affichage des récentes pannes seront d'un canal particulier.

S'il n y a pas de pannes enregistrées, l'expression « NO FAULT HISTORY STORED » (pas d'ancienne panne enregistrée) est affichée sur l'écran.

Pour défiler les pages en avant ou en arrière les boutons NEXT PAGE ou PREV PAGE de la CDU sont utilisés.

IV. 11 - LES ECRANS DE CONFIGURATION ET D'IDENTIFICATION : Fig (IV- 6)

Ils permettent la configuration et l'identification du moteur lors de son placement sur l'avion, ou lors du changement de la EEC pour donner les messages de pannes correctes qui correspondent à chaque type du moteur.

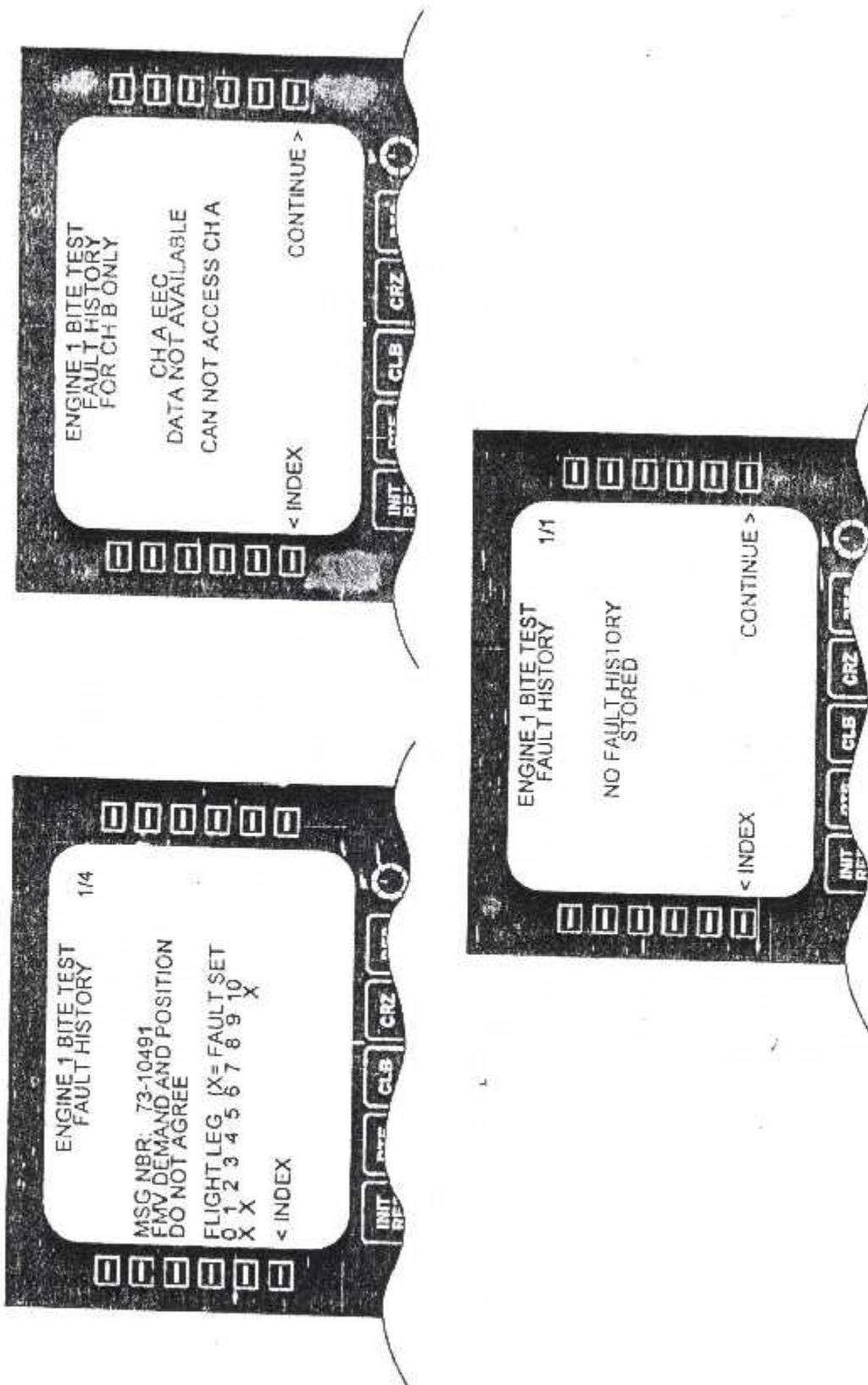


Fig (IV - 5) LES ECRANS DES ANCIENNES PANNES

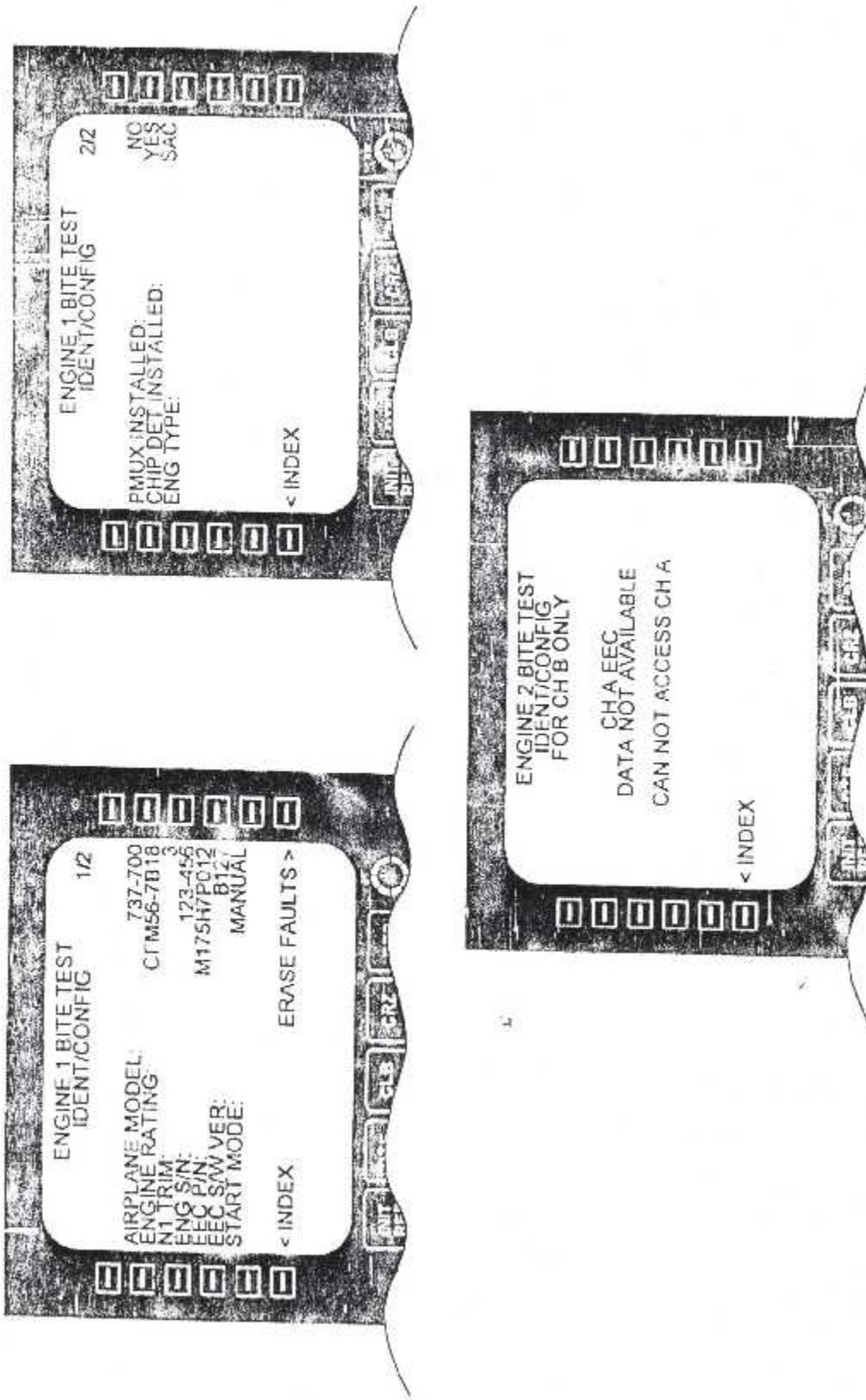


Fig.(IV-6) LES ECRANS DE CONFIGURATION ET D'IDENTIFICATION

La sélection de l'écran d'identification et de configuration du menu principal du moteur affichera les données de configuration et d'identification du moteur (page 1/2) qui définissent les paramètres suivants :

- Le modèle de l'avion
- Le modèle du moteur
- L'équilibrage de N1
- Le numéro de série du moteur
- Le numéro de série de la EEC
- Le mode de démarrage

La page 2/2 affiche le statut de performance multiplex (PMUX), les détecteurs de limailles et le type des option du moteur.

Si les données de configuration et d'identification ne sont pas disponible dans le canal doublé (SCO), l'expression DATA NOT AVAILABLE (données non disponible) est affiché sur l'écran.

La sélection de l'expression ERASE FAULTS (effacement des pannes) effacera toutes les pannes signalées. La sélection de l'expression INDEX retournera l'opérateur au menu principal.

IV. 12 - L'ECRAN DU MENU DES TESTES AU SOL : Fig (IV-7)

L'écran des testes au sol donne le menu des différents testes qui peuvent être effectués au sol.

Quand la fonction des testes au sol est sélectionnée du menu principal du moteur les fonctions suivants sont affichées :

- Teste de la EEC
- Teste des inverseurs de poussée
- Teste des vérins
- Teste d'allumage

La sélection d'une fonction dans le menu des testes au sol affichera le menu de sélection des testes.

IV. 13 - LES ECRANS 1 ET 2 D'INTRODUCTION DES DONNEES DE SURVEILLANCE : Fig (IV-8)

Faire afficher les écrans d'introduction de données permet le personnel de maintenance de surveiller les conditions du moteur en temps réel.

Quand la fonction de l'introduction des données de surveillance est sélectionnée du menu principal du moteur le comportement des paramètres cités au-dessous est surveillé par la EEC et transmet à la CDU :

- Le contrôle des boucles
 - Le contrôle des pressions
 - Le contrôle des températures
-

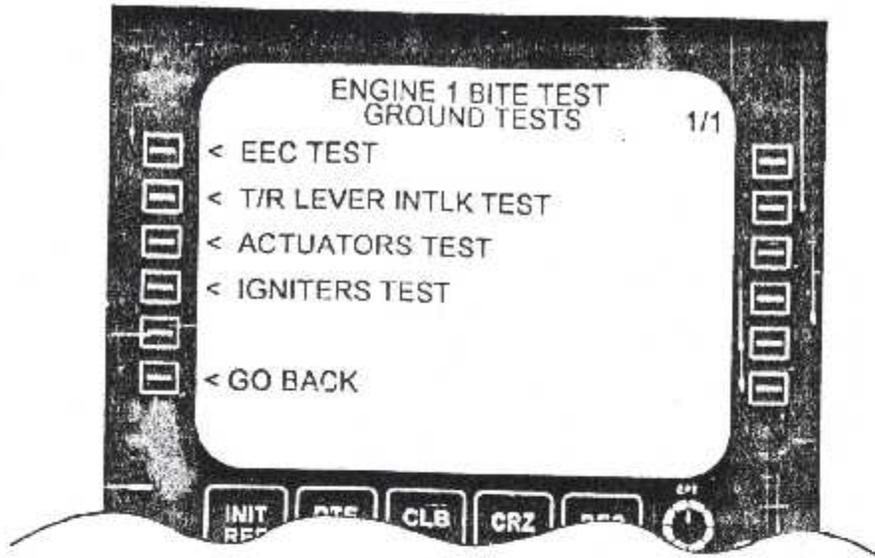


Fig. (IV-7) L'ECRAN DES TESTES AU SOL

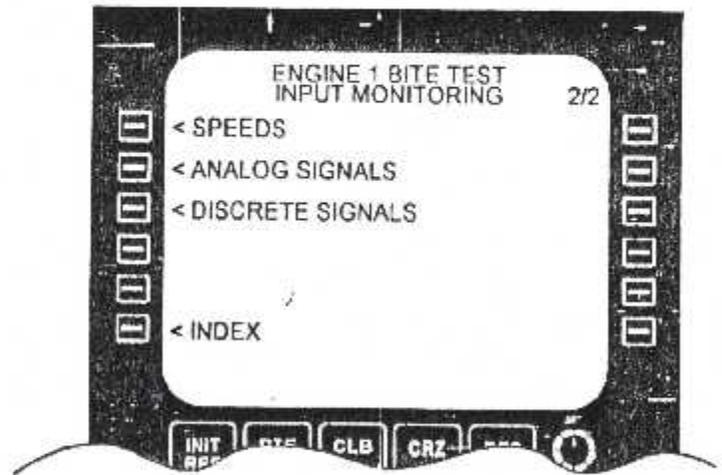


Fig. (IV-8)

LES ECRANS 1 ET 2 D'INTRODUCTION DES DONNEES DE SURVEILLANCE

- Système carburant
- Système d'huile
- La vitesse
- Signale analogique
- Signale digital

La sélection de l'un des paramètres au-dessus affichera l'écran de surveillance

IV. 14 - Les documents de maintenance (MANUELS) :

Plusieurs différents documents travaillent ensemble pour nous permettre de maintenir l'avion. Les documents de maintenance des B737 vont aider à faire le travail de maintenance programmée et non-programmée

On utilise les documents suivants pour la maintenance programmée :

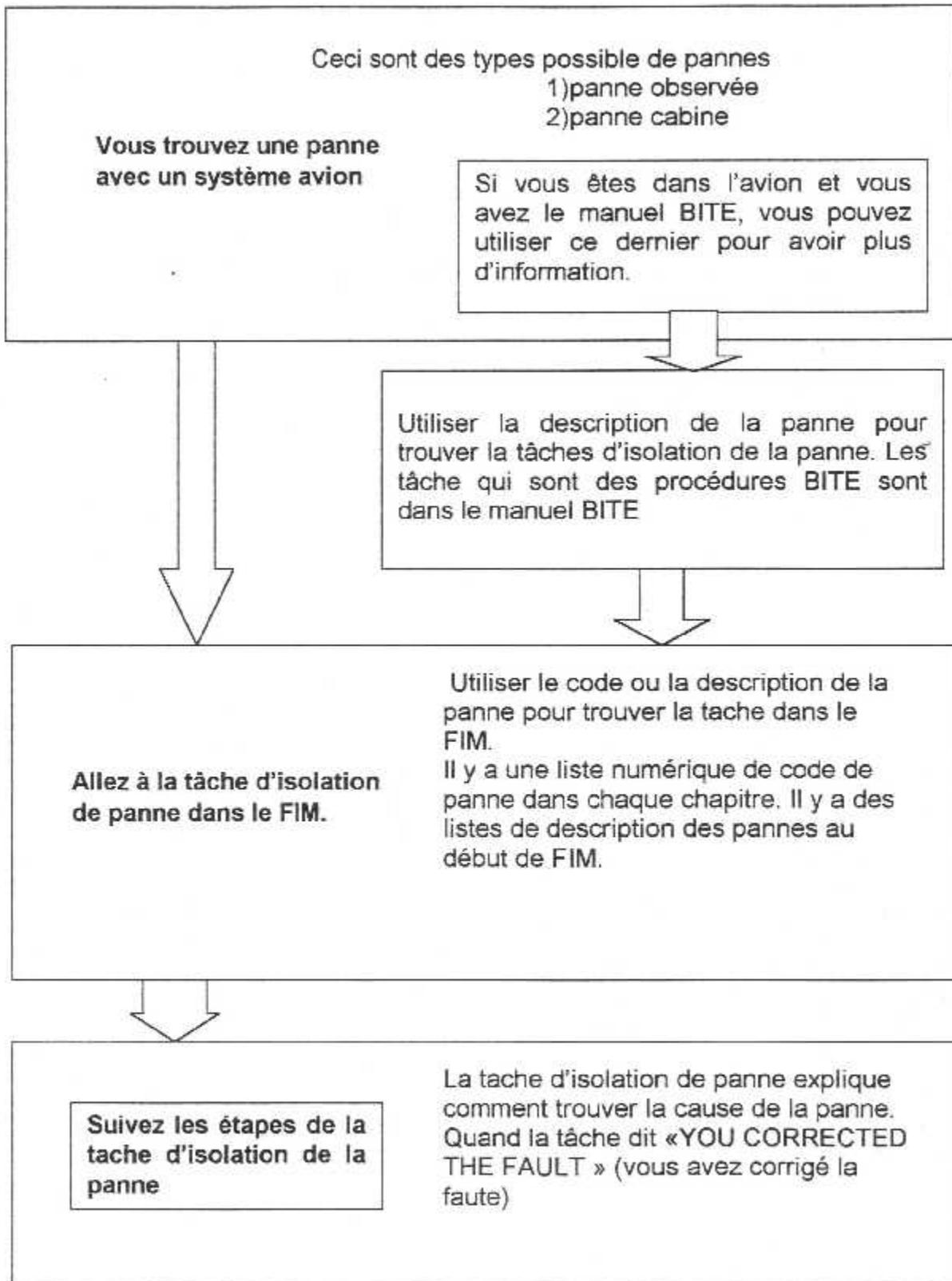
- Document de planification d'entretien [(Maintenance planning document) (MPD)]
- Manuel D'Entretien D'Avion [(Air plane Maintenance Manuel) (AMM)]

On utilise les documents suivants pour la maintenance non-programmée :-

- Manuel De Reportage De Défaut [(Fault Reporting Manual) (FRM)]
- Manuel De Dépannage (Fault Isolation Manual) (FIM)
- Construit en Manuel d'équipement d'essai [(Built In Test equipment Manual) (BITE)]
- Manuel De Réparation Structurale [(Structural Repair Manual) (SRM)]
- Manuel D'Entretien D'Avion [(Airplane Maintenance Manual) (AMM)]
- Dispatcher Déviation Guide (DDG)

IV.14.1 - Procédures de recherches de panne (FIM) :

Les procédures de recherche de panne peut vent être comme suit :



IV.14. 1. 1 - La tâche d'isolation de panne dans le FIM :

CONDITIONS REQUISES AU DEMARRAGE DE LA TACHE :

- Energie électrique externe est ON.
- Energie pneumatique et hydraulique sont OFF.
- Moteur arrêté.
- Les circuits des disjoncteurs du système éteints.
- Aucun équipement dans le système n'est désactivé.

CAUSES POSSIBLES :

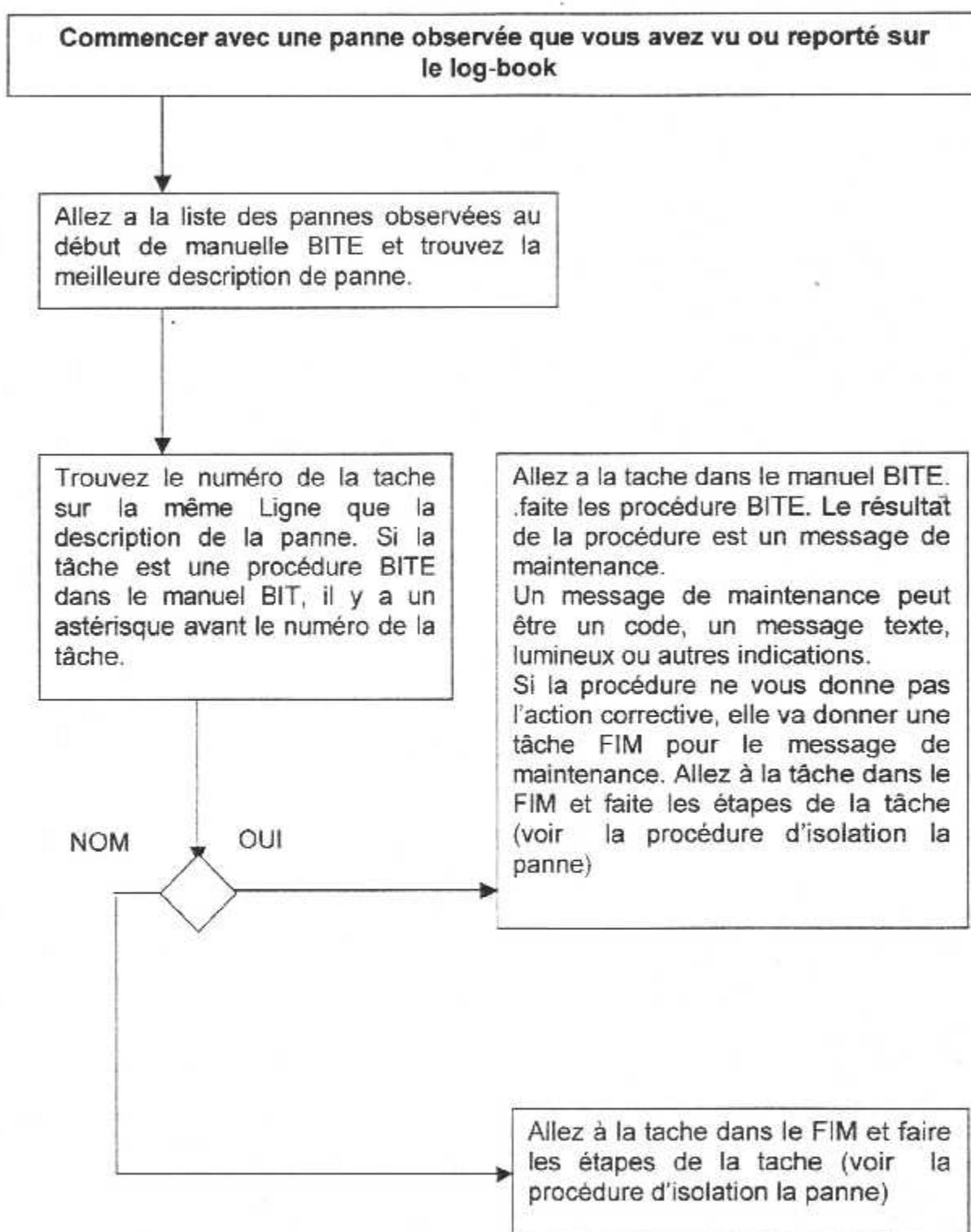
- La liste des causes possible a la cause la plus probable en premier et la cause la moins probable en dernier.
- Vous pouvez utiliser l'enregistrement de maintenance de votre compagnie pour déterminer si la panne est survenue avant. Comparez la liste des causes possibles aux actions de maintenance du passé. Ceci va aider à prévenir la répétition des mêmes actions de maintenance.

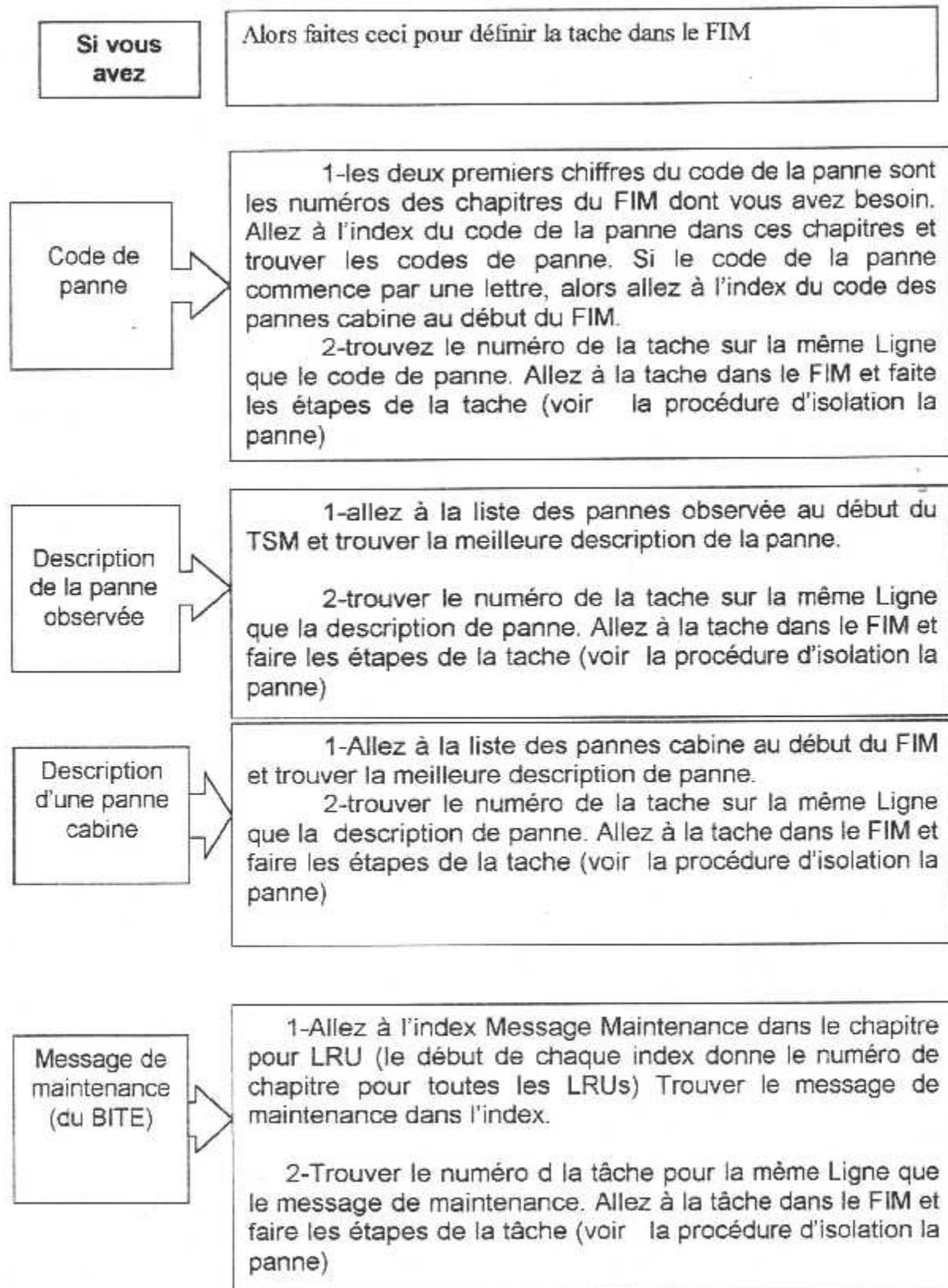
PARAGRAPHE D'ÉVALUATION INITIALE :

- ❖ Le but primaire du paragraphe d'évaluation initiale au début de la tâche est de vous aider à découvrir si vous pouvez détecter la panne tout de suite :
- Si vous ne pouvez pas détecter la panne tout de suite, alors la tâche ne peut pas isoler la panne est le paragraphe d'évaluation initiale va dire que c'était une panne intermittente.
- Si vous avez une panne intermittente vous devez utiliser votre jugement (et suivre la politique de votre compagnie) pour décider quelle action de maintenance prendre. Après surveillez l'avion pour voir si la panne se manifeste encore sur des vols ultérieurs.
- Le paragraphe d'évaluation initiale peut aussi vous aider à découvrir quelle procédure d'isolation de panne utiliser pour isoler et corriger la panne.

LES ÉTAPES D'ISOLATION DE PANNE :

- Faire des étapes de la tâche dans l'ordre spécifier. La forme «IF... THEN» (si... alors) que vous voyez va vous guider tout au long du chemin de Correction.
- Lorsque vous êtes a la fin du chemin de l'étape dit «... YOU CORRECTED THE FAULT» (vous avez corrigé la panne) Compléter les étapes et sortez de la procédure.

IV. 14. 2 - L'utilisation du manuel BITE

VI. 14. 2. 1- Option d'information sur la panne En utilisant le manuel BITE.

IV. 15- DESCRIPTIONS DES EXEMPLES DE RECHERCHE DE PANNES

VBV	VSV	TBV
<p>Un message de panne apparaît dans l'écran des Récentes pannes :</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>ENGINE 1 BITE TEST RECENT FAULTS 1/1</p> <p>MSG NBR: 75- 10431 VBV DEMAND AND POSITION SIGNALS DISAGREE</p> <p>FLIGHT LEG (X= FAULT SET) 0 1 2 3 4 X</p> <p>< INDEX HISTORY ></p> </div> <p>L'ECRAN DES RECENTS PANNE (CDU)</p> <p>Code de la panne est : 75- 10431 Chapitre : 75 (système d'air) Allez au début du chapitre 75 et cherchez le code 75- 10431 dans la liste des codes des pannes (maintenances)</p> <p>LA LISTE DES CODES DES PANNES :</p> <p>LE CODE DE LA PANNE : 750 104 31</p> <p>DESCRIPTION DE LA PANNE :</p> <p>La EEC perçoit que la valeur</p>	<p>Un message de panne apparaît dans l'écran des Récentes pannes :</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>ENGINE 1 BITE TEST RECENT FAULTS 1/1</p> <p>MSG NBR: 75- 10381 VSV DEMAND AND POSITION SIGNALS DISAGREE</p> <p>FLIGHT LEG (X= FAULT SET) 0 1 2 3 4 X</p> <p>< INDEX HISTORY ></p> </div> <p>L'ECRAN DES RECENTS PANNE (CDU)</p> <p>Code de la panne est : 75- 10381 Chapitre : 75 (système d'air) Allez au début du chapitre 75 et cherchez le code 75- 10381 dans la liste des codes des pannes (maintenances)</p> <p>LA LISTE DES CODES DES PANNES :</p> <p>LE CODE DE LA PANNE : 750 103 81</p> <p>DESCRIPTION DE LA PANNE :</p> <p>La demande de (VSV) et le signal valide</p>	<p>Un message de panne apparaît dans l'écran des Récentes pannes :</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>ENGINE 1 BITE TEST RECENT FAULTS 1/1</p> <p>MSG NBR: 75- 10581 TBV DEMAND AND POSITION SIGNALS DISAGREE</p> <p>FLIGHT LEG (X= FAULT SET) 0 1 2 3 4 X</p> <p>< INDEX HISTORY ></p> </div> <p>L'ECRAN DES RECENTS PANNE (CDU)</p> <p>Code de la panne est : 75- 10581 Chapitre : 75 (système d'air) Allez au début du chapitre 75 et cherchez le code 75- 10581 dans la liste des codes des pannes (maintenances)</p> <p>LA LISTE DES CODES DES PANNES :</p> <p>LE CODE DE LA PANNE : 750 105 81</p> <p>DESCRIPTION DE LA PANNE :</p> <p>La EEC perçoit que la valeur absolue de la</p>

A - Description de la panne

<p>absolue de la différence entre la demande de la (VBV) et le signal de position du est différente – moteur 1.</p> <p>ALLEZ A LA PROCEDURE : 75-32 PROCEDURE 801</p>	<p>de position est différente (plus que 5%)</p> <p>ALLEZ A LA PROCEDURE : 75-31 PROCEDURE 802</p>	<p>différence entre la demande de la (TBV) et le signal de position est en dehors de l'intervalle.</p> <p>ALLEZ A LA PROCEDURE : 75-23 PROCEDURE 801</p>
<p>B- Les causes Possibles</p> <p>1. Cette procédure est pour les Messages de maintenances suivant : 75-10431,75-10432,75-20431,75-30432,75-30432,75-30431.</p> <p>2. Le message de maintenance 75-X043Y</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ *X représente canal de la EEC qui a envoyé ce message de panne <p>-si X=1, le message est du canal A de la EEC, et la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus de canal simple (B)</p> <p>-si X=2, le message est du canal B de la EEC, et la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus de canal simple (B)</p> <p>-si X=3, le message est de canal A et B de la EEC, et la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus de canal double (A et B)</p> <p>*Y représente le moteur d'où vient le message de panne.</p> <p>-si Y=1, le message est du moteur N1</p> <p>-si Y=2, le message est du moteur N2</p>	<p>1. Cette procédure est pour les Messages de maintenances suivant : 75-10381,75-10382,75-20381,75-20382,75-30381,75-30382.</p> <p>2. Le message de maintenance 75-X038Y</p> <p>*X représente canal de la EEC qui a envoyé ce message de panne</p> <p>-si X=1, le message est du canal A de la EEC, et la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus de canal simple (A)</p> <p>-si X=2, le message est du canal B de la EEC, et la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus de canal simple (B)</p> <p>-si X=1, le message est de canal A et B de la EEC, et la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus de canal double (A et B)</p> <p>*Y représente le moteur d'où vient le message de panne</p> <p>-si Y=1, le message est du moteur N1</p> <p>-si Y=2, le message est du moteur N2</p> <p>3. cette panne est reportée sur le canal active de la EEC quand le moteur est en opération.</p> <p>4. vous devez faire la procédure de l'initiale évaluation pour savoir si les messages de maintenance du canal double 75-30381 ou 75-30382 est aperçus.</p> <p>5. la différences entre la demande de</p>	<p>1. cette procédure est pour les messages de maintenances suivant : 75-10581,75-10582,75-20582,75-30581 et 75-30582.</p> <p>2. Le message de maintenance 75-X058Y</p> <p>*X représente canal de la EEC qui a envoyé ce message de panne</p> <p>-si X=1, le message est du canal A de la EEC, et la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus de canal simple (A)</p> <p>-si X=2, le message est du canal B de la EEC, et la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus de canal simple (B)</p> <p>-si X=1, le message est de canal A et B de la EEC, et la procédure de recherche de panne à suivre est celle des pannes reçus de canal double (A et B)</p> <p>*Y représente le moteur d'où vient le message de panne</p> <p>-si Y=1, le message est du moteur N1</p> <p>-si Y=2, le message est du moteur N2</p> <p>3. cette panne est reportée sur le canal active de la EEC quand le moteur est en opération.</p> <p>4. vous devez faire la procédure de l'initiale évaluation pour savoir si les messages de maintenance du canal double 75-30581 ou 75-30582 est aperçus.</p> <p>5. la EEC perçoit que la valeur absolue de la différence entre la demande de la TBV et le signal de la position du vérin est supérieure de</p>

<p>3. cette panne est reportée sur le canal active de la FEC quand le moteur est en opération. 4. vous devez faire la procédure de l'initiale évaluation pour savoir si les messages de maintenance du canal doublé, 75-30431 ou 75-30432 est aperçus. 5. la valeur absolue demandée entre VBVS diffièrence et la position valide n'est pas dans la range valide.</p>	<p>position est plus que 5%.</p>	<p>5% en les deux TBV's.</p>
<p>C- La copure Des Disjoncteurs</p>	<p>1. pour le moteur 1 : *les circuits des disjoncteurs primaires 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 primaires avec la panne sont : -le panneau des circuits des disjoncteurs P6-2-6D7 Alternateur du canal B-6D8 Alternateur du canal B</p>	
<p>D- Les Figures De La panne</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Emplacement des connecteurs des harnais électriques (J5, J6, J9, J10) sur la FEC : Fig. (IV. 9) • Emplacement des connecteurs des harnais électriques (J6, J5) sur la HMU : Fig. (IV. 10) • Emplacement des connecteurs des harnais électriques (J9, J10) sur : le vérin de (VBV). Fig. (IV. 11), le vérin de (VSV) . Fig. (VI. 13) et la vanne de (TBV). Fig. (IV. 15) • Schémas électriques simplifiés du : Le système des vannes de décharge VBV Fig. (IV. 12) Le système du stator à calage variable VSV Fig. (IV. 14) Le système des vannes de et de transition TBV Fig. (IV. 16) 	

panne de style active ou elle est du canal double

a- fait cette procédure : test 12 qui est le test des vérins

b- si l'un des messages de maintenance qui sont 75-10431 (canal A, moteur 1), 75-20431 (canal B, moteur 1), 75-10432 (canal A, moteur 2) ou 75-20432 (canal B, moteur 2) est apparu, alors fait 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 : 75-30131 (du canal A et B, moteur 1) ou 75-30132 (canal A et B, moteur 2) est apparu, alors fait la procédure de recherche de panne du canal doublé.

d- si l'un des messages de maintenance n'est pas apparu sur le FMCS 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 la panne

2- pour un défaut intermittent vous devez employer votre jugement, votre politique de ligne aérienne et la liste de cause possible pour prendre la décision si vous essayerez de corriger

3- si vous essayez de corriger la panne, on lui recommande que vous fassiez ces étapes :

a- fait le contrôle de visualisation du connecteur électrique avec la procédure de recherche de panne appropriée décrit ci-dessus.

b- Utilisez le manuel WDM pour identifier les pièces intermédiaires des connecteurs électriques dans les harnais électriques et faits le contrôle de visualisation

c- Si vous ne trouvez aucun problème, alors, remettez les composants comme énuméré dans la liste de cause possible ci-dessus.

3- surveillez les vols prochains de l'avion.

de style active ou elle est du canal double

a- fait cette procédure : test 12 qui est le test des vérins

b- si l'un des messages de maintenance qui sont 75-10381 (canal A, moteur 1), 75-20381 (canal B, moteur 1), 75-10382 (canal A, moteur 2) ou 75-20382 (canal B, moteur 2) est apparu, alors fait 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 : 75-30381 (du canal A et B, moteur 1) ou 75-30382 (canal A et B, moteur 2) est apparu, alors fait la procédure de recherche de panne du canal doublé.

d- si l'un des messages de maintenance n'est pas apparu sur le FMCS 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 la panne

2- pour un défaut intermittent vous devez employer votre jugement, votre politique de ligne aérienne et la liste de cause possible pour prendre la décision si vous essayerez de corriger

3- si vous essayez de corriger la panne, on lui recommande que vous fassiez ces étapes :

a- fait le contrôle de visualisation du connecteur électrique avec la procédure de recherche de panne appropriée décrit ci-dessus.

b- Utilisez le manuel WDM pour identifier les pièces intermédiaires des connecteurs électriques dans les harnais électriques et faits le contrôle de visualisation

a- fait cette procédure pour découvrir si la panne de style active ou elle est test 12 qui est le test des vérins

b- si l'un des messages de maintenance qui sont 75-10581 (canal A, moteur 1), 75-20582 (canal B, moteur 1), 75-20581 (canal A, moteur 2) ou 75-20582 (canal B, moteur 2) est apparu, alors fait 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 : 75-30581 (du canal A et B, moteur 1) ou 75-30582 (canal A et B, moteur 2) est apparu, alors fait la procédure de recherche de panne du canal doublé.

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

c- si vous ne pouvez pas trouver la panne, à ce moment, alors, la procédure d'analyse de panne ne peut pas isoler le défaut

1- pour les pannes intermittentes vous devez utiliser votre jugement pour réparer cette panne.

2- si vous voulez réparer cette panne, il vous est recommandé de suivre ces étapes :

a- fait le contrôle de visualisation du connecteur électrique avec la procédure de recherche de panne appropriée décrit ci-dessus.

b- Utilisez le manuel WDM pour identifier les pièces intermédiaires des connecteurs électriques dans les harnais électriques et faits le contrôle de visualisation

c- Si vous ne trouvez aucun problème, alors, remettez les composants comme énuméré dans la liste de cause possible ci-dessus.

3- surveillez les vols prochains de l'avion.

<p>b-Utilisez le manuel WDM pour identifier les pièces intermédiaires des connecteurs électriques dans les harnais électriques et faits le contrôle de visualisation</p> <p>c-Si vous ne trouvez aucun problème, alors, remettez les composants comme énuméré dans la liste de cause possible ci-dessus.</p> <p>4- surveillez les vols prochains de l'avion.</p>	<p>c-Si vous ne trouvez aucun problème, alors, remettez les composants comme énuméré dans la liste de cause possible ci-dessus.</p> <p>4- surveillez les vols prochains de l'avion</p>	
<p>T 1- La Procédure de la recherche de panne</p> <p>1-Fait l'évolution initiale pour voir si cette panne est une panne de canal double</p> <p><u>Note</u> : Duran les opérations du moteur, la EEC reporte les pannes seulement dans le canal active.</p> <p>2-Fait ces étapes pour préparer la procédure :</p> <p>1-pour le moteur 1 :</p> <p>coupez les disjoncteurs suivant :</p> <p>*panneau des circuits des disjoncteurs P18-2.</p> <p>-18A1 allumage à droite.</p> <p>-18A3 allumage à gauche.</p> <p>-18A4 alternateur du canal B.</p> <p>-18A5 alternateur du canal A.</p> <p>2-pour le moteur 2 :</p> <p>coupez les disjoncteurs suivant :</p> <p>*panneau des circuits des disjoncteurs P6-2</p> <p>-6D4 allumage à droit</p> <p>-6D6 allumage à gauche</p> <p>-6D7 alternateur du canal B</p> <p>-6D8 alternateur du canal A</p> <p>Faites cette procédure : ouvrez le</p>	<p>1-fait l'évolution initiale pour voir si cette panne est une panne de canal double</p> <p><u>Note</u> : Duran les opérations du moteur, la EEC reporte les pannes seulement dans le canal active</p> <p>2-Fait ces étapes pour préparer la procédure</p> <p>1-pour le moteur 1 :</p> <p>coupez les disjoncteurs suivant :</p> <p>*panneau des circuits des disjoncteurs P18-2.</p> <p>-18A1 allumage à droite.</p> <p>-18A3 allumage à gauche</p> <p>-18A4 alternateur du canal B.</p> <p>-18A5 alternateur du canal A.</p> <p>2-pour le moteur 2 :</p> <p>coupez les disjoncteurs suivant :</p> <p>*panneau des circuits des disjoncteurs P6-2</p> <p>-6D4 allumage à droit</p> <p>-6D6 allumage à gauche</p> <p>-6D7 alternateur du canal B</p> <p>-6D8 alternateur du canal A</p> <p>Faites cette procédure : ouvrez le capot du fan</p>	<p>1-Fait l'évolution initiale pour voir si cette panne est une panne de canal double</p> <p><u>Note</u> : Duran les opérations du moteur, la EEC reporte les pannes seulement dans le canal active.</p> <p>2-Fait ces étapes pour préparer la procédure :</p> <p>1-pour le moteur 1 :</p> <p>coupez les disjoncteurs suivant :</p> <p>*panneau des circuits des disjoncteurs P18-2</p> <p>-18A1 allumage à droite.</p> <p>-18A3 allumage à gauche.</p> <p>-18A4 alternateur du canal B.</p> <p>-18A5 alternateur du canal A.</p> <p>2-pour le moteur 2 :</p> <p>coupez les disjoncteurs suivant :</p> <p>*panneau des circuits des disjoncteurs P6-2</p> <p>-6D4 allumage à droit</p> <p>-6D6 allumage à gauche</p> <p>-6D7 alternateur du canal B</p> <p>-6D8 alternateur du canal A</p> <p>Faites cette procédure : ouvrez le capot du fan</p>

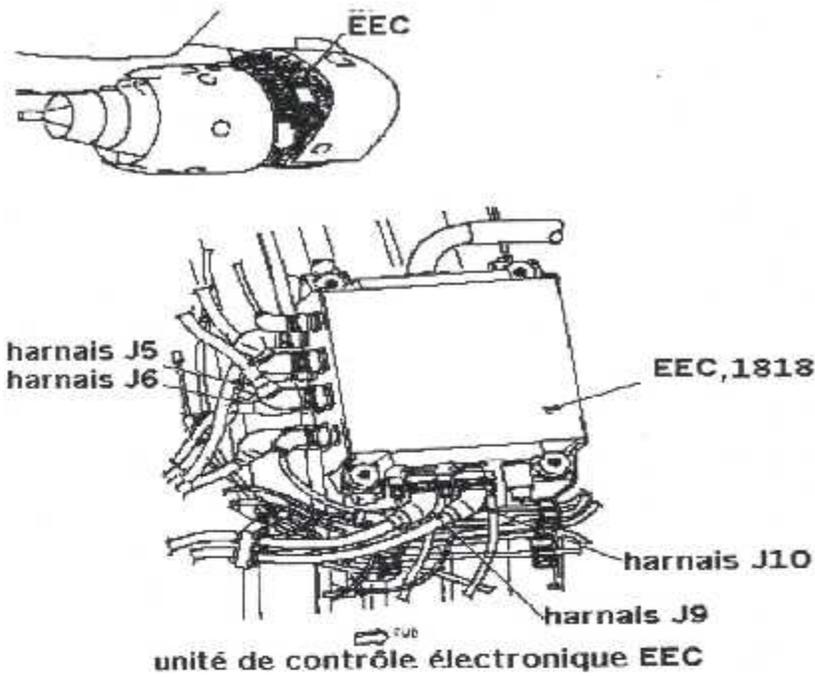


Fig.(IV. 9) : EMBLACEMENT DES CONNECTEURS DES HARNAIS ELECTRIQUE J5, J6, J9 ET J10 SUR LA EEC

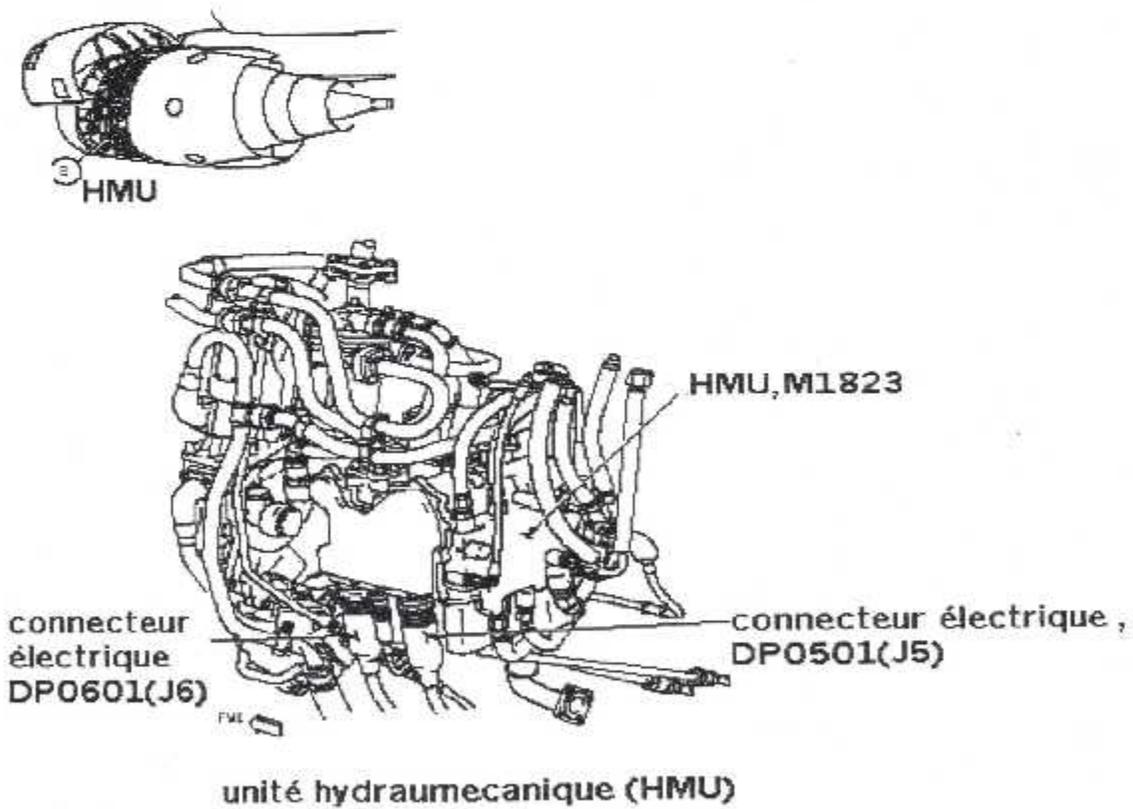
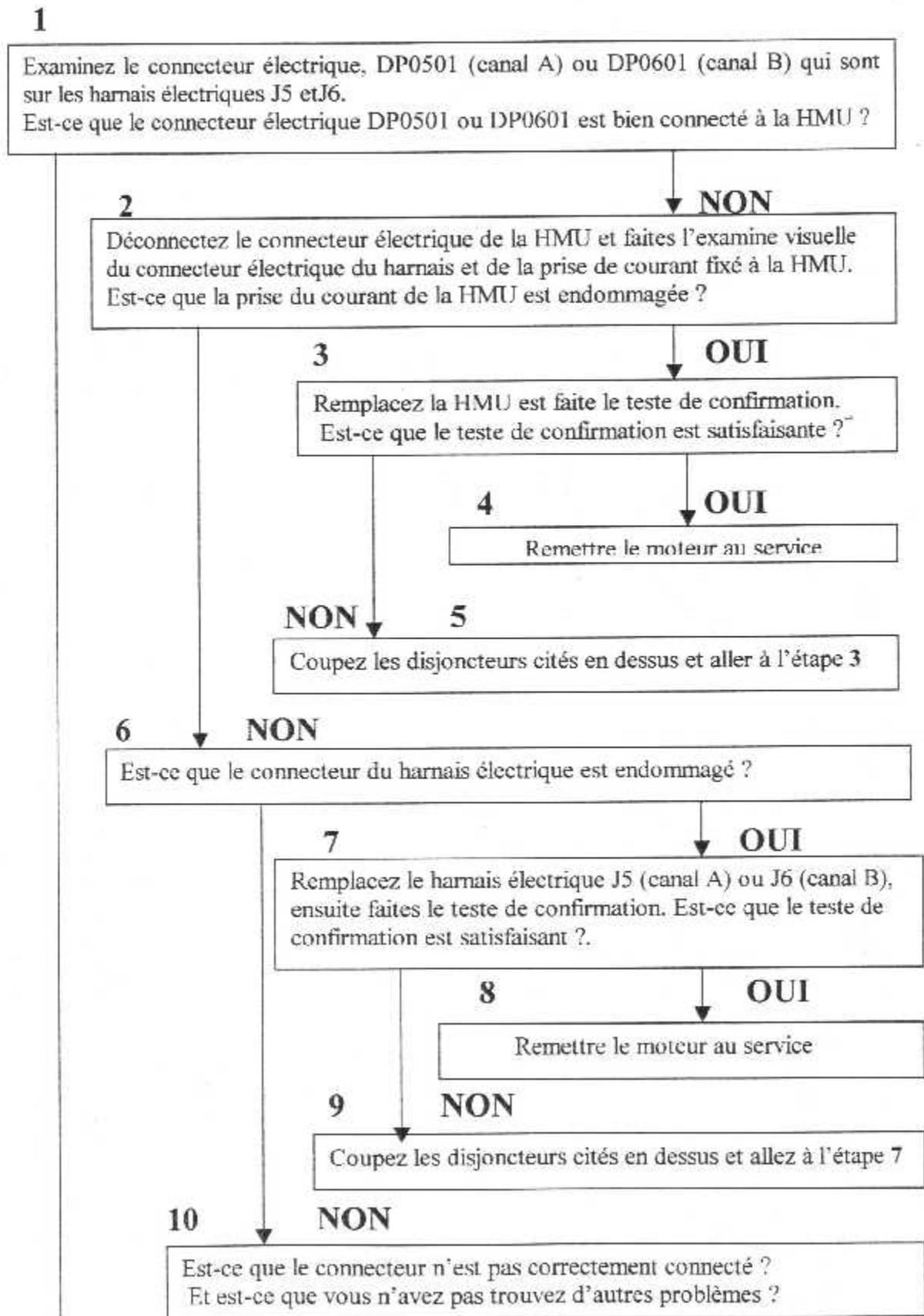
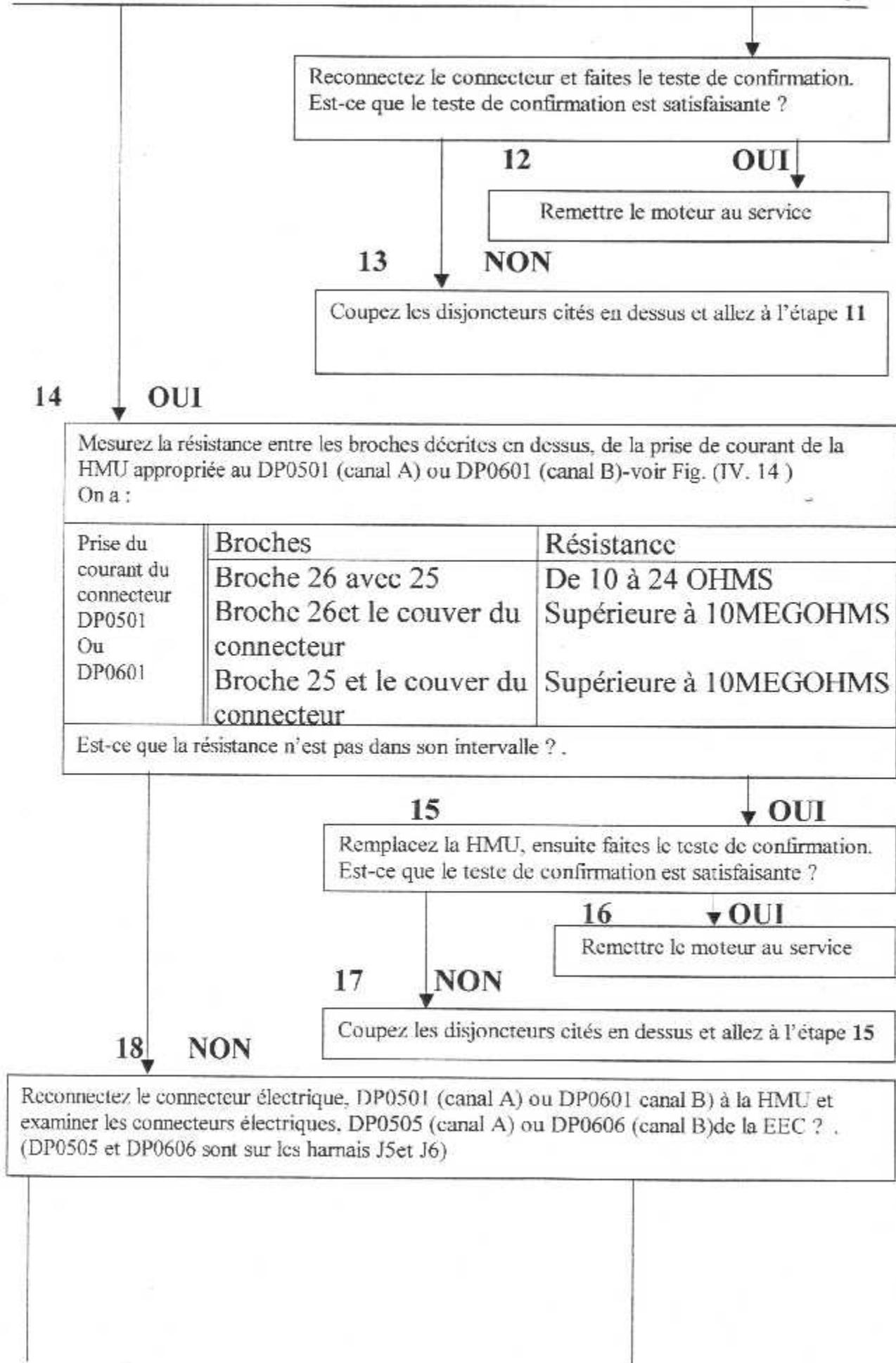


Fig.(IV-10) : EMBLACEMENT DES CONNECTEURS DES HARNAIS ELECTRIQUES J5,J6 SUR LA HMU

IV. 15 2- L'EMPLE DE (VSV) :

canal simple :





14 OUI

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. (IV. 14)
On a :

Prise du courant du connecteur	Broches	Résistance
DP0501 Ou DP0601	Broche 26 avec 25	De 10 à 24 OHMS
	Broche 26 et le couver du connecteur	Supérieure à 10MEGOHMS
	Broche 25 et le couver du connecteur	Supérieure à 10MEGOHMS

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

15

Remplacez la HMU, ensuite faites le teste de confirmation.
Est-ce que le teste de confirmation est satisfaisante ?

16

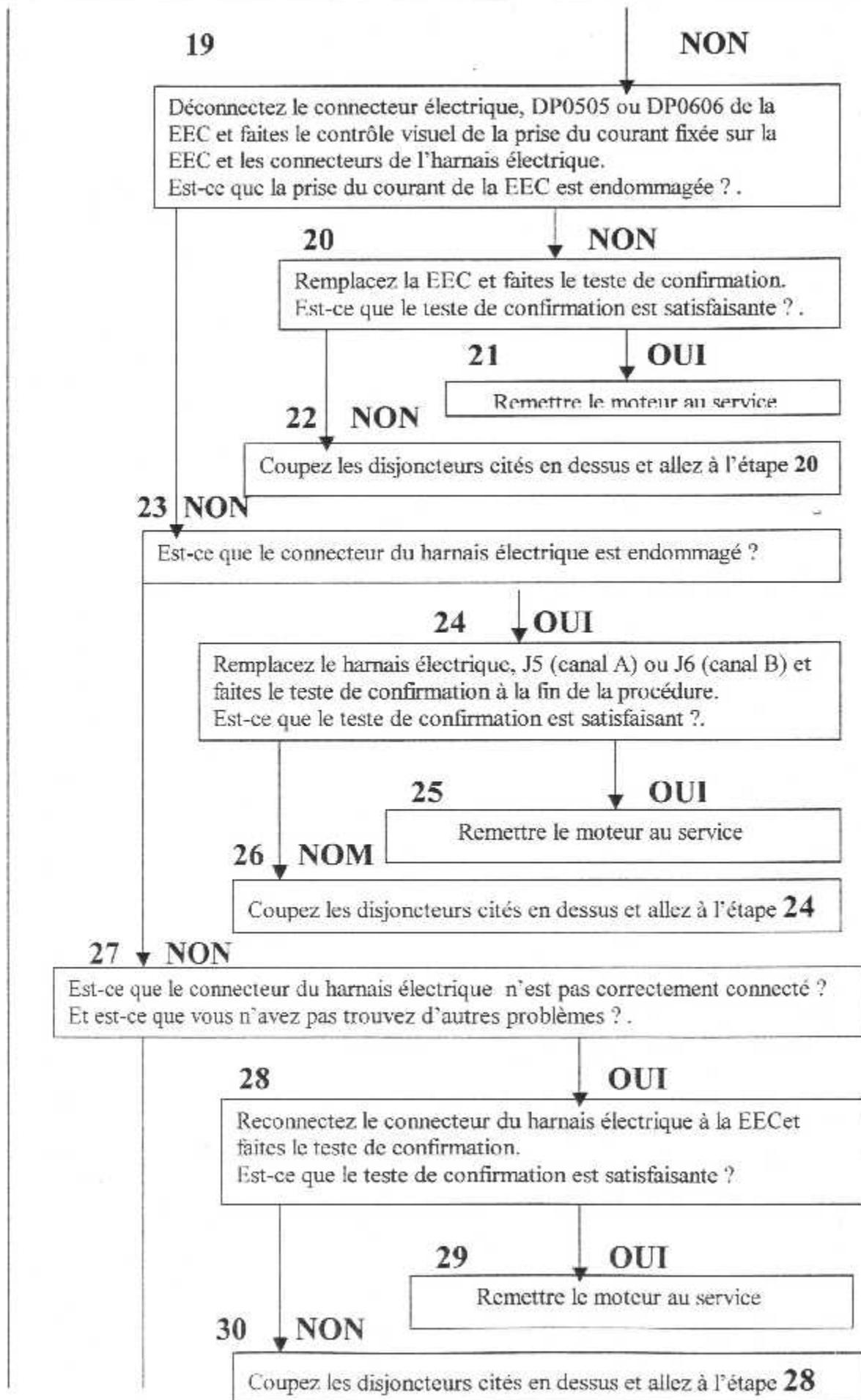
Remettre le moteur au service

17

Coupez les disjoncteurs cités en dessus et allez à l'étape 15

18

Reconnectez le connecteur électrique, DP0501 (canal A) ou DP0601 canal B) à la HMU et examiner les connecteurs électriques, DP0505 (canal A) ou DP0606 (canal B)de la EEC ? .
(DP0505 et DP0606 sont sur les harnais J5et J6)



31 OUI

Mesurez la résistance entre les broches décrites en dessus pour examiner l'harnais électrique entre le connecteur approprié de la EEC à travers la HMU. Fig. (IV. 14)

Connecteur	Broches	Résistance
DP0505	Broche M avec B	De 10 à 24 OHMS
Ou	Broche Met le couver du connecteur	Supérieure à 10 MEGOHMS
DP0606	Broche B et le couver du connecteur	Supérieure à 10 MEGOHMS

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

32 OUI

Remplacez le harnais électrique, J5 (canal A) ou J6 (canal B) ensuite faites le teste de confirmation à la fin de cette procédure.
Est-ce que le teste de confirmation est satisfaisante ?

33 OUI

Remettre le moteur en service

34 NON

Coupez les disjoncteurs cités en dessus et allez à l'étape 32

35 NON

Remplacez la EEC et faites le teste de confirmation à la fin de cette procédure.
Est-ce que le teste de confirmation est satisfaisante ?

36 OUI

Remettre le moteur en service

37 NON

Coupez les disjoncteurs est allez à l'étape 35

G. procédure de recherche de panne du canal doublé (dual Channel fault) :

Suivez les étapes suivantes :

3- pour le moteur 1 :

coupez les disjoncteurs suivants :

❖ **Panneau des circuits des disjoncteurs : P18-2**

- 18A1 Allumage à droite.
- 18A3 Allumage à gauche.
- 18A4 Alternateurs du canal B.
- 18A5 Alternateur du canal A.

4- 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 C.

3- faites cette procédure : ouvrez les inverseurs de poussée (sélection)

4- recherche de panne :**1**

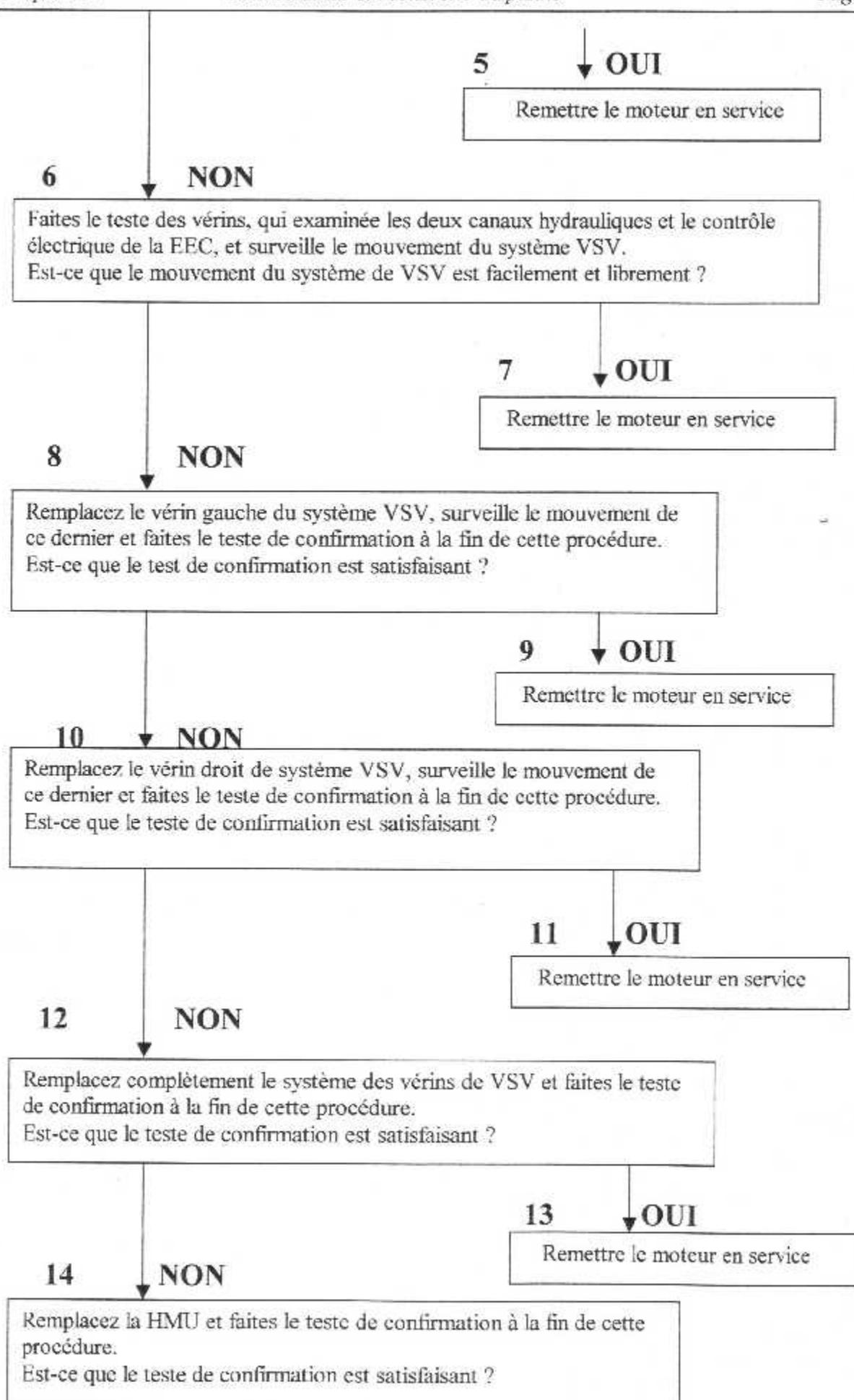
Faites le contrôle visuel des harnais électriques, les tubes de carburant, le vérin de VSV, bars de lever du VSV, l'attache de l'ensemble des bars de lever et leurs composants et le dommage d'indication de fuite carburant.
Est-ce que l'attache du composant et le dommage d'indication de fuite carburant n'est pas satisfaisant ?

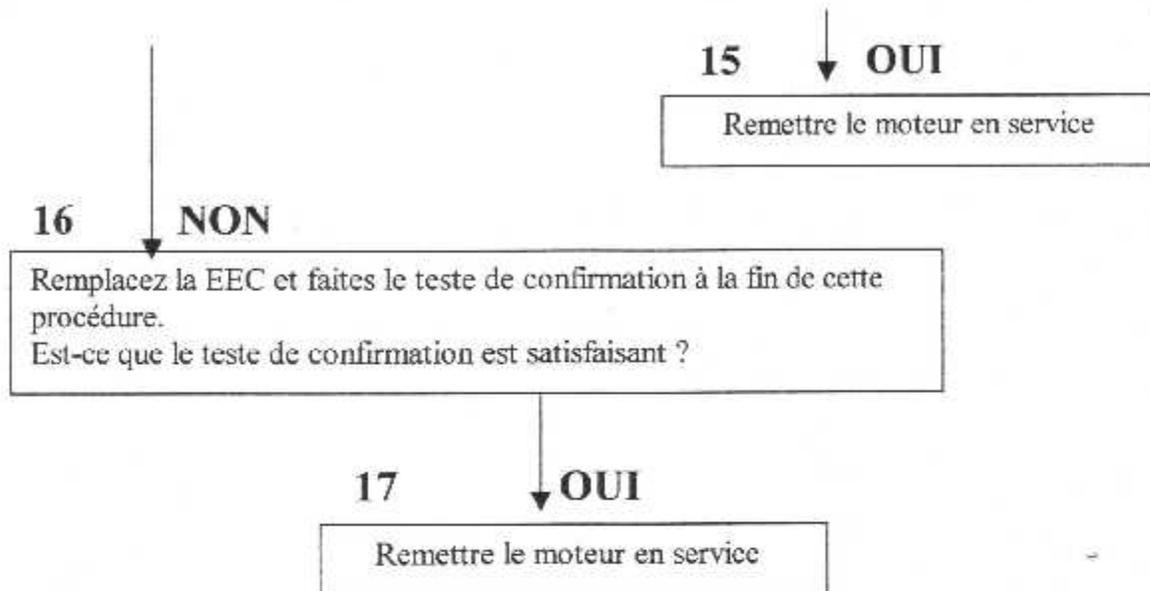
3**NON**

Remplacez les composants nécessaires et faites le teste de confirmation à la fin de cette procédure.
Est-ce que le teste de confirmation est satisfaisante ?

2**OUI**

Remettre le moteur en service





H. le teste de confirmation :

2- faites ces étapes pour préparer 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 des circuits des disjoncteurs : **P18-2**

- 18A1 Allumage à droite.
- 18A3 Allumage à gauche.
- 18A4 Alternateurs du canal B.
- 18A5 Alternateur du canal A.

□ **pour le moteur 2 :**

fermez 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 C.

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 les inverseurs de poussée (sélection)

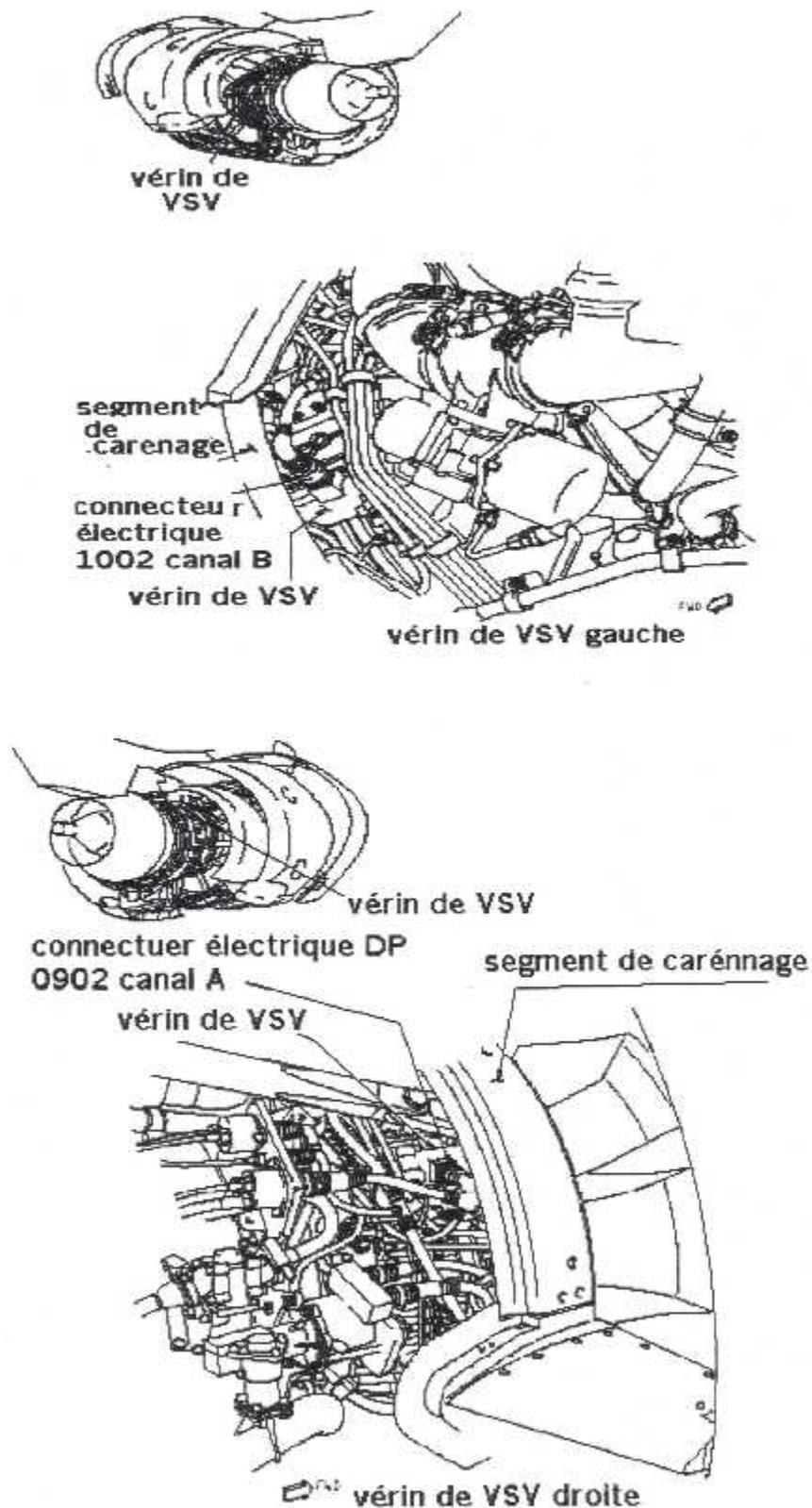


Fig.13 : EMBLACEMENT DES CONNECTEURS DES HARNAIS ELECTRIQUES J9ET J10SUR LE VERIN DE VSV

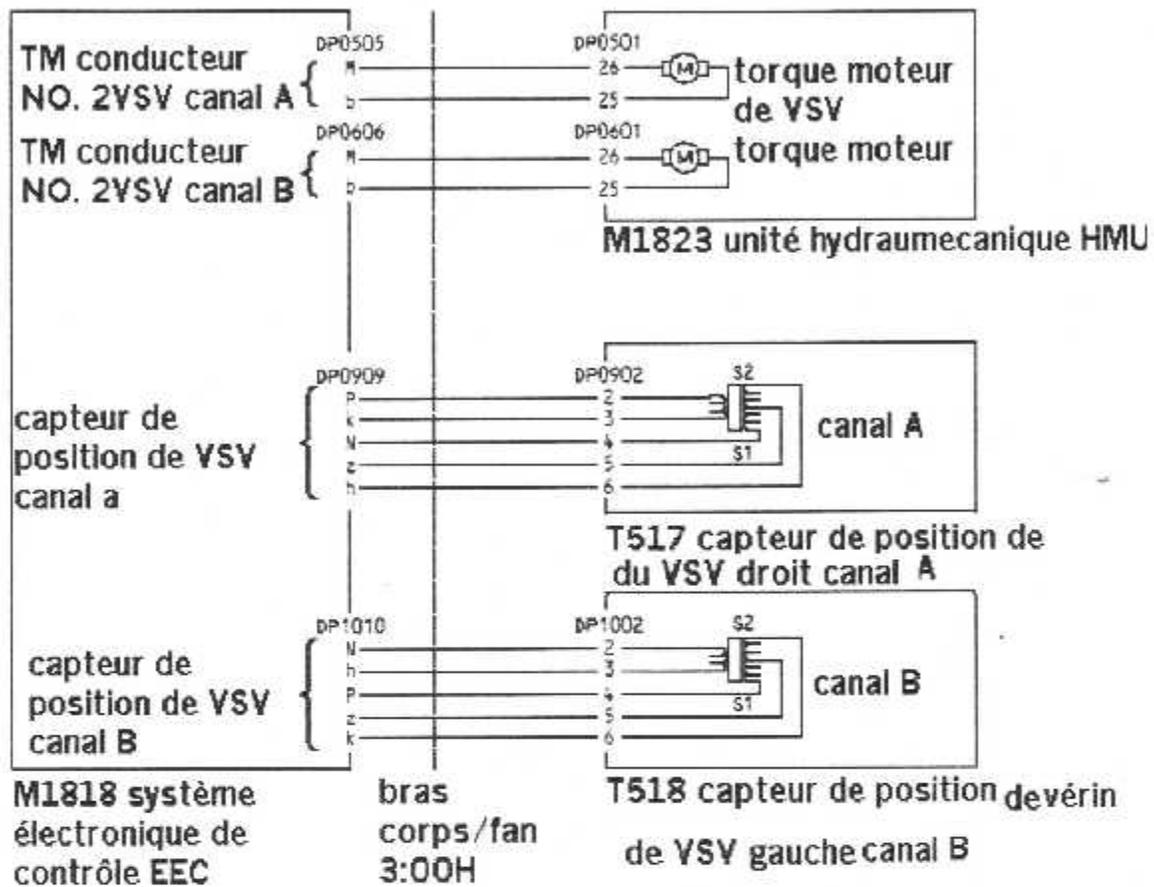


Fig.(IV. 14) : SCHEMA ELECTRONIQUE SIMPLIFIE DU SYSTEME VSV

IV. 15. 3- L'EXMPLE DE TBV

canal simple :

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 ?

NON

2

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

OUI

3

Remplacez la HMU est faite le teste de confirmation.
Est-ce que le teste de confirmation est satisfaisante.?

OUI

4

Remettre le moteur en service

NON

5

Coupez les disjoncteurs cités en dessus et aller à l'étape 3

NON

6

Est-ce que le connecteur du harnais électrique est endommagé ? .

OUI

7

Remplacez le harnais électrique J5 (canal A) ou J6 (canal B), ensuite faites le teste de confirmation. Est-ce que le teste de confirmation est satisfaisante ? .

OUI

8

Remettre le moteur en service

NON

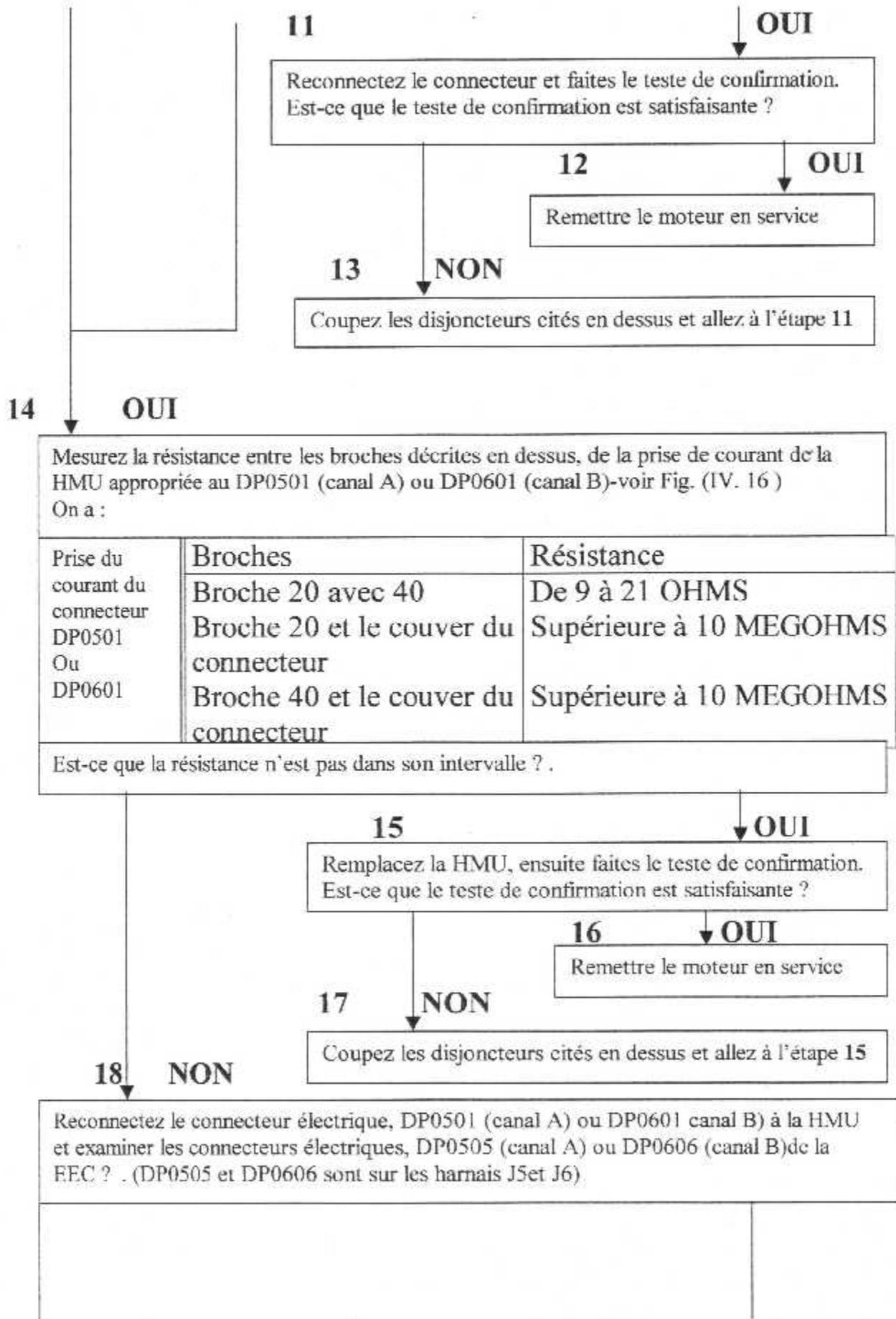
9

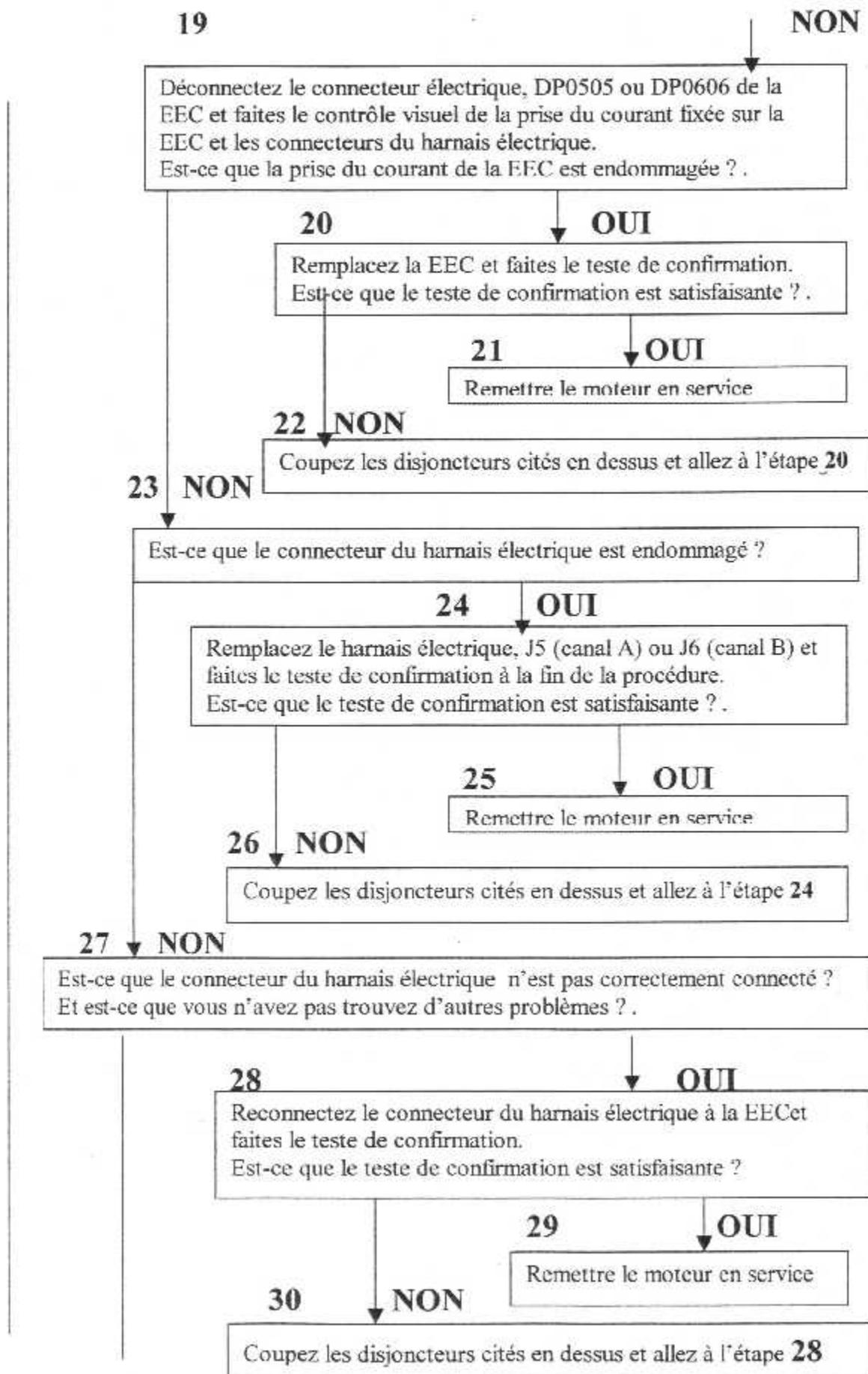
Coupez les disjoncteurs cités en dessus et allez à l'étape 7

NON

10

Est-ce que le connecteur n'est pas correctement connecté ?
Est-ce que vous n'avez pas trouvez d'autres problèmes ?





31 ↓ **OUI**

Mesurez la résistance entre les broches décrites en dessus pour examiner le harnais électrique entre le connecteur approprié de la EEC à travers la HIMU. Fig.(IV. 16)

Connecteur	Broches	Résistance
DP0505	Broche F avec Y	De 9 à 21 OHMS
Ou DP0606	Broche F et le couver du connecteur Broche Y et le couver du connecteur	Supérieure à 10 MEGOHMS Supérieure à 10 MEGOHMS

Est-ce que la résistance n'est pas dans son intervalle et la panne est trouve par l'évolution initiale ?

32

↓ **NON**

Remplacez la EEC et faites le teste de confirmation à la fin de cette procédure.
Est-ce que le teste de confirmation est satisfaisante?

33

↓ **OUI**

Remettre le moteur en service

34 **NON**

Coupez les disjoncteurs cités en dessus et allez à l'étape **33**

35 ↓ **OUI**

Remplacez l'harnais électrique, J6 (canal A) ou J6 (canal B) ensuite faites le teste de confirmation à la fin procédure

Est-ce que le teste de confirmation est satisfaisante ?

36

↓ **OUI**

Remettre le moteur en service

37 **NON**

Coupez les disjoncteurs cités en dessus et allez à l'étape **35**

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 TBV. Remplacez la vanne TBV et faites le teste de confirmation. Est-ce que la panne persiste ?

2 NON

Remettre le moteur en service.

3 OUI

Remplacez la FEC et faites le teste de confirmation à la fin de cette procédure. Est-ce que le teste de confirmation est satisfaisante ?

4 OUI

Remettre le moteur en service.

5 NON

Remplacez la EEC et faites le teste de confirmation à la fin de cette procédure. Est-ce que le teste de confirmation est satisfaisante ?

6 OUI

Remettre le moteur en service.

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 A du canal B
- 18A5 Alternateur du canal A

➤ Pour le moteur 2 :
Fermez les disjoncteurs suivants :

- panneau de circuit de disjoncteur, P6-2 :
 - 18D4 Allumage à droite
 - 18D6 Allumage à gauche
 - 18D7 A du canal B
 - 18D8 Alternateur du 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

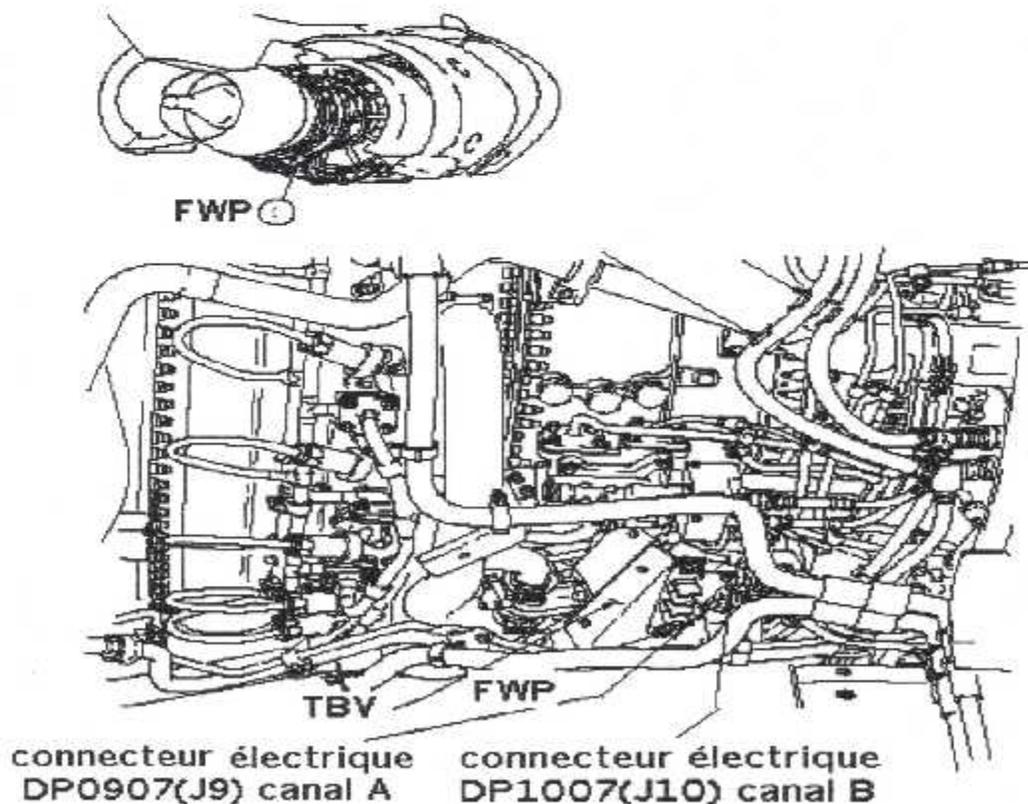


Fig.(IV.15) : EMLACEMENT DES CONNECTEURS DES ELECTRIQUES J9 ET J10 SUR LA VANNE TBV

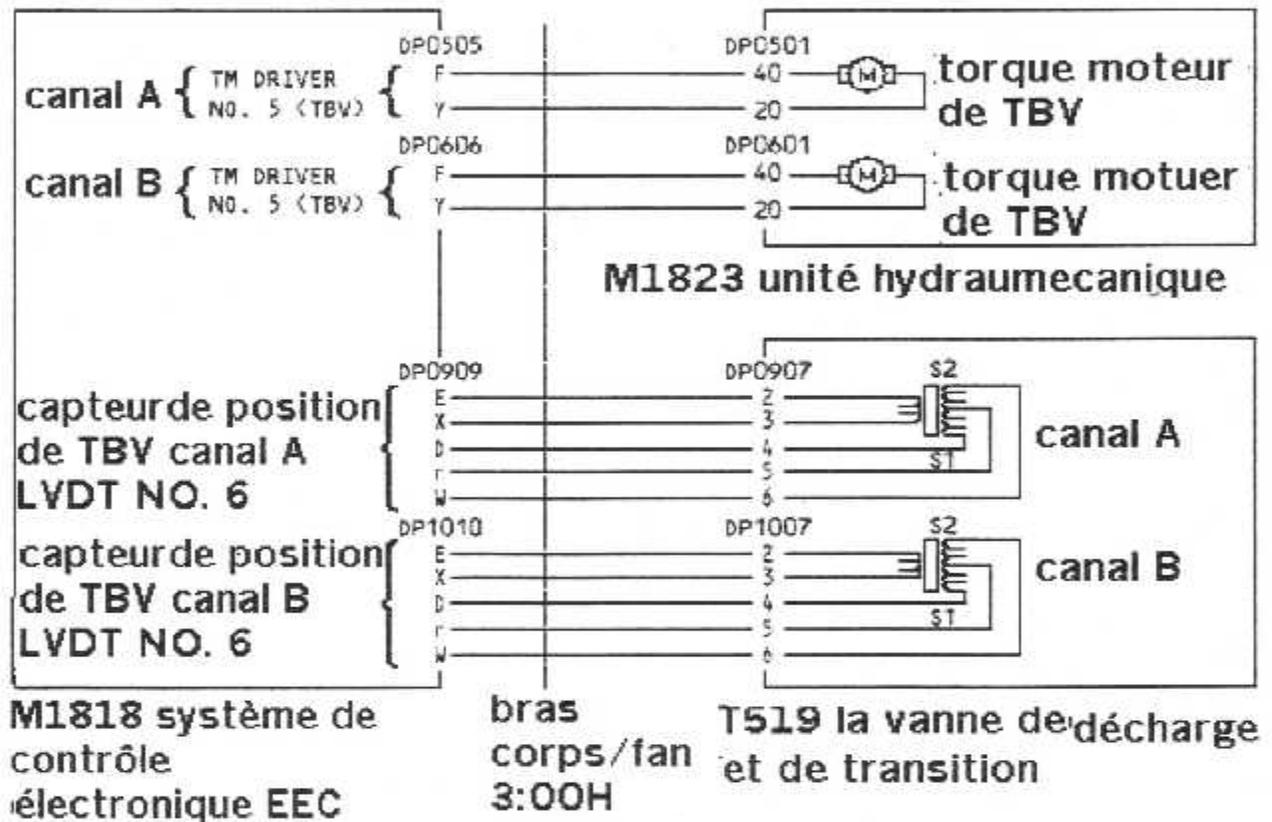


Fig.(IV. 16) : SCHEMA ELECTRONIQUE SIMPLIFIE DU SYSTEME TBV

Conclusion

CONCLUSION

À l'issue de notre stage pratique de courte durée qui s'est déroulé au niveau des installations techniques de la compagnie « AIR ALGERIE » nous a permis :

- De faire connaissance avec cette compagnie, ces installations techniques, historiques ainsi que son fonctionnement.
- De connaître le moteur CFM56-7B, ses composants et son fonctionnement.

Ce moteur appartient à la nouvelle génération, afin d'équiper les nouveaux avions B737 séries 600 – 700 – 800 et la toute dernière série 900 qui est en ce moment en train d'effectuer ces premiers tests de conformités.

Durant notre étude, nous sommes intéressés au phénomène du pompage, qui représente un phénomène très dangereux pour le bon fonctionnement du moteur, il est causé par :

- Faible régimes.
- Reprise ou obstruction thermique.
- Conditions de vol (température, viscosité et l'entrée d'air)

Pour cela des solutions sont proposées qui sont :

- Aubages de pré rotation, stator à calage variable et vannes de décharge.
- Limiteur d'accélération tuyère à section variable.
- Modifications des conditions de vol.
- La vanne de décharge et de transition.

On s'est contenté de faire connaissance avec le système anti-pompage du CFM56-7B avec une étude détaillée de ce dernier.

Cette expérience nous a permis aussi d'approfondir notre connaissances théorique et pratiques telle que la méthode d'utilisation du manuel de recherche de pannes du constructeur (FIM). Nous avons aussi donné quelques exemples qui aident à mieux comprendre le déroulement de la procédure de dépannage.

On peut dire aussi que cette étude nous a permis de nous préparer au monde du travail.

Enfin, nous espérons que ce memoir servira comme référence pour les futurs étudiants.

abbreviations

ADIRU	air data and inertial reference unit
AFSO	airframe shutoff solenoid valve
AGB	accessory gearbox
BITE	built in test equipment
BSV	burner staging valve (SAC) Burner selaction valve (DAC)
CDS	common display system
CFM	compresseur fan moteur
DAC	double annular combustor
DEUs	display electronic unit
EEC	electronic engine control
EGT	exhaut gas temperature
EMID	electro mechanical interface devices
EHSV's	electro-hydraulic servo valve
FADEC	full authority digital electronic control
FMB	fuel metering valve
FMC	flight managment computer
FDAU	flight data acquisition unit
FOD	foreigie object damage
HDS	horizontal drive shaft
HMU	hydromecanical unit
HPC	high pressere compressor
HPT	high pressure turbine
HPTACC	high pressere turbine active clearance control
HPSOV	hight pressure shut-off valve
IDG	inlet drive génerator
IGB	inlet gearbox
IGV	ilet guide vane
PT	pressere total
LPT	low pressere turbine
LPTACC	low pressure turbine active cleacance control
LVDT	linear variable differential transfomer
OSG	overspeed governor
RDS	radial drive shaft
SAC	single annular combustor
TAT	total air teperature
TBV	transient bleed valve

TGB transfer gearbox
TRA thrust resolver angle
VBV variable bleed valve
VSV variable stator vane

PSO metering valve shutoff pressure
SOV shutoff valve control pressure
SOVX shutoff valve modulated pressure
BSV BSV control pressure
PX modulated servo pressure
PB bypass pressure (pump interstage) (5-265 psi)
PC regulated servo pressure (290-310psi above PCB)
PCR regulated reference pressure (140-160 psi above PCB)
PS HMU inlet pressure (1150-1204 psi)
PSF filtered servo supply pressure (0-15 psi below P1)
P1 metering valve inlet pressure (1150-1204psi)
P2 metering valve outlet pressure (50-60 psi below P1)
P22 HMU discharge pressure (0-1000psi)
P2P metered flow reference pressure
PCB regulated body pressure (5-15 psi above PB)
PT pressure tap

abreviations

- ADIRU : Centrale de référence inertielle de donnée aériennes.
- AGB : Boîte de commande d'accessoires.
- APU : Unité de puissance auxiliaire.
- AT : Auto manette.
- BITE : Equipement d'essai incorporé – contrôle intégré.
- BSV : Vérins d'ouverture des données de transmission.
- °C : Degrés celsius.
- CCDL : Canal de liaison des données de transmission.
- CDS : Système de visualisation commune.
- CDU : Boîte de commande et d'affichage.
- CFMI : CFM Internationale.
- DAC : Moteur à chambre de combustion annulaire double.
- DUE : Unité d'affichage électronique.
- DOD : Dégât causé par un phénomène naturel.
- EEC : Unité de contrôle électronique.
- EGT : Température de sortie des gaz d'échappement.
- EHSV : Système hydraulique à moteurs couple.
- FAA : Bureau fédéral de l'aéronautique (USA).
- FADEC : Système de régulation électronique numérique à pleine autorité.
- FIM : Manuel de recherche de panne du constructeur.
- FMV : Vanne de dosage carburant.
- FMC : Ordinateur de gestion de vol.
- FDAU : Boîtier de détection des données de vol.
- FRV : Contrôle de la valve de retour carburant.
- HXS : Arbre d'entraînement horizontal.
- HMU : Unité hydromécanique.
- HPC : Compresseur haute pression.
- HPT : Turbine haute pression.
- HPTACC : Contrôle actif du jeu turbine haute pression.
- HPSOV : Robinet d'arrêt HP.
- IDG : Générateur d'entraînement intégré.
- IGV : Aubes de pré rotation à calage variable.
- LPT : Turbine basse pression.
- LPTACC : Contrôle actif du jeu turbine basse pression.
- LVDT : Transformateur différentiel variable linéaire.
- NI : Vitesse de rotation de l'attelage basse pression.
- NE : Vitesse de rotation de l'attelage haute pression.

- P0 : Pression de l'air statique.
- PS3 : Pression de décharge du compresseur.
- PT : Pression de l'air totale.
- RDS : Arbre d'entraînement radiale.
- RPM : Nombre de tours par minute.
- SNECMA : Société d'étude et de construction de moteur d'aviation.
- T3 : Température du 9ème étage du compresseur HP.
- T25 : Température d'air à la sortie du compresseur HP.
- TAT : Température d'air totale.
- TBV : Vanne de décharge et de transition.
- TGB : Boîtier de renvois d'angle de poussée.
- TLA : Manette de commande d'angle de poussée.
- TRA : La résolution d'angle des reverses.
- TRS : Inverseur de poussée.
- VBV : Vannes de décharge.
- VSV : Stators à calage variable.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

• CD-ROM:

- Manuelle de maintenance d'avion du constructeur BOEING AMM 10/2001.
- Manuelle de maintenance d'avion du constructeur BOEING FIM 10/2001.
- FlightSafety Boeing 737 -800 737 Maintenance CBT

• THESES :

- LINE & BASE MAINTENANCE CFM56-7B january 2000 ATA level 3.
- Technologie des turboréacteurs « Rédacteurs: GERARD L'EHLMANN et PATRICK LEPOURRY »
- Le pompage dans les compresseurs axiaux
« promotion 1996-1997 ».
- Etude descriptive du système d'air actif du moteur CFM56-7B DEC
« promotion 2000-2001 ».
- L'étude de l'effet radial sur le fonctionnement en hors adaptation des compresseurs axiaux
« promotion 2000-2001 ».
- Recherche de panne du moteur CFM56-7B équipant le BOEING 737-800
« promotion 200-2001 ».

• SIIES INTERNET :

- www.CFM56.com
- www.snecma-moteur.com