

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

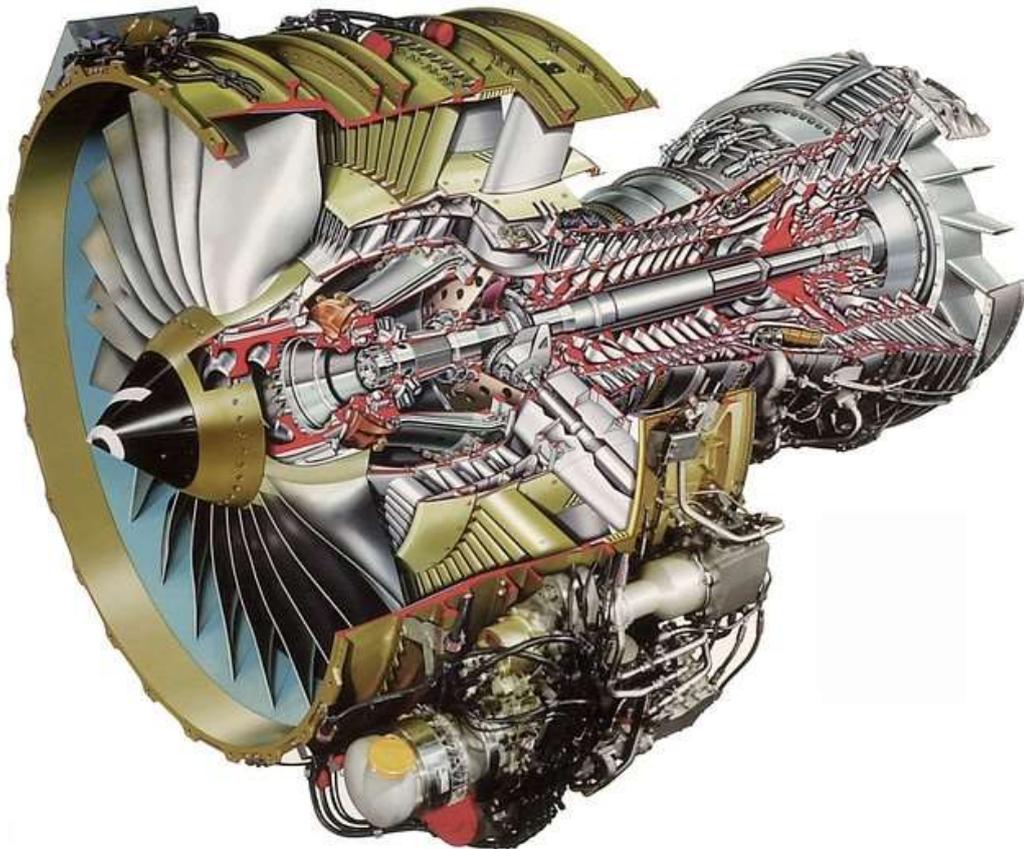
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITE DE BLIDA 01



**Institut d'Aéronautique et des Etudes
Spatiales de Blida**



Recueil De Cours

Technologie des Turboréacteurs II (CFM56-7B)

Licence (3) Propulsion Avions

Présenté Par : Dr Bentrad Hocine

Blida, 2022

Sommaire

Chapitre 1 : Généralités CFM56-7B

- 1/ Description Moteur
- 2/ Le Capotage du Moteur
- 3/ Le Moteur
 - 3.1. FAN and Spinners
 - 3.2. Fan and Booster
 - 3.3. Compresseur Haute Pression HPC
 - 3.4. La chambre de combustion
 - 3.5. La Turbine
 - 3.6. La Gear-Box
 - 3.7. Palier et Roulements
- 4/ Stations aérodynamiques

Chapitre 2 : Système De Graissage

- 1/ Rôle
- 2/ Schéma de Principe
- 3/ Circuit Type GTR (GE)
- 4/ Circuit Type GTR (PW)
- 5/ Circuit Type GTP
- 6/ Enceinte de Roulement
- 7/ Caractéristiques Principales Des Lubrifiants
- 8/ Dysfonctionnement Du Circuit De Lubrification
- 9/ Contrôle Du Circuit De Graissage
 - 9.1. Quantité
 - 9.2. Pression et Alarme basse Pression
 - 9.3. Température
 - 9.4. Alarmes Diverses
- 10/ CFM56-7B OIL System
 - 10.1. Le stockage
 - 10.2. La distribution
 - 10.3. L'indication

Chapitre 3 : Système De Démarrage & D'allumage

- 1/Rôle
- 2/ Différent Types de Démarreurs

- 2.1. Le Démarreur Electrique
- 2.2. Le Démarreur Pneumatique
- 3/ Alimentation Carburant En Phase De Démarrage
- 4/ Fonction Allumage
- 5/ Type D'allumage 28V DC
 - 5.1. Boîtier d'allumage haute tension [H.T]
 - 5.2.Boîtier d'allumage haute Energie [H.E]
- 6/ Type D'allumage 115V AC
- 7/ Séquence de Démarrage pneumatique
 - 7.1. Initialisation de la séquence
 - 7.2. Séquence de Démarrage
- 8/ Séquence de Ventilation
- 9/ Séquence Démarrage GTP
- 10/ Système démarrage et allumage CFM 56-7B

Chapitre 4 : Système D'Air

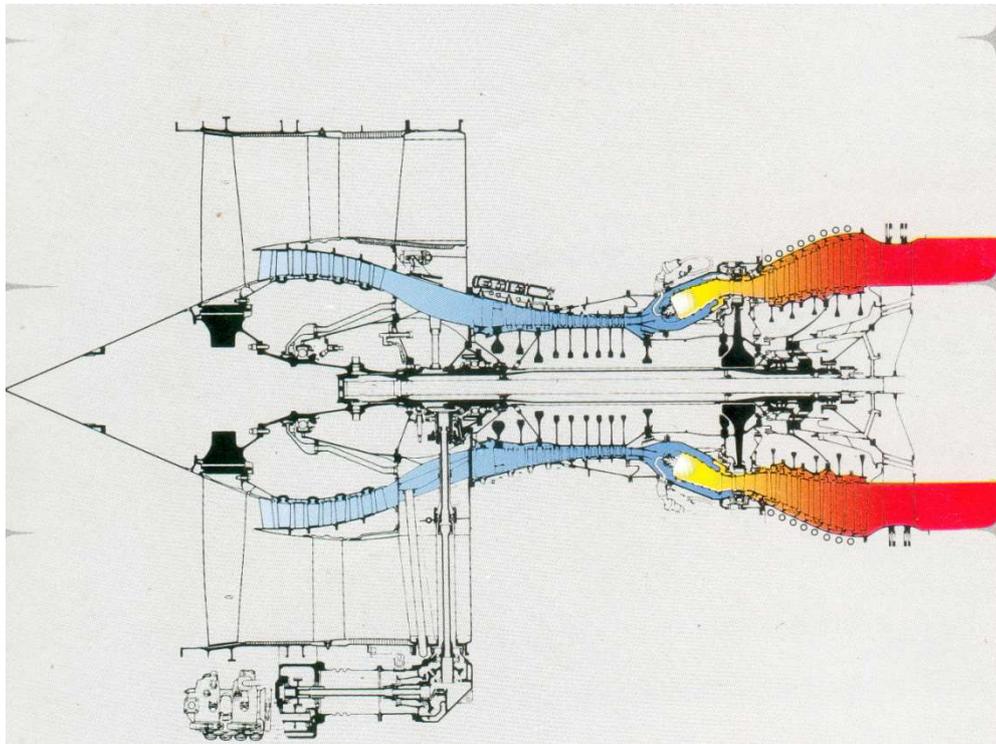
- 1/ But
- 2/ Système de contrôle d'air
 - 2.1. Turbine Control
 - 2.2. Compressor Airflow Control
- 3/ HPTACC Valve
- 4/ LPTACC Valve
- 5/ TBV Valve
- 6/ VSV System
- 7/ VBV System

Chapitre 1 : Généralités CFM56-7B

1/ Description Moteur

Le CFM 56 est un moteur a double flux issu de l'alliance de deux compagnies **GE** et **SNECMA** dans la société CFMI internationale qui a débuter le programme CFM en 1978. l'acronyme CFM veut dire **Compressor Motor Fan**.

Le moteur CFM 56-7B est certifié en 1996 sur le 737-800 NG il occupe près de 59% des ventes sur le marché.



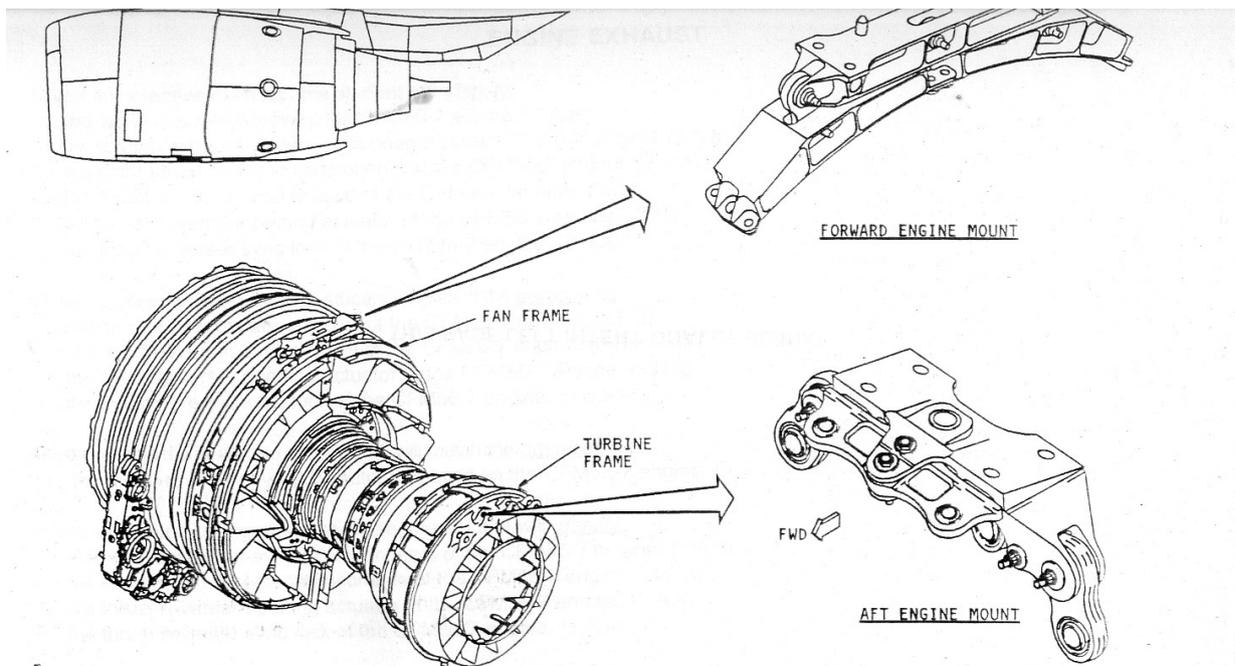
Le moteur présente une conception modulaire dans la quelle **GE** contribue par la fabrication du module principal **CORE** contenant le compresseur **HP**,chambre de combustion et la turbine **HP**. Tan disque **Snecma** contribue par la fabrication du **FAN** et booster ainsi que la turbine **BP** et la **Gear-Box** .

Le moteur comporte 16 brides d'assemblages qui se réparties en 9 sur le carter **FAN**, 4 sur le module **CORE** et 3 sur le carter de la turbine **BP**. La longueur du moteur est de **98.7 in** et un diamètre de **61 in** sur un poids total de **5216 lbm**. Le moteur équipe la famille des avions **Boeing 737** nouvelle génération.

Les performances moteurs sont présentées dans ce tableau:

<i>Take-off Condition (Sea level)</i>					
	CFM56-7B18	CFM56-7B20	CFM56-7B22	CFM56-7B24	CFM56-7B26
Max. takeoff (lbf)	18500	20000	22000	24000	26400
Air.Fow (lbm/s)	667	686	726	754	783
Bypass Ratio	5.6	5.6	5.4	5.3	5.1
<i>IN-FLIGHT Performance (35000 ft-Mach=0.85) ISA</i>					
Max.Climb thrust(lb)	5905	5905	5905	5905	5980
Overall pressure ratio at	32.3	32.3	32.3	32.3	32.6
Boeing 737 NG serie	600	600/700	600/700	700/800	800

Le moteur est monté sur le pilon porteur du moteur en deux positions *aft* and *forward* respectivement sur la partie arrière du carter *FAN* et sur le carter de la turbine *BP*.

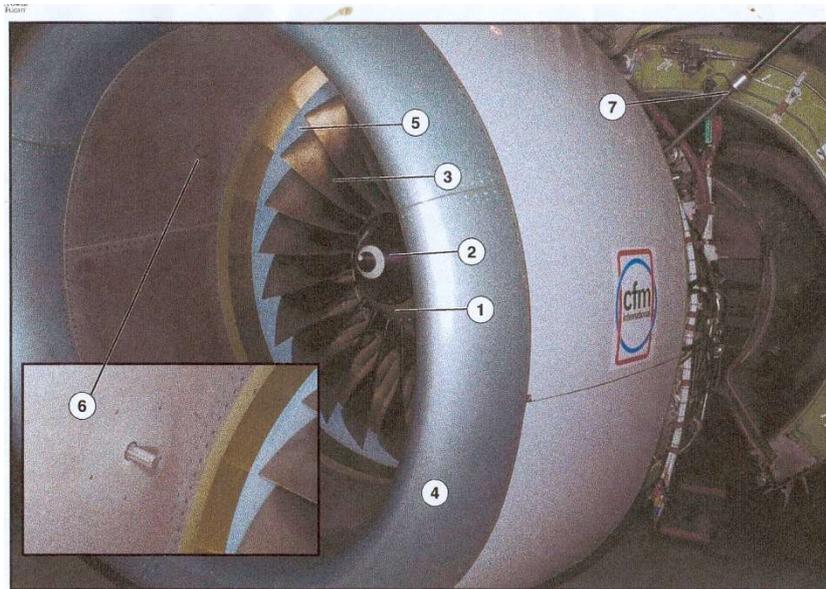


2/ Le Capotage Du Moteur

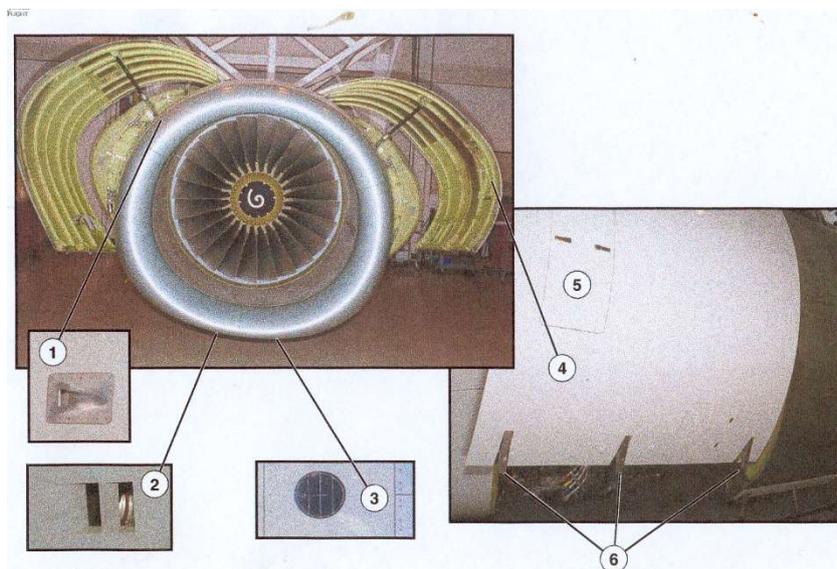
Le capotage moteur (*Engine Cowling*) constitue le carénage du moteur qui se partage en trois sections il a pour rôle de protéger le moteur est d'assurée une isolation sonore :

- L'entrée d'air
- Le capotage *FAN*
- Inverseur et tuyère secondaire

L'entrée d'air permet le raccordement de la machine avec les filets d'air venant de l'extérieur pour garantir l'alimentation du moteur dans la droite de cette dernière on note la présence d'une portière de visite assurant l'accès à la sonde de température pression *T12/P12* . on note la particularité aérodynamique de cette entrée qui aplati dans le coté bas.

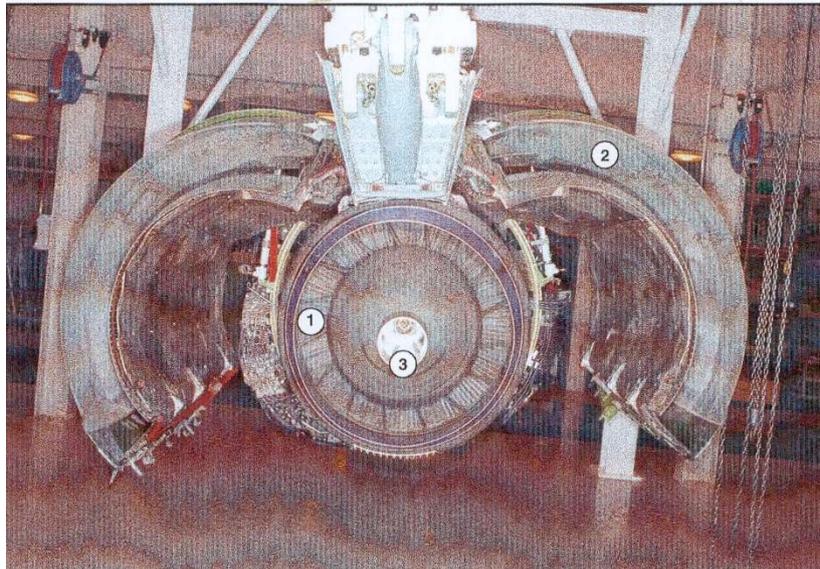


Le capotage Fan comporte deux parties: le capotage droit (*right fan cowl*) qui couvre la droite du carter FAN et donne accès aux modules principal EEC et Réservoir d'huile. On note aussi la présence de la portière de visite réservoir d'huile pour des opération de maintenance et remplissage et aussi la présence d'une tuyère permettant l'admission de l'air pour le refroidissement de la *EEC* .



Le capotage gauche (*left fan cowl*) donne accès quant à lui au module principal dans cette partie qui est la Gear-Box et les accessoires moteur. Sur ce capotage en cite aussi la présence de deux portières de visites *IDG access door* et *Chip detectors access door* .

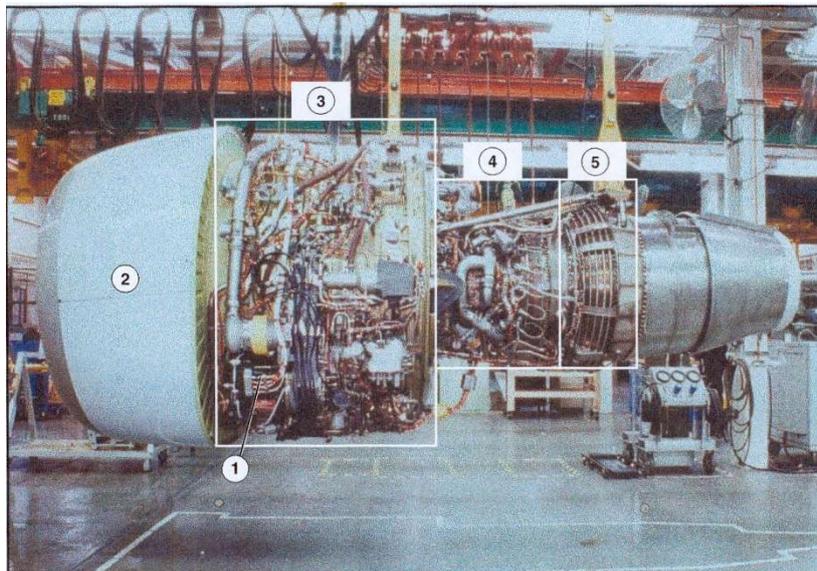
Les capotages sont fabriqués en tôle d'aluminium qui sont fixés aux mats supérieurs par des charnières et se raccordent en bas à l'aide des sangles de rattachement qui permettent de lier le capotage gauche et droit. Pendant l'ouverture les capotages sont maintenus par un vérin de maintien qui est bloquée par une visse de blocage. Dans la partie basse des capotages FAN on distingue la présence des orifices de drainage et de décharge d'air.



La dernière partie comporte le capotage droit et gauche de la tuyère secondaire et l'inverseur de poussée. Qui permet de réaliser l'échappement des gaz et d'assurer l'opération de poussée négative.

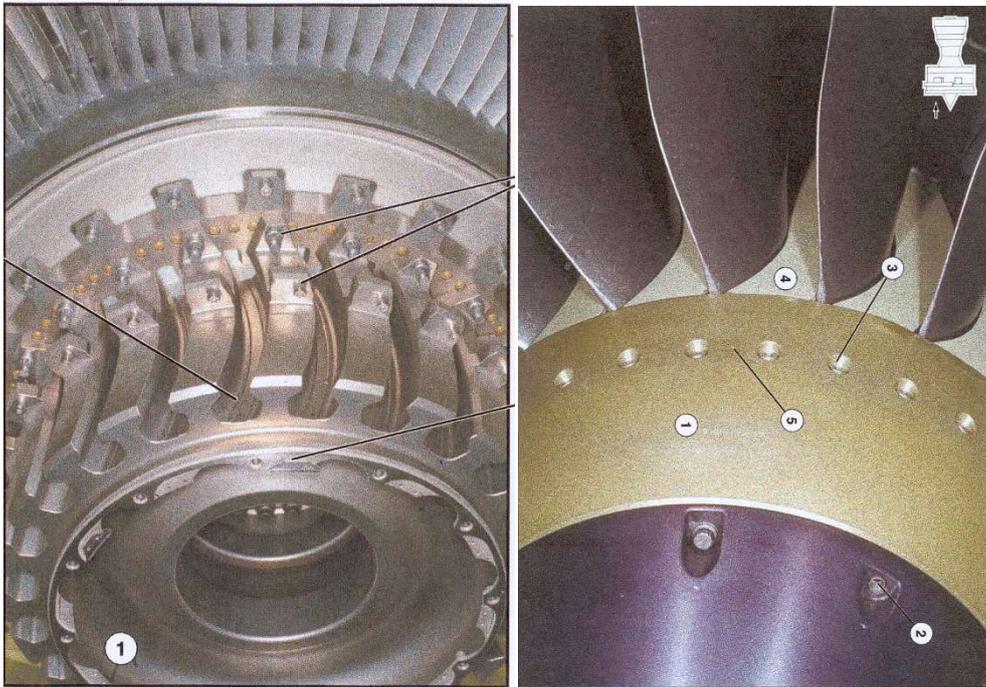
3/ Le moteur

Le moteur CFM56-7 est un turboréacteur double flux à haut taux de dilution il permet de fournir la poussée au réacteur, la puissance électrique d'environ 90 KVA, hydraulique et pneumatique. Il est divisé en module principal pour permettre une facilité dans les opérations de maintenances.

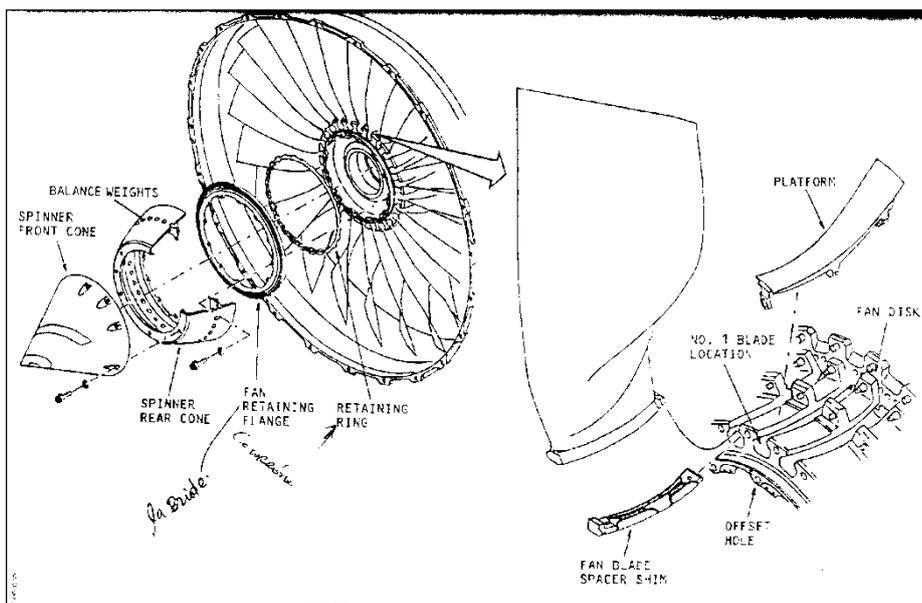


3.1. FAN and Spinners

Le Fan est composé de 24 aubes a large corde en titane maintenue sur le fan disque ou il seront maintenue radialement par des cales. D'autre part des cales supérieures sont mises entre deux aubes pour permettre une bonne continuité de l'écoulement. La couronne de retenue fixe les cales et les aubes. La bride de retenue centre le cône arrière et retienne les cales supérieur.

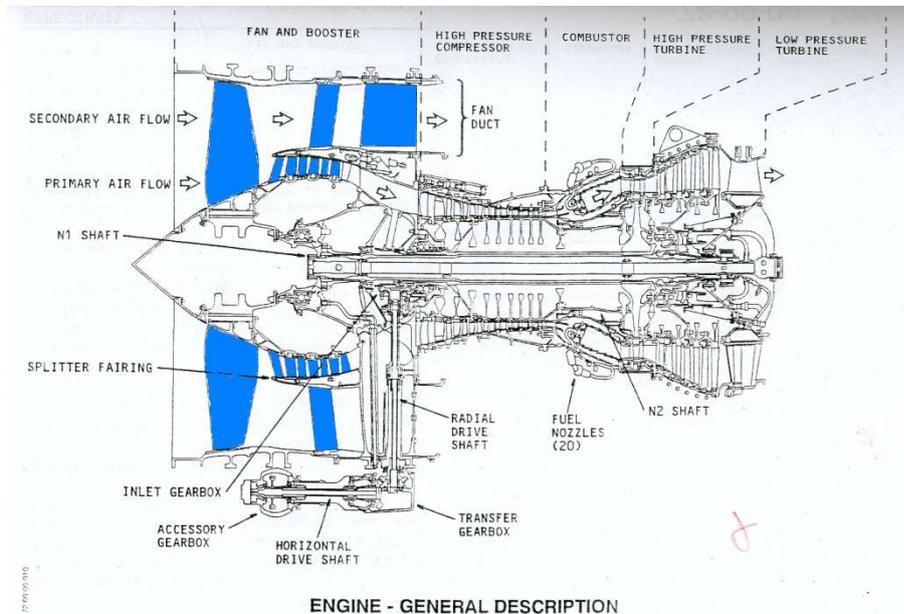


Chaque aube comprend une information graver en dessous contenant le numéro de la référence dans l'assemblage le numéro de série et le moment poids. Quand en démonte une aube en note sa position et le numéro de série correspondant pour permettre le contrôle du bas lourd qui peut se réaliser par une gamme de 36 vis de différent poids a installer sur les orifices du cône arrière.



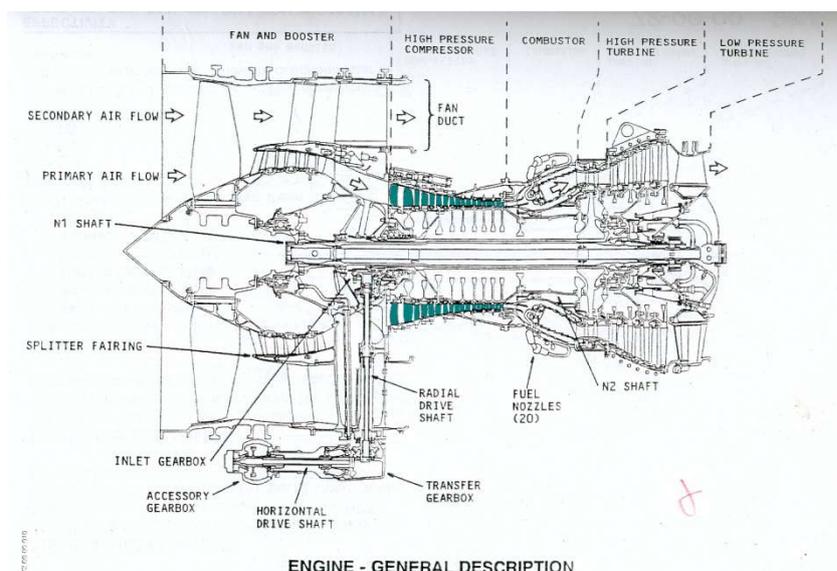
3.2. Fan and Booster

Le **Booster** est le compresseur de charge de 4 étages. Le fan augmente la vitesse de l'air qui sera divisé par le séparateur en primaire et secondaire. Le premier passe dans le **CORE** à travers le booster qui augmente la pression à un rapport de 1.73 et le renvoi vers le compresseur **HPC**. Tandis que le flux secondaire va vers le canal du **FAN** qui constitue **80 %** de la poussée pendant le décollage.



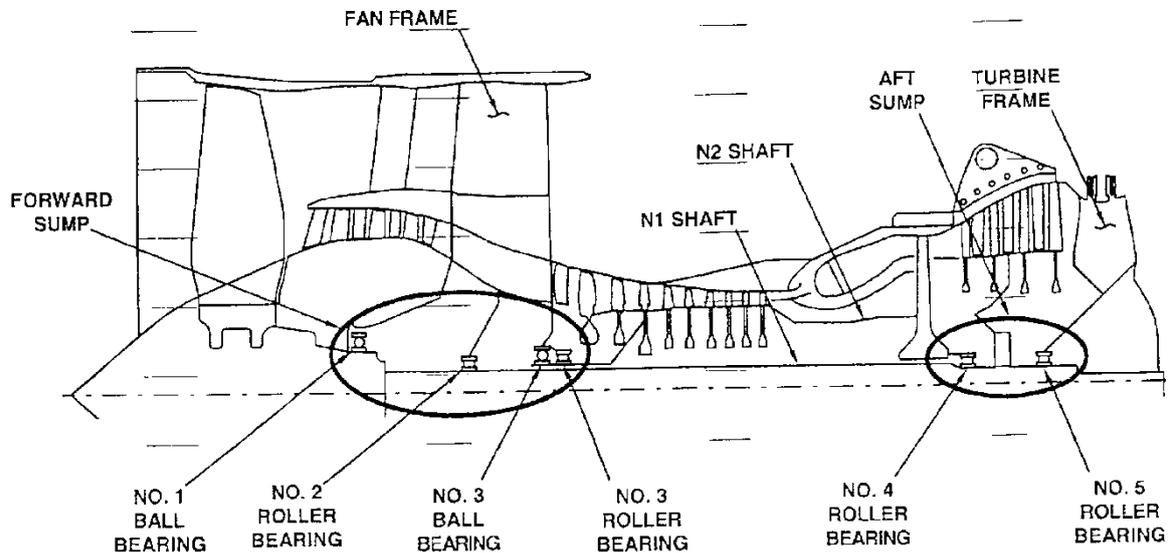
3.3. Compresseur Haute Pression HPC

Le compresseur **HP** est composé de 9 étages, il permet d'augmenter la pression venant du **LPC** et le renvoie vers la chambre de combustion. D'autre part le compresseur HP permet de fournir l'air pressurisé par soutirage pour le système pneumatique ainsi que le système d'air pour le contrôle du compresseur contre le pompage et le contrôle de jeu.



3.7. Palier et Roulements

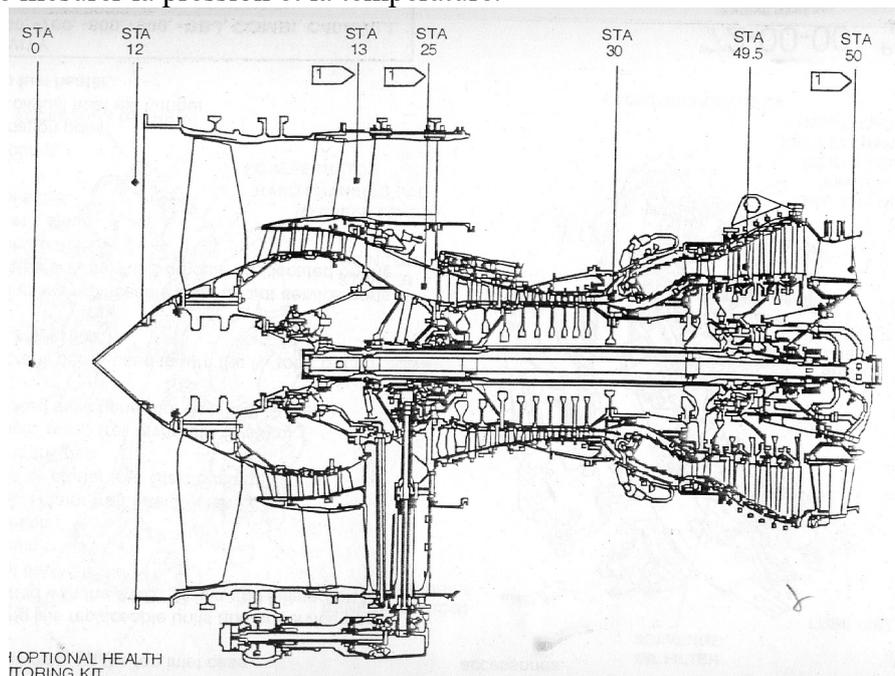
Le moteur présente deux paliers avant (*forward*) et arrière (*aft*) cinq roulements principaux sont installés sur le moteur.



Le palier avant comprend un roulement à bille 1B et à rouleau 2R pour supporter l'arbre N_1 à l'avant et le roulement numéro 3 composé d'un roulement à bille 3B et un à galet 3R pour supporter l'arbre N_2 aussi. Dans la partie arrière l'arbre N_1 et N_2 sont supportés respectivement par les roulements à galets 4R et 5R.

4/ Stations aérodynamiques

Il y a 7 stations aérodynamiques sur le moteur qui se situe dans différents éléments permettant de mesurer la pression et la température.



Chapitre 2 : Système De Graissage

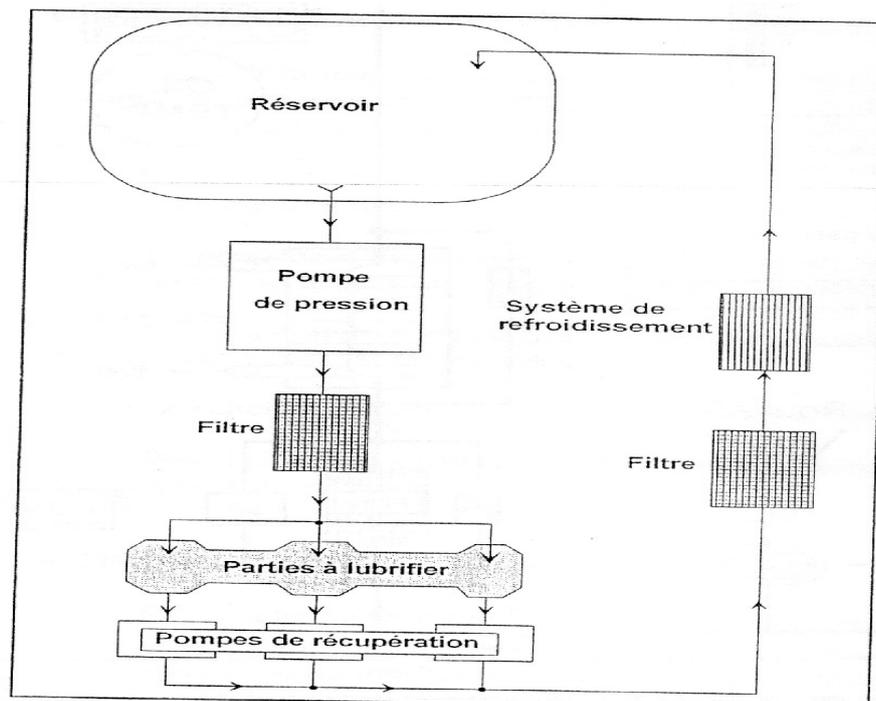
1/ Role

Son rôle est de minimiser les pertes internes moteur dues aux frottements des parties tournantes par l'interposition d'un film d'huile qui participe ainsi à l'évacuation des calories.

2/ Schéma de Principe

Afin de pouvoir remplir ces fonctions le système de graissage est composé des éléments suivants :

- Un réservoir doté d'un dispositif de remplissage et de mesure de quantité d'huile
- Une pompe de pression dont son rôle est d'alimenter le circuit continuellement.
- Un filtre protégeant les parties à lubrifier
- Une rampe de distribution
- Pompes de récupérations
- Un filtre de décontamination du lubrifiant
- Un ou plusieurs systèmes de refroidissement adapté au type de moteur

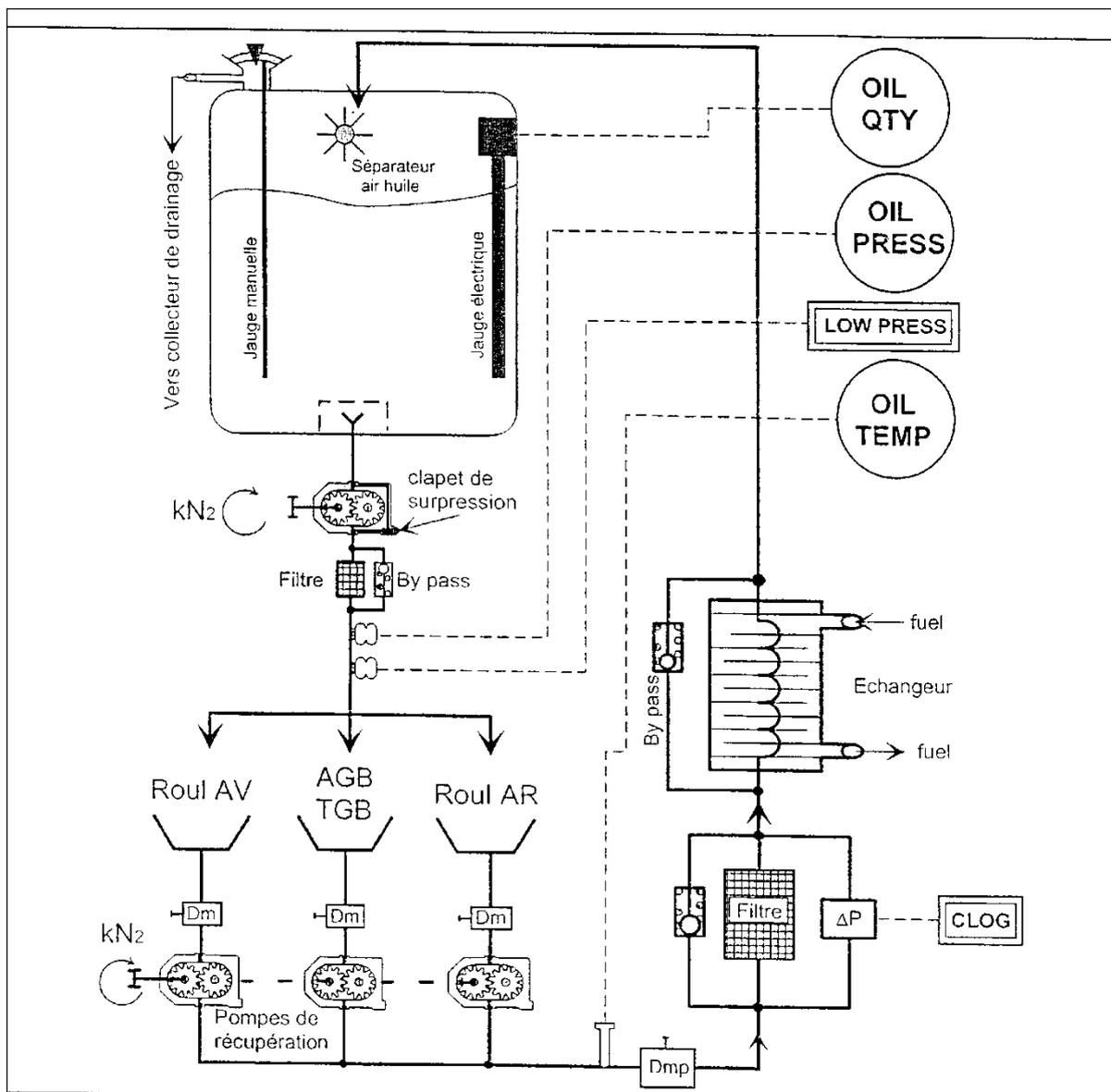


3/ Circuit Type GTR (GE)

Le système de graissage type **GTR** est équipée des éléments précédents on constate que le réservoir est équipé d'un orifice de remplissage doté d'une tuyauterie de drainage, afin d'évacuer l'éventuel surplus l'ors du remplissage.

On note que le système contient un circuit de distribution, un circuit de récupération et un circuit de dégazage. Généralement se dernier se trouve avec le réservoir d'huile pour des systèmes de lubrification de type **GE** et **CFMI**. La captation d'huile est protégée par une crépine ou filtre gros émailles. D'autre part un capteur de quantité permet de renvoyer de quantité d'huile vers un indicateur ou en peut aussi rencontrer la présence d'une jauge manuelle assurant la même fonction.

Les réservoirs d'huile la plupart sont en aluminium (matériaux composites) et peuvent être dotés d'une protection leur permettant de résister à une température allant à 1100 °C pendant une durée de 15 min. Ou il sont réalisées en acier inoxydable s'il sont situés dans une zone à feu.



La pompe de pression entraînée par la **AGB** et généralement du type à engrenages est équipée d'un clapet régulateur de pression qui protège le circuit aux forts régimes de refoulement. La pompe est dimensionnée afin que son débit permette l'alimentation de toutes les parties à lubrifier à travers un filtre de pression doté d'un clapet de by-pass en cas de colmatage du filtre.

Les parties à lubrifier sont essentiellement les roulements, la prise de mouvement des éléments **AGB + TGB**. Les roulements sont regroupés dans des enceintes ou les points les plus bas sont dotés d'un *puisard* ou *réceptacle*, collectant l'huile par gravité vers la tuyauterie de retour.

Chaque une d'elle est équipée d'un détecteur magnétique installé en amont de l'aspiration des pompes de récupération. Ces pompes sont également du type à engrenages, mais leur débit est plus élevé que celle de pression ces derniers sont tous regroupées dans un m[^]me carter afin de faciliter la maintenance et leur arbre d'entraînement est généralement commun il est couramment appelé le *groupe pompes de lubrifications*.

Le fluide ayant rempli ces fonctions éventuellement chargé de particules est s'étant chauffé il est acheminé vers le circuit retour ou il traverse successivement un filtre principal doté d'un by-pass et d'un détecteur de colmatage [**CLOG**], puis un échangeur de chaleur *oil/fuel*.

Ce dernier absorbe des calories du lubrifiant et assure le réchauffage du carburant avant son entrée vers le régulateur. Un détecteur magnétique principal est installé en amont du filtre principal cette partie permet la récupération d'un échantillonnage d'huile pour effectuer une analyse permettant de déterminer la quantité et la nature des polluants du circuit.

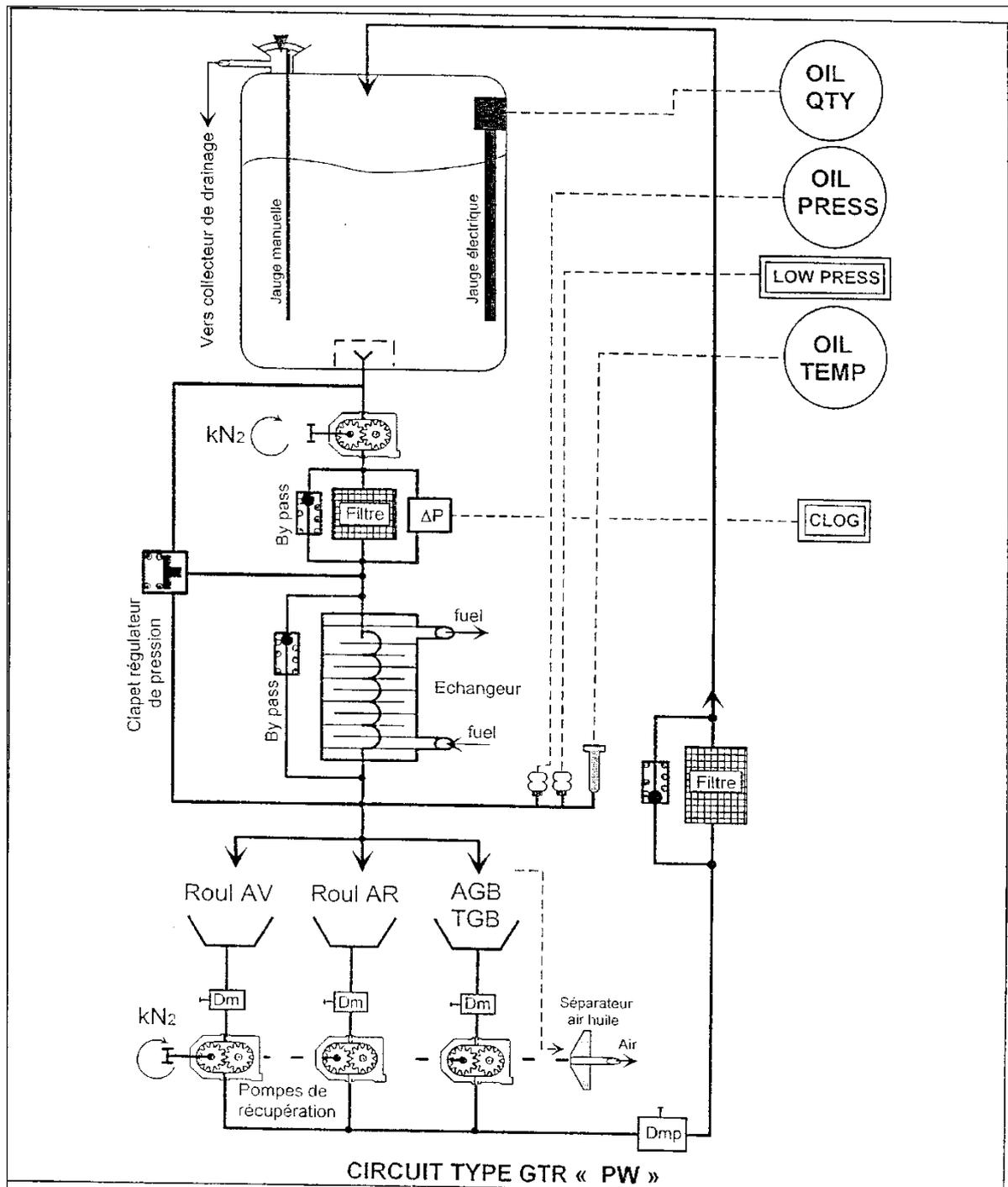
Comme tout circuit, ce dernier est contrôlé en quantité, pression, température et alarmes diverses. La pression d'huile est mesurer à la sortie du filtre de pression en aval du filtre de pression et prend en compte la perte de charge du au filtre. Une alarme de basse pression y est associée. Quant à la température elle est mesurée d'huile du moteur par une sonde résistive ou par un thermocouple sur les moteurs récents.

4/ Circuit Type GTR (PW)

Sur ces systèmes de graissage relatifs à ce type de schémas bien que disposé différemment il assure la m[^]me fonction que celui du type précédent. On constate alors, que l'échangeur de chaleur carburant huile se situe avant l'entrée des parties à lubrifier. Le réservoir assure donc le stockage de lubrifiant non refroidi, ce qui minimise la puissance absorbée par la pompe de pression.

Néanmoins cela oblige les constructeurs de positionner le réservoir dans une zone du moteur ou par ventilation motrice il peut évacué des éventuelles vapeurs d'huile source probable d'un départ d'incendie. C'est pour quoi sur certain montage, une cloison para feu, en acier inox entoure l'ensemble **AGB** et réservoir ainsi que une ligne de détection incendie y installée.

D'autre part on note que le clapet de surpression n'est pas intégré au corps de la pompe de pression, mais il est monté à la sortie du filtre. Il assure également la décharge de la pression en sortie de l'échangeur. Ce dispositif est nécessaire si l'on veut maintenir une pression constante au niveau des orifices calibrés de chaque palier malgré la présence de l'échangeur.

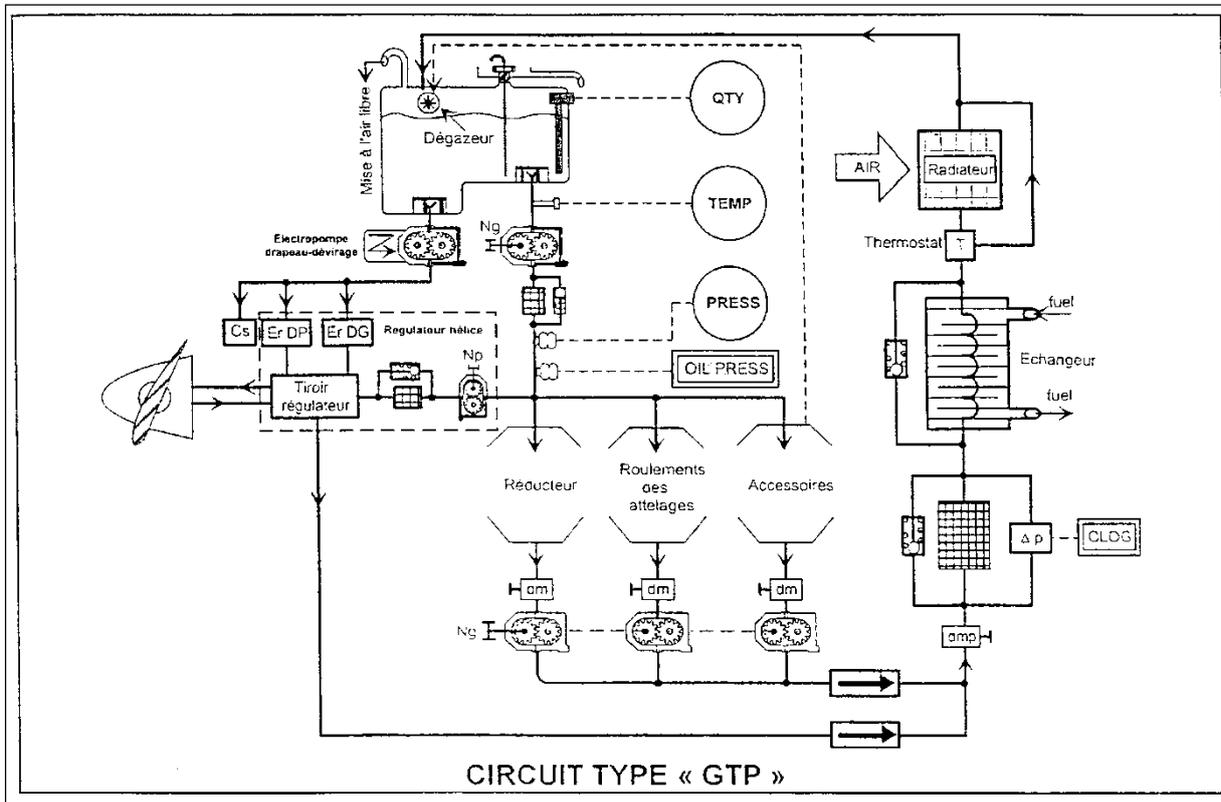


La mesure de la température est effectuée à l'entrée des parties à lubrifier. La valeur maximale est donc inférieure à celle du circuit *GE*. Cependant le dégazeur est installé dans la *AGB*. Il est entraîné mécaniquement par le même arbre du bloc pompes et l'air provenant du reniflard est déshuilé et éjecté dans le carénage du moteur.

Tant que le filtre principal est situé en amont de l'échangeur et pour cette raison est doté d'un by-pass et d'un indicateur de colmatage. On notera que seulement le filtre principal est relié à son indicateur. Ce circuit est du point de vue maintenance doté des mêmes équipements que son homologue par rapport au premier type on le qualifie de circuit à réservoir *chaud*.

5/ Circuit Type GTP

Comparativement au circuit de type *GTR* le système de graissage pour le *GTP* utilise le lubrifiant également comme fluide de puissance pour assurer les fonctions du régulateur hélice et pourvoir à la lubrification du réducteur qui s'avère un très gros consommateur.



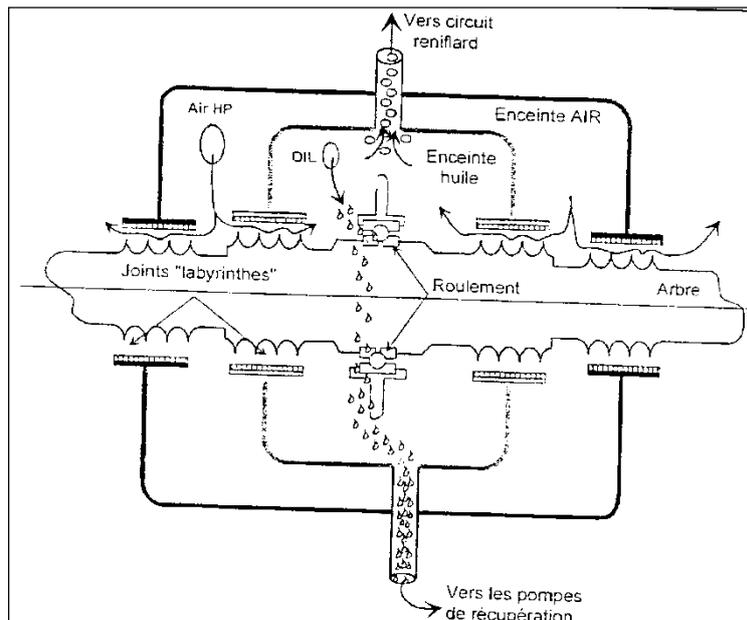
Dans ce type de circuit le moteur est équipé d'un réservoir particulier qui doit permettre une réserve en cas de fuite pour l'alimentation de la phase nécessaire au passage de l'hélice en position drapeau. Une électropompe est utilisée pour la fonction de l'hélice en situations "drapeau dévirage" pour les avions multi moteur, à cela est associé une série d'électrovanne (ERDP) drapeau, (ERDG) dévirage et un clapet de sécurité (Cs) qui ne se présente que dans les moteurs de turbine liés.

D'autre part on note la présence d'une dérivation en sortie de la pompe de pression qui alimente l'ensemble régulateur hélice composé d'une pompe, un filtre et le régulateur tachymétrique qui pilote le tiroir distributeur du vérin d'hélice. La pression du régulateur hélice est toujours supérieure à la pression d'huile moteur et dépend de la charge aérodynamique des hélices.

Les deux circuits retour sont protégés par un clapet anti-retour et sont renvoyés au moteur aux réservoirs par un échangeur supplémentaire. Ce radiateur air huile est important car d'une part la lubrification du réducteur est importante (environ 60% de la lubrification totale) et d'autre part, ces moteurs ayant faibles débits carburants (250 à 300 kg/h pour ATR 42) ce qui fait que l'échangeur carburant huile s'avère insuffisant.

6/ Enceinte de Roulement

Les roulements de chaque attelage lorsque cela est possible sont regroupés dans une enceinte double. Composé d'une enceinte d'huile dans la quelle se trouve l'orifice de lubrification et dans sa partie inférieure se présente le puisard qui alimente les roulement de récupération. Et d'une enceinte d'Air pressurisée par de l'air en provenance du compresseur qui entoure l'enceinte d'huile.



L'étanchéité du boîtier de roulement est assurée par la pression d'air qui est supérieure à la pression d'huile, régnant dans l'enceinte d'huile. Elle est réalisée par la détente de l'air dans des joints labyrinthes. La partie supérieure de l'enceinte d'huile contenant des vapeurs d'huile et de l'air de pressurisation est recyclée au réservoir par un circuit de reniflard.

Une augmentation de la pression ou de la température du reniflard est donc un signe d'usure des joints labyrinthes.

7/ Caractéristiques Principales Des Lubrifiants

Les lubrifiants sont d'origine synthétique et sont caractérisés principalement par leur viscosité. Pour les **GTR**, les motoristes utilisent un lubrifiant dont la viscosité est de 5 centistokes à 90°C, alors que pour les **GTP**, l'huile la plus couramment utilisée à une viscosité de 7.5 centistokes à 90°C car la charge est plus importante. Tous ces lubrifiants ont de très bonnes performances aux fortes charges et à haute température. Les principales caractéristiques principales sont résumées dans ce tableau:

Masse volumique (à 15°C)	953kg/m ³
Viscosité cinématique (90°C) GTR	5 ctsk
Viscosité cinématique (90°C) GTP	7.57 ctsk
Point de congélation	-60 °C
Point d'auto inflammation	+235 °C

8/ Dysfonctionnement Du Circuit De Lubrification

En cas de rupture en vol des soudures dans l'échangeur de chaleur le carburant pénètre et se mélange à l'huile qui va diminuer le pouvoir lubrifiant et évacue moins de calories. La pression demeure normale alors la température s'accroît. Si la température excède la valeur maximale, le moteur devra être stoppé.

Si la fuite est importante, le niveau du réservoir d'huile va augmenté et le surplus va être évacué par le circuit de drainage. A l'escale, les services de maintenance procèdent à l'identification du produit pour confirmés la présence du carburant (odeur , mesure point éclairé) puis appliquerons la procédure relative au changement de l'échangeur de chaleur et au vidange du circuit de lubrifiant contaminé avec rinçage.

Une diminution de la pression d'huile et l'augmentation de la température d'huile est signe d'une avarie importante du circuit de lubrifications. A cause d'une rupture éventuelle de canalisation, freinage défaillant des bouchons de vidange, pompe refoulement.....et se traduit toujours par un arrêt moteur.

La pression d'huile est vérifiée, des la séquence de démarrage du moteur. Bien que dotée d'un clapet de surpression. Il peut arriver qu'aux faibles températures la pression soit élevée. Ce phénomène, du à la viscosité qui augmente avec le régime et ne dure pas longtemps.

L'or du fonctionnement moteur arrêté en vol, les compresseurs fonctionnent en moulinet et tournent à faibles régimes. De ce fait, la pressurisation des paliers est faible et la consommation d'huile peut être plus élevé. Les motoristes donnent alors un temps maximal de fonctionnement en moulinet proche d'une dizaine d'heurs. Et l'équipage devra signaler sur le CRM le temps de fonctionnement.

9/ Contrôle Du Circuit De Graissage

9.1. Quantité

La quantité de lubrifiant dépend du type de moteur elle voisine de **20 à 30 litres** pour les moteurs de fortes poussée **GTR** et plus faible environ **15 litres** pour les **GTP**. Pour être fiable la mesure doit se faire lorsque l'aéronef est stable, une mesure avant et pendant un vol d'une durée supérieur a une heur peut permettre d'en estimer la consommation d'huile. Celle ci est au maximum estimer de **0.5 litre** par heur.

L'ors du démarrage du moteur, on constate une diminution du niveau d'huile consécutive au remplissage du circuit mais ce niveau se stabilise voir revient à sa valeur initiale relativement vite au fur et a mesure de la montée de la température du lubrifiant car le fluide se dilate.

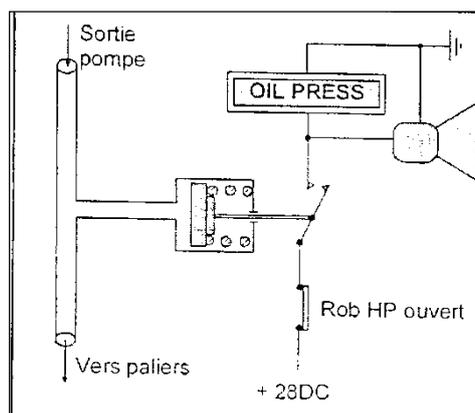
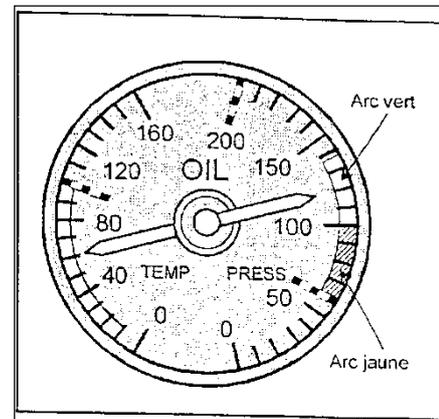
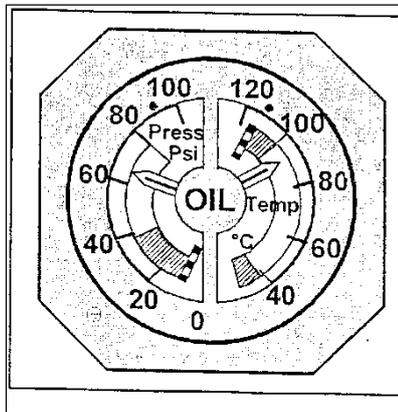
Pour réalisé un complément de plein il est nécessaire d'attendre environ une heur d'arrêt moteur. Bien entendue l'équipage doit vérifier que compte tenu de la consommation, la quantité de lubrifiant soit suffisante pour assurer le vol.

Une diminution importante du niveau d'huile se traduit par une élévation relativement rapide de la température d'huile et, par le déclenchement de l'alarme de basse pression si la quantité d'huile dans le réservoir est faible.

9.2. Pression et Alarme basse Pression

Généralement la pression est mesurée en sortie de la pompe de pression. Les sondes ou capteurs sont du type *résistif* ou *piézo-résistif* et sont reliés électriquement à leur système d'affichage analogique ou cathodique.

Sur un instrument type analogique, des secteurs de couleurs rappellent à l'équipage la valeur dans la quelle l'aiguille de couleur blanche doit se situer. En effet en fonctionnement normal, la pression d'huile (hors démarrage) doit être comprise entre 40 et 65 PSI pour le PW 120, l'alarme de basse pression se déclenche pour une valeur inférieure à 40 PSI (secteur hachuré). Ces indicateurs sont souvent doubles pour mesurer la pression et la température pour permettre au navigant de mieux contrôler le fonctionnement de ce circuit.



9.3. Température

Quelle que soit le type de schémas de lubrification, l'échauffement du fluide entre l'entrée et la sortie des parties frottantes est voisin de 30 à 40 °C . Pour un réservoir type froid, la température maximale toléré est proche de 90 à 100 °C pour un GTP et peut attendre 130 °C à 140 en aval des parties à lubrifier pour un GTR. On exige alors dans ce cas un temps de fonctionnement court d'environ 2 min.

Tan disque pour un réservoir chaud la valeur maximale relevée en amont des parties à lubrifier est de l'ordre de 120 °C.

9.4. Alarmes Diverses

Les alarmes considérées sont en générale l'alarme basse pression et le colmatage du filtre principal ou de retour. On peut signaler que sur certain moteur il y a des détecteurs magnétique "*Chip Detector*" relié à une alarme dans certain *GTP* elle est lumineuse. Elle indique une présence de particules métalliques pouvant provenir d'un écaillage des éléments tournant ayant subit des traitements thermiques.

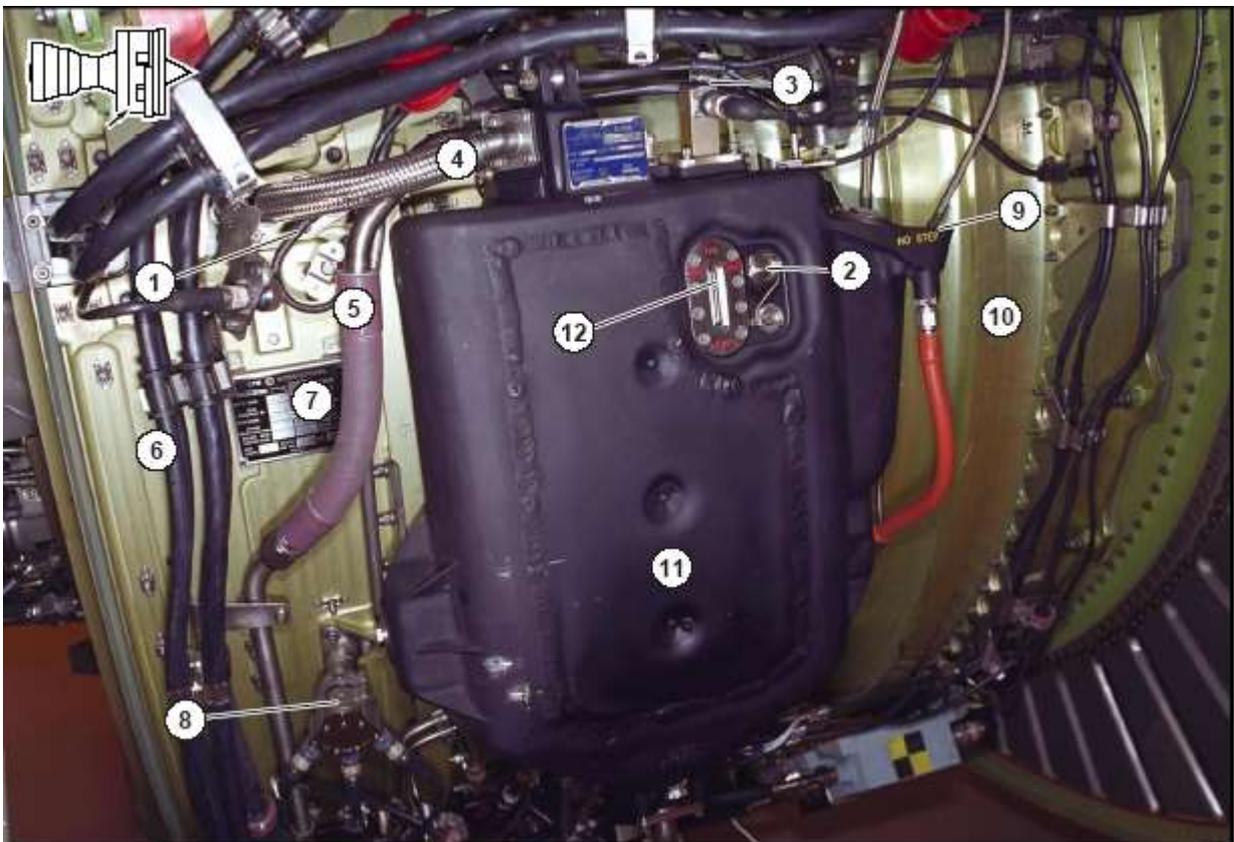
Lorsque cette alarme se déclenche il est impérative de réduire le régime pour diminuer la charge sur les engrenage puis de stopper le moteur si elle persiste et suivre les consigne du constructeur sur la procédure à entreprendre.

10/ CFM56-7B OIL System

Le system de lubrification CFM 56-7B se constitue de trois parties essentielles le stockage, la distribution et l'indication.

10.1. Le stockage

le stockage est assurer dans un réservoir en aluminium d'une capacité de 23.26 quarts il est protégé par une paroi anti-feu. Le rôle du réservoir est de délivrer l'huile au moteur et de le stocker d'autre part il assure aussi le dégazage du circuit.



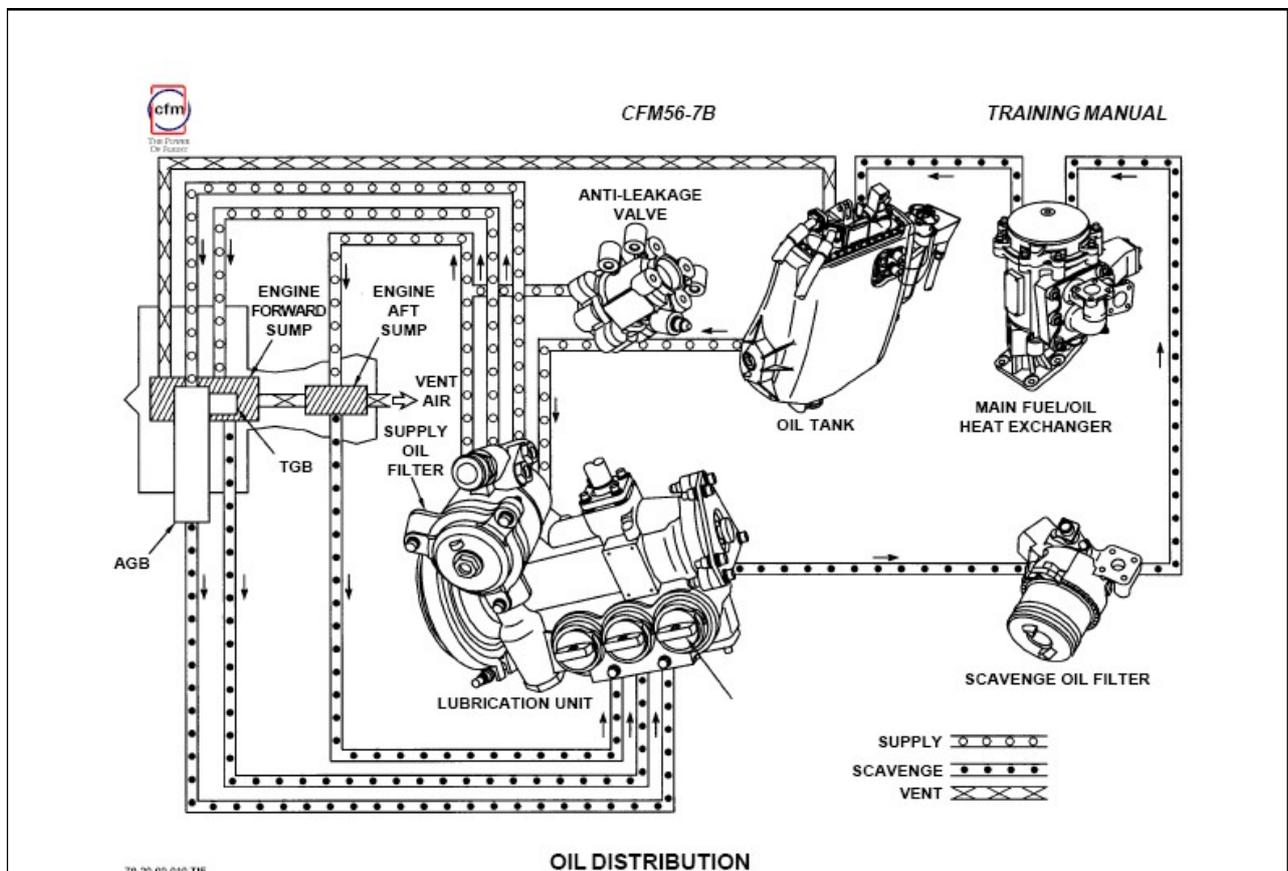
Il contient :

- Transmetteur de quantité d'huile (3)
- Une bouche de remplissage par gravité
- Un entonnoir de drainage de surplus (9)
- Un bouchon avec verrouillage manuel
- Des ports de remplissage pressurisé (2)
- Un indicateur visuel de niveau (12)
- Un bouchon de drainage
- Un séparateur d'huile vapeur

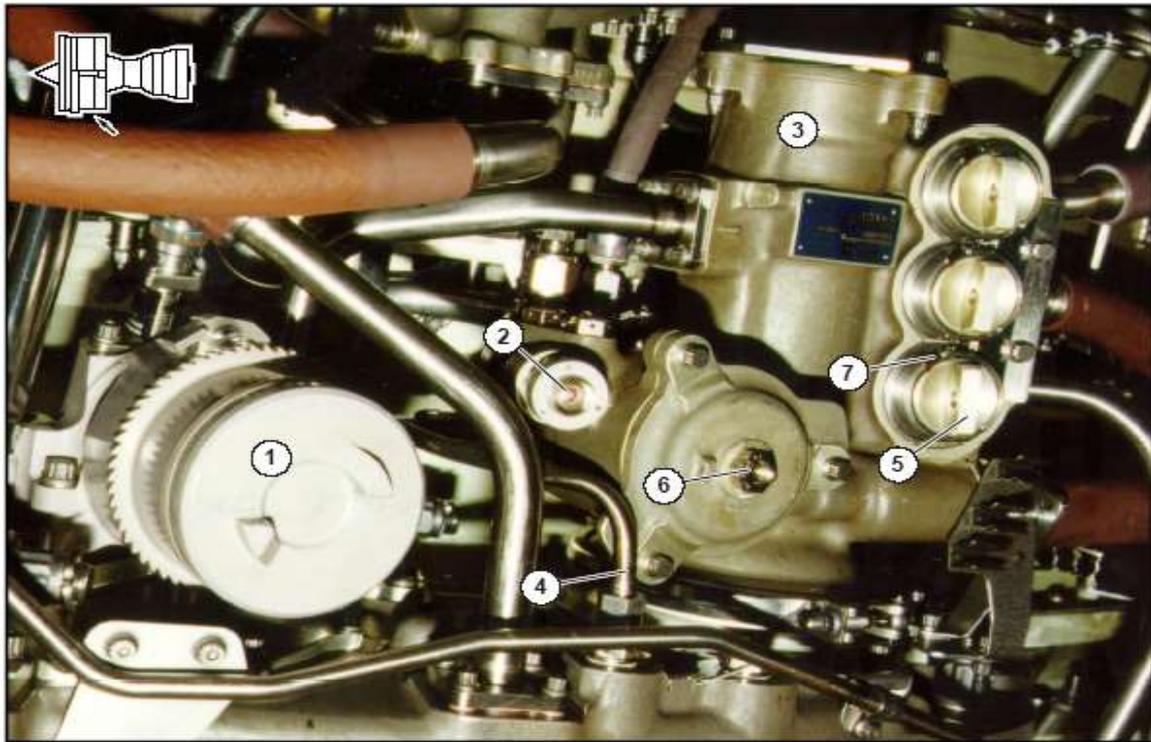
L'huile circule par gravité vers le bloc pompes et revient au réservoir de la partie supérieur à travers le séparateur Air/Oil ou il sera stocké dans les chambres du réservoir. le réservoir est plein au niveau de 22.1 quarts (20.09 litres). Le remplissage s'effectue manuellement ou par unité pressurisé.

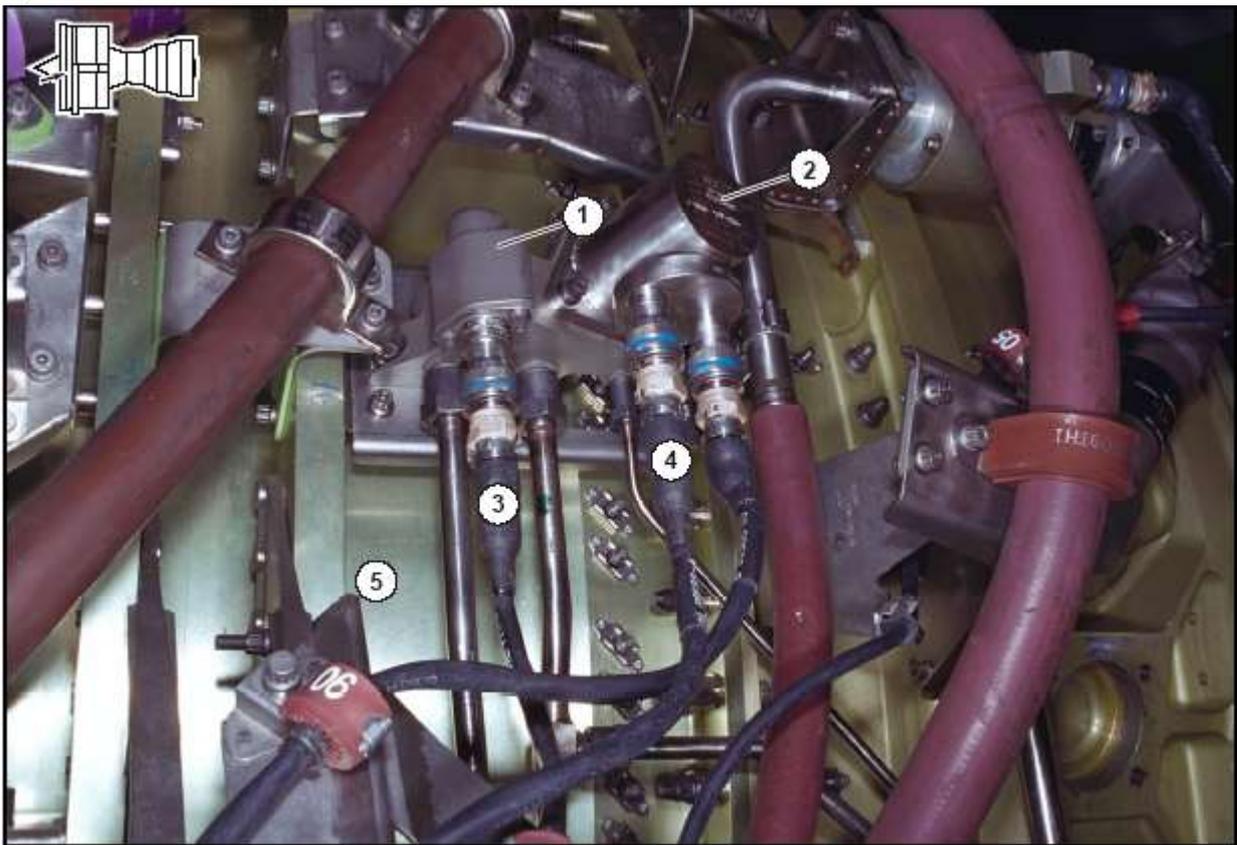
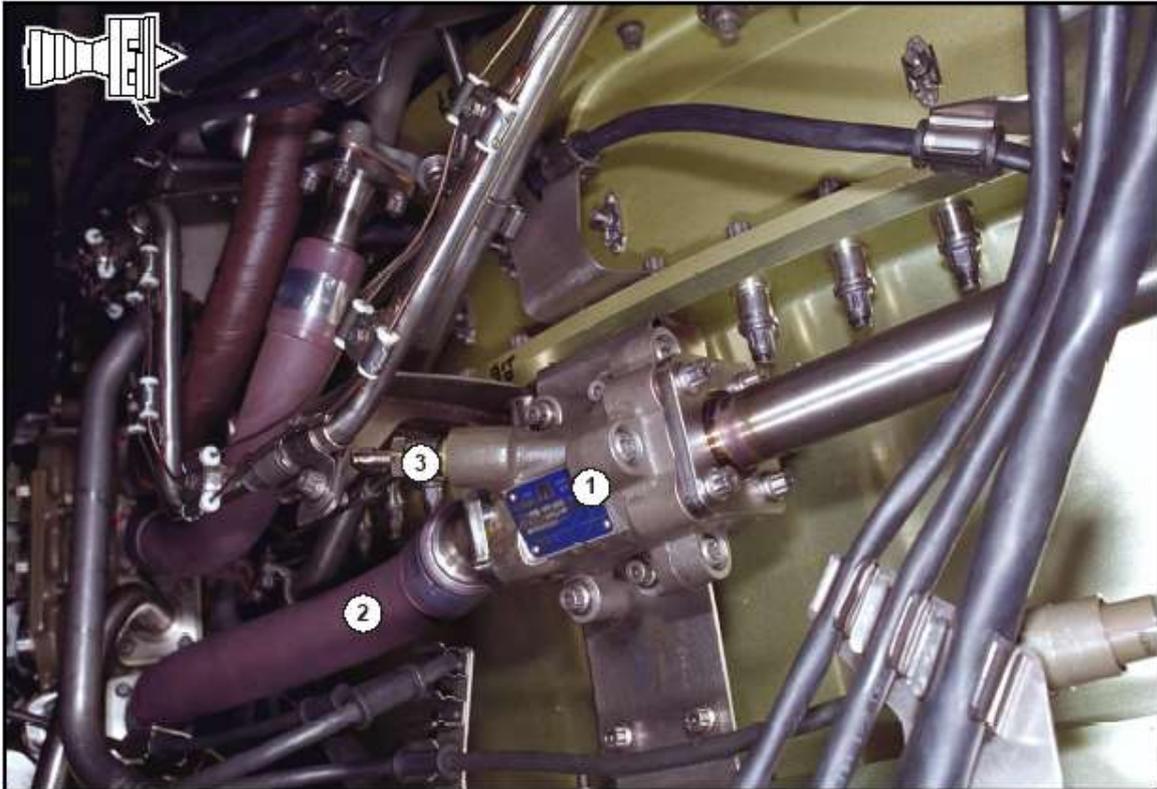
10.2. La distribution

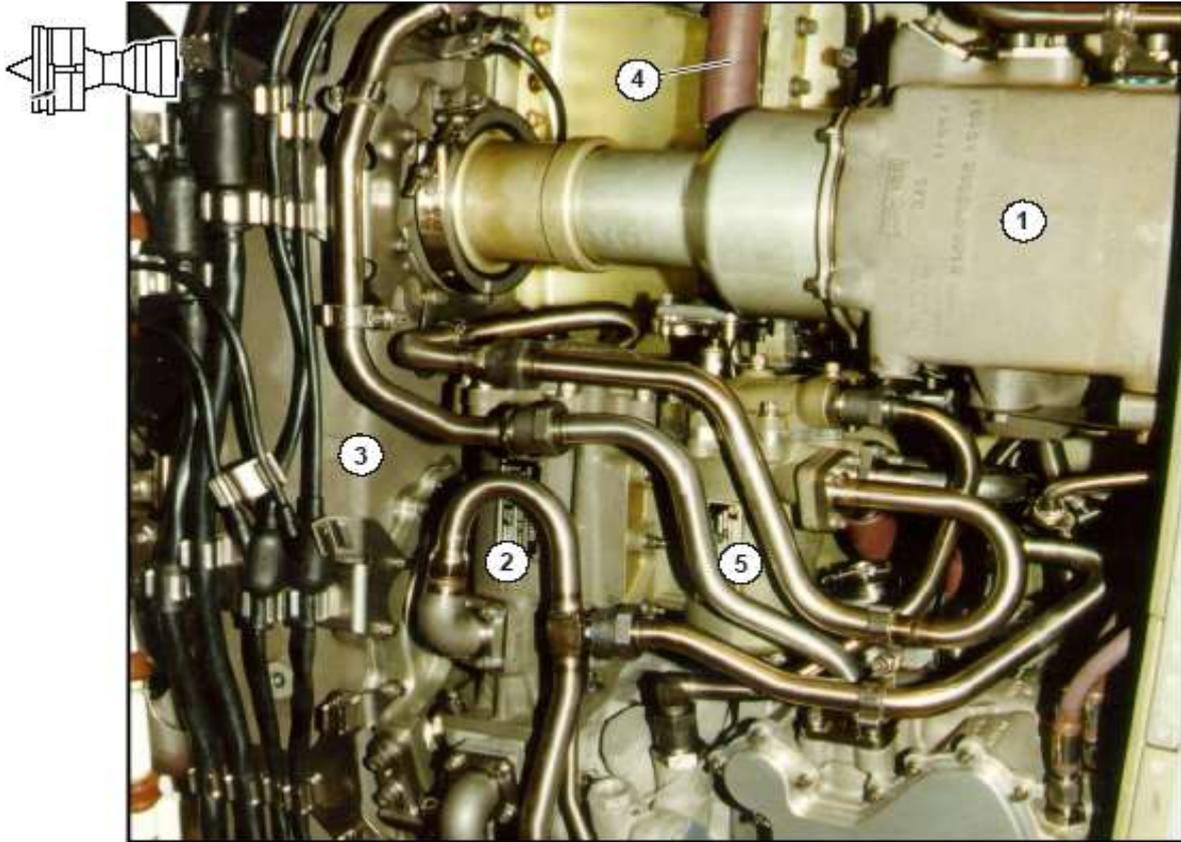
La distribution de l'huile se compose d'un circuit d'alimentation, d'aspiration et d'aération. Le circuit de refoulement renvoi l'huile pour lubrifier les roulements et les parties tournantes. Le circuit de retour ramène l'huile du moteur vers le réservoir tan disque le circuit d'aération équilibre la pression interne du system de lubrification.



Le système de graissage du moteur CFM56-7B comprend l'unité de lubrification, la valve anti-fuite et l'échangeur de chaleur et le filtre principale " *Scavange Filter*". L'huile descends par gravité vers la *LBU* en passant par la *anti-leakage valve* qui permet d'isoler le système une fois le circuit est non pressurisé. L'huile sera pressurisée et filtré puis renvoyer vers le moteur. Ainsi une fois lubrifié l'huile retourne du moteur vers le filtre aspiration a travers les pompes de retour et puis l'échangeur de chaleur refroidie le lubrifiant et retourne vers le réservoir. La vapeur est ventilée vers l'extérieur à travers le circuit de ventilation.



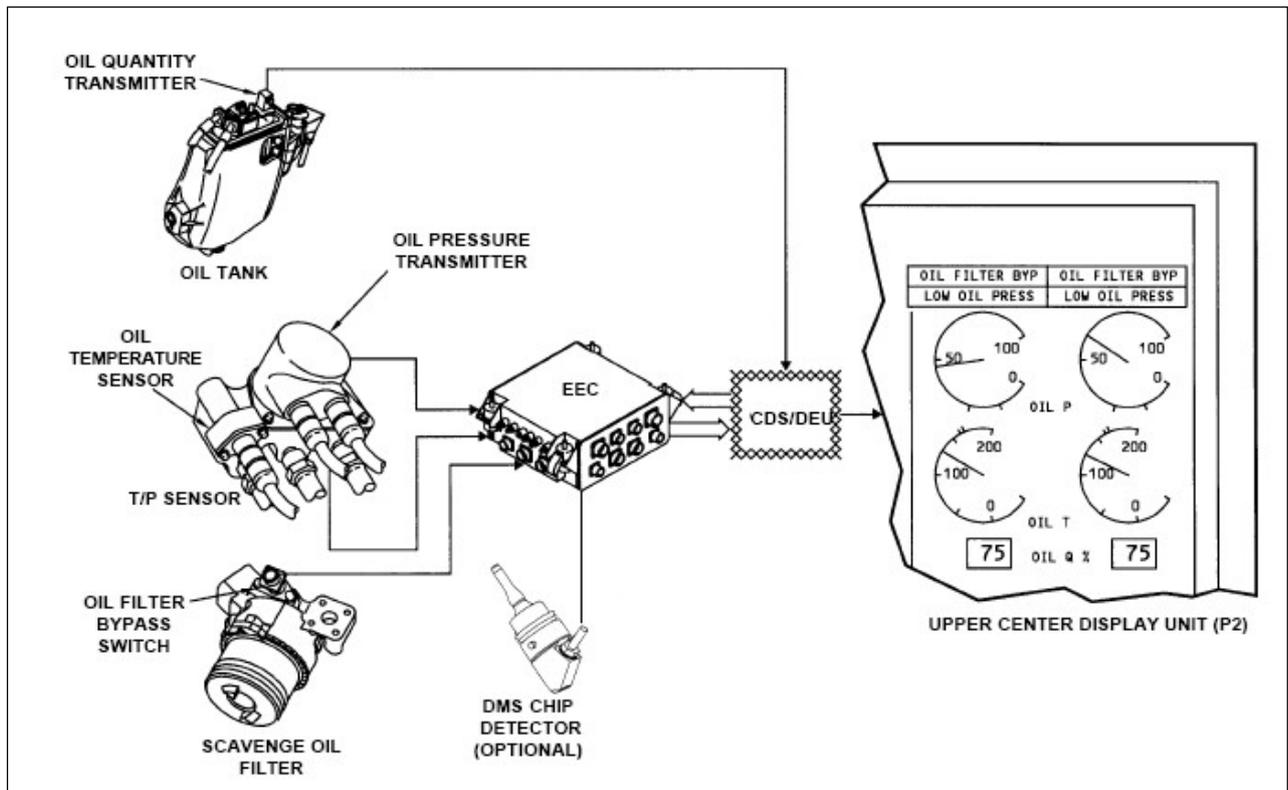




10.3. L'indication

L'indication des paramètres du circuit de graissage consiste dans la mesure de la quantité d'huile, la pression, la température et la condition du filtre de retour.

Le transmetteur de pression et de température est logé ensemble positionné à 10 h a gauche du FAN CASE



Chapitre 3 : Système De Démarrage & D'allumage

1/ Rôle

Pour pouvoir démarrer une machine a réaction il est nécessaire de garentir les étapes suivantes :

- 1) porter la fluide a une pression minimal d'inflammation ce qui nécessite de faire tourner le mobile **HP** à un certain régime de rotation.
- 2) que le régulateur carburant durant son programme de démarrage calibre et élève la pression du carburant aux injecteurs pour garantir une pulvérisation.
- 3) disposer d'un système permettant inflammer le mélange du **Kérosène/Air** réaliser dans la chambre.

2/ Différent Type de Démarreur

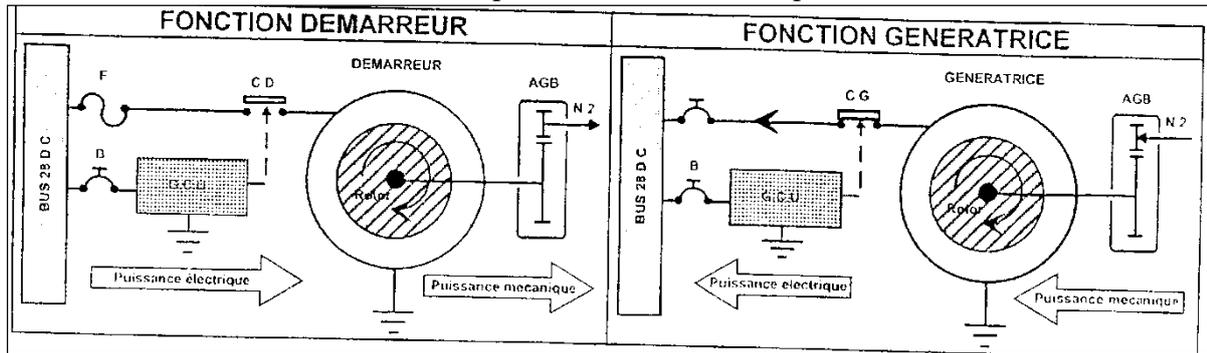
Il existe deux types de démarreur utilisé pendant la phase de démarrage du moteur on les décrira dans ce qui suit par ordre chronologique:

2.1. Le Démarreur Electrique

Il a été le plus utilisé il est nommé couramment **Génératrice Démarreur**, il équipe les turbomachines de faible ou moyenne puissance, a titre d'exemple les **GTP**, **APU** et les petit **GTR**. Ce système se comporte au démarrage comme un moteur électrique puis une fois le moteur démarre, ce même équipement fournit de l'énergie électrique sous une tension de **28 volts DC** au réseau. Il est, gérer et contrôler par un système de régulation électrique **GCU** permettant la régulation de la tension et le démarrage.

Pour assurer les deux fonctions consignées au système de démarrage électrique, cet équipement est relié mécaniquement à la **AGB** et montée sur le corps **HP** du moteur en fonction démarreur. Ce dernier est alimentée par une tension **28V DC** a partir d'un groupe externe et quand le contacteur est activé par l'unité de contrôle du générateur à ce moment le démarreur transforme

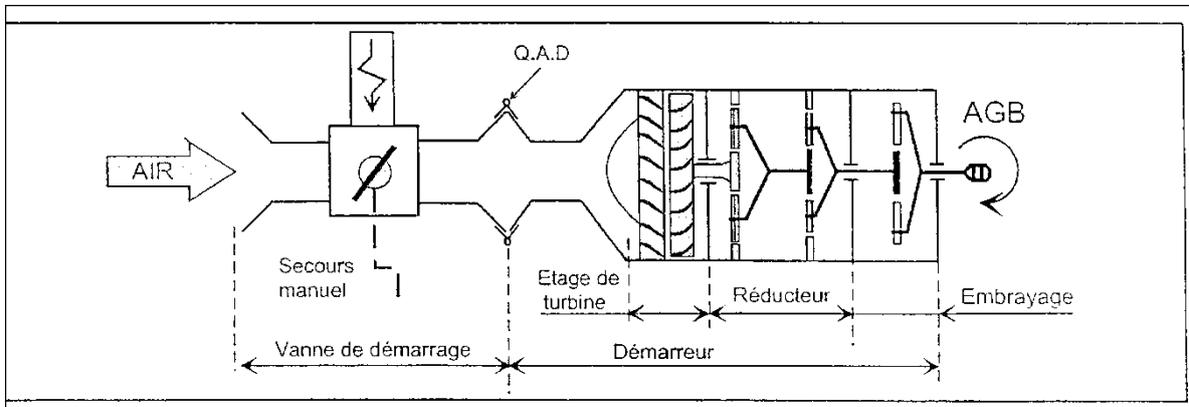
l'énergie électrique en puissance mécanique ce qui fait entraîner en rotation l'arbre N_2 par l'intermédiaire de la *AGB*. Dans cette phase le moteur électrique est en fonction démarreur.



En fonction génératrice qui est obtenu dès que la turbo machine atteint son régime ralenti stabilisé l'unité de contrôle du générateur ferme le contact *CG* et la puissance mécanique prélevé sur *l'AGB* est transformé en puissance électrique qui sera distribuer au réseau de bord.

2.2. Le Démarreur Pneumatique:

Ce type de démarreur est caractérisé de pneumatique par ce qu'il utilise de l'air comprimé en provenance de *l'APU* ou d'un prélèvement d'air d'autre moteur ou d'un *GPU*.



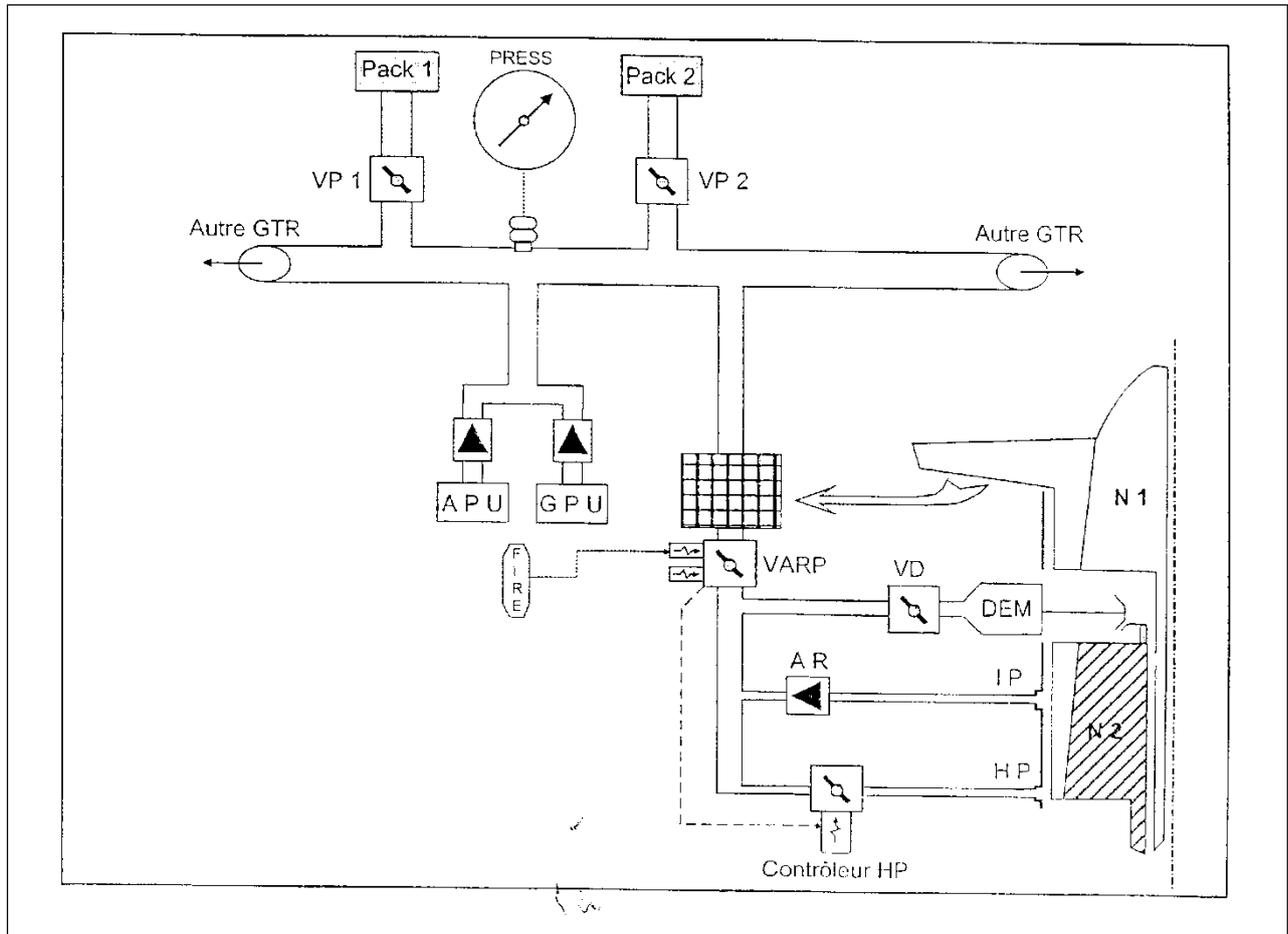
L'air est admis à l'étage de turbine par l'intermédiaire d'une vanne de démarrage VD qui est dotée d'un *électro-robinet* pneumatique qui à partir d'une dérivation d'air amont, déplace un piston qui commande le papillon de la vanne.

L'or de l'arrêt et l'extinction de *l'électro-robinet* et en absence de pression d'air, la vanne se ferme sous l'effet d'un ressort antagoniste. Elle est aussi d'un secours manuel qui pourra être utilisé par ce service de maintenance afin de permettre le démarrage au sol en cas de défaillance du circuit de commande de la vanne.

Pour la plupart des démarreurs la pression d'alimentation du collecteur est voisine d'une valeur de **40 PSI**. L'ensemble démarreur est autonome en lubrification celle ci est réalisé par

barbotage. Tous les démarreurs sont des générateurs intermittents c'est à dire ne peuvent fonctionner en continu ils ont donc une durée de fonctionnement relativement limitée.

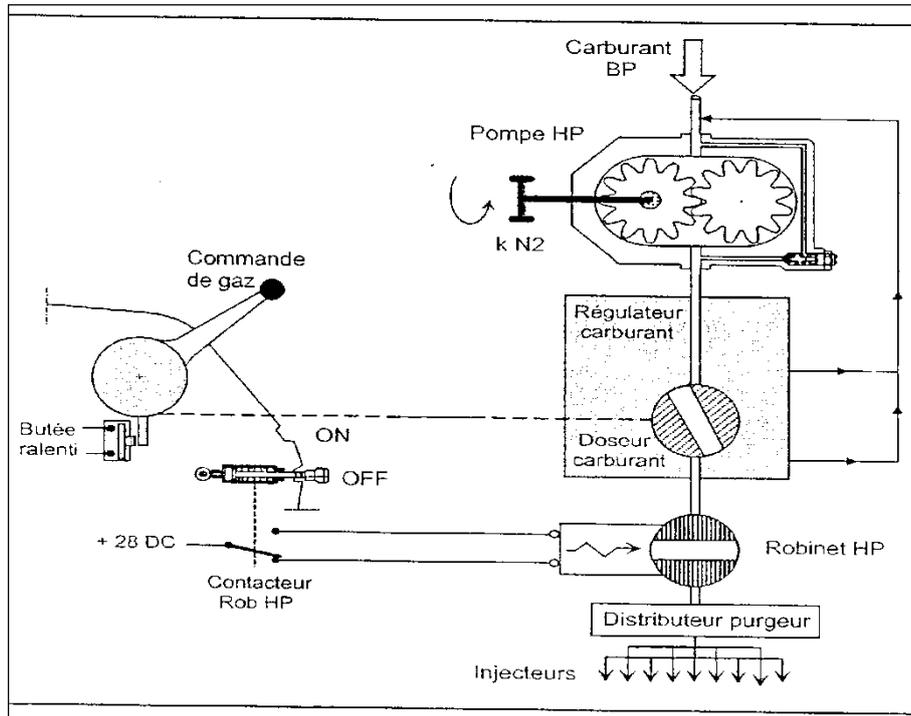
L'alimentation en air comprimé du démarreur est assurée par le collecteur de soutirage, en provenance soit de *L'APU*, soit d'un groupe de parc pneumatique *GPU*, ou autre moteur en fonctionnement. Un schéma de démarrage est présenté pour expliquer le fonctionnement de l'alimentation pneumatique du démarreur.



3/ Alimentation Carburant En Phase De Démarrage

Une fois le démarreur est en marche la pompe carburant *HP* élève la pression de refoulement. La commande de gaz en position basse *Ralenti* permet le calibrage du débit carburant en fonction des paramètres externes mais ce dernier retourne à l'entrée de la pompe tant que le robinet *HP* est fermé.

Ce dernier est généralement doté d'un moteur électrique ou électrovanne dont l'alimentation est assurée par un ou plusieurs contacteur reliés mécaniquement à une manette "*Manette HP*" ou "*Start Lever*" situé généralement sous la commande des gaz.



Elle est dotée d'une détente à ressort à deux crans de sécurité **[ON]** / **[OFF]** évitant le déplacement de la manette par inadvertance. Pour l'actionner on doit dégager la sécurité puis déplacer la manette en face du cran désirée en relâchant la détente la sécurité s'engage dans le cran et assure le verrouillage.

Cette commande est dans ce cas générale dotée d'un voyant lumineux qui s'allume en portant l'identification du moteur lorsque le robinet **HP** est fermé.

4/ Fonction Allumage

Son but est de créer une étincelle assurant l'inflammation du mélange Kérosène /Air lors du démarrage (Sol ou Vol) et d'assister l'auto inflammation du mélange durant les phases délicates du vol.

Pour assurer tout cela chaque moteur est donc doté de deux allumeurs et alimenté chacun par son boîtier d'allumage. Le moteur pouvant démarrer normalement sur un seul allumeur.

La position de ces allumeurs dans la chambre de combustion est déterminée aux essais dans la zone la plus favorable à l'accrochage de la flamme et sa propagation à proximité des injecteurs. Certains turbomachines peuvent comporter des injecteurs spéciaux de démarrage

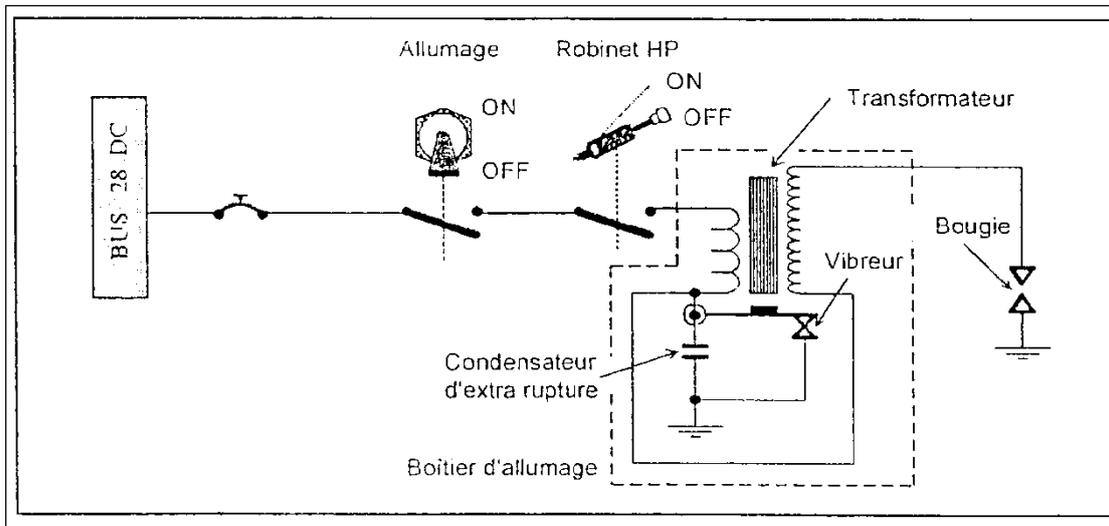
D'autant que le débit d'air traversant la chambre de combustion est élevé plus l'énergie nécessaire à l'inflammation du mélange est importante. C'est pourquoi on distingue plusieurs types

de système d'allumage classé selon la source d'alimentation continue ou alternatif soit par son niveau énergétique haute tension ou haute énergie.

5/ Type D'allumage 28V DC

5.1. Boîtier d'allumage haute tension [H.T]

Ce type équipe les moteurs d'ancienne génération dont les débits d'air moteur sont en général relativement faibles. Son schéma de principe est donné ci dessous.



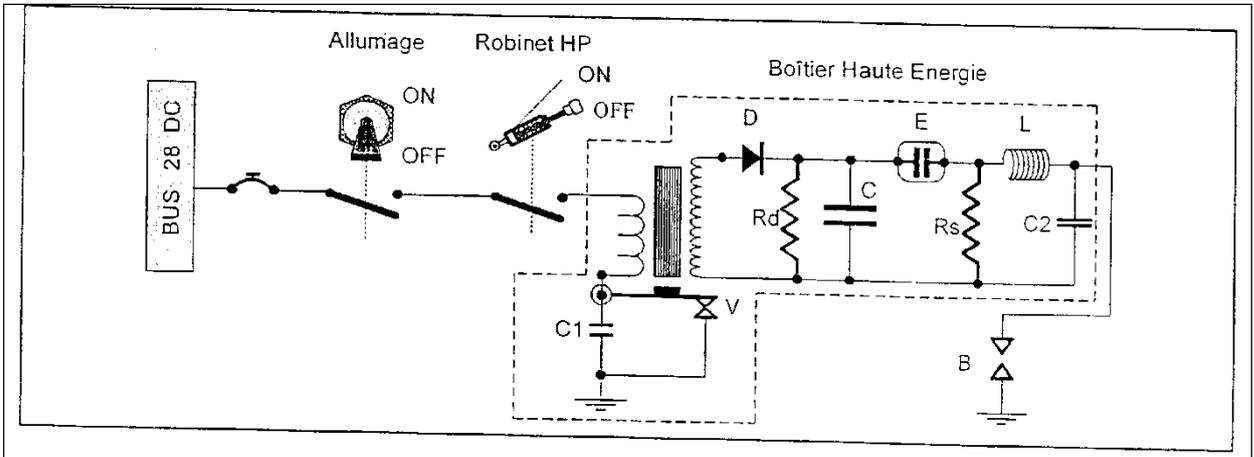
Lorsque le sélecteur d'allumage et le Robinet **HP** sont sur la position **ON**. La haute tension est créée par un étage de transformateur, dont le primaire est rendu variable par un vibreur électrique. Aux repos, les contacts du vibreur sont fermés, établissent la masse. Le courant circulant dans l'enroulement primaire génère un flux attirant la palette supérieure du vibreur, ouvrant ses contacts.

Des que ses contactes sont ouvert, le flux et annulé et la palette retombe, rétablissant la différences de potentiel aux bornes de l'enroulement primaire. Cette variation de flux dans le primaire génère une tension dans l'enroulement secondaire dont la valeur est augmentée par le rapport de transformation (nombre de spire). Cette haute tension environ **15000 volts** est acheminée vers l'électrode centrale de la bougie alors que son électrode périphérique est relié à la masse et due a cette différence de potentiel une étincelle est lieu.

5.2.Boîtier d'allumage haute Energie [H.E]

Ce type de dispositif est utilisé sur les moteurs de plus forte caractéristiques il est différent du premier par le fait que le secondaire contiens un redresseur permettent de charger un gros

condensateur jusqu' au à obtenir une tension élevée a ses bornes voisine de 4 à 10.000 Voltes qui est réglés par l'écartement des plaques d'un éclateur (E).



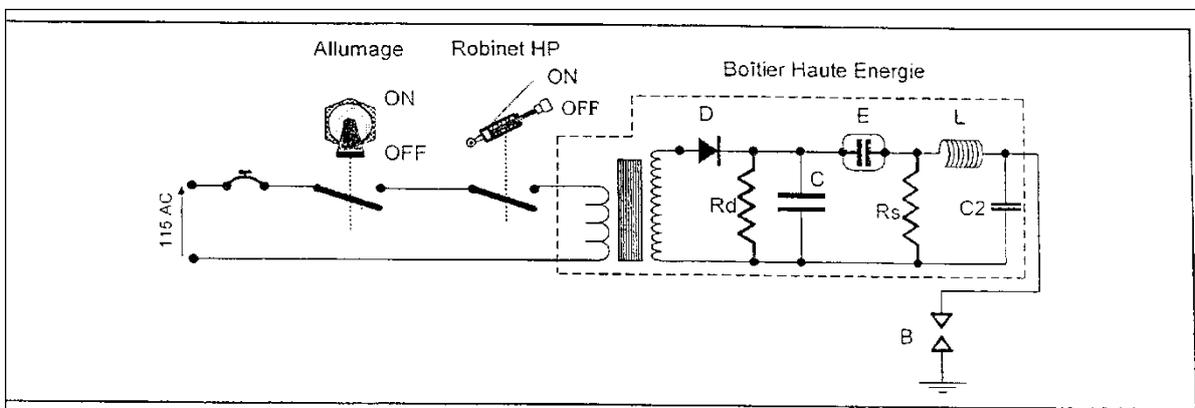
Lorsque ce dernier devient conducteur il assure la décharge du condensateur C à la bougie ou l'air s'ionise et crée un arc électrique

Le système (*HT*) fournit une étincelle de l'ordre **10 à 15 milli joules**.

Le système (*HE*) fournit une énergie de **2 à 4 joules** sous une tension de **2000 à 4000 V** et une fréquence de **2 HZ** et sa durée et de **1 milli seconde**.

6/ Type D'allumage 115V AC

Sur les turboréacteurs modernes de fortes caractéristiques afin d'accroître les niveaux énergétiques pour assurer l'allumage du mélange, le système d'allumage est alimenté en **115 voltes AC** qui est tiré du réseau de bord. Ce système est similaire au circuit (*HE*) mais dans ce type le vibreur sur le primaire na plus lieu.



Ce dispositif, offre une étincelle d'une fréquence de **2 par seconde** délivrant une énergie d'environ **30 joules** sous une tension de **20 000 voltes**. L'électrode de la bougie à un diamètre de **1.5 cm** et elle doit être refroidie par une circulation d'air afin de garantir une durée de vie convenable (**500 heures**)

7/ Séquence de Démarrage pneumatique

7.1. Initialisation de la séquence

- aéronef sous tension
- pompes carburant **BP** actif pression correct
- démarrage sont généralement réalisé par l'**APU** délivrant **40 PSI** et **1 Kg/s**
- pour que le démarrage soit réalisable ENG 2 il faut monté le régime entre 75-85% actionné freins et souffle dangereux
- APU démarreur paramètre bon
- L'autorisation de démarrage est recommandée aux autorités de contrôle et la liaison phonique avec l'équipe de maintenance sol est vérifiée

7.2. Séquence de Démarrage

A laide du panneau de démarrage dans le tableau de bord le sélecteur de démarrage est enclenché puis le sélecteur d'allumage est choisi qui a son tour choisi la boîte d'allumage.

Le boîtier de contrôle de l'**APU** reçoit un signal et commande l'**APU** accroît sa vitesse pour maintenir une pression de **40 PSI** dans la gaine. Les vannes de climatisation sont fermées.

La vanne de démarrage s'ouvre et met le démarreur en rotation ce qui entraîne l'attelage N_2 en rotation qui est confirmé par l'indicateur de **RPM** N_2 . Au régime **10%** la pression oil se stabilise et à **15-18%** le pilote ouvre le robinet HP confirmé par l'augmentation du fuel flow ce qui provoque l'alimentation du boîtier d'allumage aussi **6 à 7** seconde suffise pour que le carburant arrive au distributeur et aux injecteur. Le carburant s'enflamme confirmé par une augmentation de **L'EGT**

A **45%** du régime de N_2 l'alimentation de la boîte d'allumage est fermé la vanne de démarrage aussi son voyant associé vanne Open s'éteint le sélecteur de démarrage revient a sa place aux environ de **55 %** et le l'embrayage centrifuge désolidarise le démarreur de **L'AGB**

Le programme démarrage porte le moteur au ralenti pour un **GTR** de la Classe **24 000dan** en note les paramètres suivant pour le moteur:

Régime de l'attelage **HP** N_2 **65 %**
Fuel Flow **FF= 500 Kg/h**
EGT 450°C
 N_1 **20%**

L'APU revient à son régime initial et les vannes de climatisation s'ouvrent et rétablissent l'air de soufflage de climatisation. La pression oil est dans le secteur vert

La séquence de démarrage peut être interrompue à tout instant en portant l'inverseur sur arrêt pour différentes causes:

- Pression d'huile n'évolue pas pour un régime N_2 voisin de 15%
- Si la EGT n'évolue pas dans les 10 ou 15 seconds après ouverture du robinet HP
- Si la valeur maximale de L' EGT au démarrage est dépassée
- Si il existe une instabilité du régime N_2 ou une augmentation trop lente de N_1
- Dépassement de la valeur normale du fuel flow

8/ Séquence de Ventilation

Une ventilation est comptabilisée comme une séquence de démarrage ou l'on distingue deux types de ventilation nommée respectivement sèche et humide.

Une ventilation sèche est une séquence de démarrage sans ouverture du robinet **HP**. Elle doit être entreprise, après une tentative infructueuse de démarrage. Dans la quelle le robinet **HP** à été ouvert.

Cette action permet de chasser les vapeurs de carburant vers l'extérieur alors que le carburant liquide est évacué dans le circuit de drainage de la chambre de combustion.

Une ventilation humide est une séquence de démarrage avec ouverture du robinet **HP**, mais en condamnant l'allumage. Elle est réalisé lorsque une intervention a eu lieu sur le circuit carburant **HP** afin de purger ce circuit.

Une ventilation humide doit être toujours suivie d'une ventilation sèche, avant de procédé aune tentative normale de démarrage. D'autre part cette fonction est utilisée l'ors de dépose d'un moteur pour une durée relativement longue afin de projeter sur ces composants une fine pellicule de carburant qui assure ainsi, une protection contre l'oxydation.

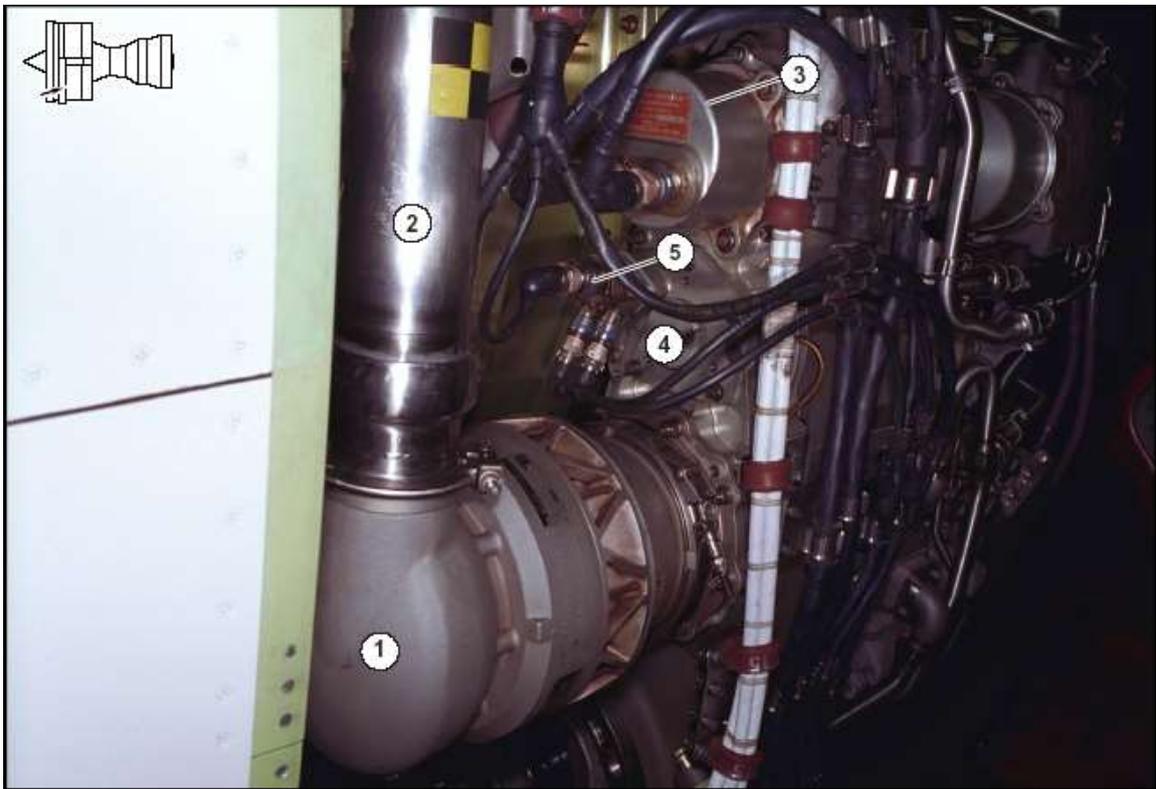
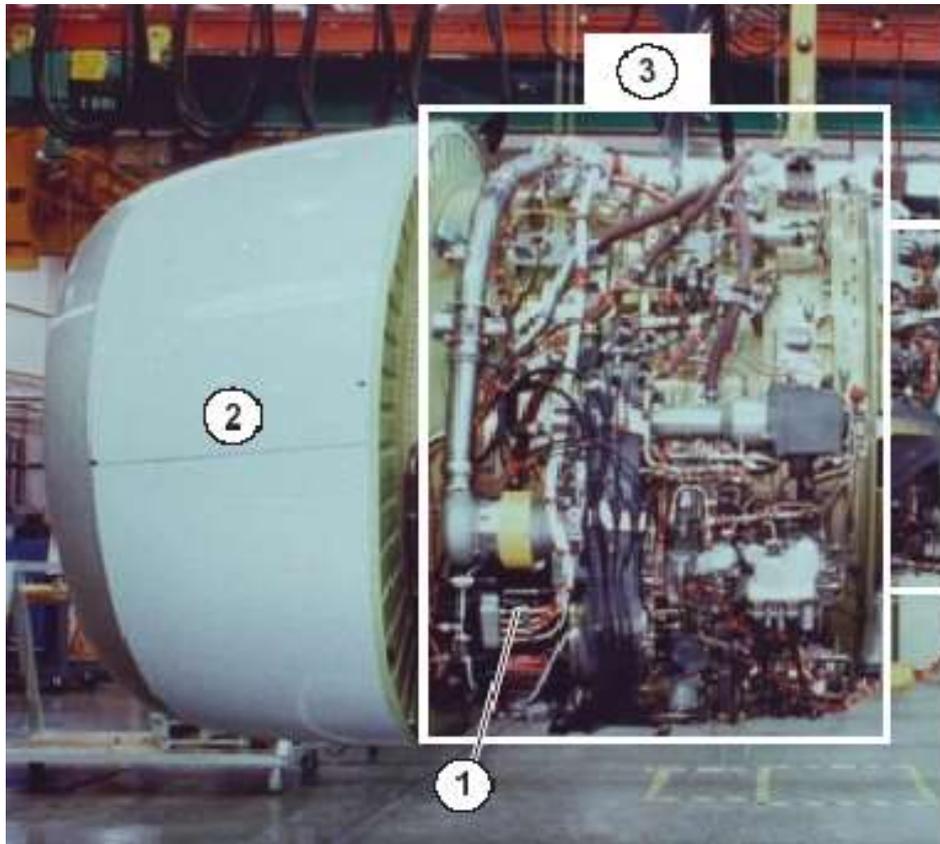
9/ Séquence Démarrage GTP

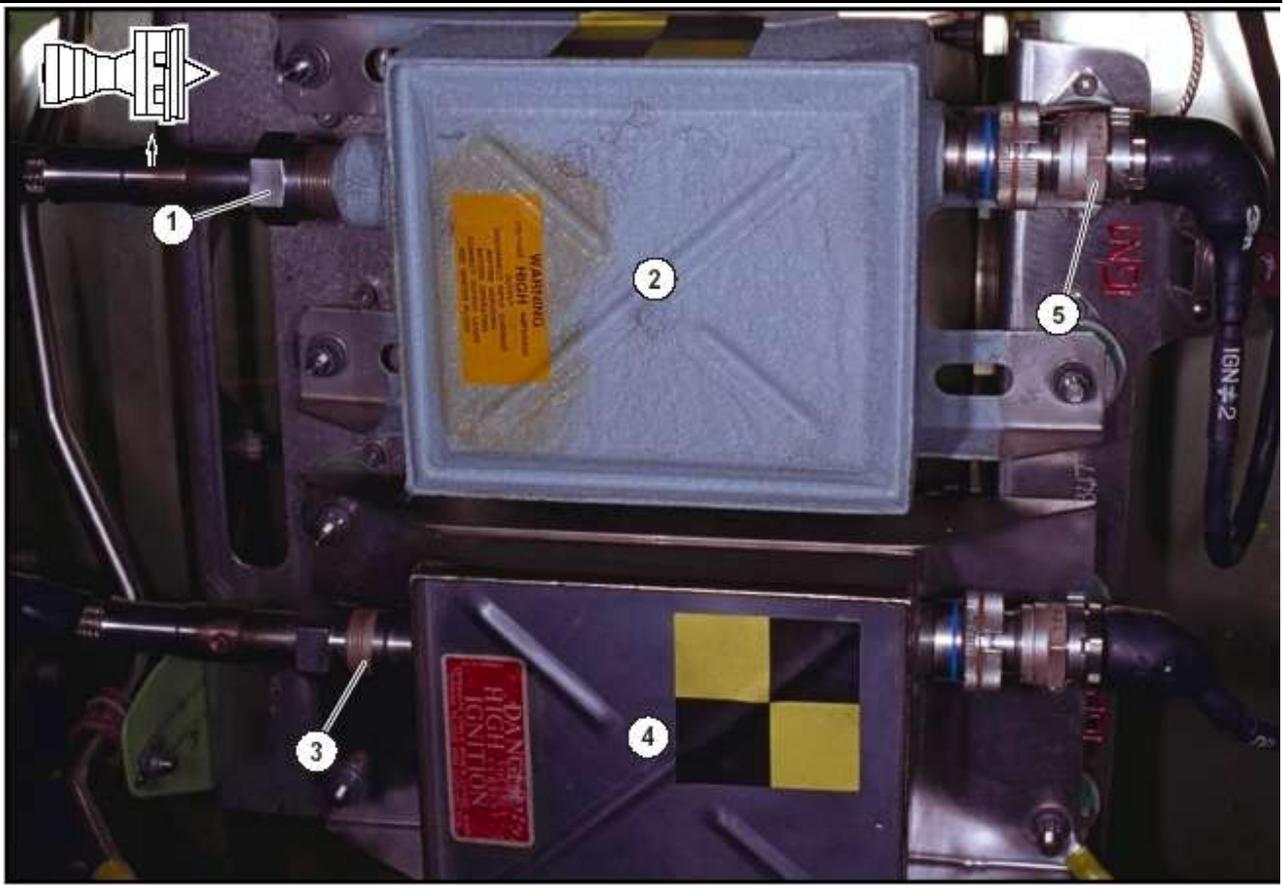
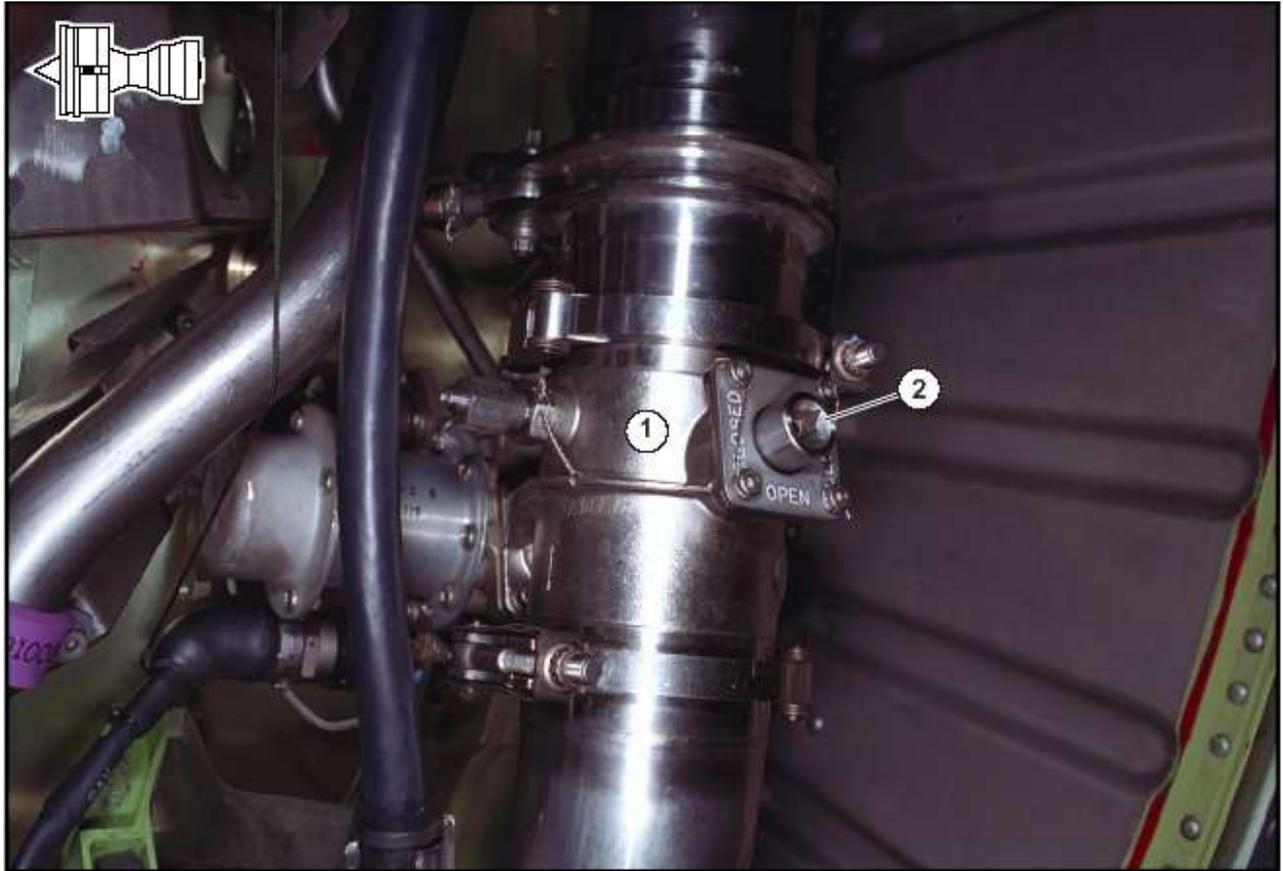
L'initialisation au démarrage dépend du type de **GTP**. Au sol, afin de minimiser la puissance absorbée par son hélice, un **GTP** à turbines liées est démarré lorsque son hélice est en butée petit pas sol afin d'éviter un sur couple au démarrage.

Pour les **GTP** à turbines libres, les démarrages sol ou vol sont initialisés hélice en drapeau. En effet, au sol, puisque les turbines de travail n'ont aucun lien mécanique avec le générateur de gaz.

Tant que le niveau de puissance de ces turbines n'est pas suffisant, l'ensemble hélice réducteur et turbines libres ne seront pas entraînés en rotation. En vol et quelle que soit la raison pour la quelle le moteur est en arrêt, l'hélice est mise en drapeau afin de réduire la traîner.

10/ Systeme demarrage et allumage CFM 56-7B





Introduction

- Engine Start Switches

ENGINE START

GRD OFF CONT FLT 1

BOTH IGN L IGN R

GRD OFF CONT FLT 2

©2009psx L1-F-1-3

These are the flight deck controls and indications for the engine starting system. The engine primary and secondary displays can show on inboard display units or center display units.

JUMP REPEAT OPTIONS

Introduction

- Engine Start Levers

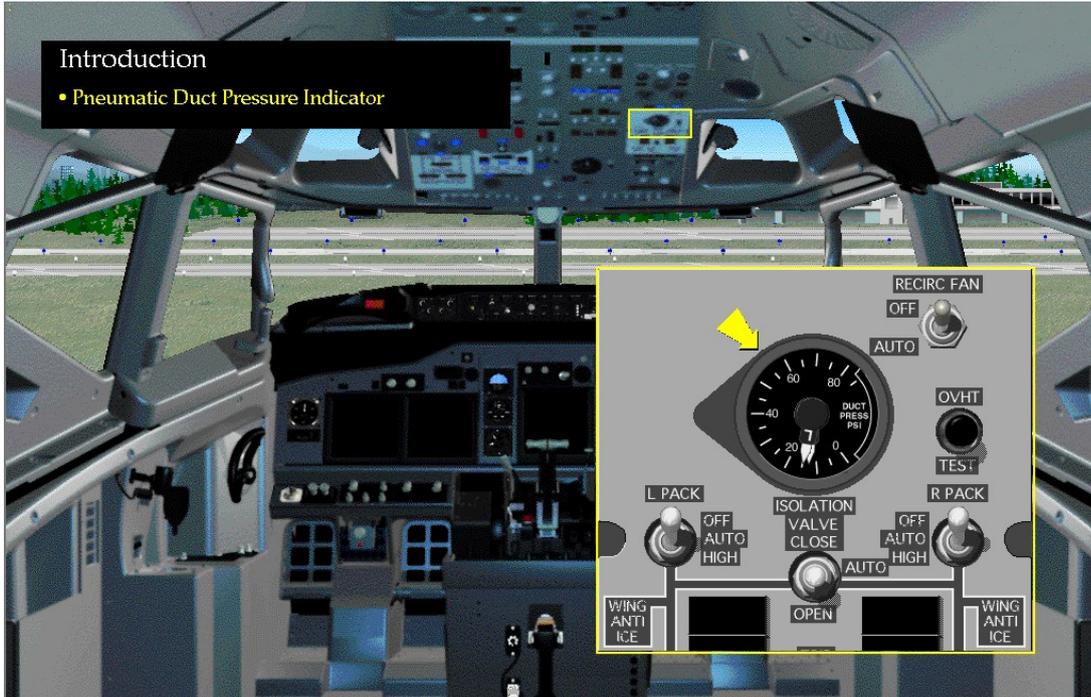
©2009psx L1-F-1-3

These are the flight deck controls and indications for the engine starting system. The engine primary and secondary displays can show on inboard display units or center display units.

JUMP REPEAT OPTIONS

Introduction

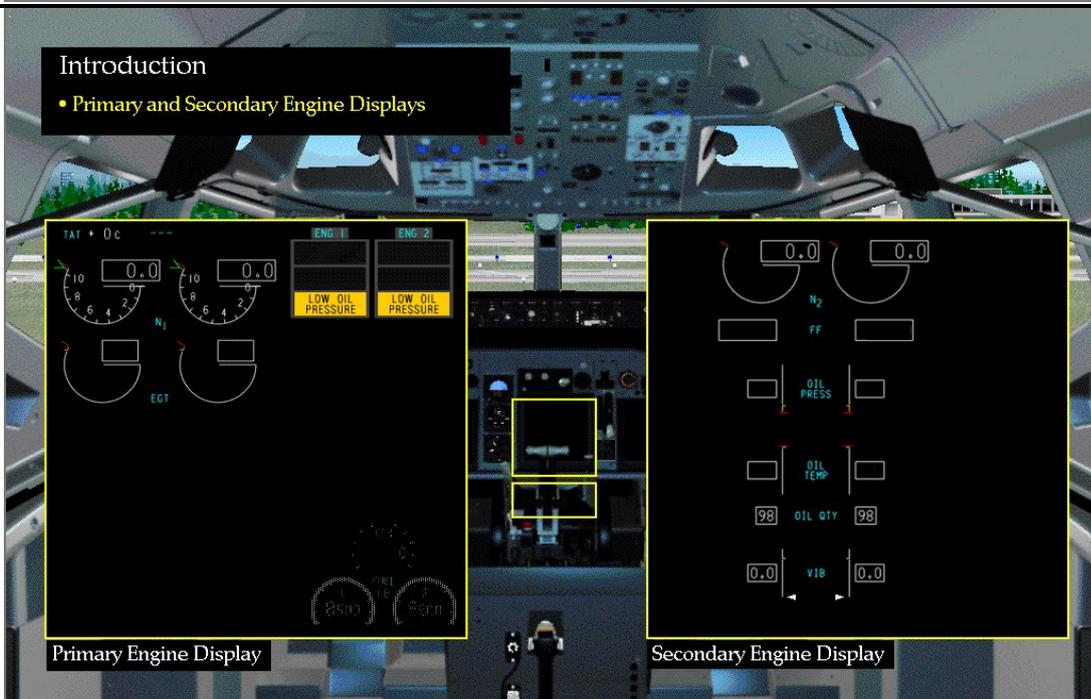
- Pneumatic Duct Pressure Indicator



These are the flight deck controls and indications for the engine starting system. The engine primary and secondary displays can show on onboard display units or center display units.

Introduction

- Primary and Secondary Engine Displays



Primary Engine Display

Secondary Engine Display

These are the flight deck controls and indications for the engine starting system. The engine primary and secondary displays can show on onboard display units or center display units.

Engine Start

- These Parameters Are Typical For An Engine At Idle Speed

8000pabr L-6 F6 4

This engine start was good! All parameters are in limits.

JUMP

OPTIONS

Hot Start

- You Should Put Start Lever To The Cut-Off Position

- Box Flashes For Hot Start
- Fuel Flow Out Of Limits

8000pabr L-8 F6 1

Fuel flow is not in limits for this new engine. The EGT readout box flashes to show a possible hot start. The EGT indication color changes to red when the EGT is above the starting limit. Re-engagement of the starter is necessary to purge fuel.

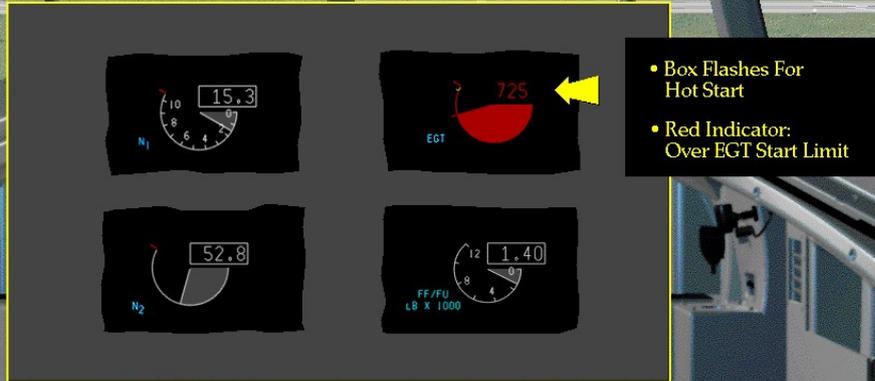
JUMP

REPEAT

OPTIONS

Hot Start

- The EEC Stops The Engine Start If EGT Goes Over The Starting Limit

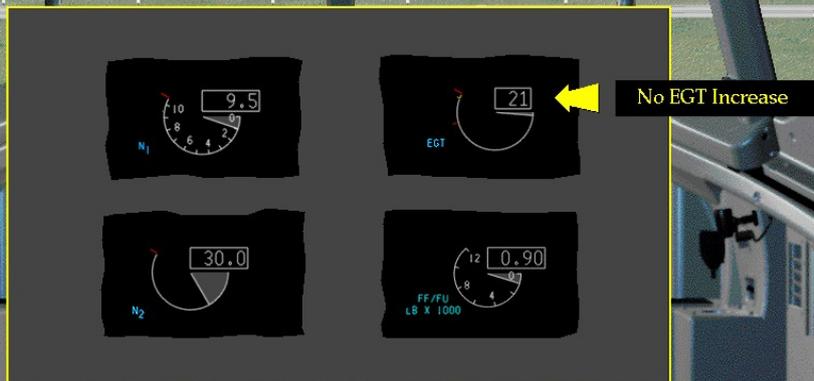


- Box Flashes For Hot Start
- Red Indicator: Over EGT Start Limit



Fuel flow is not in limits for this new engine. The EGT readout box flashes to show a possible hot start. The EGT indication color changes to red when the EGT is above the starting limit. Re-engagement of the starter is necessary to purge fuel.

Wet Start



No EGT Increase



Fuel flow is the only parameter that increases. N2 and N1 do not change from maximum motor values. EGT increase is less than usual. The start valve is still open.

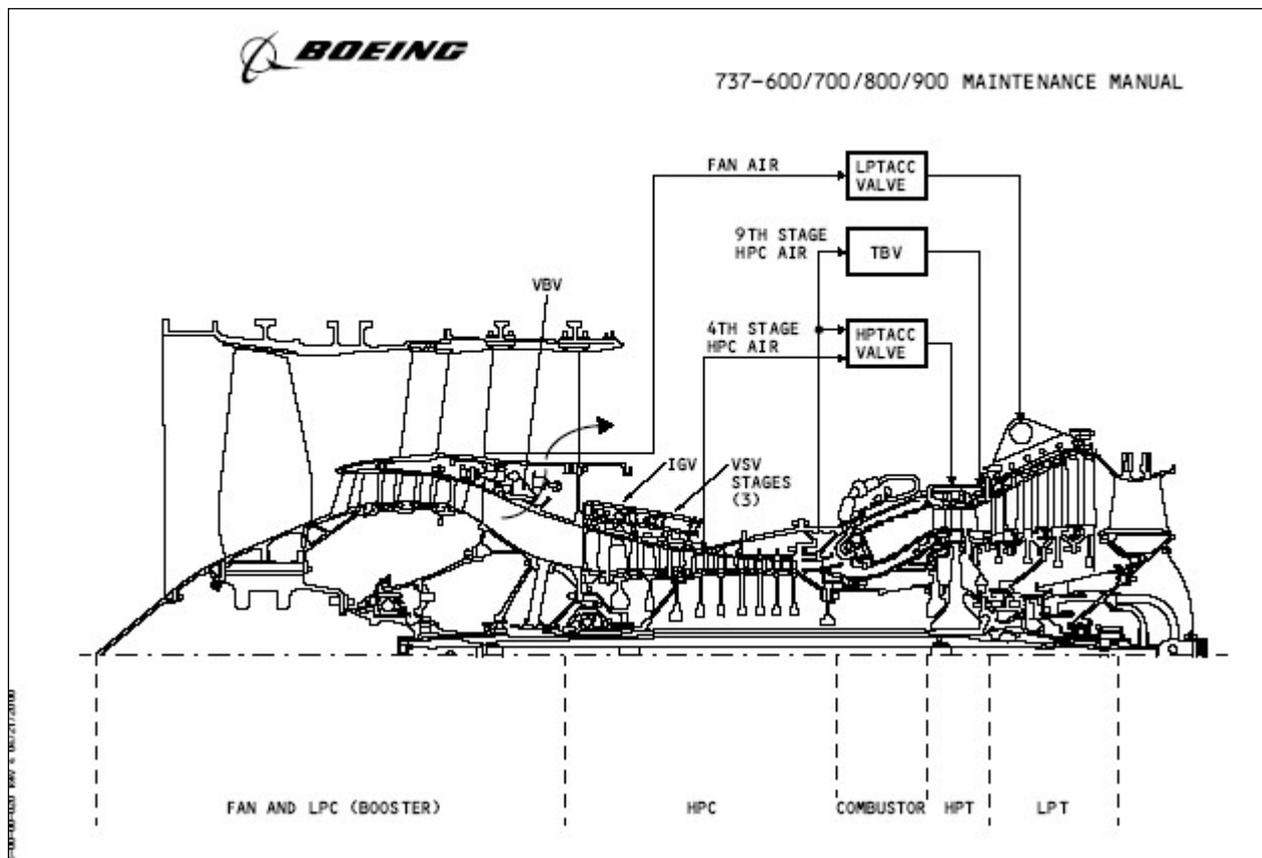
Chapitre 4 : Système D'Air

1/ BUT

Le système d'air permet de contrôler le jeu de la turbine entre l'attelage rotor et le carter ainsi que le contrôle de l'écoulement d'air dans le compresseur *HPC* et *LPC* afin de prévenir l'attelage compresseur du pompage et d'augmenter le rendement de la turbine pour assurer une diminution de la consommation spécifique du carburant. Il se compose de deux systèmes :

- Le système de contrôle anti-pompage *VBV, VSV, TBV*
- Le système de contrôle de jeu active *HPT ACC et LPT ACC*

2/ SYSTEME DE CONTRÔLE D'Air



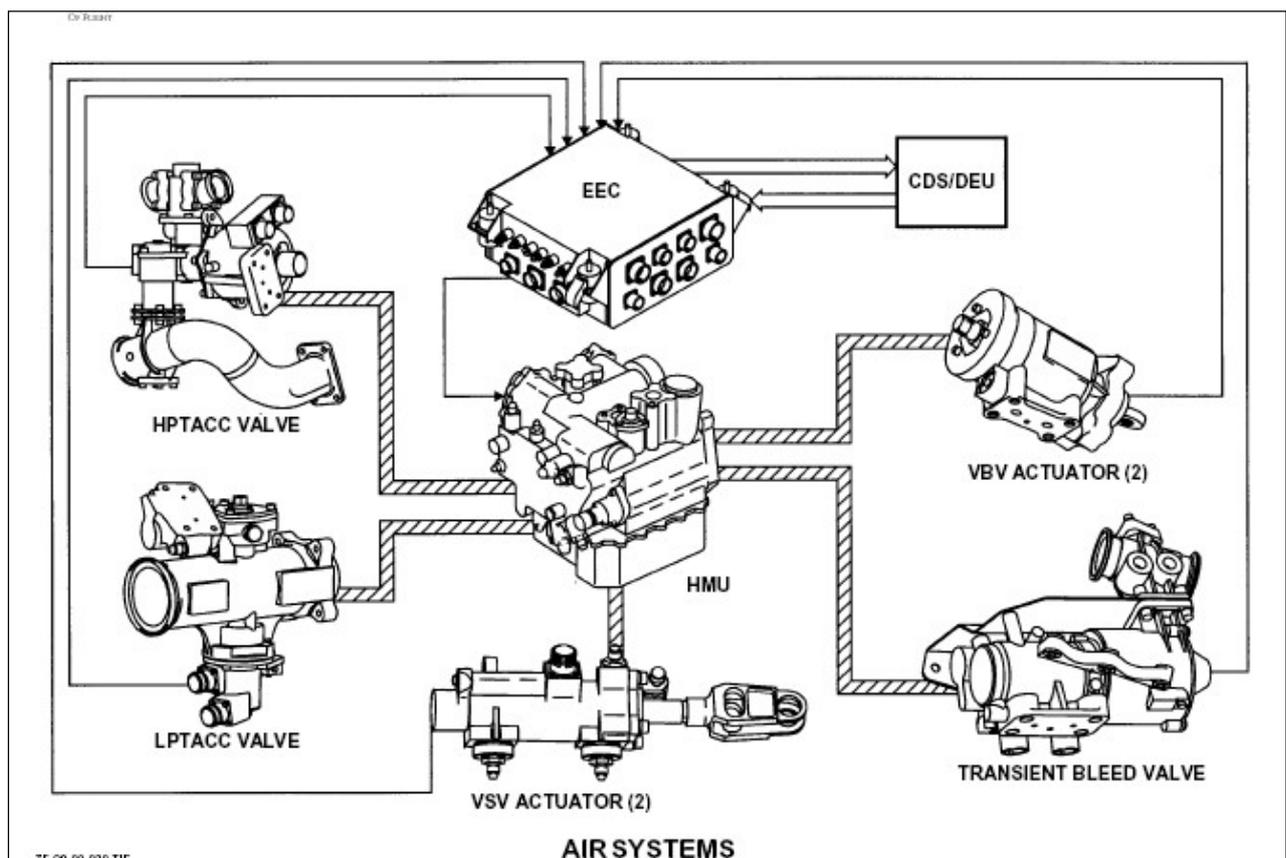
2.1. Turbine Control

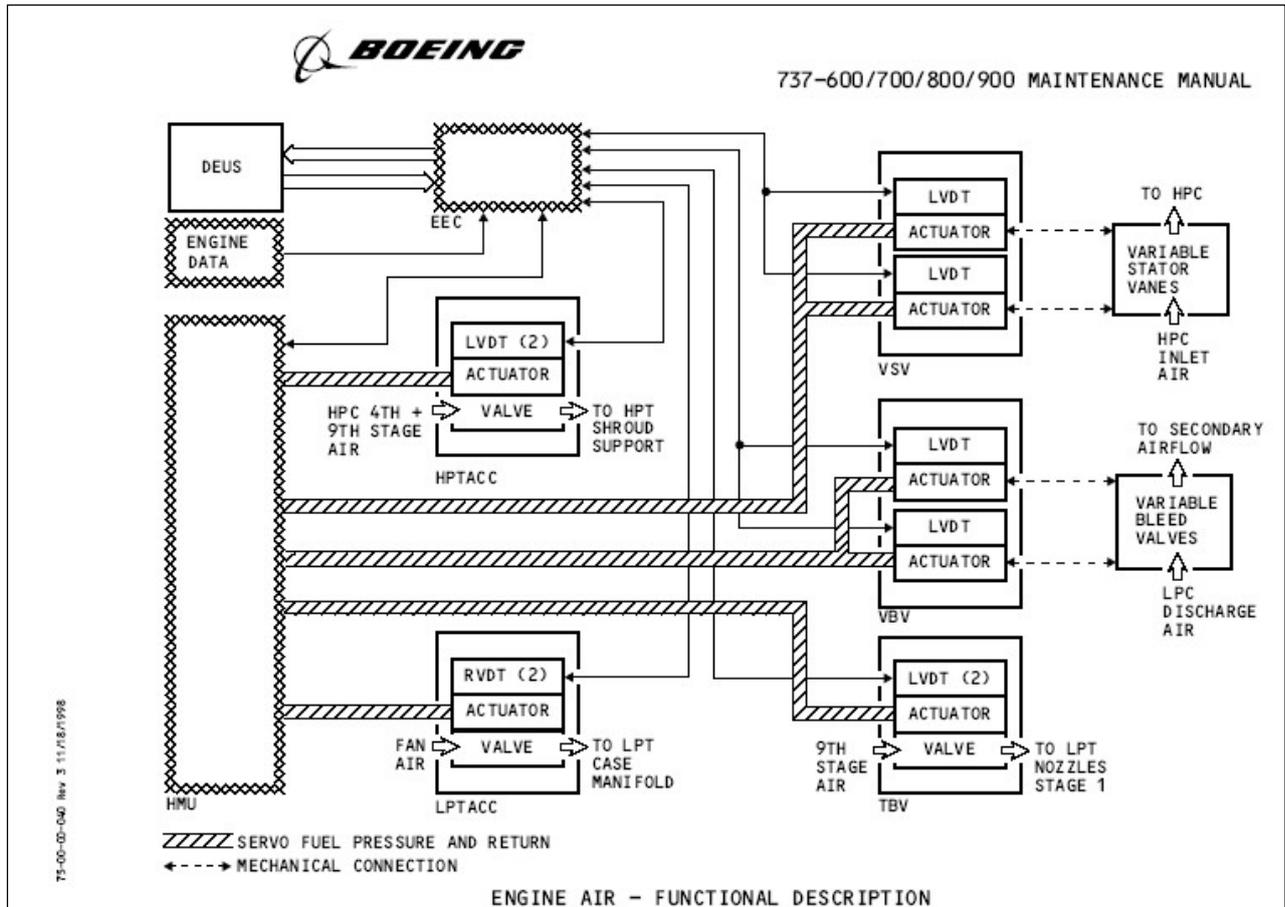
Le contrôle de jeu turbine permet d'établir un jeu active entre l'attelage rotor est le carter afin de minimiser la consommation du carburant durant l'évolution des phases du moteurs. Il est constitué de deux sous système.

- **LPT ACC** : Low Pressure Turbine Active Clearance Contrôle.
- **HPT ACC** : High Pressure Turbine Active Clearance Contrôle.

Le jeu turbine est créé par une circulation d'une certain quantité d'air prélevée du compresseur et injecter dans le carter turbine et aux aubes stator pour réaliser un refroidissement et contrôler l'allongement du métal afin de garantir un jeu optimal.

Le contrôle de jeu turbine haute pression est assuré par un prélèvement d'air du 4^e et 9^e étage. Tandis que pour le cas de la turbine basse pression on utilise prélever du flux secondaire et injecter dans le carter turbine.





2.2. Compressor Airflow Control

Le contrôle de l'écoulement d'air compresseur est assuré par les **VSV**, **VBV**, **TBV** pour éviter le pompage. Ces systèmes tiennent l'écoulement au delà des marges de décrochage et assure une protection au compresseur. Les systèmes **VSV** protège le compresseur **HPC** en réalisant un calage variable des aubes **STATOR**.

Tandis que le dispositif **VBV** contrôle le compresseur **LPC** en réalisant une décharge d'air par un ensemble de soupape variable afin d'éviter le pompage durant une accélération rapide et pour éviter l'insertion d'eau et FOD durant les faibles vitesses et aussi la phase de l'inversion de la poussée pour protéger le **HPC**.

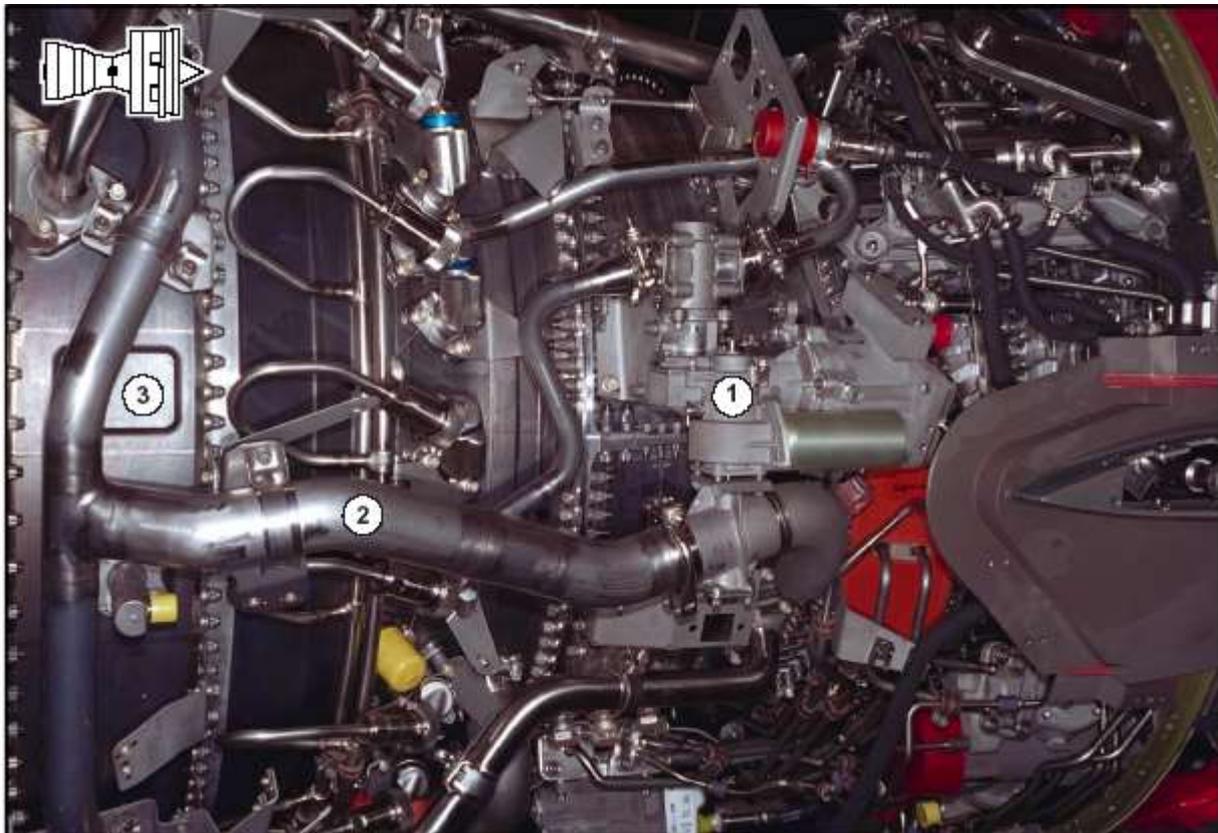
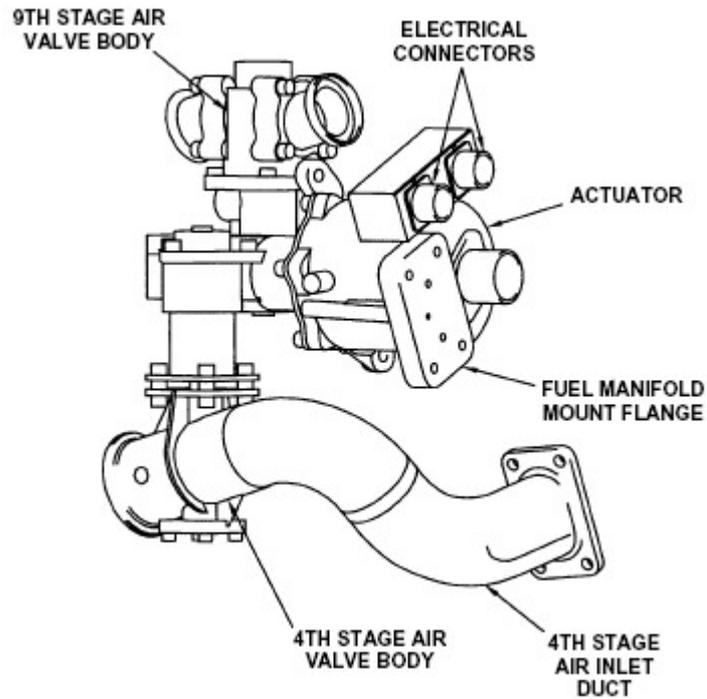
Ce pendant la **TBV** renvoie de l'air prélever du 9^e étage au 1^{er} étage **LPT** nozzels pour réaliser un appoint aux démarrages et accélérations. Néanmoins elle réalise ainsi une sécurité contre le pompage pour le compresseur **HPC** au démarrage et aux accélérations.

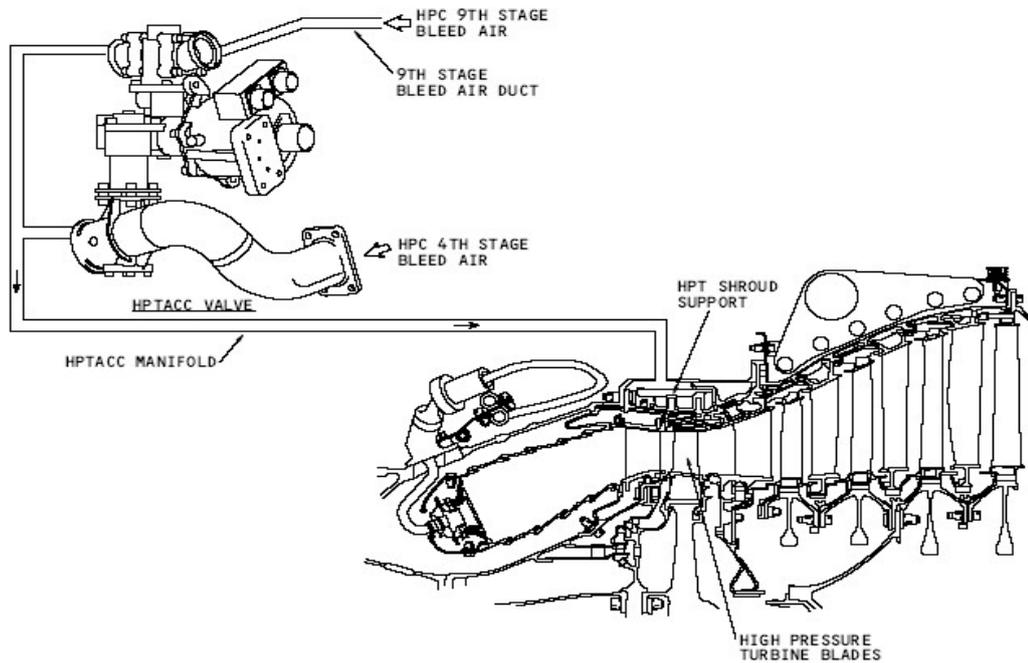
Le system d'air est contrôlé par la **EEC** à travers le système **FADEC** et commande les **servovalves** de l'unités hydrodynamique **HMU** qui transmettent un ordre de mouvement aux éléments du dispositif de contrôle d'air au moyen de vérins hydraulique actionner par le **servo-fuel**.

Le déploiement des bras des vérins est enregistré à travers des capteur de positions différentielle linéaire **LVDT** ou angulaire **RVDT**. ces dernier permette de définir respectivement la position linéaire ou angulaire du bras du vérins et le renvoie vers la **EEC**.

3/ HPTACC Valve

La *HPTACC* est positionné dans le coté droit du module *core* elle est composée de deux valves à papillon du 9^e et du 4^e étage et d'un collecteur.

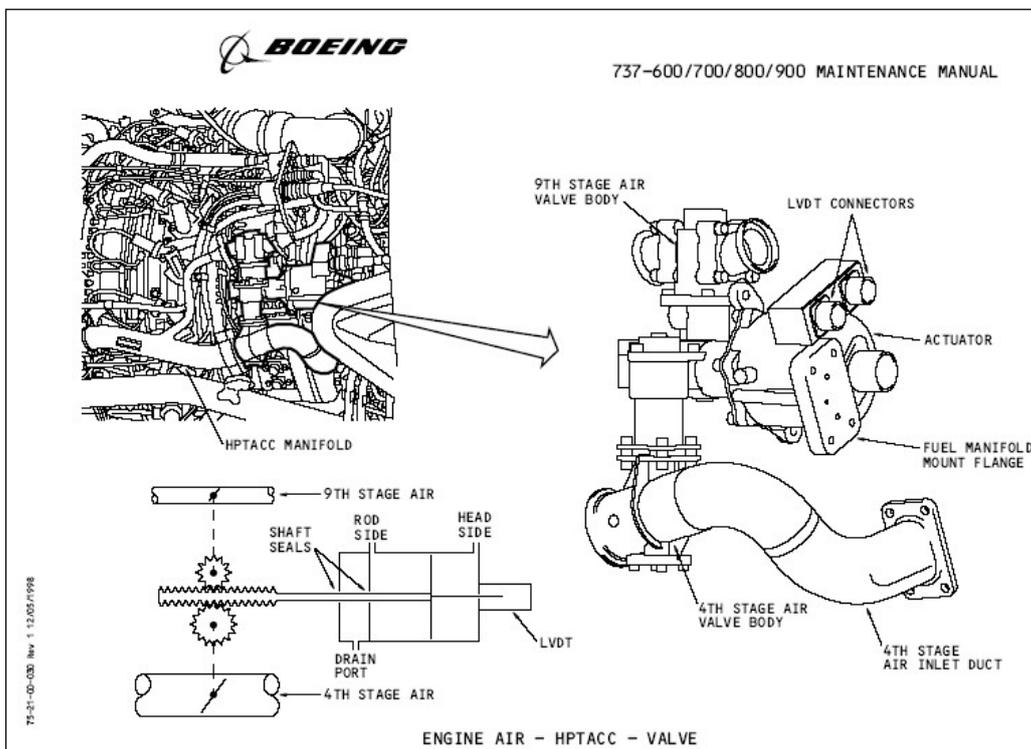
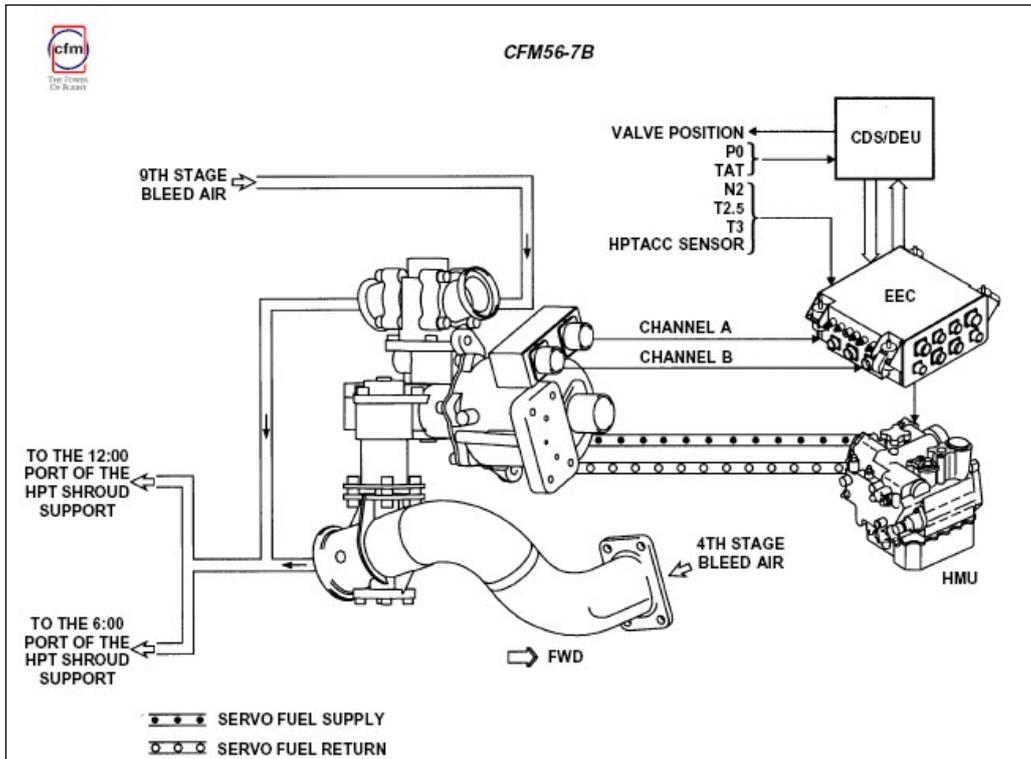




73-21-00-010 Rev 3 11/02/2000

ENGINE AIR - HIGH PRESSURE TURBINE ACTIVE CLEARANCE CONTROL (HPTACC) - GENERAL DESCRIPTION

La **EEC** en se basant sur les données suivants P_0 , TAT , N_2 , $T_{2.5}$, T_3 et **HPTACC** sensor calcule la position du vérins à déployer ou à rétracter correspondant au jeu à assurer et renvoie un signal électrique vers la **HMU** qui active les **EHSV (HPTACC)** qui va contrôler hydrauliquement la **HPTACC** par l'intermédiaire du vérin. Plus le jeu est petit plus en assure une amélioration de la consommation spécifique.



L'ouverture et la fermeture des valves 4^e et 9^e étages sont assurés par un seul vérin dont l'arbre est relié par l'intermédiaire d'une crémaillère à deux roues dentées, une petite pour la valve 9^e étage et une grande roue pour la valve 4^e étage.

Il y'a deux capteurs de position différentielle **LVDT** du vérin qui traduit la position différentielle en signal électrique et le renvoi à la **EEC** comme signal **Feed Back**. Il y'a une connexion qui transmet vers le **canal A** et une deuxième vers le **canal B**.

Pour la course du vérin nous avons un état de fonctionnement des valves correspondant à un débit de soufflage dans le carter de la turbine **HPT**.

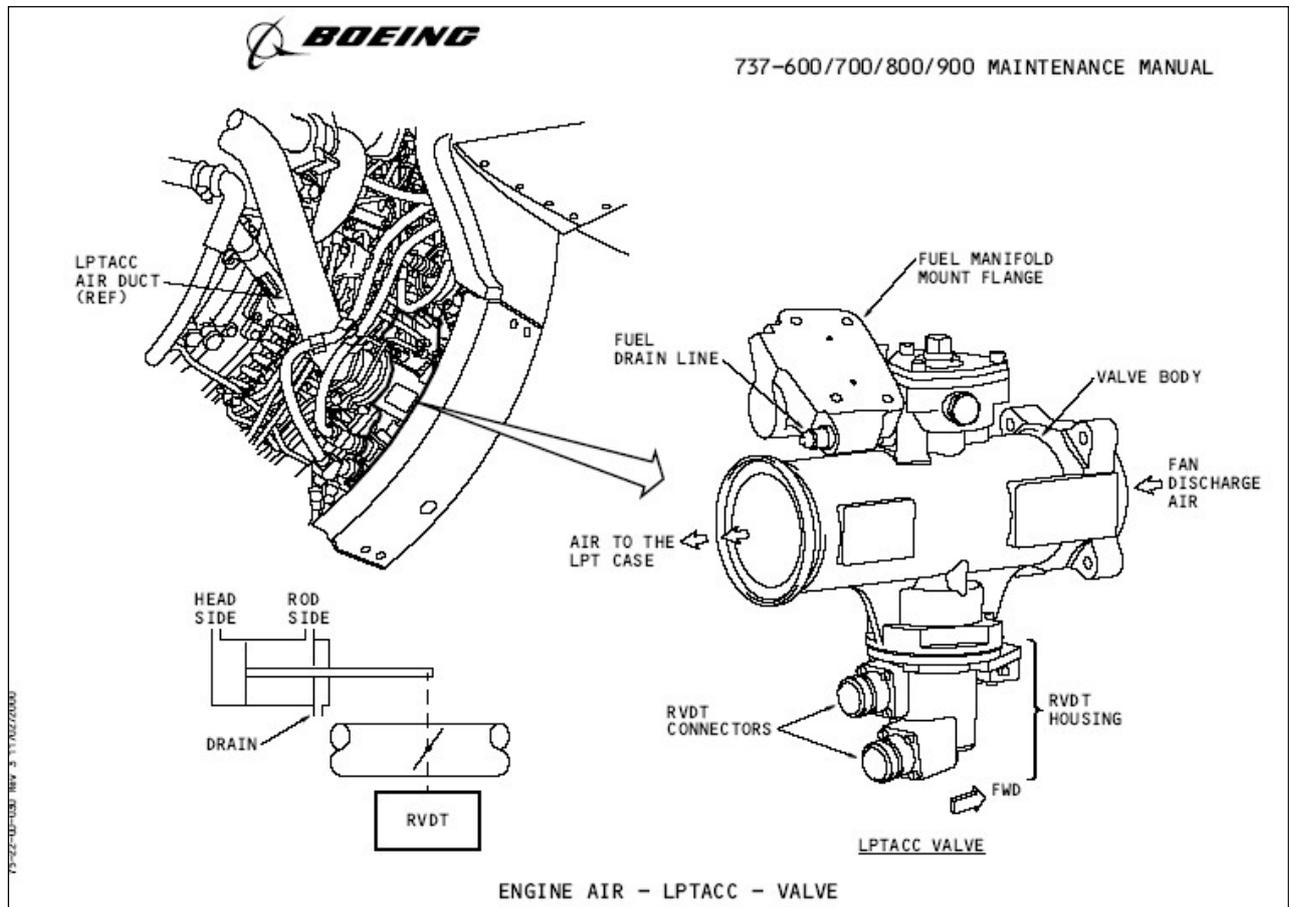
- **Engine Off:** No air le vérin est complètement rétracter la valve 4^e et 9^e étage sont complètement closed fail safe position.
- **High flow 9^e stage mode:** la **EEC** commande le vérin à la position 22% d'extension la valve 9^e étage est complètement ouverte 4^e étage fermé haute pression découlement dans le carter turbine **jeu Maximum**.
- **Low flow 9^e stage :** la **EEC** renvoi un signal permettant de commander le vérin à 42% d'extension qui positionne la valve à ouverture partielle tan disque la 4^e étage est complètement fermé le **jeu est élevé**.
- **Mixed mode :** dans ce cas en réalise un mélange d'air du 4^e et 9^e étage ce qui ramène la **EEC** à commander le vérin à une position d'extension dans l'intervalle 43% - 99% ce qui met un jeu ajuster selon le mélange réaliser.
- **Full 4 stage mode :** la **EEC** renvoie un signal qui commande le vérin à son extension total de 100 % ce qui fait la valve 4^e étage complètement ouverte et la 9^e étage complètement fermée ce qui calibre **un jeu minimum**.

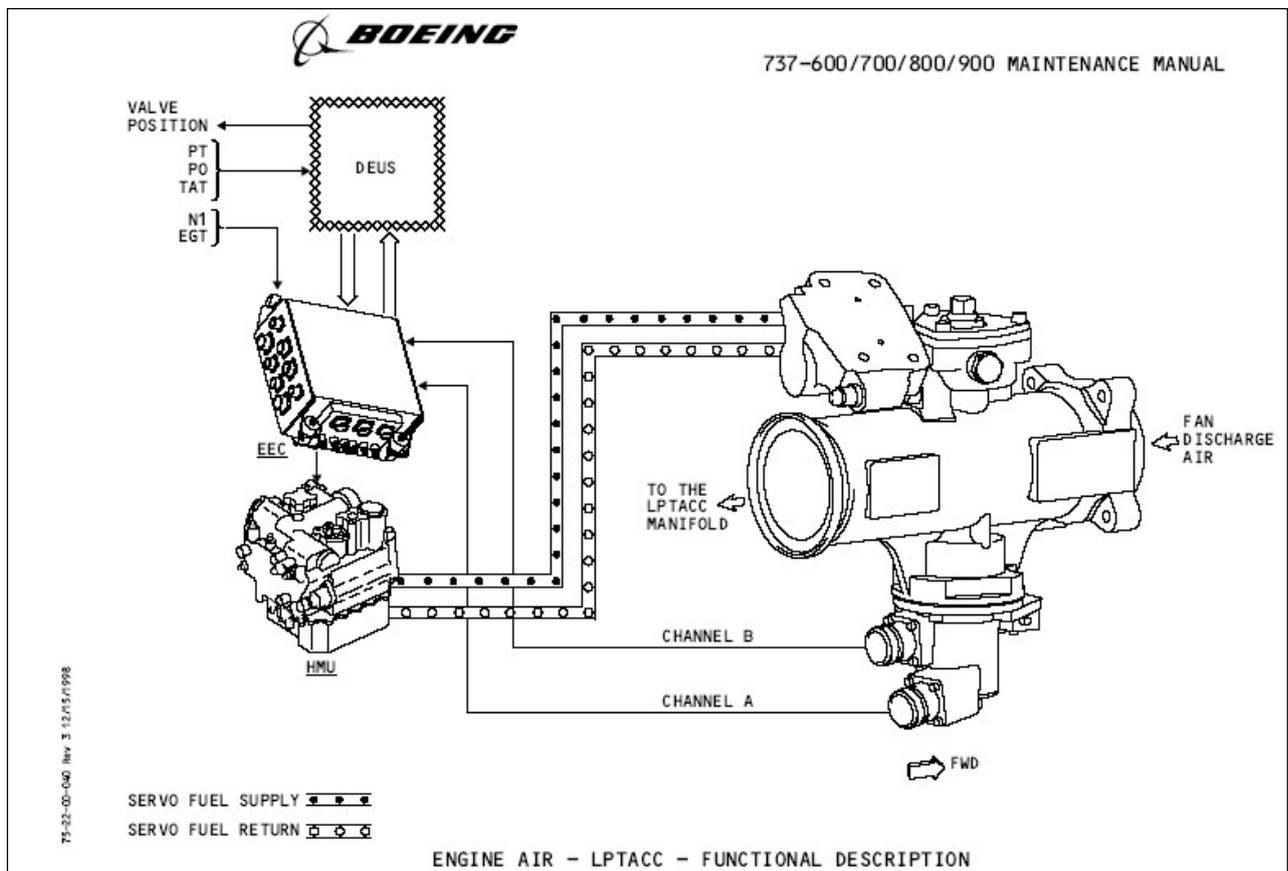
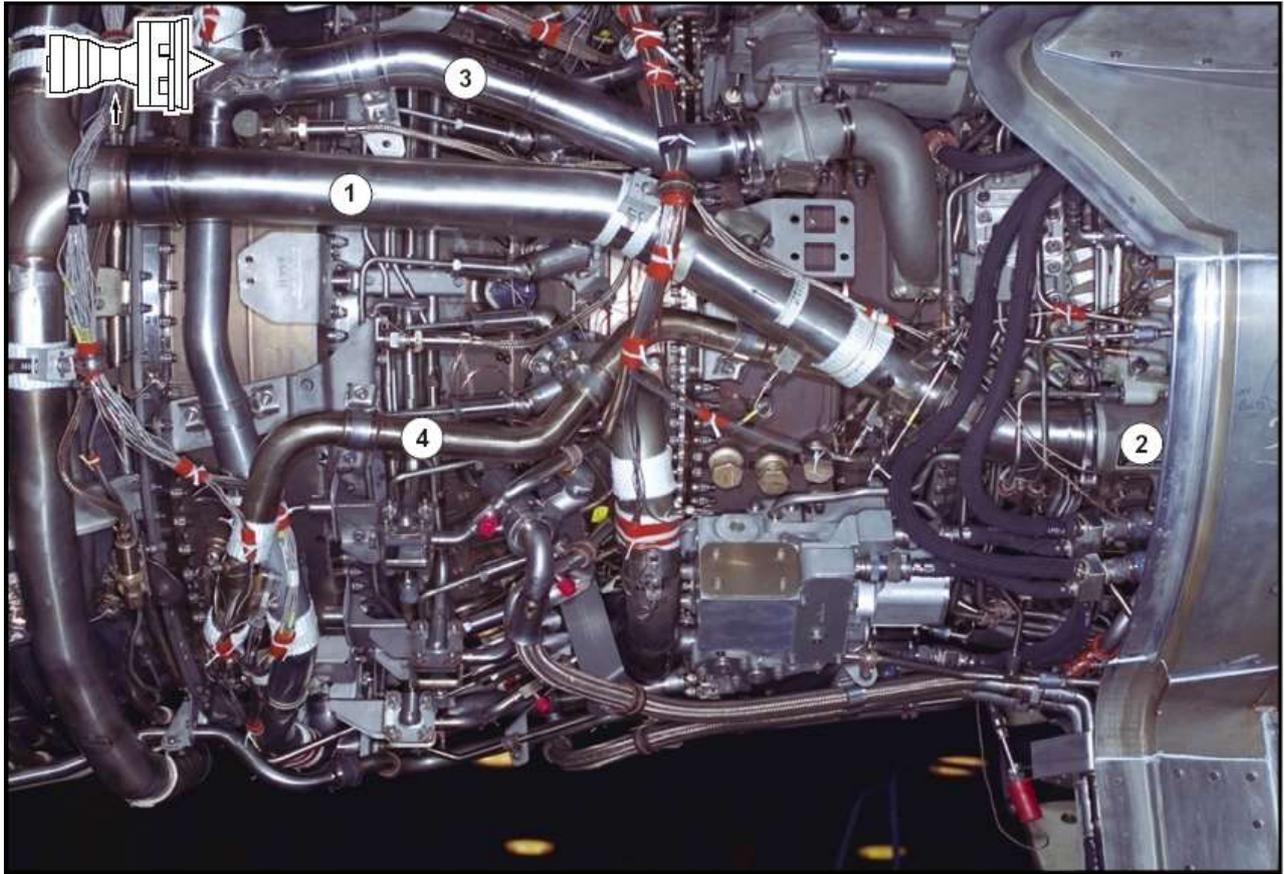
Le mode opératoire engine air control est résumé sur le tableau si dessous :

Engine Condition	HPTACC Valve Modes
Cold START	Full 4 ^e stage transition vers mixte 4/9 ^e étage et termine en 9 ^e étage air mode
Warm Engine Starting	9 ^e étage pour minimiser HPT blade Rubs
T/O and Climb	4 ^e puis 4 et 9 ^e mixed mode
Cruise	4 ^e étage air mode
Déscente	Low flow 9 ^e stage air mode

4/ LPTACC Valve

La *LPTACC* valve se positionne dans le coté droit du module principale à 4 heure. Elle comporte une valve à papillon et un capteur de position angulaire.

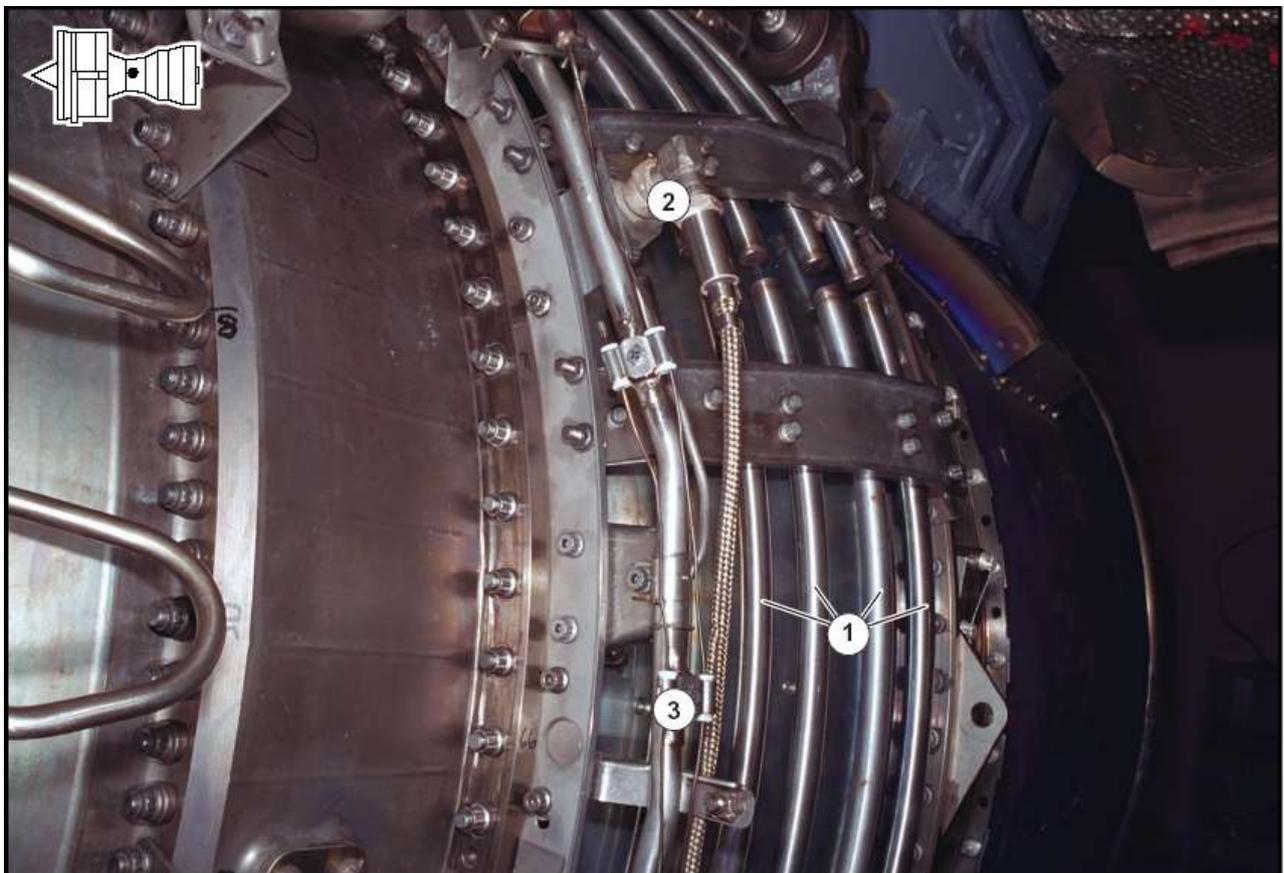




La **EEC** en se basant sur les données reçus P_t , P_0 , TAT et N_1 , EGT et **LPT** sensor signal elle calcule une position du vérin correspondante au jeu à assurer dans le carter de la turbine **LPT**. la **EEC** renvoie un signal électrique à la **HMU** qui a travers la **LPTACC-EHSV** contrôle l'extension ou le retrait du bras du vérin qui actionne la rotation de la valve à papillon.

La position de la valve à papillon est enregistrée par deux capteurs **RVDT** de position angulaire différentielle correspondant à la rotation de la valve et renvoi la position à la **EEC** à travers le **Canal A** et le **Canal B**.

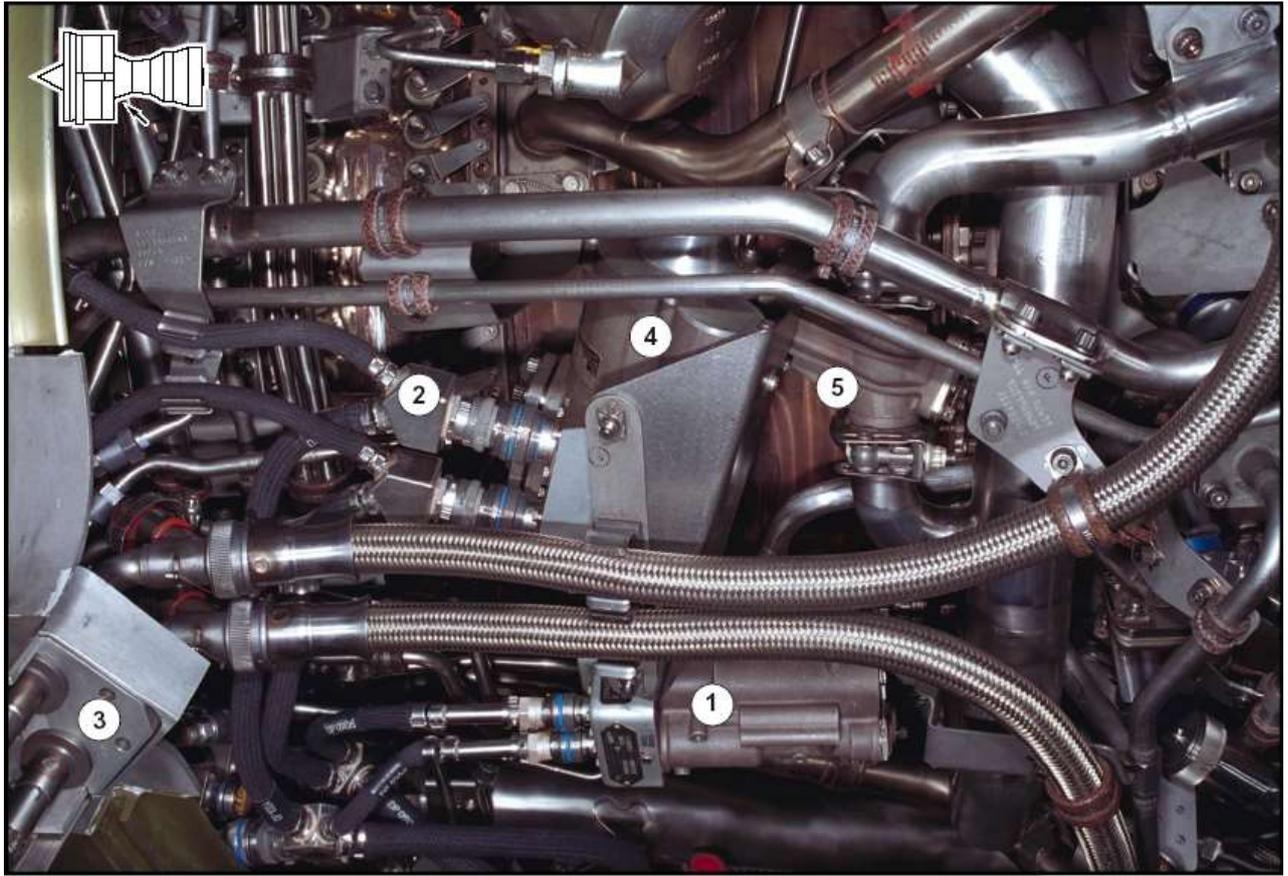
Le vérin de la **LPTACC** fonctionne par effet hydraulique du servofuel sur le piston qui permet l'extension ou le retrait du bras qui module la rotation de valve de la fermeture à pleine ouverte.

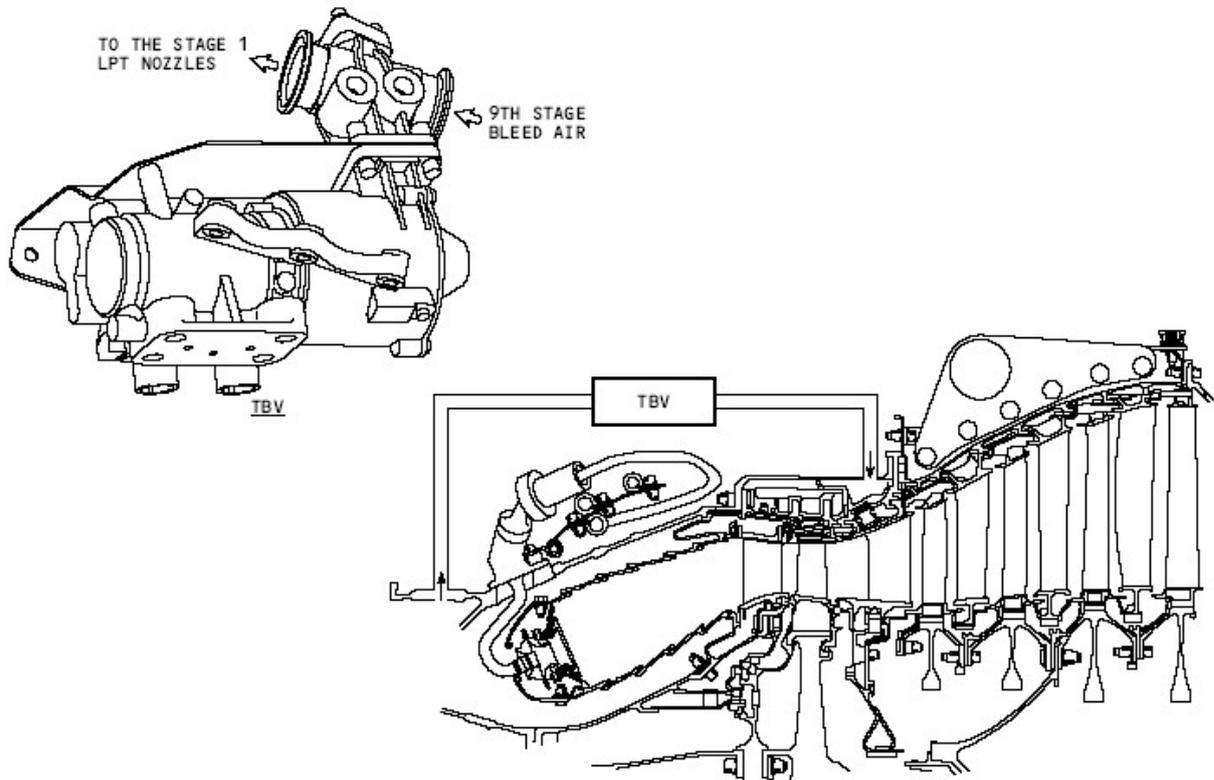


L'air sera conduit à deux collecteurs en haut et en bas 6h qui le distribue vers cinq tubes contenant un ensemble de perforations qui soufflent l'air en jet de douche continue sur la paroi du châssis de la turbine basse pression en tout mode de fonctionnement moteur.

5/ TBV Valve

La **TBV** a pour rôle de protéger le compresseur **HPC** pendant le démarrage et au accélérations contre le pompage. Elle se trouve à une position de 6 heures de la turbine **HPT**.





ENGINE AIR - TRANSIENT BLEED VALVE (TBV) - GENERAL DESCRIPTION

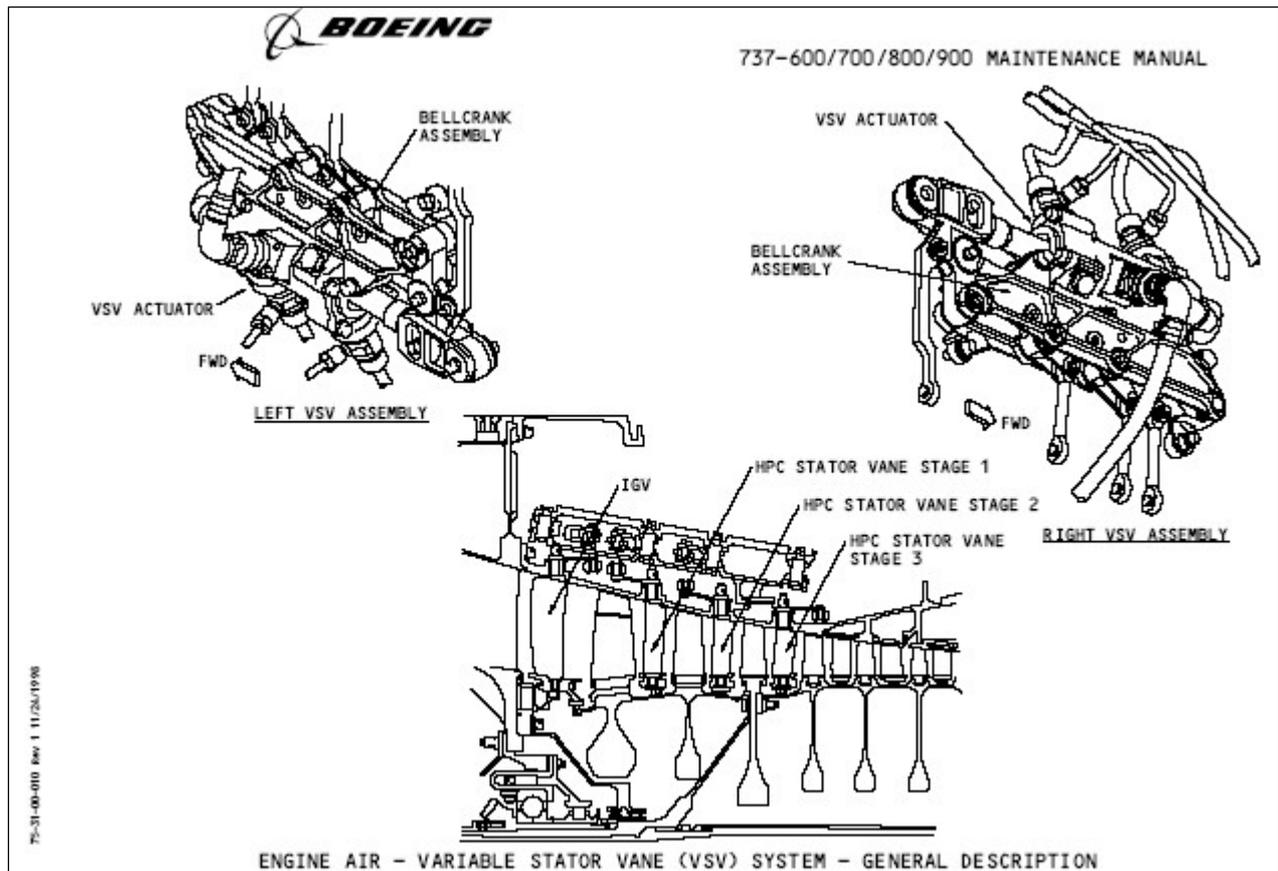
La valve sera actionner hydrauliquement à partir d'un ordre reçu dans la HMU venant de la EEC. En effet la EEC calcule la position du vérin correspondante à l'ouverture a imposer en connaissant la position actuel de la valve le régime N_2 et la température $T_{2.5}$.

Deux capteurs *LVDT* permettant d'enregistrer la position du vérin et de renvoyer un signal électrique vers la *EEC*. L'air est prélevé du 9^e étage est directement renvoyé dans le premier étage stator de la turbine *LPT* afin de permettre une facilité d'entraînement de l'attelage turbine pendant le démarrage et les phases d'accélération. Les modes opératoires de la valve sont résumés dans le tableau ci dessous.

TBV Mode	Opération
Start	Open
Idle	Closed
Acc 76%-80%	Open
>80%	Closed

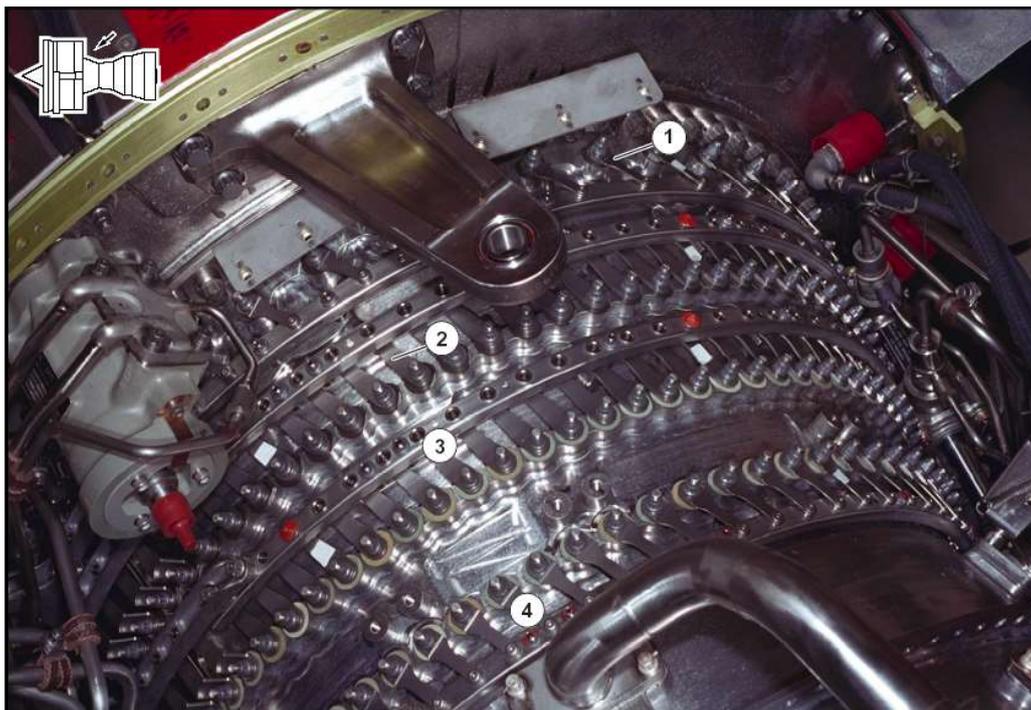
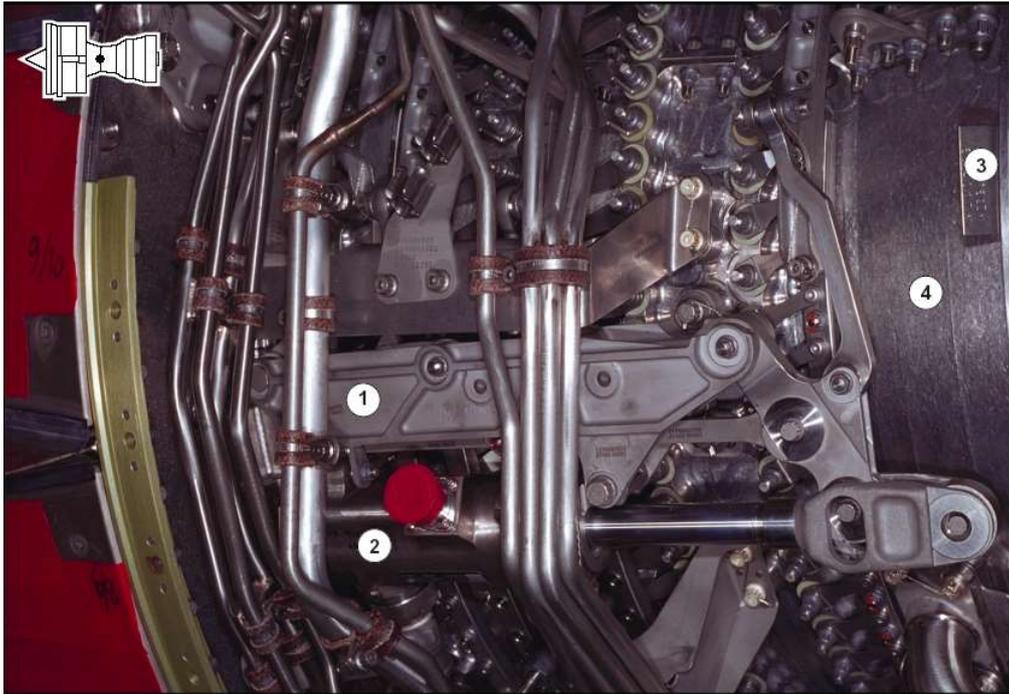
6/ VSV System

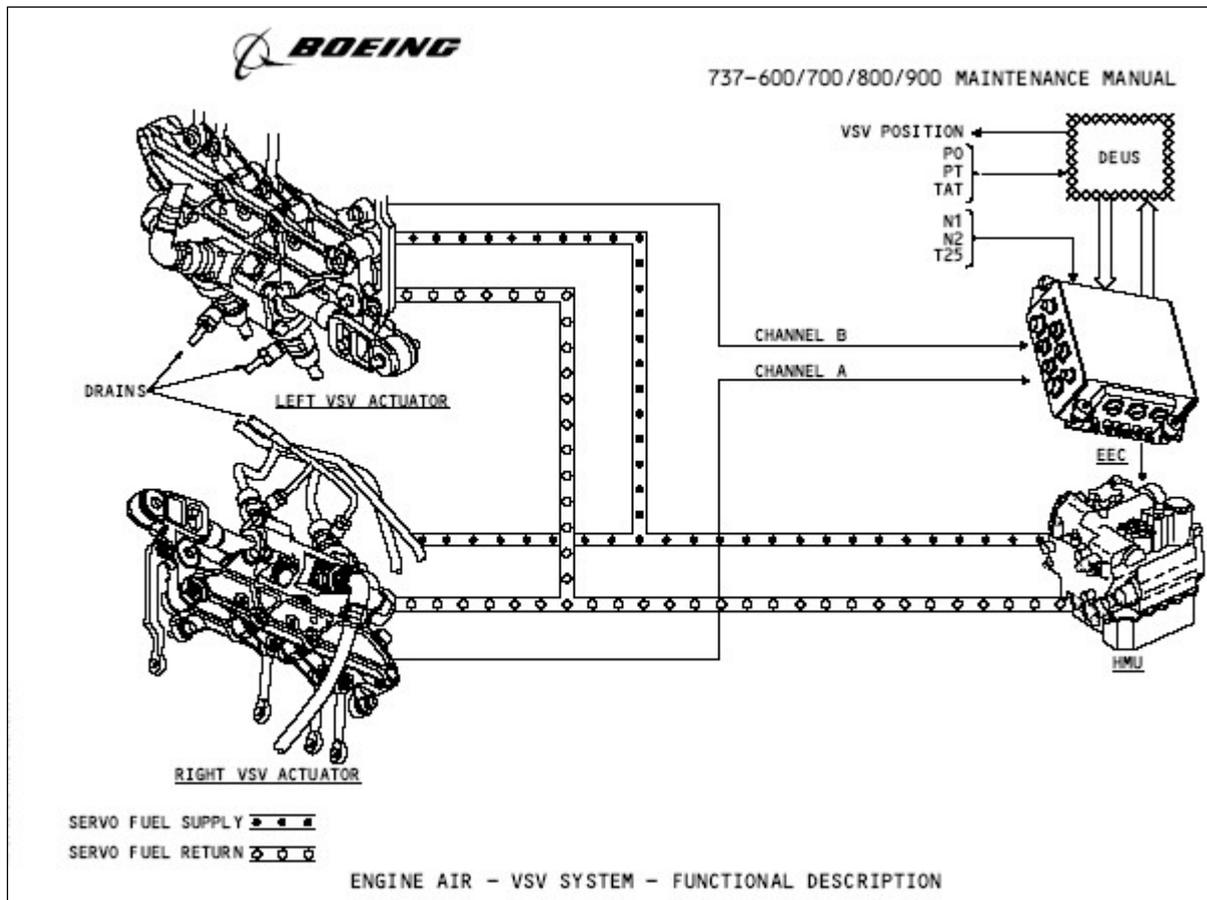
Le system VSV est un dispositif qui permet d'effectuer le contrôle de l'écoulement de l'air a travers le compresseur HP afin d'augmenter son efficacité et éviter le pompage.



Il se compose des éléments suivants :

- Un étage IGV
- Stator variable 1^{er}, 2^e et 3^e étages
- 4 anneaux de commande
- Deux Vérins du VSV et leurs cloches respectives gauche et droite





La **EEC** utilise les paramètres moteurs et avions pour calculer la position angulaire des stators a calages variables. Les **VSV** fonctionne automatiquement via le système **FADEC** qui récupère la **TAT**, **PT**, **P0** de **ADRU** et les valeurs moteur **N1**, **N2** et **T25** à partir des capteurs et sondes.

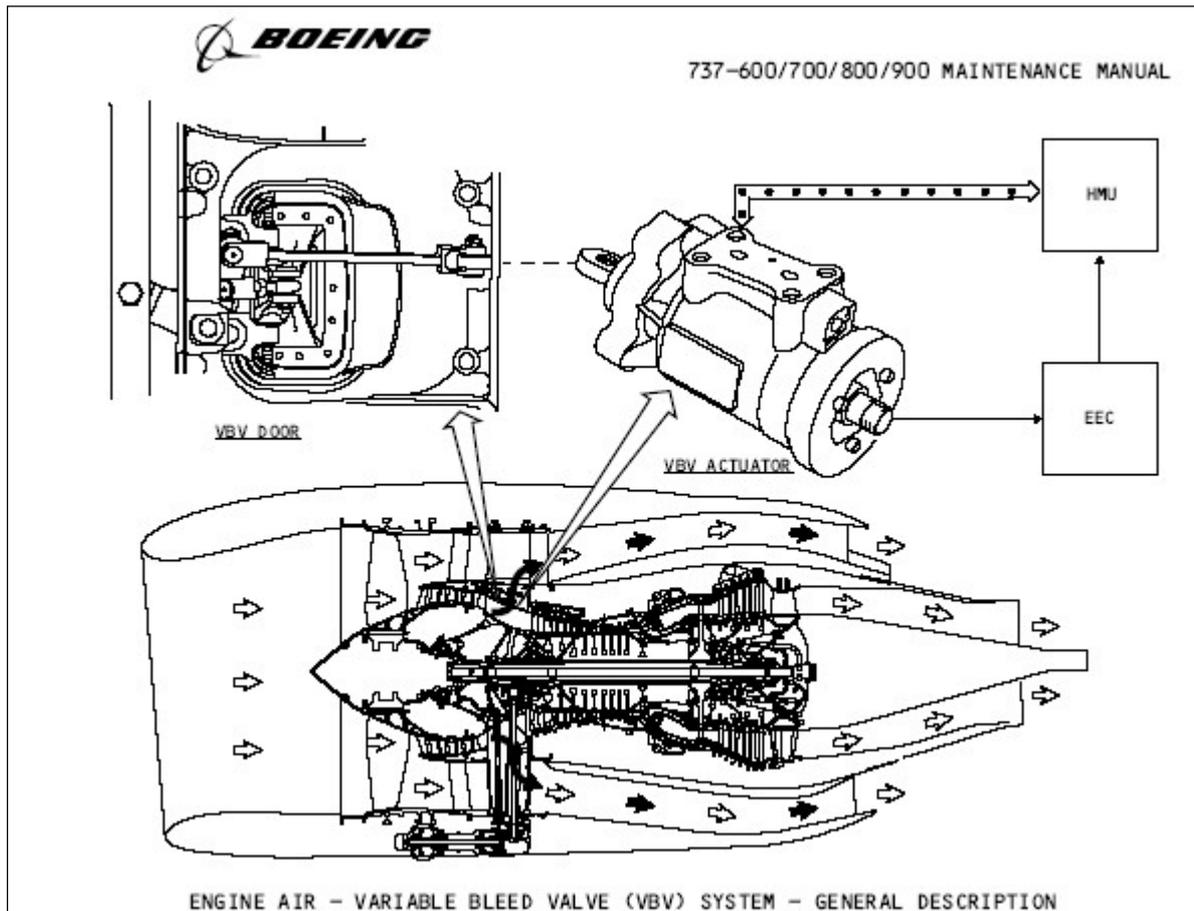
Ces derniers permettent à la **EEC** calcule une position de commande et renvoi a la **HMU** un signal qui agit par les **EHSV** sur les deux vérins respectives gauche et droit pour faire tourné les **VSV** d'un certain angle identique et en même temps sur les 4 anneaux de commande. Il y a 2 **LVDT** qui permettent de renvoyer la position différentielle linéaire des vérins un sur la canal **A** et l'autre sur le canal **B**.

Les Stators sont en position **Closed** au régime N_2 au ralenti et se déplacent vers des positions plus ouvertes quand N_2 augmente. Ils sont complètement ouverts a une valeur atteinte de $N_2 = 95\%$.

Cependant les **VSV** sont commandé a une position plus étroite **Closed** a des basse altitude et **TAT** afin d'améliorer la stabilité du moteur en condition de givre. Ils sont aussi commandé à cette positions en conditions de régime N_1 et N_2 dépassant la **red line** de 1% . La position des **VSV** en degré peut être consulté dans la pages de maintenance a la **CDU**.

7/ VBV System

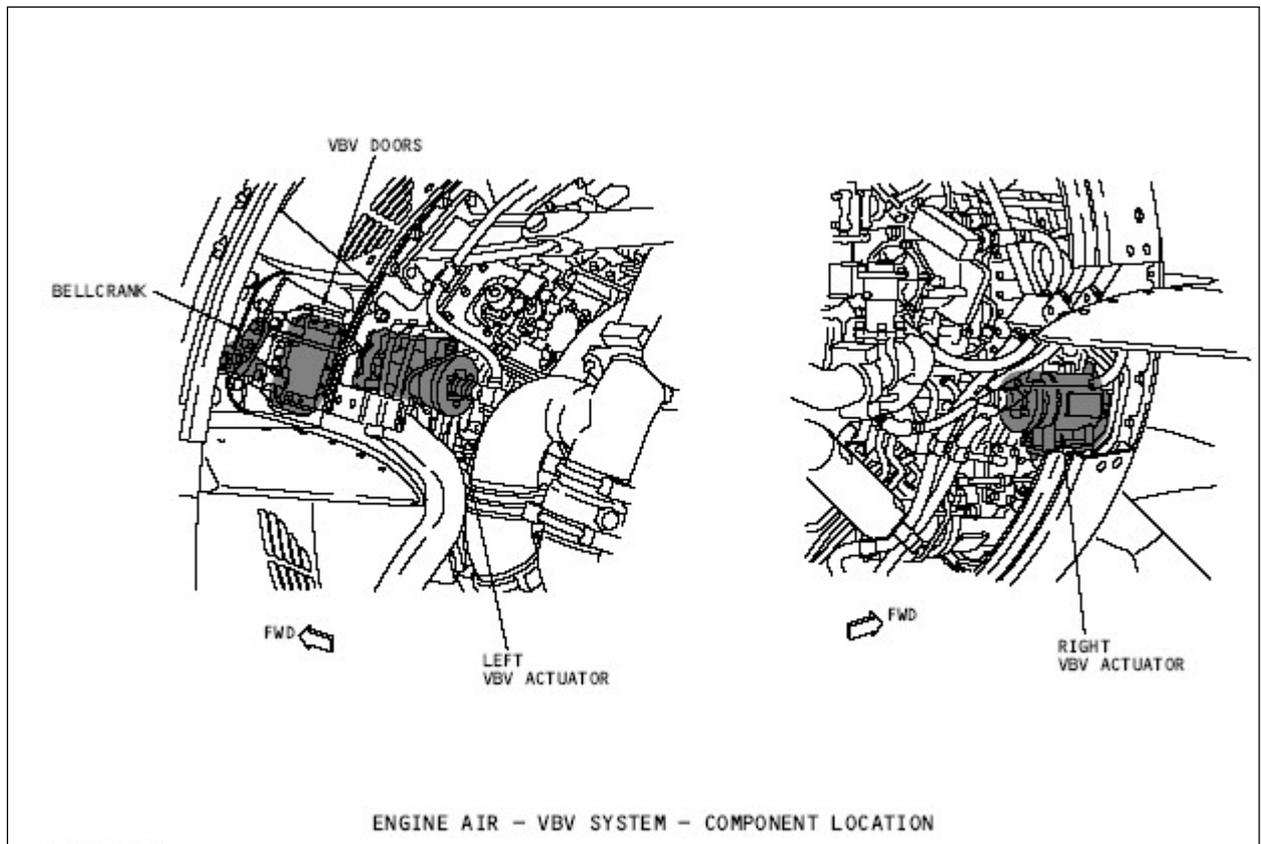
Le system *VBV* variables bleed valves est une partie du compresseur *BP* il permet de décharger de l'air vers le flux secondaire pour protéger le compresseur *BP* contre le pompage en phase de décélération rapide. Toutefois en phase de régime bas et inversion de poussée les *VBV* sont actionné pour protégé le compresseur *HP* d'un éventuel *FOD*.



Le système comporte :

- 2 vérins VBV
- 2 anneaux de commandes
- 10 portières de décharge et 2 portières maîtres de décharge

Les vérins VBV sont situés sur la partie arrière du carter *FAN* respectivement le droit à *4:00* heure et celui de gauche à *10:00* heure. Pour accéder au système *VBV* les capotages Fan et reverse son soulevé.



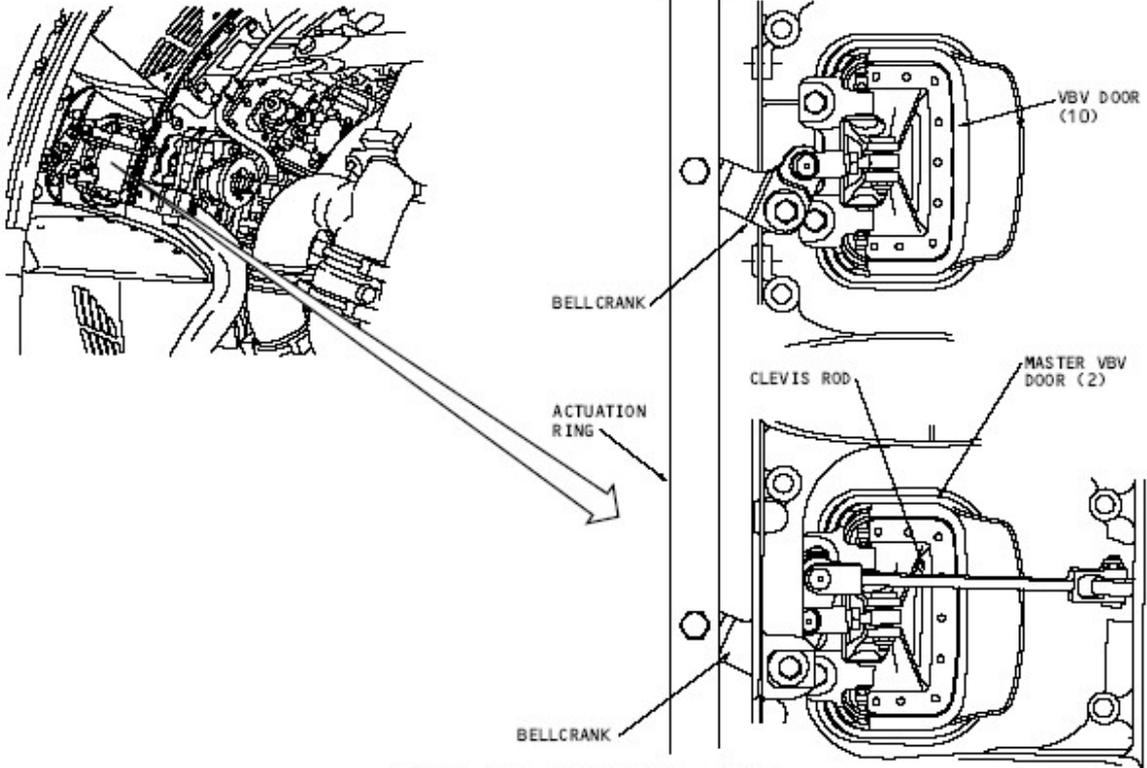


Les vérins *VBV* sont à double effet et actionné hydrauliquement par le *servofuel* a partir de la *HMU* qui leur commande une position qui a été calculer par la EEC en se basant sur les valeurs des variables *P0,PT,TAT, T25, VSV* position, *N1 et N2 et la TLA*.

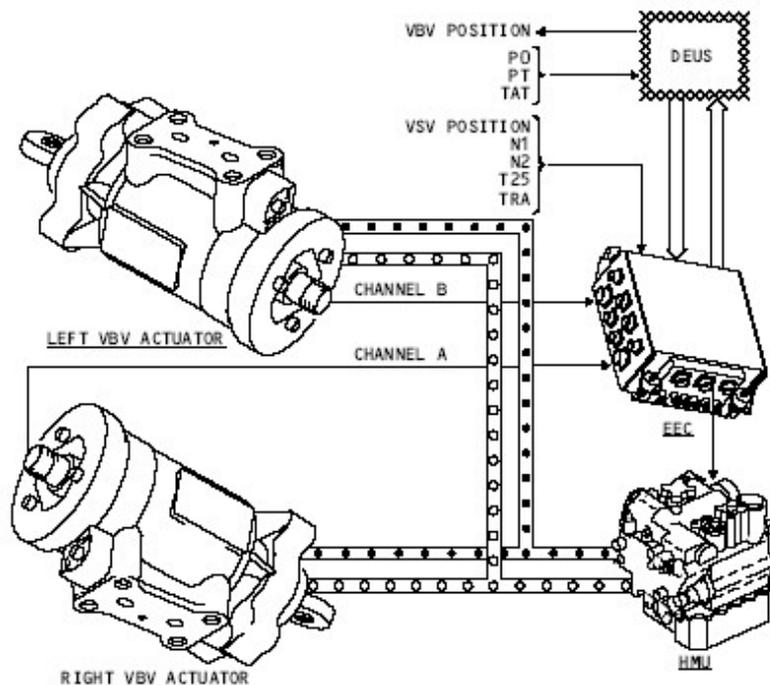
Il y a un *LVDT* sur chaque vérin un de gauche renvoi sur le *canal B* et le droit sur le *canal A* la position de déploiement du vérin considéré.

Les portières *VBV* contrôle la quantité d'air de décharge vers le flux secondaire pour protéger le compresseur BP. 12 portières sont reliées avec l'anneau de commande et la cloche dont deux d'entre eux sont appeler les portières maîtresses. Les vérins sont relia a ces dernières et quant ils se déploient il agis par le biais de la cloche sur la portière et l'anneau distribue le mouvement sur les 10 autres portières.

On générale les *VBV* se déplace vers une position plus fermé quand le régime N_1 augmente elles sont fermées quand $N_1 = 80\%$. Cependant elle va vers une position plus ouverte si en réalise une accélération rapide, inversion de poussée et givre important. Similairement au cas des *VSV* l'indication d'angle d'ouverture des *VBV* est a consulter dans la *CDU*.



ENGINE AIR - VBV SYSTEM - DOORS



SERVO FUEL SUPPLY

SERVO FUEL RETURN

ENGINE AIR - VBV SYSTEM - FUNCTIONAL DESCRIPTION

75-32-00-000 Rev 3 03/13/1999