

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université de Blida
Faculté des sciences de l'ingénieur
Département d'aéronautique
Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'études universitaires
appliquées
Option : propulsion

Thème



*Etude Descriptive D'un Avion
BOEING 737-200
Et Maintenance Du
Compresseur Basse Pression*

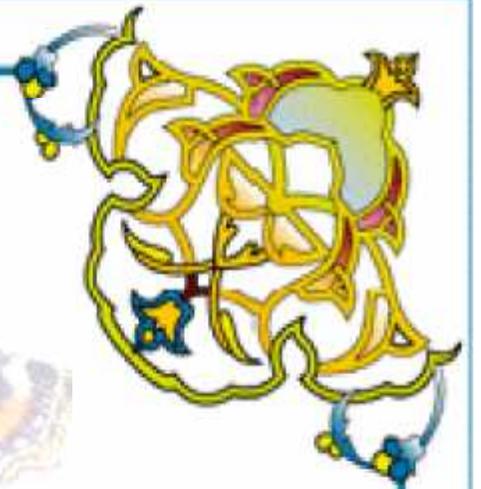
Présenté par:

Mr. *SENGOUGA Mahieddine*
Mr. *SEDJAA Salim*

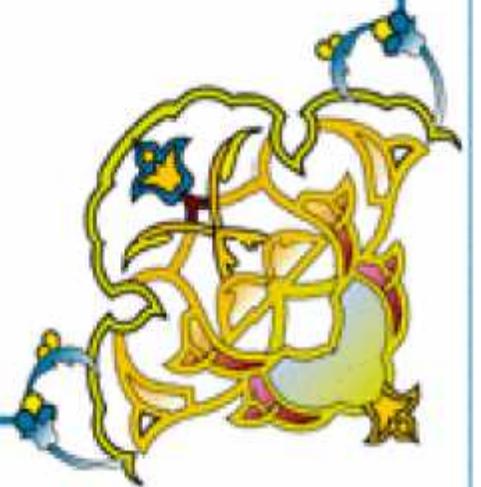
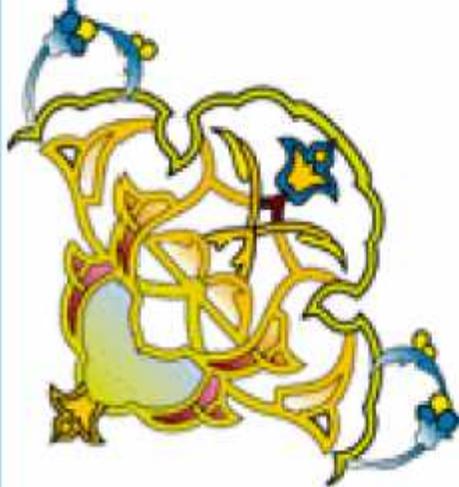
Promoteur:

Mr. *ALLALI abderrazak*

Année universitaire 2006-2007



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



الملخص

يدور موضوع هذا البحث حول الطائرة بوينغ 737-200 ' و التعريف بمختلف أجزائها (أنظمة التحكم في الملاحة الجوية، نظام الهبوط، نظام التهوية الخاص بالطاقم و المسافرين) و كذلك التعريف بمحرك الطائرة ومختلف أجزائه (مدخل الهواء، ضاغط الهواء، غرف الاحتراق، التوربين، و العادم).

كما تخص دراسة هذا المحرك حول صيانة ضاغط الهواء (ضغط منخفض) و مختلف مراحل التفكيك و الصيانة و التركيب لهذا الجزء. لضمان السير الجيد للمحرك و الأمان للطائرة و تحسين مردوده في المجالات الاقتصادية.

كل هذه الدراسة للاقتراب أكثر إلى التطبيق منه إلى النظري و التعرف جيدا على الطائرة و تبسيط الفهم لها عامة.

Résumer

Notre travaille est une étude globale sur l'avion Boeing 737-200 (système hydraulique, système de commande de vol, système d'atterrissage, système d'oxygène) et leur moteur JT8D-15, avec la maintenance de compresseur basse pression et les défèrent étapes de maintenance de ce partie.

Cette étude pour plus approcher de la pratique à la théorique.

Tous cela pour faciliter la connaissance de cet avion.

Summary

Our Work is a general study on the plane Boeing 737-200, (hydraulic system, flight control system, landing gear system, oxygen system), and their engine JT8D-15, with the maintenance of low pressure compressor, demolished them stages of maintenance of this part

REMERCIEMENTS

Nous remercions « DIEU ALLAH » le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience de finir cette étude.

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre promoteur Mr « ALLALI ABDERRAZAK » pour leur encadrement, leurs conseils et leurs encouragements.

Nous tenons aussi à remercier tous ceux qui ont contribué de près comme de loin pour que ce travail soit un travail de qualité.

Sans oublier de remercier Mr. « BENSALAM BOUALAM » qui nous donne beaucoup des informations.

Et finalement un grand merci à tous les enseignants de l'institut d'aéronautique de BLIDA qui ont assuré notre formation durant ces trois dernières années.



Salim & Mahieddine



Dédicace

J'offre ce modeste travail avec une grande Fierté à :

- *Mes très chers parents qui m'ont encouragé et soutenus tout le long de mes études. que dieu les protège.*
- *Mes chers frères: " Achour et son fils Ayoub, Chaaban, Omar ".*
- *Mes chères sœurs.*
- *Tous la famille «Sedjaà»*
- *tous mes amis "Hassen, Akram, Abdelghani, Hakim, Bahi, fares, Fouad, Ahmed, Abdallah, Habib, Abdelkader, nesreddine".*
- *et particulière à mes amis " Rachid et Elmahdi".*
- *mon kinôme "Mahieddine" et sa famille.*
- *Et Tous les étudiant d'aéronautique.*



Salim



Dédicace

Je dédie ce modeste travail, fruit de mes années d'études à l'être les plus chers :

Mes parents qui m'ont soutenue moralement et m'ont offert tous les moyens pour réussir.

Mon cher frère : «Kamel».

Mes chères sœurs.

Et Toute la famille « SENGOUGA ».

Les petits : « Mohammed & Manef et tous la famille Benmarbi ».

Mes cousins : « Sami et sa famille, faisal et tout la famille Lekhal ».

A Mes Amis: « Abasse Hateb et sa famille, Dani et sa famille, rachid Boulahia, Nadji Gharbaoui et sa famille »

Mes amis de Blida : « Mahdi, Ammar, Rachid Lekhal, Abdelghani, Akram, Hassan,, Ahmed, Hamza, fares, Bahi, Hakim ,kamel gesmallah et surtout mouhammed taifour Abdelouahab ... ».

Mon binôme : « Salim Sedjàa et sa famille ».

Et Tous les étudiant d'aéronautique.



Mahieddine.

Sommaire

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I :DESCRIPTION GENERALE DE BŒING 737-200.....	2
I-1-Les éléments constitutifs d'un avion.....	3
I-2-Caracteristiques du boeing 737-200	17
I-3- Généralité hydraulique.....	18
I-4- Intercommunications des circuits.....	23
I-5- Système de commande de vol	28
I-6-Circuit d'oxygène	31
CHPITRE II:PRESENTATION ET DESCRIPTION DU REACTEUR JT8D-15.....	34
II-1-Introduction	35
II-2-Les éléments constitutifs.....	37
II-3-Fonctionnement du moteur JT8-15.....	64
II-4-Les caractéristiques du moteur jt8d-15.....	66
CHAPITRE III :ENTRETIEN DU MOTEUR JT8D-15.....	68
III-1- Introduction.....	69
III-2- Organisation de l'entretien.....	71
III- 3-Causes des défaillances d'un turboréacteur.....	83
III-4 -Mécanique de la rupture et la fatigue	89
CHAPITRE IV :MAINTENANCE DE LA CBP DU MOTEUR JT8D-15.....	93
IV-1-Les étapes de dépose de compresseur basse pression	96
IV-2-Inspection.....	101
IV-3- Les types d'inspection.....	102
IV-4 Le contrôle non destructif.....	104
IV-5 -Contrôle par ultrasons.....	105
IV-6-Courant de Foucault	110
IV-7- Ressuage.....	112
IV-8- Magnétoscopie.....	115
IV-9-La radiographie.....	118
IV-10-Controle visuel: (endoscopie).....	120
IV-11-les inspections appliqués sur le CBP.....	123
IV-12-les procédures de montage de CBP.....	126
- Conclusion	
- Bibliographie	

LISTES DES FIGURES

Figures	Titres	Pages
Figure I-1	Boeing 737-200.	3
Figure I.2	Structure de fuselage.	5
Figure I.3	Structure de l'ail.	8
Figure I-4	Empennage.	9
Figure I-5	Plan horizontal.	12
Figure I-6	Stabilisateur vertical.	12
Figure I-7	Système d'atterrissage.	14
Figure I-8	Train d'atterrissage avant.	15
Figure I-9	Train d'atterrissage arrière droit.	16
Figure I-10	Dimension de l'avion 737-200.	17
Figure I-11	Système hydraulique.	18
Figure I-12	Le circuit A.	25
Figure I-13	circuit B.	26
figure I-14	Circuit de secours.	27
Figure I-15	Système de command de vol.	30
Figure I-16	Système d'oxygène de l'équipage.	32
Figure I-17	Circuit d'oxygène de passager.	33

Figures	Titres	Pages
---------	--------	-------

Figure II-1	Réacteur JT8D	36
Figure II-2	entrée d'air du moteur JT8D-15	38
Figure II-3	le compresseur	40
Figure II-4	la chambre de combustion	42
Figure II-5	turbine haute pression	44
Figure II-6	turbine basse pression	44
Figure II-7	le stator	45
Figure II-8	le rotor	45
Figure II-9	tuyère d'éjection	46
Figure II-10	les roulements	48
Figure II-11	Les carter	51
Figure II-12	le système d'allumage	53
Figure II-13	système de lubrification	55
Figure II-14	système de démarrage.	56
Figure II-15	circuit de carburant	58
Figure II-16	l'inverseur de poussée	60
Figure II-17	système antigivrage	61
Figure II-18	système de soutirage d'air	63
Figure II-19	système d'indication	65

Figures	Titres	Pages
Figure III-1	Répartition type des 03 zones.	71
Figure III-2	les différentes phases.	88
Figure III-3	diagramme de la déformation.	92
Figure IV-1	Le chariot de transfert.	97
Figure IV-2	Le piédestal.	98
Figure IV-3	Les principaux composants du moteur.	99
Figure IV-4	Contrôle par ultrason.	106
Figure IV-5	La zone ultrason.	106
Figure IV-6	Résonance.	108
Figure IV-7	Contrôle par échographie en réflexion.	109
Figure IV-8	Courant de Foucault.	111
Figure IV-9	Principaux du contrôle magnétoscopique.	114
Figure IV-10	L'orientation des défauts.	114
Figure IV-11	Tube radio-gène.	120

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	TITRE	Page
01	Caractéristique du moteur JT8D-15	66
02	Protocole de dépose C01/C02	100
03	Method "a" (water washable)	102
04	Méthode « b » (émulsifiable)	103
05	Longueur d'onde en mm en fonction de la fréquence pour l'acier.	108
06	caractéristiques ultrasonores pour différent matériau	109
07	Choix D'un Courant	116
08	Protocole d'inspection C01/C02	124
09	Protocole de repose C01/02	128

INTRODUCTION

Le **Boeing 737** est un avion de ligne construit par la société Boeing (USA) depuis 1965.

Le B 737 est un avion court ou moyen courrier. Il s'agit d'un bi-réacteur (deux moteurs JT8D-15 à double flux **Pratt & Whitney** plus puissants de 6975 kgp, un sous chaque aile). Il effectua son premier vol le 9 avril 1967.

C'est, en 2004, l'avion le plus vendu au monde, avec un total de plus de 1 200 Boeing 737 de troisième génération vendus dans le monde entier, et plus de 4 300 au total.

réacteurs,

Cette travail est une description général de l'avion B737-200 et leur moteur (JT8D-15), avec la maintenance de compresseur basse pression de ce dernier.

Pour réaliser cette étude, nous avons subdivisé notre travail en quatre chapitres qui sont :

- Le premier chapitre est consacré à une description générale de B737-200.
- puis un second chapitre qui parle sur une description détaillée du moteur JT8D-15.
- suivi d'un troisième chapitre où on va faire l'entretien du JT8D-15.
- le quatrième chapitre parle sur la maintenance de la CBP.
- et enfin, on termine avec une conclusion générale.

CHAPITRE I :
DESCRIPTION GENERALE DE
BOEING
737-200



I-1-LES ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN AVION :(Figure I-1)

L'avion boeing 737-200 est constitué des éléments suivants :

- fuselage.
- les ails.
- L'empennage.
- train d'atterrissage.

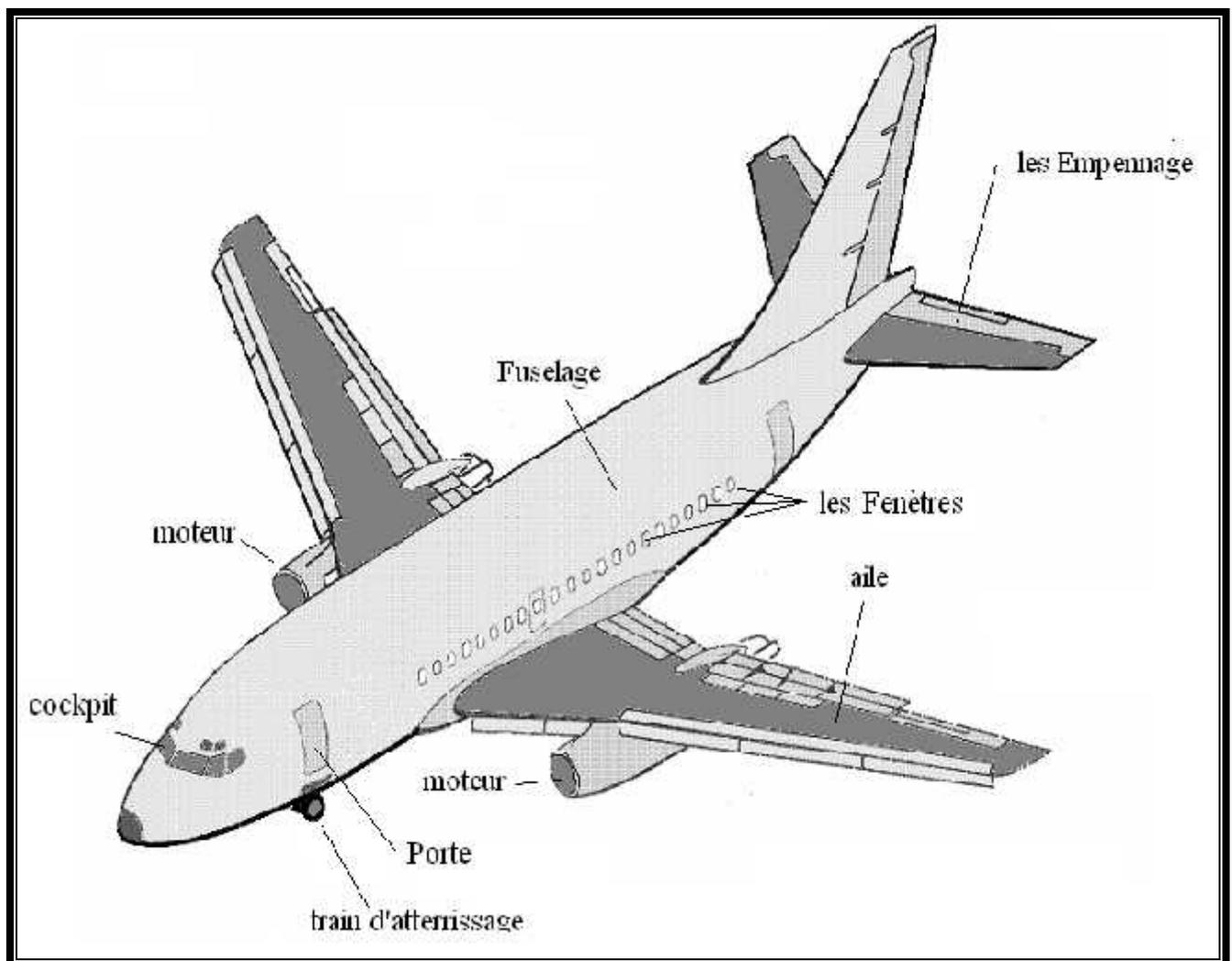


Figure I-1: Boeing 737-200.

I-1-1-FUSELAGE (Voir figure I-2):

La structure du fuselage est étudiée par les constructeurs de façon à répondre à de nombreuses exigences techniques.

Le fuselage d'un avion est soumis au cours du vol à de multiples et nombreux efforts:

Efforts de flexion, (verticale et horizontale)

Efforts de torsion.

Efforts de résistance à la pressurisation.

Efforts localisés, (impact à l'atterrissage)

La structure est constituée de cadres soit usinés appelés cadres forts soit de cadres plies ou cadres tollés reliés par des lisses et des pièces de renforts notamment dans les zones où les efforts sont importants comme par exemple l'accrochage du train atterrissage.

Sur le fuselage, l'alliage 2024 (aluminium cuivre) a longtemps été le seul matériau utilisé. Mais les exigences croissantes des avionneurs et le développement des composites organiques ont changé la structure.

Le fuselage, principal élément de la structure, en termes de masse et de volume, est aujourd'hui l'un des enjeux majeurs des évolutions matériaux procédés. En effet, les rivets, bien que le plus souvent en aluminium, représentent aujourd'hui la part la plus importante de la masse du fuselage. La suppression de ces rivets est donc un enjeu de taille pour les nouvelles générations d'appareils.

Le fuselage contient des parties de structure secondaire, qui ne sont pas utilisées sous des conditions particulièrement contraignantes. Pour ces parties, on essaye surtout de gagner du poids en utilisant des matériaux composites.

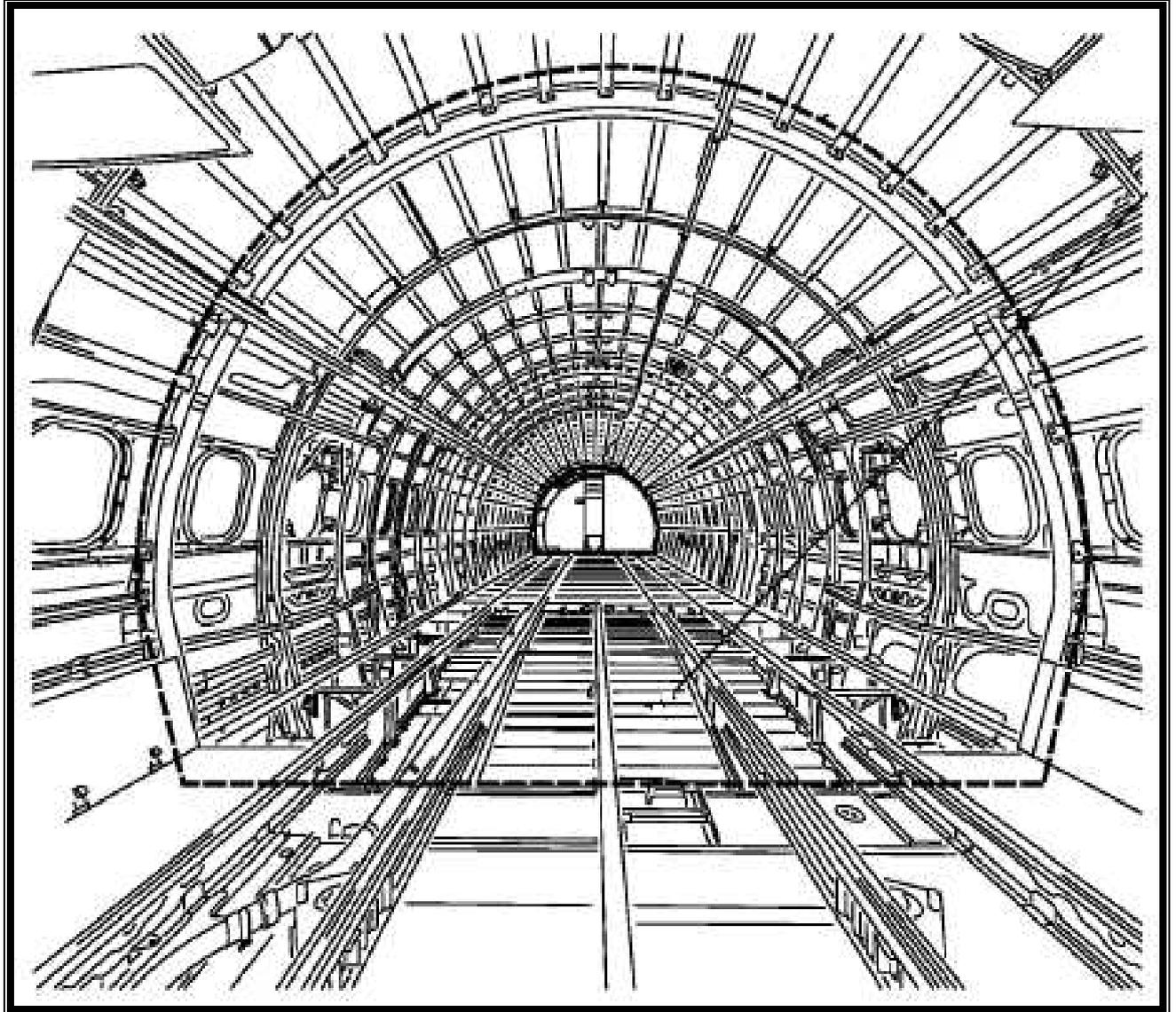


Figure (1.2) : Structure de fuselage.

I-1-2-AILES (Voir figure I-3) :

Les ailes sont les éléments de la cellule qui produisent la portance en vol, elles sont soumises à des contraintes en flexion et en torsion.

Elles contiennent :

- Les commandes de vol.
- Les dispositifs hypersustentateurs.
- Les aérofreins.
- les spoilers.

Elles permettent sur beaucoup d'appareils, la fixation du train d'atterrissage, des moteurs ainsi que le logement des réservoirs (carburant).

Les ailes supportent les forces qui permettent de maintenir l'avion en vol. Sous leurs effets, les ailes ont tendance à se courber vers le haut. Ainsi, l'extrados (partie supérieure de l'aile) est chargé en compression, tandis que l'intrados (partie inférieure) est chargé en traction. On utilise donc pour l'extrados un alliage d'aluminium de la série 7000 pour ses bonnes aptitudes en compression et en stabilité. On utilise pour l'intrados, un alliage d'aluminium de la série 2000. Les bords d'attaque, les bords de fuite et les volets des ailes, sont en matériaux composites.

Le tableau suivant présente les différentes parties de l'aile :

Définitions relatives à la voilure	
Bord d'attaque	Partie avant de l'aile dans le sens de déplacement.
Bord de fuite	Partie arrière de l'aile dans le sens de déplacement.
Intrados	Face inférieure de l'aile.
Extrados	Face supérieure de l'aile.
Profil	Section de l'aile par un plan vertical parallèle à l'axe longitudinal du fuselage.
Emplanture	Liaison aile fuselage.
Saumon	Partie extrême de chaque demi-aile.

NOTE :

L'aile de l'avion boeing 737-200 est une structure continue qui passe par le fuselage
Il se compose de trois parties:

- Le plan central.
- L'aile externe gauche.
- L'aile externe droite.

A- BORD D'ATTAQUE

Le bord d'attaque est situé en avant du longeron avant et le caisson d'aile. Il inclut l'intérieur et l'extérieur du bord d'attaque et le sommet et le fond du panneau.

Les bords de bord d'attaque principale sont installés sur l'aile:

B-BORD DE FUITE:

La structure du bord de fuite à l'arrière du longeron arrière de la boîte d'aile est inclut à l'intérieur, milieu et l'extérieur du longeron arrière du bord de fuite.

L'intérieur du longeron arrière du bord de fuite inclut :

Le revêtement du caisson.

Le panneau de l'extrados.

La structure entre le revêtement intérieur fixe et le revêtement extérieur.

Revêtement extérieur.

Le panneau fixe inférieur de l'aile.

Le milieu et longeron arrière de bord de fuite comporte :

- -Les nervures de charnière.
- Les nervures d'intermédiaire.
- -Les supports de vérin commandent.
- -Les panneaux de haut et de bas.

C-VOLETS DE BORD DE FUITE :

Les volets intérieurs et extérieurs sont installés sur le bord de fuite de l'aile.

D-Ailerons :

Les ailerons intérieurs et extérieurs sont installés sur le bord de fuite de l'aile.

E- Spoilers :

Les spoilers installés sur l'extrados de chaque aile, vers l'avant des volets de bord de fuite.

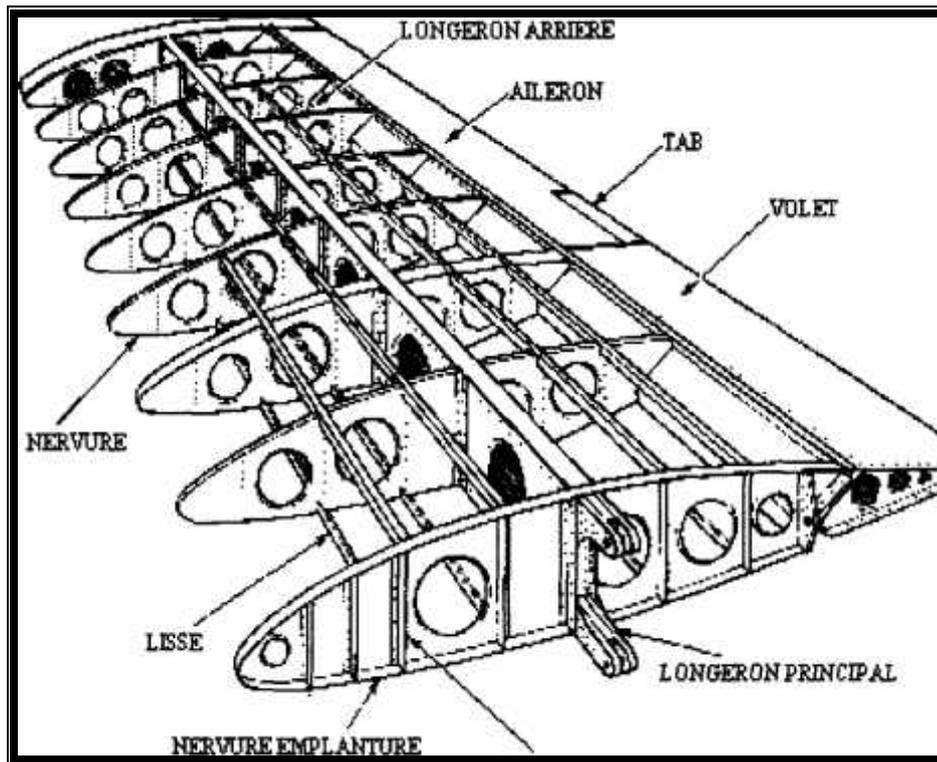


Figure (I-3) : Structure de l'aile.

I-1-3- STABILISATEURS (voir figure I-4):

L'empennage est situé sur la partie arrière du fuselage, a pour rôle d'assurer la stabilité (partie fixe) et la maniabilité (partie mobile) de l'avion.

Il est composé :

- D'un plan vertical est composé d'une partie fixe (dérive) et d'une partie mobile (gouvernes de direction).
- Le plan horizontal composé du stabilisateur à calage fixe ou variable ainsi que les gouvernes de profondeur.
- La gouverne de direction est articulée à l'arrière de la dérive et assure les mouvements de l'avion.
- Stabilisateur : Il assure le centrage de l'avion (stabilité horizontale en vol). Sa position en hauteur varie d'un type d'avion à un autre.
- On trouve de ce fait des stabilisateurs fixés plus ou moins haut sur le fuselage, ou sur la dérive.
- Gouvernes de profondeurs : Elles assurent les mouvements de l'avion autour de l'axe de tangage (piqué ou cabré).

Elles sont articulées à la partie arrière du stabilisateur.

Depuis l'avion boeing l'empennage n'utilise plus que des composites avances, à fibres de verre et de carbone. Les panneaux lateraux, qui sont les pieces de plus grande dimension ont une structure sandwich à nid d'abeille.

Cette structure offre : une bonne résistance aux forces et aux moments, une grande rigidité en flexion, une faible masse, une excellente tenue en fatigue, une bonne tenue à la fatigue due aux vibrations soniques, une résistance après traitement de surface aux conditions d'environnement et au fluide hydraulique, un faible coût de production comparé aux pièces monolithiques renforcées.

Les inconvénients de la structure nid d'abeille sont une sensibilité aux chocs et aux dommages par foudroiement et la difficulté d'assemblage avec d'autres éléments.

- **Stabilisateurs :**

Chaque empennage a deux Stabilisateurs sont :

- ✓ Stabilisateur horizontal.
- ✓ Stabilisateur vertical.

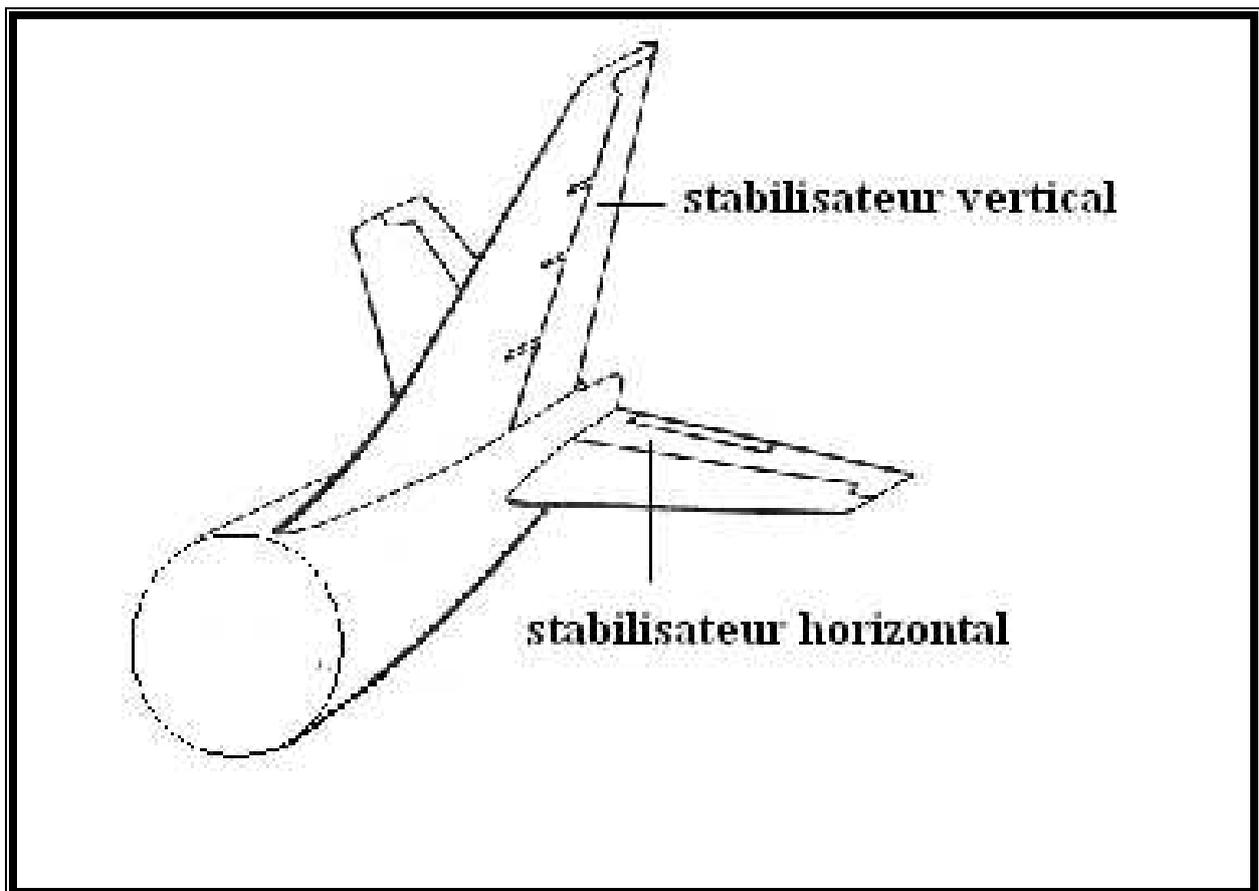


Figure I-4 : Empennage.

I-1-3-1- STABILISATEUR HORIZONTAL (Voire figure I-5) :

Le plan horizontal réglable [Primable Horizontal Stabiliser (THS)] est une structure à une seule pièce montée à travers, et supportée par la section de queue de fuselage. Le stabilisateur horizontal fournit la structure porteuse pour gouverne de profondeur gauche et droite.

Le (THS) est installé à la section de queue, et attaché au fuselage à trois points, par le vérin de THS et par les deux points de charnière de chaque côté du fuselage.

Le (THS) comporte :

- D'une boîte de longeron central.
- Des boîtes de longeron gauche et droit.
- Bord d'attaque de gauche et droite.
- Bord de fuite gauche et droite.
- Les extrémités de stabilisateur gauche et droit.
- Tabliers du stabilisateur gauche et droit et le support de fixation de stabilisateur.

Le composant structural principal du (THS) est la boîte de longeron de stabilisateur, et toutes les charges sur le stabilisateur horizontal sont transmises par la boîte de longeron central et son support de fixation.

Les autres composantes du (THS) sont fixés dans les boîtes de longeron de stabilisateur, et excepté les supports de fixation être démontable pour la réparation et la maintenance. Le (THS) peut être enlevé comme unité complète.

I-1-3-2- STABILISATEUR VERTICAL (Voir figure I-6) :

Les composants principaux du stabilisateur vertical sont :

- La boîte de longeron.
- Bord d'attaque.
- Bord de fuite.
- L'extrémité.
- Les supports de fixations.

A- Boîte de longeron :

La boîte de longeron est un composant structural primaire du stabilisateur vertical. C'est une partie du stabilisateur vertical qui est attaché au fuselage. Tous les autres composants du stabilisateur vertical sont fixés dans la boîte de longeron.

B- Bord d'attaque:

Le bord d'attaque de stabilisateur vertical a quatre sections que tu peux déposer. Ils sont attachés à l'avant de la boîte de longeron. La section inférieure donne l'accès à l'antenne à haute fréquence (HF). Les quatre sections donnent une forme aérodynamique à l'avant du stabilisateur vertical.

C- Bord de fuite:

Le bord de fuite est attaché à l'arrière du stabilisateur vertical. Il a une structure de base et dix panneaux d'accès. Les panneaux donnent l'accès à l'hydraulique de gouverne de direction, aux servocommandes, aux tiges de commande et aux bras de charnière.

D- Extrémité:

L'extrémité est le capot de carénage supérieur du stabilisateur vertical. Il est attaché au dessus de la boîte de longeron et au longeron avant. Le conducteur de foudre pour le stabilisateur vertical est installé sur le bout.

E-Support de fixation :

Le stabilisateur vertical a :

- Support de fixations principales et raccord transversal de charge, qui attache le stabilisateur vertical à la partie arrière du fuselage.
- Bras de fixation de gouverne de direction.
- Support de fixation, qui attache les servocommandes de gouverne de direction au longeron arrière.
- Support de fixation pour un bras de profile entre le longeron arrière et le bras de charnière.

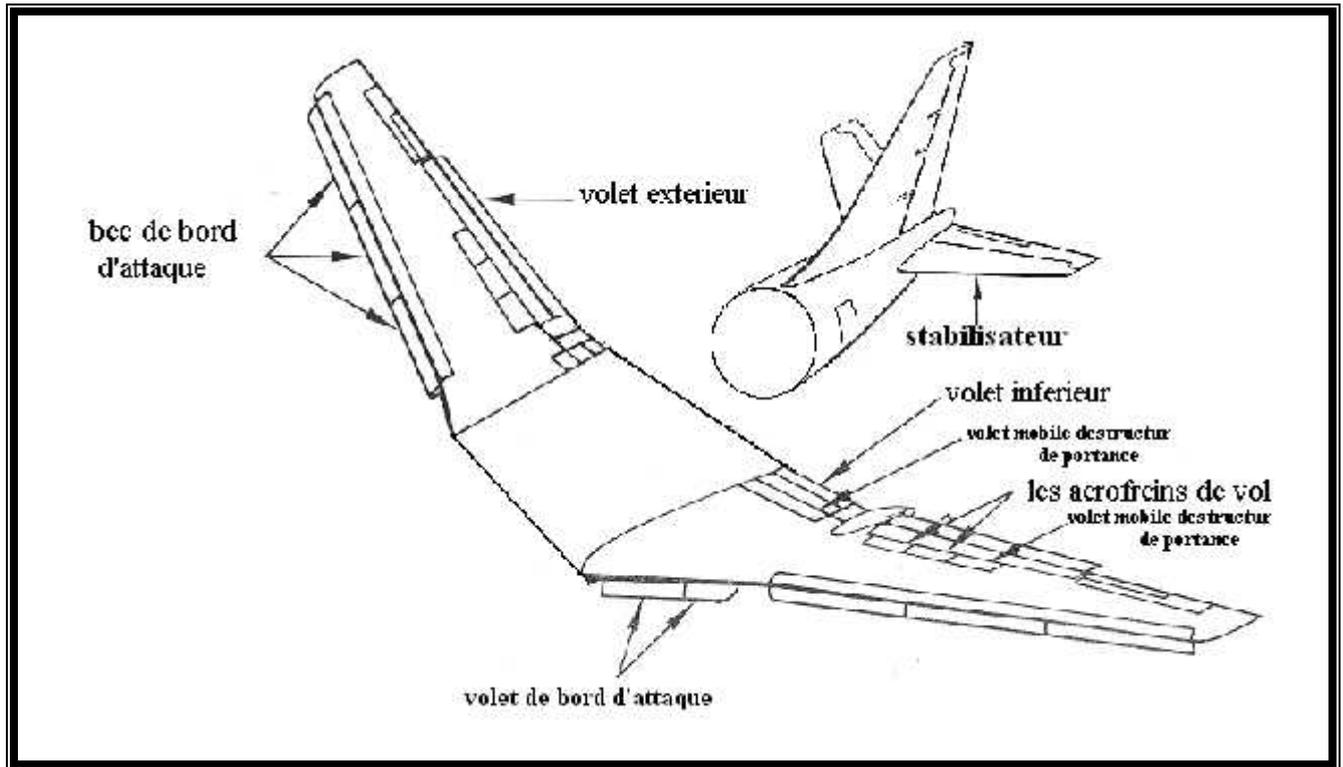


Figure (I-5): Plan horizontal.

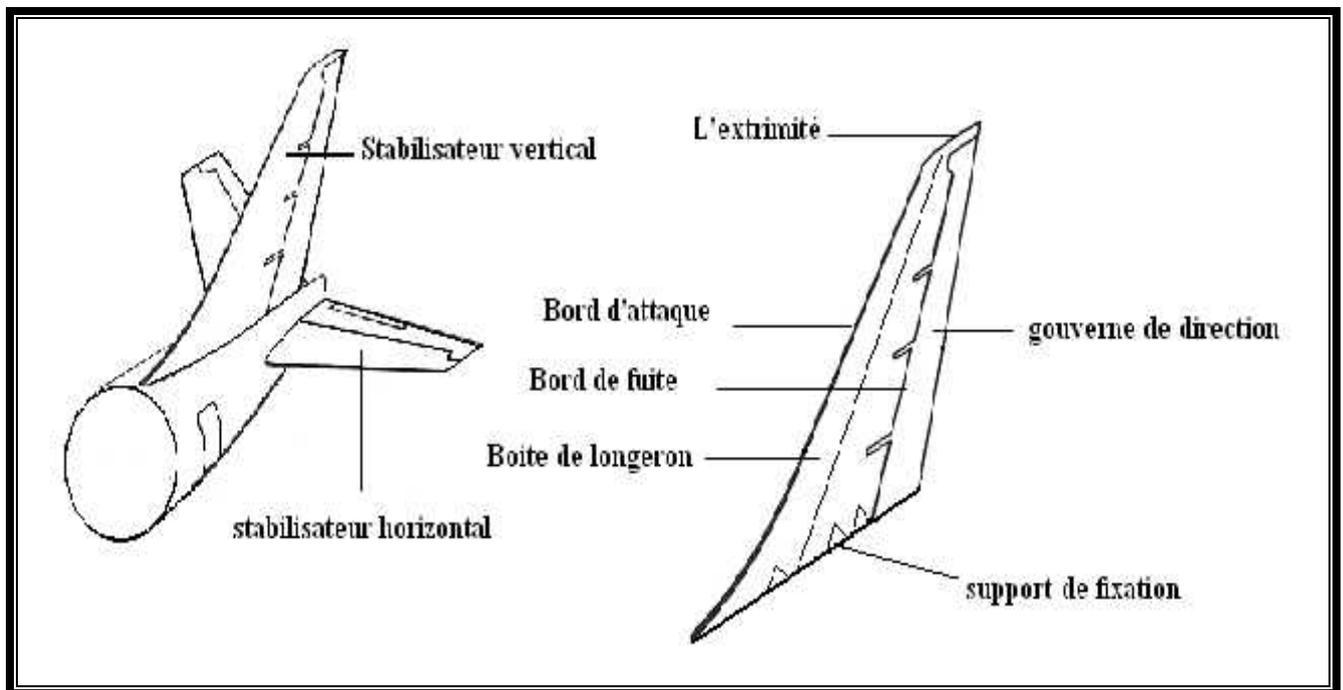


Figure I-6 : Stabilisateur vertical.

I-1-4-TRAIN D'ATERRISSAGE (voir figures : I-7, I-8et I-9):

Le train d'atterrissage se compose du deux train principaux, et d'un train avant. Les trains principaux sont placé à bord de chaque nacelle de moteur, et à l'arrière du longeron d'aile arrière. Le train avant est beuglement localisé la cloison étanche arrière de la cabine de contrôle.

Le train d'atterrissage est actionné hydrauliquement, pour se prolonger et se rétracter au moyen d'un levier sélecteur de train d'atterrissage placé sur le panneau P2-2. Quand le levier sélecteur est placé dans la position haute, chacune des trois trains se rétractera simultanément. Le train principal se rétractera à bord dans le fuselage.

Le train avant se rétracte en avant dans le logement du train avant.

Quand le levier sélecteur est placé dans la position basse, chacune des trois trains sorts simultanément. La position de repos est le mode normal de croisière et tout le train d'atterrissage sera dépressurisé. Un système de serrure empêche le levier d'être placé dans la position haute quand l'avion est sur la terre.

➤ INDICATION :

Six lumières situées au-dessus du levier sélecteur de train d'atterrissage, fournissent l'indication et l'avertissement pour le train d'atterrissage. Un feu vert sera allumé quand le train respectif est en position bas, la lumière rouge sera allumée quand le train d'atterrissage est en cours de transits ou le levier de train d'atterrissage ne conviennent pas. Les lumières rouges servent également de voyants d'alarme quand l'avion est dans une configuration d'atterrissage possible et le train n'est pas vers le bas, et fermé à clef.

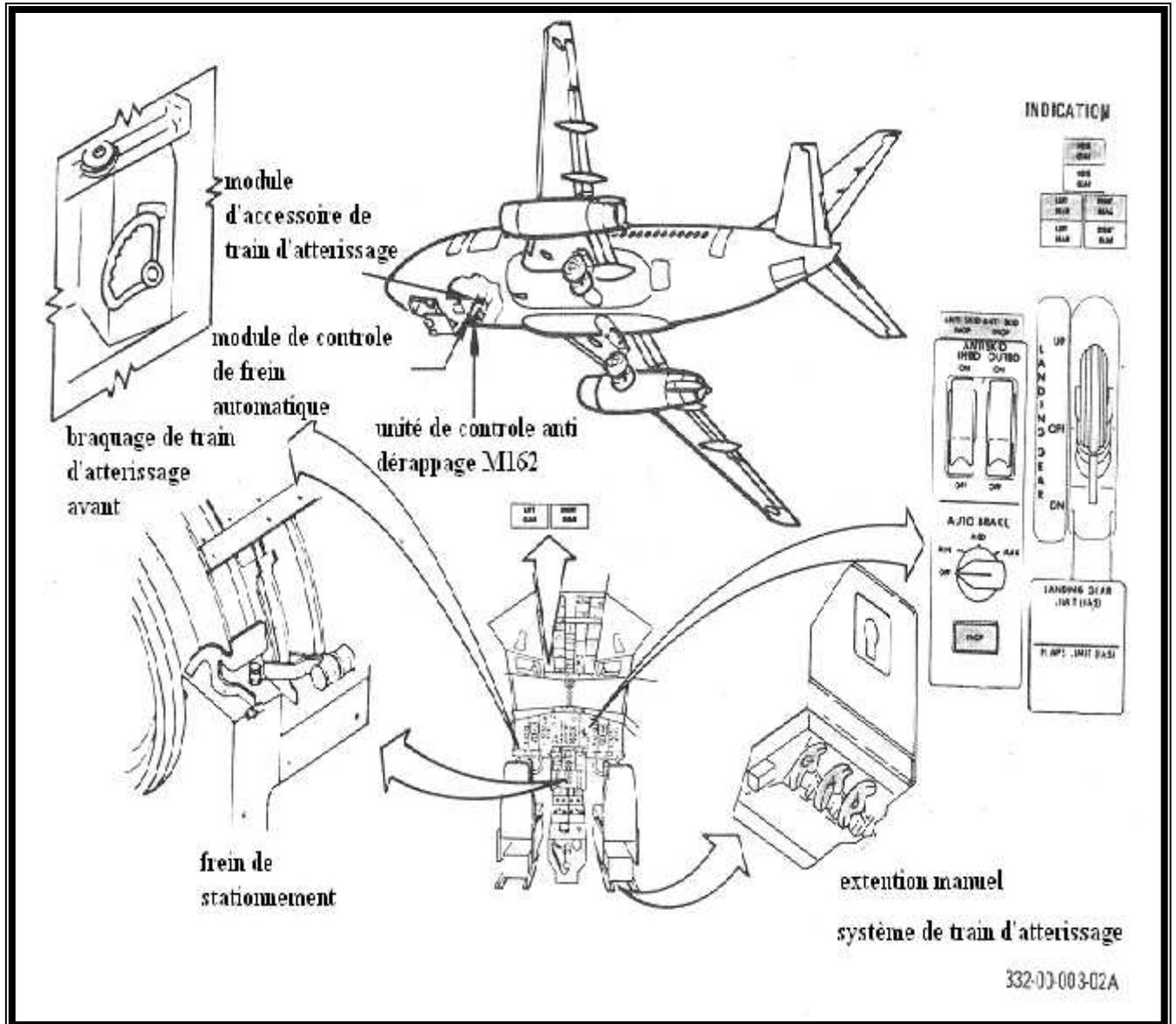


Figure I-7: Système d'atterissage.

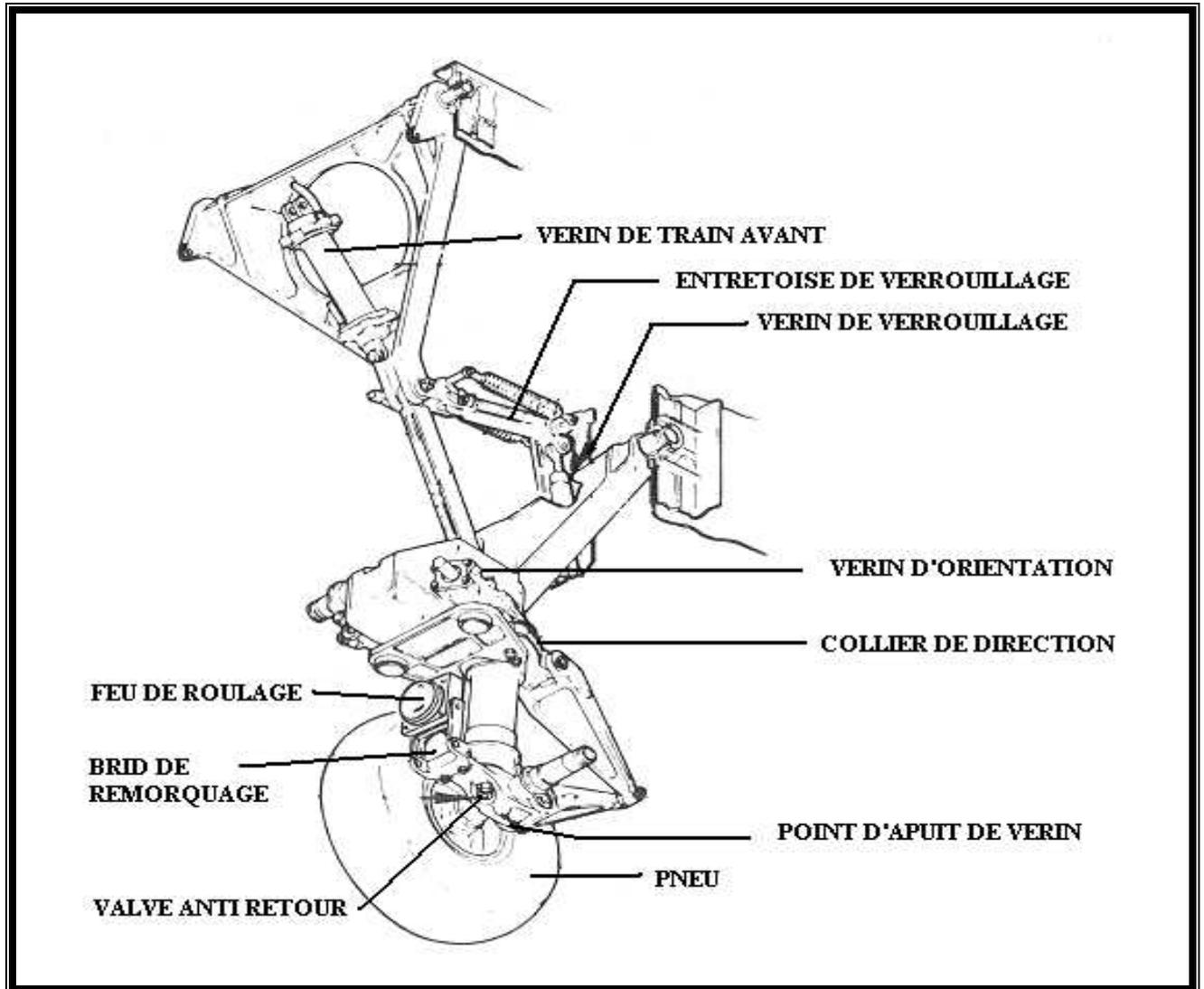


Figure I-8: Train d'atterrissage avant.

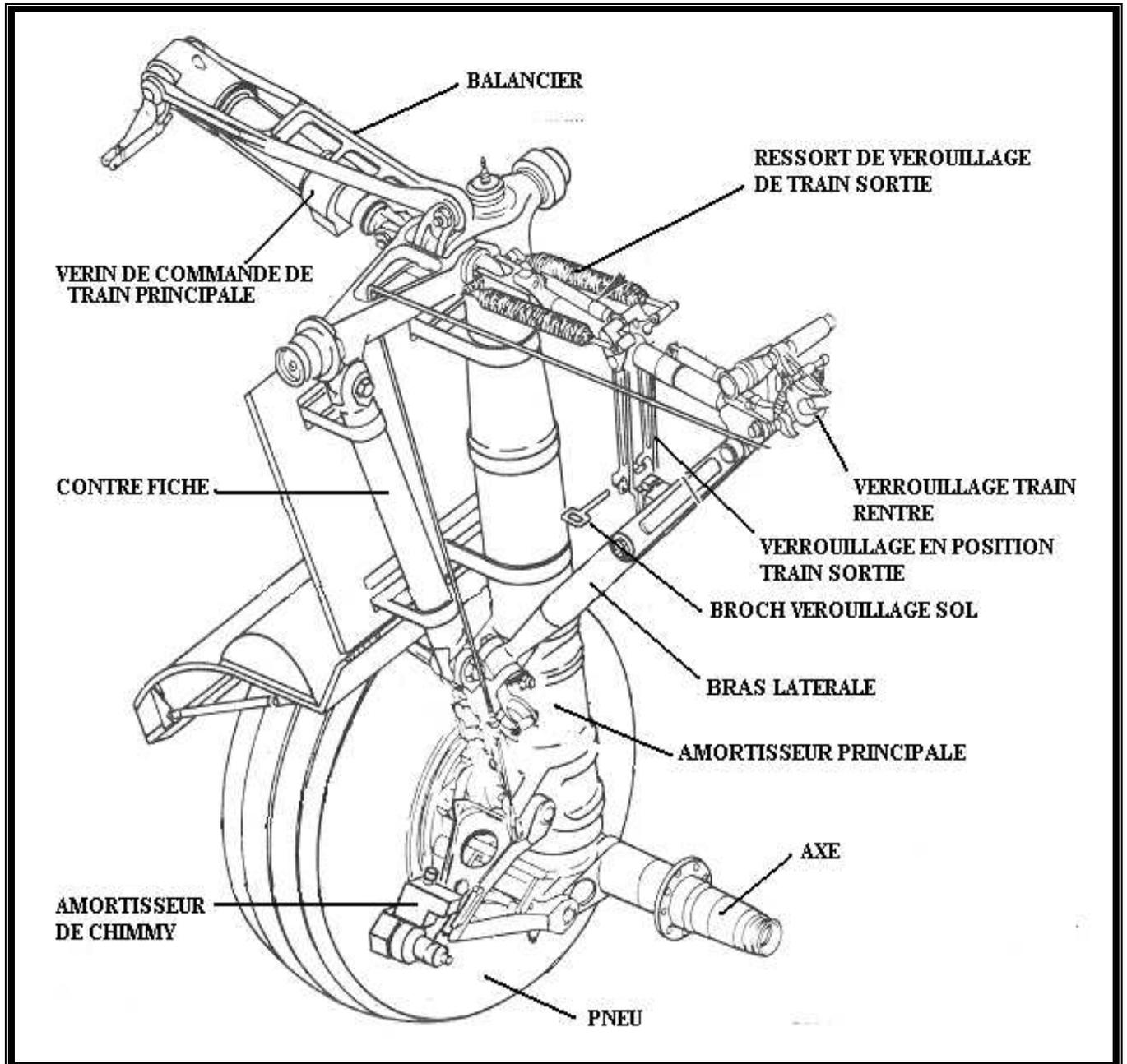


Figure I-9: Train d'atterrissage arrière droit.

I-2-CARACTERISTIQUES DU BOEING 737-200 :

Envergure : 28.35 m.

Longueur : 30.53 m.

Hauteur : 11.23 m.

Surface alaire : 91.10 m².

Masse à vide : 30120 kg.

Masse maximum : 58150 kg.

Charge utile : 14400 kg.

Capacité : 110-139 passagers.

Distance franchissable : 2600 nm (environ 4800 km).

Plafond : 35000 pieds (environ 10500 m).

Vitesse de croisière : 460 nœuds (environ 850 km/h).

Vitesse maximale : 575 nœuds (environ 1050 km/h).

Moteurs : 2 réacteurs à double flux Pratt & Whitney JT8D-15 15,500 lb (7,031kg).

Piste de décollage : 2740 m.

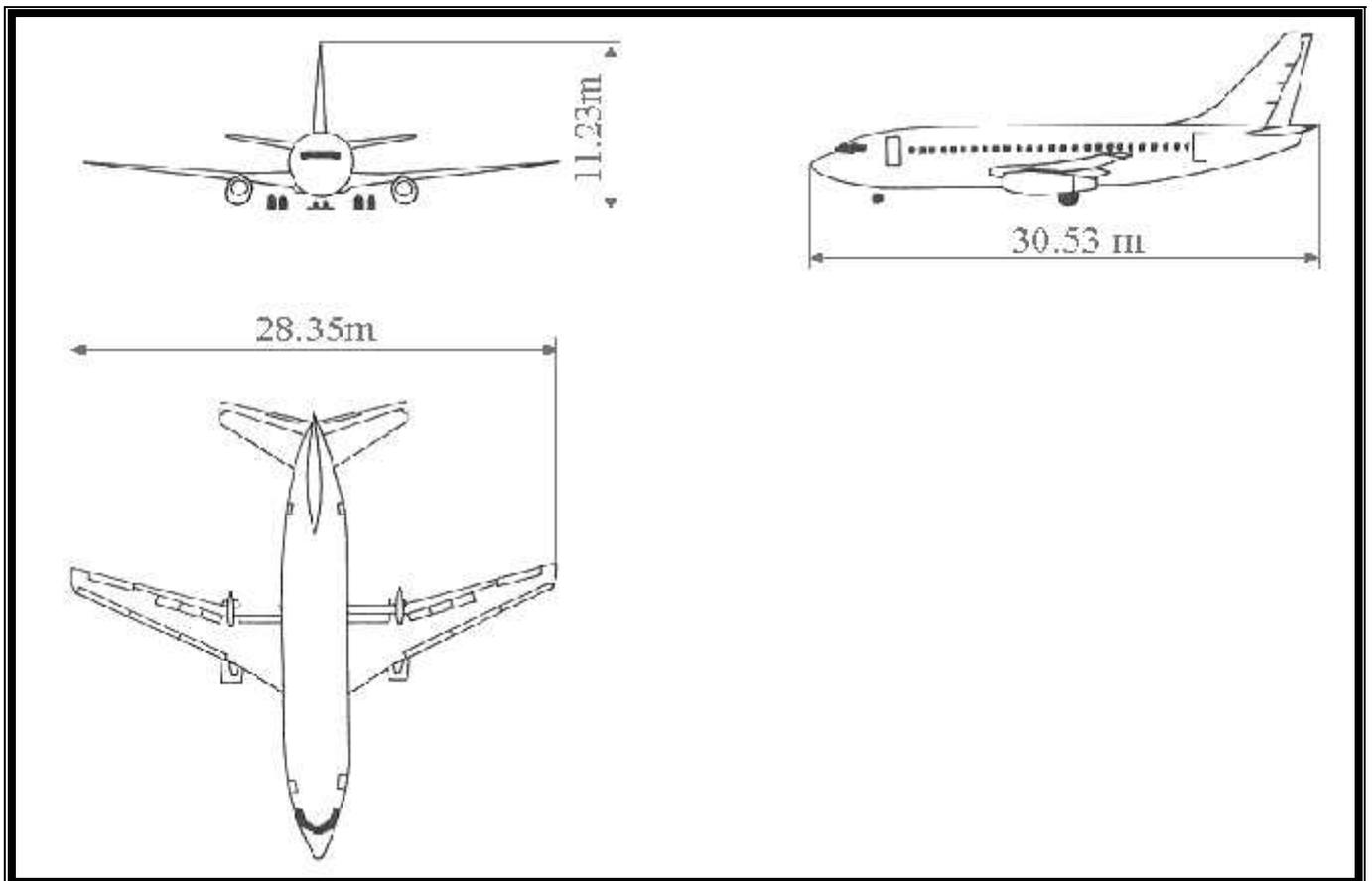


Figure I-10 : Dimension de l'avion 737-200.

I-3- GENERALITE HYDRAULIQUE:

Le système hydraulique comprend trois circuits indépendants, un circuit secours et deux circuits principaux, A et B.

La pression dans les circuits en fonctionnement est 3000 PSI et elle est fournie:

- pour le circuit A, par deux pompes entraînées par les GTR n° 1 et n° 2.
- Pour le circuit B, par deux électropompes.
- Pour le circuit de secours par une électropompe.

La pression hydraulique nécessaire à l'utilisation normale des commandes du vol, du train d'atterrissage, des freins, et de l'escalier arrière est fournie par les circuits A et B.

Le circuit de secours délivre de la pression à la gouverne inférieure de direction et aux dispositifs de bord d'attaque (sortie seulement).

Toutes les fonctions essentielles assurées par les circuits A et B disposent d'un secours hydraulique, pneumatique, électrique ou manuel.

Un robinet d'intercommunication permet de mettre en pression le circuit A par le circuit B lors d'essais au sol.

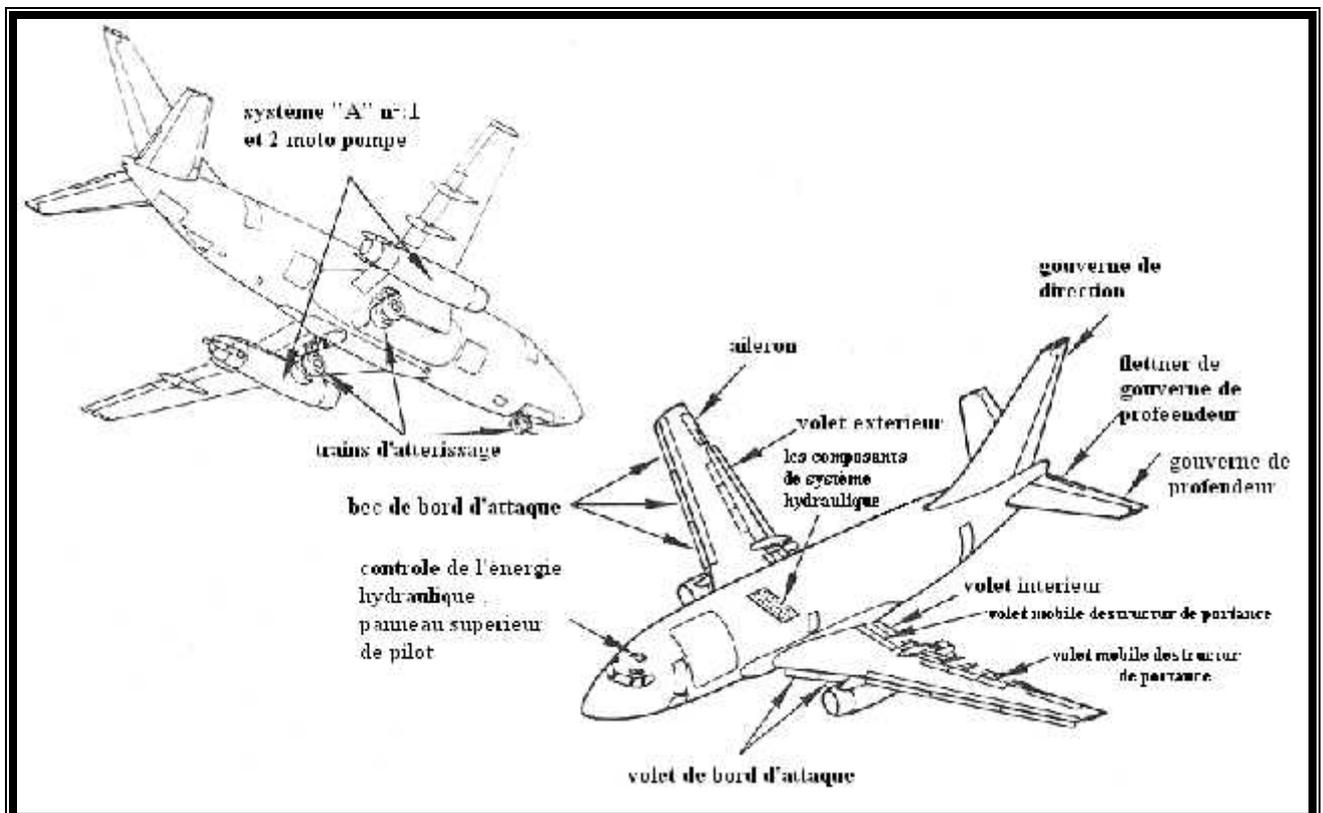


Figure I-11: Système hydraulique.

I-3-1- CIRCUIT A: (Voir Figure I-12)**I-3-1-1-PRESSURISATION RESERVOIR « A » :**

Les prélèvements d'air HP sur les réacteurs 1 et 2 assurent la pressurisation du réservoir A, la pressurisation au sol des réservoirs est possible à partir d'une prise située à l'arrière du fuselage, un régulateur placé à côté du réservoir A, maintient une pression constante d'environ 45 PSI.

Sur le réservoir A un clapet de surpression est taré 65 PSI

I-3-1-2-MISES EN PRESSION:**I-3-1-2-1-ROBINET D'ISOLEMENT ASPIRATION:**

C'est un robinet du type guillotine il est actionné par un moteur électrique. Il peut être commandé par la commande coupe-feu ou par l'interrupteur sous cache du panneau O.M.N.

Sur le robinet un levier de command manuel indique les positions ouverts ou fermé.

I-3-1-2-2-POMPES HYDRAULIQUES A:

Deux pompes auto régulatrices à barillets "task/abex" entraînées par les réacteurs n°1 et n°2, débit maxi 22 USG/min pression 3000PSI (tolérance 2850/3200 PSI).

Sur le refoulement, un robinet dans le corps de pompe se ferme lorsque la pression devient inférieure à 500PSI.

Ce robinet de refoulement peut être également commandé par un interrupteur au panneau O.M.N. celui –ci alimente un solénoïde (excité lorsque la pompe est coupée) qui repousse un tiroir permettant d'envoyer la pression de refoulement sur la face arrière du clapet de blocage. Le refoulement vers le circuit est alors coupé mais le débit de lubrification et de refroidissement interne vers l'échangeur (3USG/min) est toujours assuré.

Un filtre de drainage de corps de pompe placé sur le réacteur, et un clapet anti-retour sont installés sur le retour de chaque pompe.

I-3-1-2-3-BLOCS MODULE A:

L'ensemble bloc module est prévu pour collecter le liquide hydraulique vers des éléments type cartouche facilement démontable. Le module se compose d'un carter avec les aménagements nécessaires pour installer :

- deux filtres de pression du type cartouche (sans dérivation).
- deux clapets anti-retour.
- deux contacteurs de baisse de pression 1100 PSI.

I-3-1-2-4-FILTRE DE RETOUR A :

Le filtre de retour est du type à doubles éléments, le premier élément est un filtre papier micrométrique (0.4 à 3 microns) remplaçable, le filtre est fait pour supporter 4.3 USG/min.

Si le débit dépasse 5 à 7 USG/min, un clapet de dérivation s'ouvre et le débit évite le premier élément, le clapet de débit fonctionne aussi en clapet de surpression et dérive le débit du premier élément à partir d'une pression différentielle de 50 PSI, le liquide dérivé du premier élément passe au travers du second élément jusqu'à ce que la chute de pression entre l'amont et l'aval de ce second élément dépasse 100PSI.

Un second clapet de dérivation s'ouvre alors, et les deux éléments sont "dérivés" les deux éléments de filtres sont équipés d'indicateur de pression différentielle. Lorsque la pression chute de plus de 36PSI à travers le premier élément et de plus de 65 PSI à travers le second élément, les indicateurs apparaissent et signifient que les éléments correspondants sont encrassés.

Les indicateurs restent visibles tant qu'un ne les a pas repositionnées à la main.

I-3-1-2-5- ACCUMULATEUR A:

Monté sur (7 T VEA -7 TVEB seulement) situé à gauche de l'escalier, l'accumulateur (type à piston) a une capacité d'environ 0.41, et est pré chargé de gaz neutre 2000PSI, il est relié du côté hydraulique au bloc module A, du côté gaz à l'ensemble transmetteur de pression prise gonflage et indicateur de pression à lecture directe situé un dans le logement à gauche du sabot de queue retraits.

Le transmetteur de pression fournit la pression en PSI sur l'indicateur du panneau inférieur O.M.N.

Lorsque les pompes ne débitent pas, l'indicateur donne la pression de gaz de l'accumulateur, soit 2000 PSI.

I-3-1-2-6-SURVEILLANCE SURCHAUFFE:

Un thermo contact de surchauffe du liquide de retour est placé en aval de l'échangeur et à environ 104⁰c assure l'allumage d'un voyant ambre au panneau inférieur O.M.N.

I-3-2-RESERVOIR:

Le liquide hydraulique utilisé est du SKUDROL 500 A (spécification américaine BSM 3.11)

I-3-2-1- CAPACITE :

Les pleins des réservoirs sont indiqués au panneau inférieur OMN par trois jaugeurs

- circuit A repère F sur le jaugeur à 4.43 USG (capacité totale 5.4 USG)
- circuit B repère F sur jaugeurs 1.78 USG mais la capacité totale de ce réservoir est 3.13 USG
- circuit de secours repère F sur jaugeurs à 0.65 USG

REMARQUE:

- le réservoir B comporte un compartiment spécial pour les dispositifs de bord d'attaque de 1.13 USG (non jugeable)
- le circuit A comporte en outre un jaugeur à lecture directe sur le réservoir et un jaugeur à la station de remplissage.

I-3-2-2-EMPLACEMENT :

Les réservoirs A et secours sont situés à gauche de l'escalier arrière, ainsi que la majorité des composantes des circuits correspondants, tandis que le réservoir et composantes du circuit B se trouvent dans le karman inférieur gauche.

I-3-2-3-EQUILIBRAGE:

Le réservoir A est relié aux deux autres réservoirs par deux lignes d'équilibrage servant à pressurisation, au remplissage et aux transferts de liquide.

En particulier la ligne d'équilibrage A-B est placée de manière à conserver un minimum de 2.5USG dans le réservoir A si une fuite venait à se produire sur le circuit B.

I-3-2-4-REEMPLISSAGE :

Le complément de plein des réservoirs n'est possible qu'au sol soit sous pression soit à l'aide d'une pompe à main, à travers un filtre –l'ordre de plein est B A secours par l'intermédiaire des lignes d'équilibrage.

I-3-2- CIRCUIT B: (Voire Figure I-13)**I-3-2-1-POMPES B :**

Deux électropompes autorégulatrices "kelloc" (régulation par variation de la course des pistons) entraînées chacune par un moteur électrique 115 V alternatif triphasé, sont dans le karman inférieur gauche, elles peuvent débiter chacune 6.5 USG /min au maximum. Le débit du drainage du corps de pompe est d'environ 2USG/min.

L'aspiration de la pompe se fait à travers le moteur électrique, ce qui assure le refroidissement de celui-ci.

I-3-2-2-BLOC MODULE B :

Le bloc module du circuit B, interposé entre les pompes et les servitudes, comporte:

- deux filtres de pression.
- deux manocontacts 1100PSI.
- deux clapets anti-retour.
- un clapet de surpression 3500PSI.

Les manocontacts assurent l'allumage de voyants ambre au panneau inférieur O.M.N lorsque les pressions des électropompes correspondantes deviennent inférieures à 1100 PSI environ, les voyants s'éteignent à 1200PSI.

I-3-2-3-ACCUMULATEUR B:

Situé dans le karman inférieur gauche possède les même caractéristique que l'accumulateur A.

I-3-2-4-FILTRE DE RETOUR B:

Un filtre de retour de circuit au réservoir avec clapet by-pass admet, en particulier l'arrivée de la tuyauterie de remplissage des réservoirs et le retour de la partie pompe de la motopompe du circuit de secours.

Un filtre avec un clapet anti-retour est disposé sur le retour de chaque électropompe.

I-3-2-5/ SURVEILLANCES SURCHAUFFE:

Un thermo contact de surchauffe sur le retour de chaque électropompe (situé en amont de l'échangeur) assure l'allumage d'un seul voyant ambre, à environ 104 °C au panneau inférieur O.M.N

I-3-3 CIRCUIT DE SECOURS:(Figure I-14)**I-3-3-1 ELECTROPOMPES SECOURS:**

Une électropompe de secours "new York AIR BRAKES" (régulatrice par variation de temps effectif de refoulement des pistons à course constante) entraînée par moteur électrique 115 V alternatif triphasé, et situé à gauche de l'escalier, à l'arrière de composantes du circuit A, peut débiter au maximum 3USG/min un débit de drainage assure le refroidissement et la lubrification de l'électropompe puis retourne au réservoir (pas d'échangeur).

I-3-3-2 BLOC MODULE DE SECOURS :

Le bloc module de secours interposé entre l'électropompe et les servitudes situées à gauche de l'escalier, comporte principalement:

- un filtre de pression.
- un manocontact 1200 PSI.
- Un sélecteur secours direction commandé par la pression du circuit A (secours si A à 600 PSI environ).
- Robinet d'isolement secours des dispositifs A-B permettant l'arrivée de pression de la motopompe si l'interrupteur "secours volets" et sur "marche" et si l'un des interrupteurs EXT ou INT est sur sortie.
- Un clapet de surpression 3500 PSI.
- Un thermo contact de surchauffe de liquide retour qui à environ 104 °C, permet l'allumage d'un voyant ambre au panneau inférieur O.M.N.

La manocontact 1200PSI assure l'allumage d'un voyant vert au panneau inférieur O.M.N. quand la pression de refoulement est supérieur à1200 PSI. le voyant s'éteint vers 1100 PSI.

Il peut donc rester allumé un certain temps après l'arrêt de la pompe tant que la pression n'a pas chuté.

I-3-3-4 MOTOPOMPE D'ACTION EN SECOURS DES VOLETS B-A:

C'est une pompe type "VIKERS" non régulée, elle comporte deux alimentations

- Alimentation partie moteur → pression de secours.
- Aspiration partie pompe → compartiment A-B du réservoir B.

La pression en provenance du circuit de secours est délivré à la partie moteur de l'électropompe à condition que l'interrupteur secours volets est sur "marche" et que l'un des interrupteurs "INT" ou "EXT" est sur sortie.

I-4- INTERCOMMUNICATIONS DES CIRCUITS:**I-4-1- INTERCOMMUNICATION SOL:**

Au panneau inférieur O.M.N, un interrupteur commande un robinet à moteur permettant la mise en pression du circuit A au sol grâce aux électropompes du circuit B. le robinet d'intercommunication ne peut être ouverte que si l'une des conditions suivantes est respecté.

- A- groupe de parc électrique branché (le robinet se ferme automatiquement lors du débranchement du groupe).
- B- L'alternateur APU en fonctionnement est connecté sur le réseau.

I-4-2- INTERCOMMUNICATION FREINS:

Au panneau inférieur O.M.N, un interrupteur commande un robinet à moteur permettant d'utiliser la pression A pour le freinage des trains principaux (en cas de perte du circuit B).

Un voyant vert s'allume lorsque le robinet est ouvert ou en cours de fermeture.

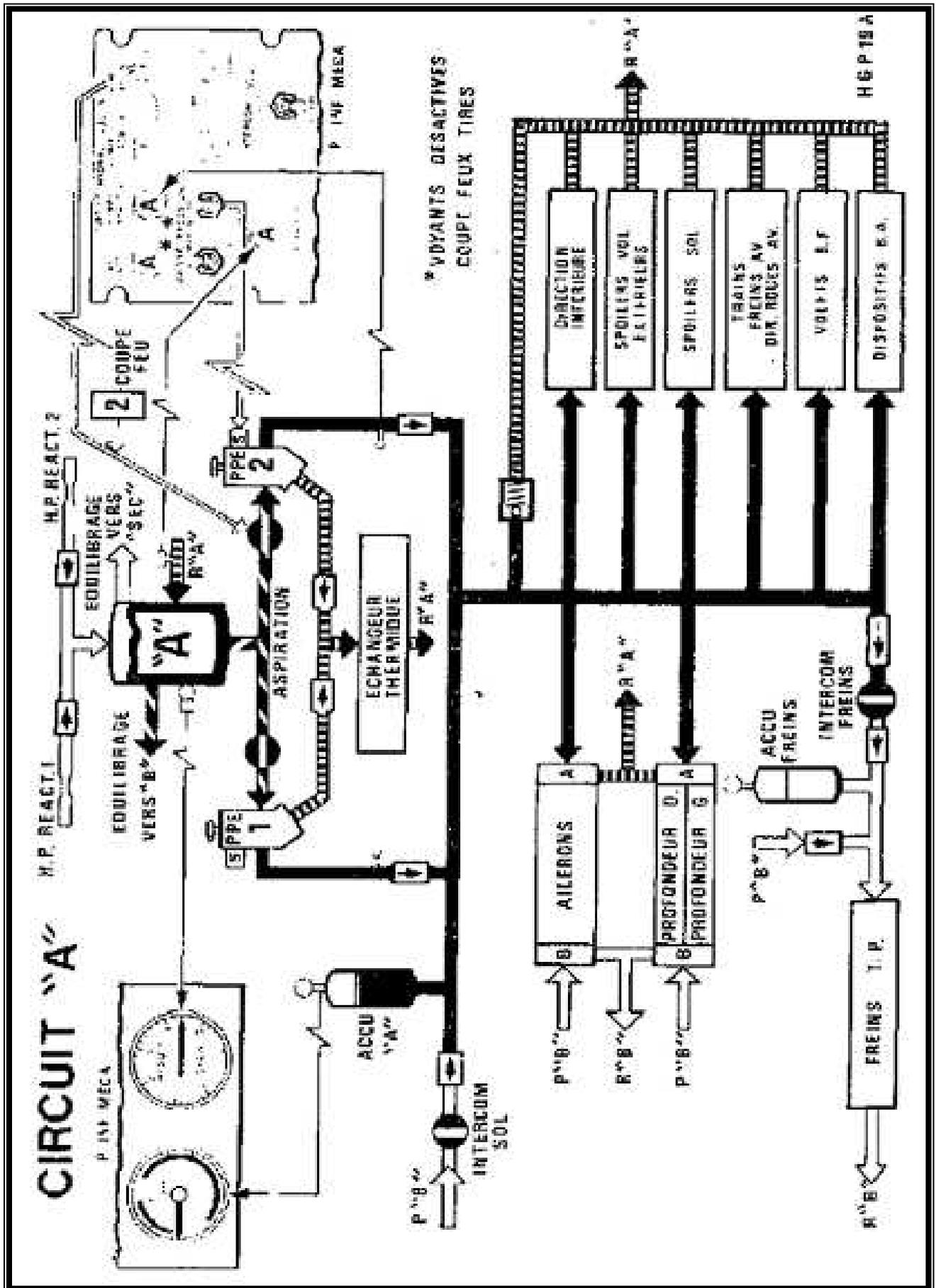


Figure I-12 : Le circuit A.

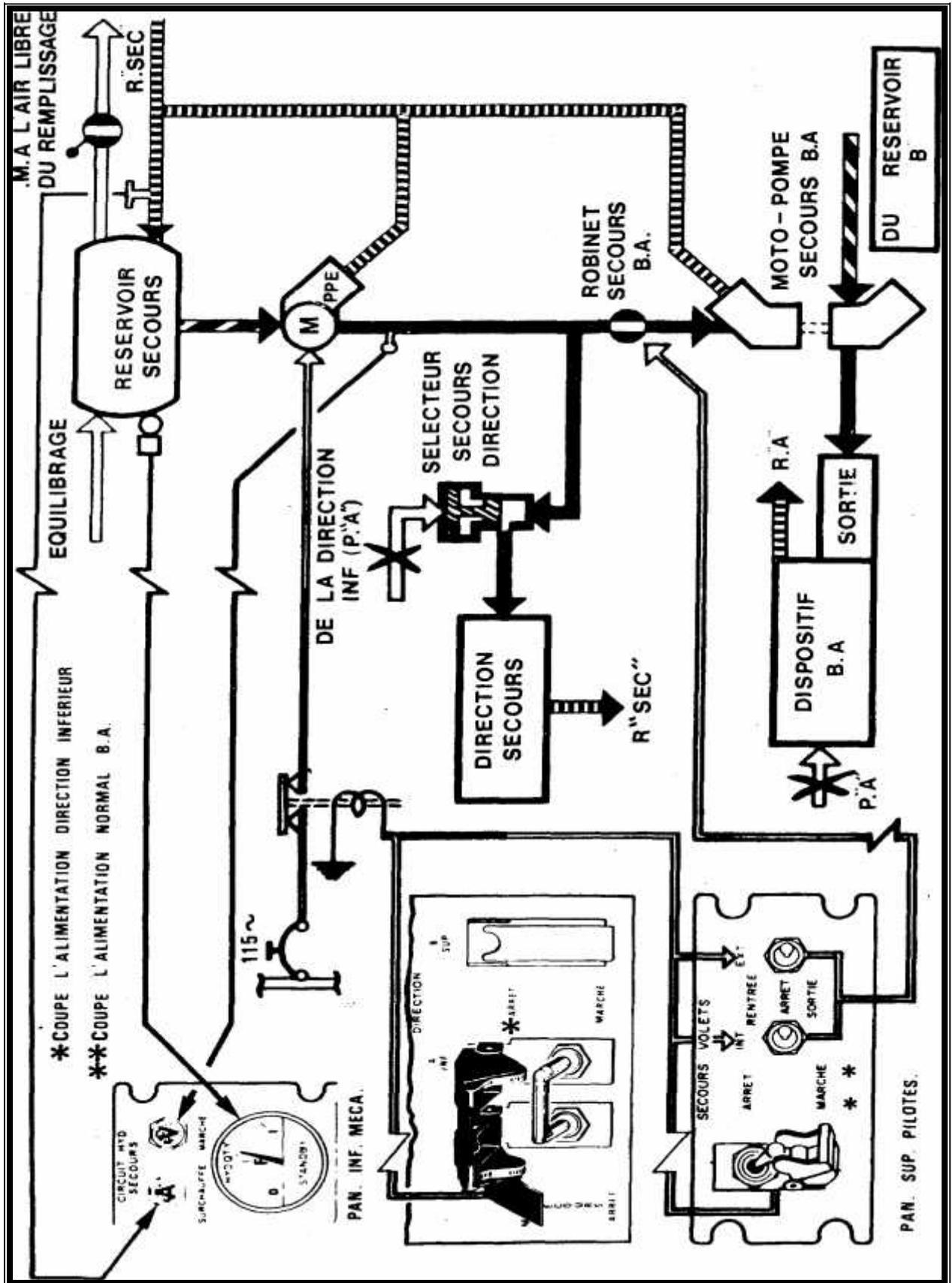


Figure I-14 : Circuit de secours.

I-5- SYSTEME DE COMMANDE DE VOL (Figure I-15):**I-5-1 INTRODUCTION :**

La cabine de control (cockpit) contient les dispositifs exigés de commande et de témoin pour l'opération et la surveillance des commandes de vol et des systèmes relatifs. Les poulies de commande sur chaque colonne sont utilisées pour actionner les ailerons et les spoilers pour la commande latérale. Des commutateurs montés sur chaque poulie de commande sont utilisés pour actionner le circuit électrique principal de stabilisateur. Les colonnes de commande sont employées pour actionner les gouvernes de profondeurs pour la commande de lancement. La gouverne de direction est commandée par les deux ensembles de palonnier pilote. Le panneau de commande de vol (sur le panneau p5 supérieur) contient les commutateurs utilisés pour commander :

- 1 - robinets d'isolement de commande de vol du système « A » et « B », et robinets d'isolement de déporteur de vol.
- 2 - système alternatif d'entraînement d'aileron.
- 3 - système d'amortisseur de lacet.
- 4 – contrôle de compensateur de mach.

Les commandes de vol utilisées sur les boeing 737 sont installées pour permettre à l'équipage de vol d'avoir manoeuvrer l'avion autour de l'axe latéral, vertical et longitudinal. Ces commandes sont divisées en deux groupes principaux:

A- commandes de vol principales comprenant les ailerons, les gouvernes de profondeur et le gouverne de direction.

B- commandes de vol secondaires comprenant les spoilers, les volets hypersustentateurs, les volets de bord d'attaque et le stabilisateur.

Les systèmes additionnels inclus dans la partie de commande de vol du cours sont le système d'avertissement de décollage, le système d'avertissement de stalle, système de limiteur de charge d'aileron et le système de commande asymétrique d'aileron. Le système d'aileron se compose d'un aileron sur chaque aile, commandes l'avion autour de l'axe de longitudinal, opération normale du système d'aileron est avec L'énergie hydraulique assurée à partir du système A et le système B, chaque système hydraulique fournit le fluide sous pression aux unités de commande indépendantes de puissance. Chaque aileron est équipé d'une étiquette d'équilibre et d'un panneau d'équilibre. Aide de ces unités dans la réduction pendant la commande manuelle si toute l'énergie hydraulique est perdue.

Le système de la gouverne de profondeur se compose de composants de remorquage montés sur le stabilisateur horizontal, commande l'avion autour de l'axe latéral.

L'opération normale du système de gouverne de profondeur est avec l'énergie hydraulique du système « A » et du système « B ».

Chaque circuit hydraulique est avec le fluide de supplies sous pression aux unités de commande indépendantes de puissance.

Des étiquettes d'équilibre et les panneaux d'équilibre sont installés pour réduire le chargement de système pendant la commande manuelle quand toute l'énergie hydraulique est perdue. Le système de gouverne de direction, contenant un gouverne de direction simple monté à l'arrière de stabilisateur vertical, commande l'avion autour de l'axe vertical. Pendant l'opération normale, approvisionnement du système « A » et « B » ont pressurisé le fluide hydraulique à un déclencheur simple et tandem de piston. Le système de secours fournira le fluide hydraulique pressurisé, quand choisi, à un déclencheur séparé.

Le système de secours est utilisé quand un ou tous les deux normale actionnant le circuit hydraulique est inopérant. Il n'y a aucune étiquette ou panneau d'équilibre installé sur le gouverne de direction. Il n'y a aucun command manuel pour le gouverne de direction.

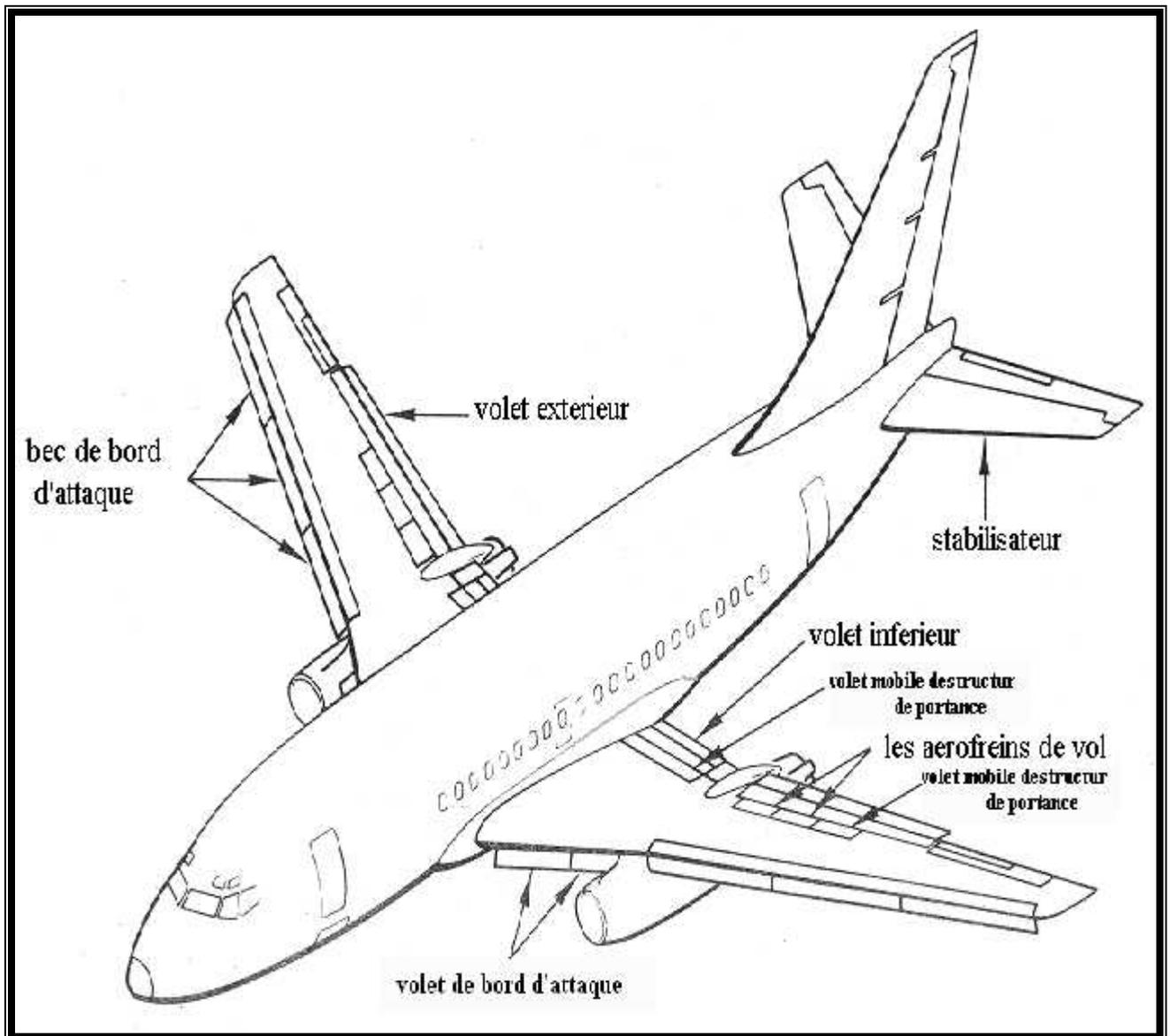


Figure I-15: Système de command de vol.

I-6-CIRCUIT D'OXYGENE:**I-6-1 DESCRIPTION GENERALE:**

Le système de l'oxygène fournissent l'oxygène pour l'équipage du vol, Membres de l'équipage et passagers au cas où recuire de la circonstance, il existe deux systèmes de l'oxygène indépendants sont installés pour fournir l'oxygène pour les passagers et membres de l'équipage pendant une origine de l'urgence et soutenant vol qui suit une décompression et pour le pilote ou copilote pendant un vol normal.

Ces systèmes sont :

- système d'oxygène de l'équipage.
- système d'oxygène du passager.

I-6-1-1-CIRCUIT D'OXYGENE DE L'EQUIPAGE (voir figure I-16):

L'installation d'oxygène d'équipage de vol livre l'oxygène de respiration supplémentaire et protecteur. le système se compose du cylindre à haute pression de l'oxygène, régulateur de la pression, vanne d'isolement, lignes de distribution de l'oxygène, et des régulateurs de demande de diluant, à chaque station d'équipage, un régulateur de demande de diluant est reliés à un masque oro-nasal. Le cylindre de l'oxygène inclut la protection contre la pression excessive. L'oxygène à haute pression est augmenté à l'oxygène à basse pression par (régulateur de pression). L'écoulement de l'oxygène à basse pression à chaque masque individuel est commandé par les régulateurs de demande de diluant. Le système de l'oxygène de l'équipage est fourni d'un cylindre du stockage localisé à l'avant de compartiment de la cargaison. L'oxygène est délivré au chaque poste d'équipage et est disponible "sur demande", ou sous pression, comme exigé.

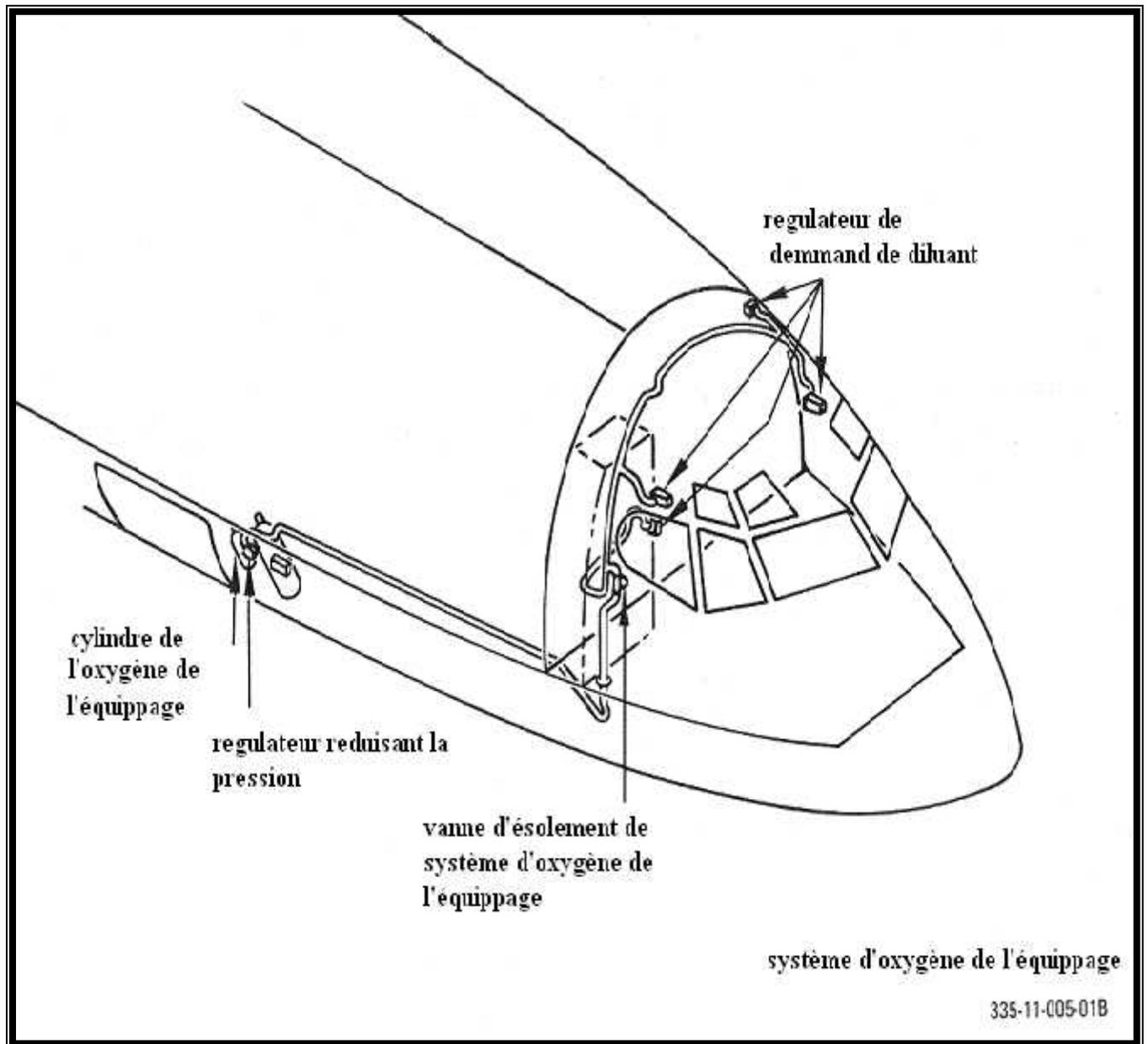


Figure I-16: Système d'oxygène de l'équipage.

I-6-1-2-CIRCUIT D'OXYGÈNE DE PASSAGER (voir figure I-17):

Le système de l'oxygène du passager est aussi fourni d'un cylindre du stockage localisé dans le comportement de la cargaison avancé. L'oxygène est délivré à chaque passager et membre de l'équipage au cas où l'altitude de cabane augmente un niveau acceptable au-dessus, ou si l'équipage du vol active, le système l'équipage et systèmes de l'oxygène du passager sont des Independent, mais les deux usages qu'un Common décharge divers à la mer.

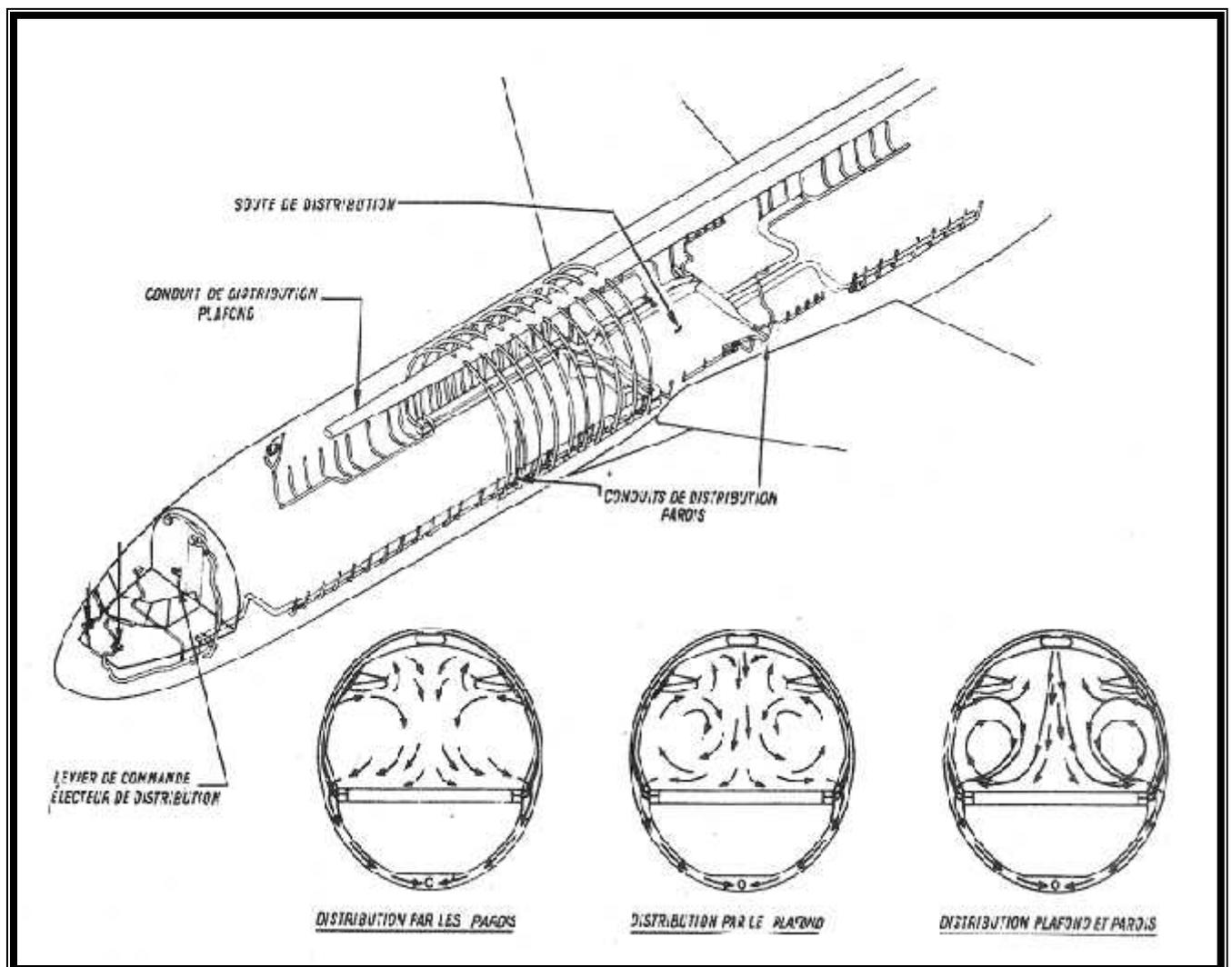
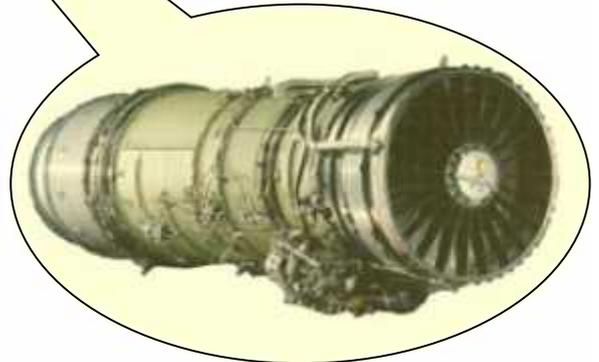


Figure I-17 : Circuit d'oxygène de passager.

CHAPITRE II

PRESENTATION ET DESCREPTION DU MOTEUR JT8D-15



II-1 INTRODUCTION :

La construction des réacteurs de type JT8D du constructeur PRATT et WHITNEY remonte aux années cinquante, mais le premier vol effectué avec ces moteurs n'a lieu qu'en 1963. Ces réacteurs sont montés sur le boeing 727, 737, ils sont suspendus en dessous des ailes pour les boeing 737 seulement, et entourés de capots rabattables.

Le turboréacteur JT8D-15 a été construit au début des années 70, il n'a pas cessé d'être amélioré jusqu'à ce jour, il est de type double flux à soufflante avant (TURBOFAN) comprenant deux attelages compresseur-turbine à arbres concentrique. Sens de rotation horaire (réacteur vue de l'arrière). Un attelage basse pression comprenant un compresseur axial à 06 étages entraîné par une turbine de trois (03) étages les deux premiers étages du compresseur constituant la soufflante. Le flux d'air provenant de la soufflante (flux secondaire) est canalisé autour du réacteur (flux primaire).

La vitesse de rotation de l'attelage BP est appelée N_1 (100% de $N_1 = 8589 \text{tr/min}$). un attelage haute pression HP comprenant un compresseur axial à 07 étages entraîné par une turbine à 01 étage.

La vitesse de rotation de cet attelage est appelée N_2 (100% $N_2 = 12250 \text{tr/min}$)

(Figure II-1), et il a une importante durée de vie, donc assez économique.



Figure II-1: Réacteur JT8D.

II-2-LES ELEMENTS CONSTITUTIFS :

Le JT8D-15 est constitué des éléments suivants :

- ✓ entrée d'air.
- ✓ compresseur axial.
- ✓ diffuseur avant la chambre de combustion.
- ✓ chambre de combustion.
- ✓ la turbine.
- ✓ tuyère d'éjection.
- ✓ les roulements.
- ✓ les carters.
- ✓ -les systèmes.

2-1-L'ENTREE D'AIR : (Figure II-2)

La section de l'entrée d'air est sous la forme d'une conduite adiabatique qui ramène les filets d'air vers l'entrée du compresseur, dans les meilleures conditions et dans tous les domaines de vol.

Le carter d'entrée du réacteur est en alliage d'aluminium ou magnésium à double paroi pour permettre le passage de l'air de dégivrage du moteur ; ce carter contient :

- les aubes directrices d'entrée du compresseur.
- le support du roulement N1.
- le support de la génératrice tachymétrique N1.

A l'entrée d'air la température totale est conservée, mais la pression totale chute à cause des pertes qu'on peut classer en deux :

- les pertes internes : dues aux frottements sur les parois (<10%)
- les pertes externes : liées aux champs aérodynamiques autour du moteur. (Figure II-1)

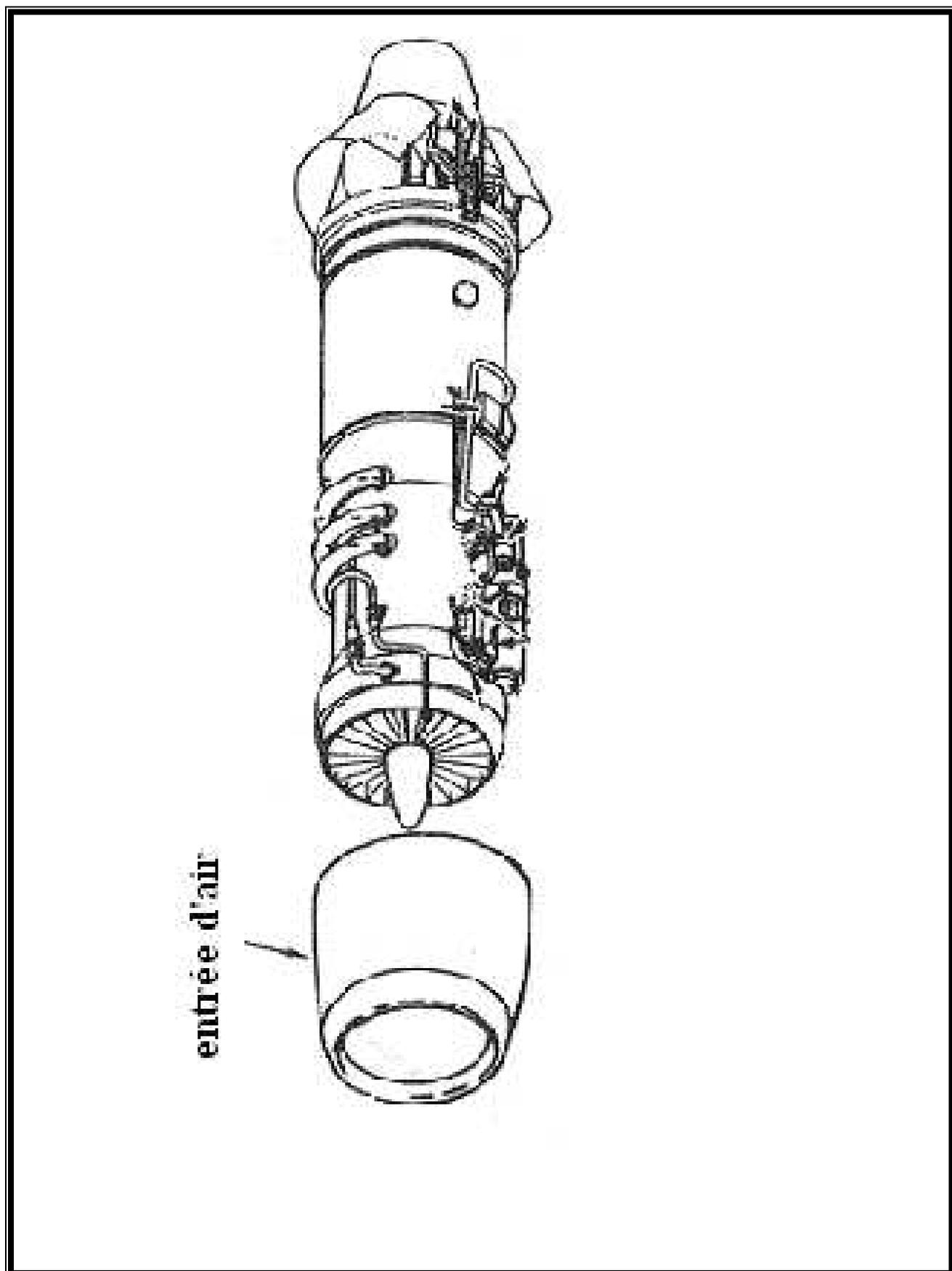


Figure II-2: Entrée d'air du moteur JT8D-15.

2-2-COMPRESSEUR AXIAL (Figure II-3) :

Le compresseur est un module destiné à comprimer l'air traversant le moteur avec un taux de compression, il amène le fluide dans les conditions minimales d'inflammation à la chambre de combustion.

Or le turboréacteur JT8D-15 est équipé par un compresseur axiale composé de 13 étages subdivisés en :

- 6 étages basse pression formant la compresseur basse pression ; qu'est entraîné par la turbine basse pression, les deux premiers étages de la compresseur basse pression forme la soufflante FAN
- 7 étages hautes pression formant le compresseur haute pression qu'est entraîné par la turbine haute pression

Chaque étage du compresseur axial est composé d'une grille d'aubes mobiles et une grille d'aube fixe.

PARTIE MOBILE:

Le rotor qui fournit l'énergie cinétique au fluide avec transformation préliminaire d'énergie cinétique en énergie de pression, cette transformation est assurée par la section divergente.

PARTIE FIXE :

Le stator qui transforme l'énergie cinétique en énergie de pression, (figure -3)

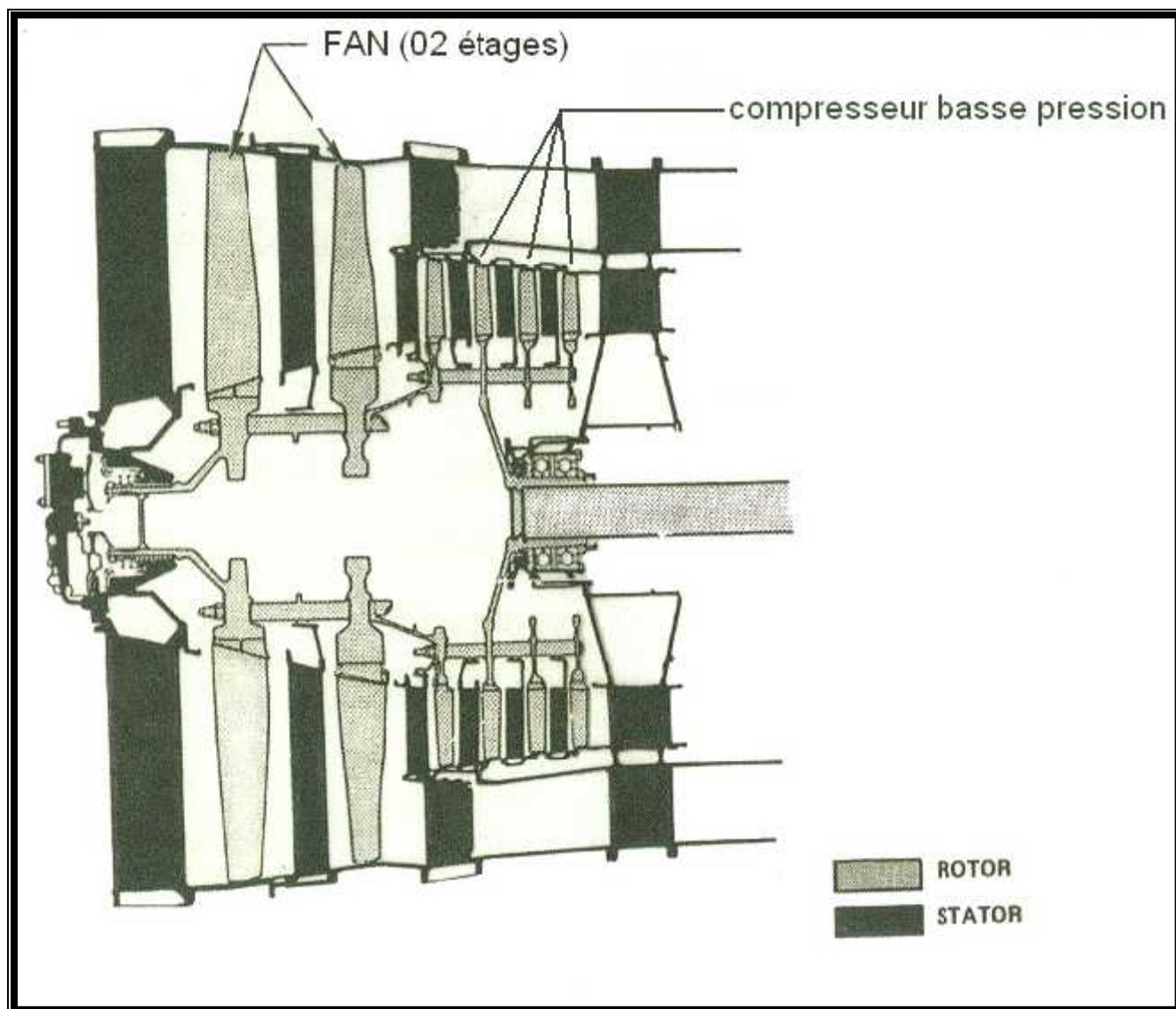


Figure II-3-Le compresseur.

2-3 Le Diffuseur Avant Chambre De Combustion :

Ce diffuseur assure la liaison entre l'arrière du compresseur et la chambre de combustion, avant admission dans celles-ci, l'air primaire du turboréacteur est décéléré dans le diffuseur et sa pression augmente ; de plus, l'écoulement devient aux chambres de combustion.

Le diffuseur contient essentiellement :

- le treizième étage statorique du compresseur.
- un reniflard pour le soutirage d'air du 13^{ème} étage.
- les tuyauteries du carburant.

2-4-LA CHAMBRE DE COMBUSTION : (FIGURE -4)

Le JT8D-15 est équipé de 09 chambres de combustion de type mixte numérotés de 01 à 09 dans le sens horaire (vue arrière du réacteur), ces chambre sont disposés autour des arbres de transmission contenue dans deux carters intérieurs, chaque chambre est équipée d'une injection, toutes les chambres sont interconnectées par de tubes de transfert de flamme, qui permettant l'allumage de toutes les chambres de combustion, et d'égalisé la pression dans celle-ci.

Les chambres 04 et 07 sont pourvues d'une bougie d'allumage, un injecteur de type doublex est introduit au centre et à l'avant de chaque chambre de combustion à travers un swirl. Celui-ci est constitué d'aubes fixes qui communiquent à travers, ce dispositif permet d'obtenir un mélange plus homogène entre l'air et le carburant pulvérisé.

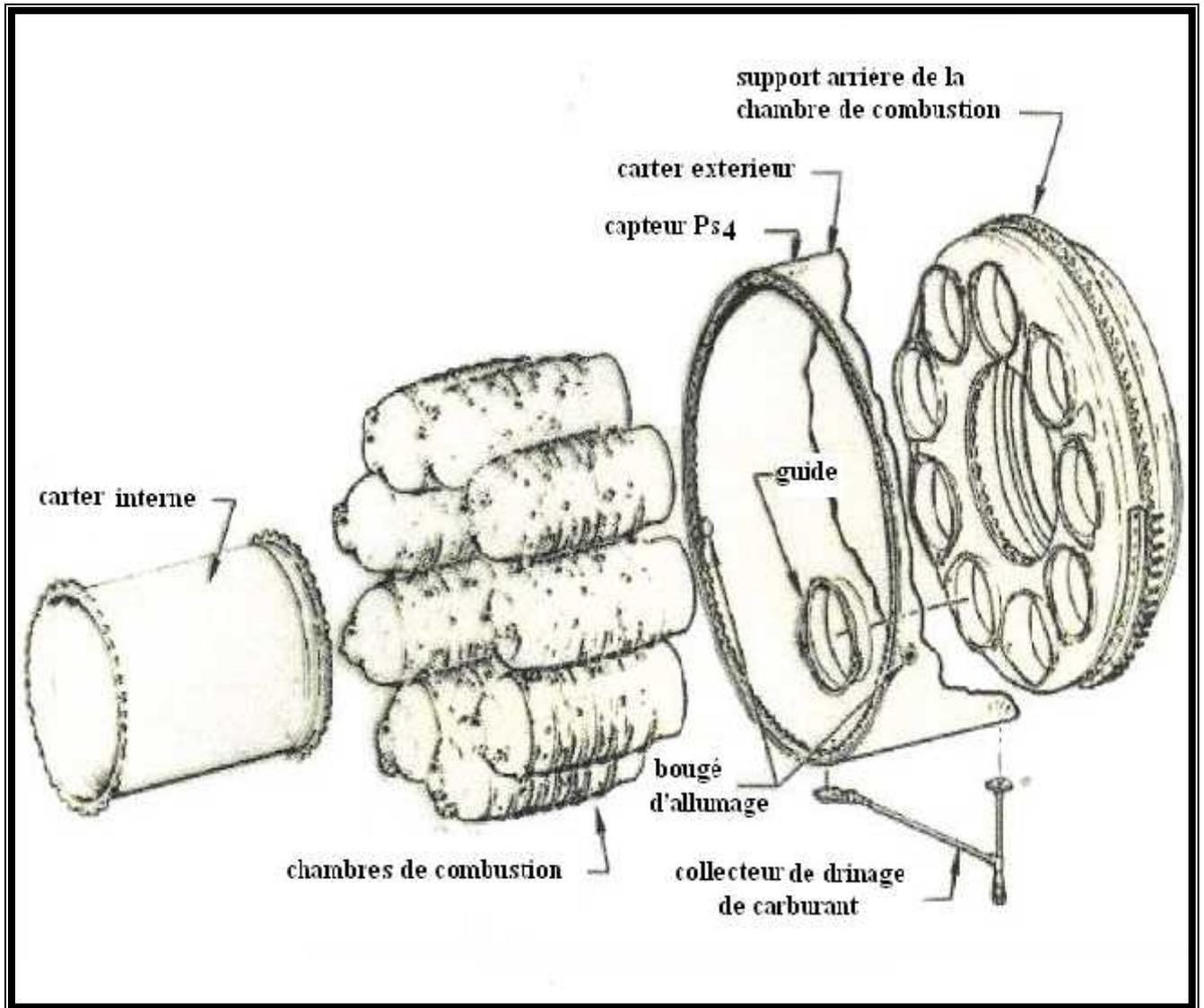


Figure II-4 : La chambre de combustion.

2-5- LA TURBINE :(Figure II-5)

La turbine à pour rôle d'entraîner le compresseur et les accessoires, le JT8D-15 possède une turbine axial qui est composée de quatre étage subdivisé en :

-un étages haute pression pour l'entraînement du compresseur haute pression et les accessoires.

-trois étages basse pression pour l'entraînement du compresseur basse pression.

Chaque étage d'une turbine axial est composé d'une grille d'aubes fixe et grille d'aubes mobiles.

2-5-1-PARTIE FIXE :(Figure II-7)

Le stator transforme une partie de l'énergie de pression à a sortie de La chambre de combustion en énergie cinétique.

2-5-2 PARTIE MOBILE : (Figure II-8)

Le rotor transforme l'énergie cinétique en énergie mécanique sur l'arbre pour entraîner le compresseur et les accessoires.

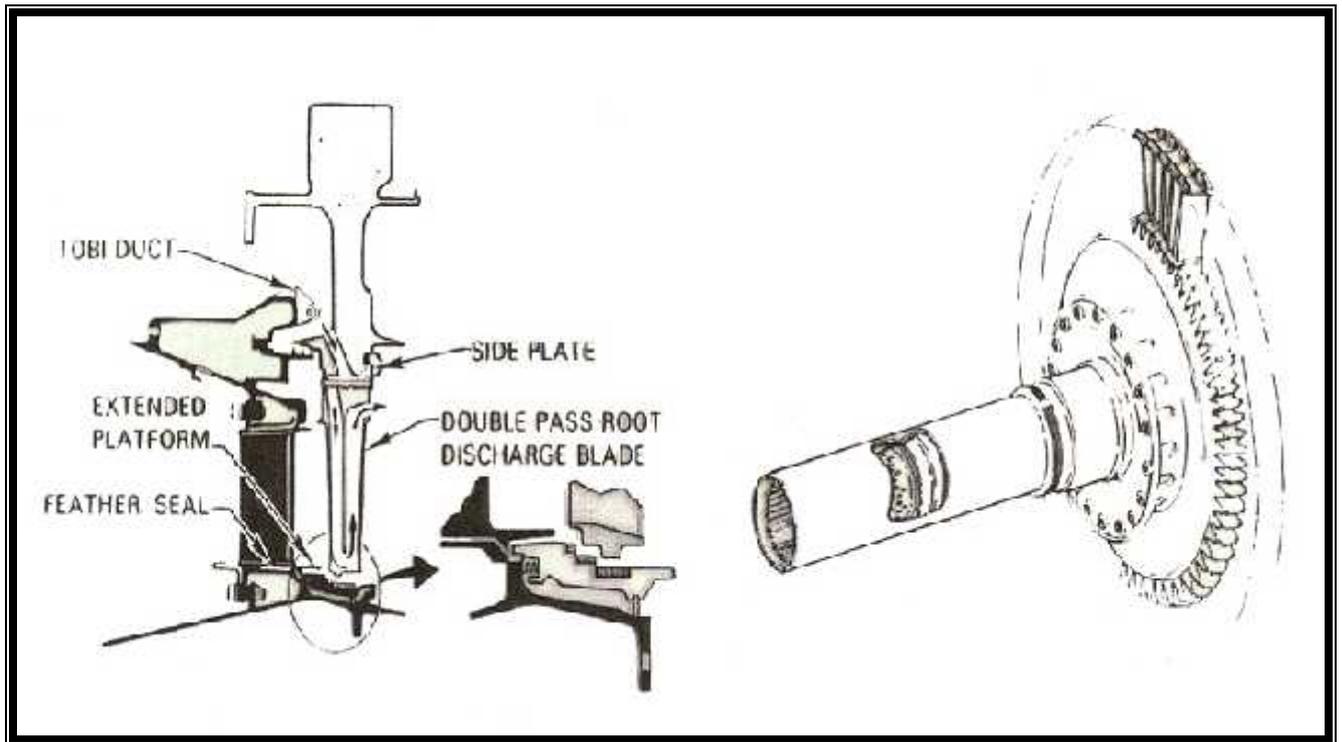


Figure II-5 : Turbine haute pression.

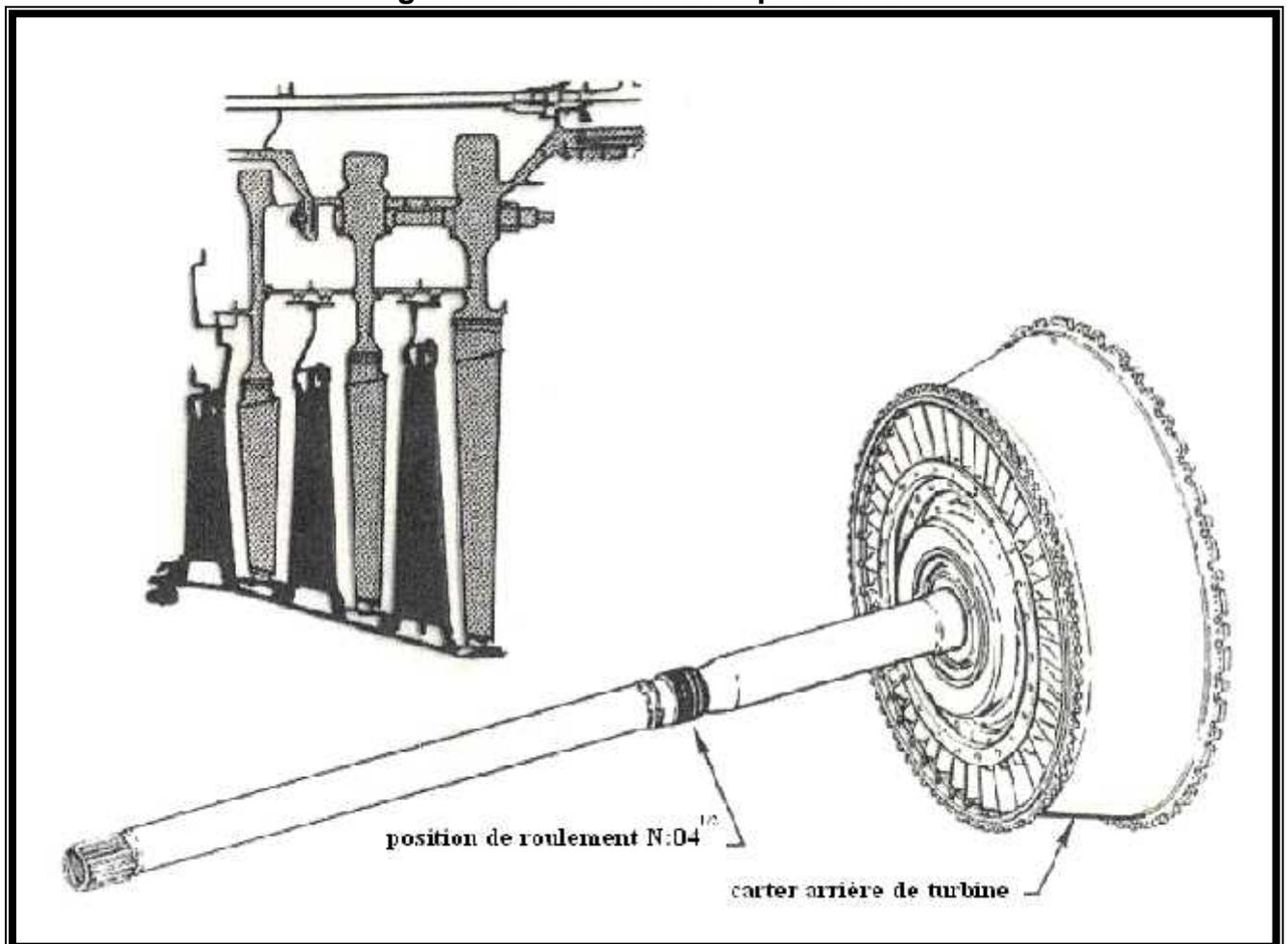


Figure II-6 : Turbine basse pression.

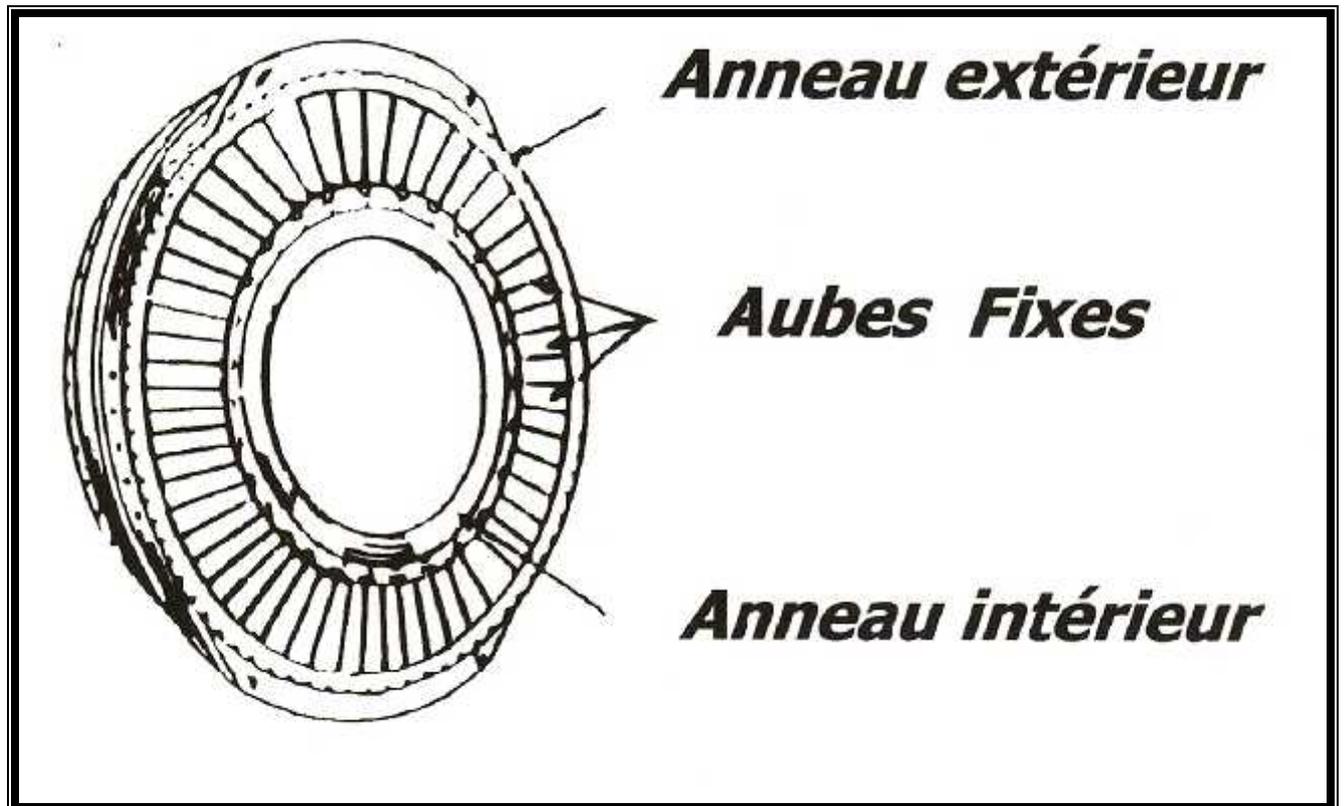


Figure II-7 : le stator.

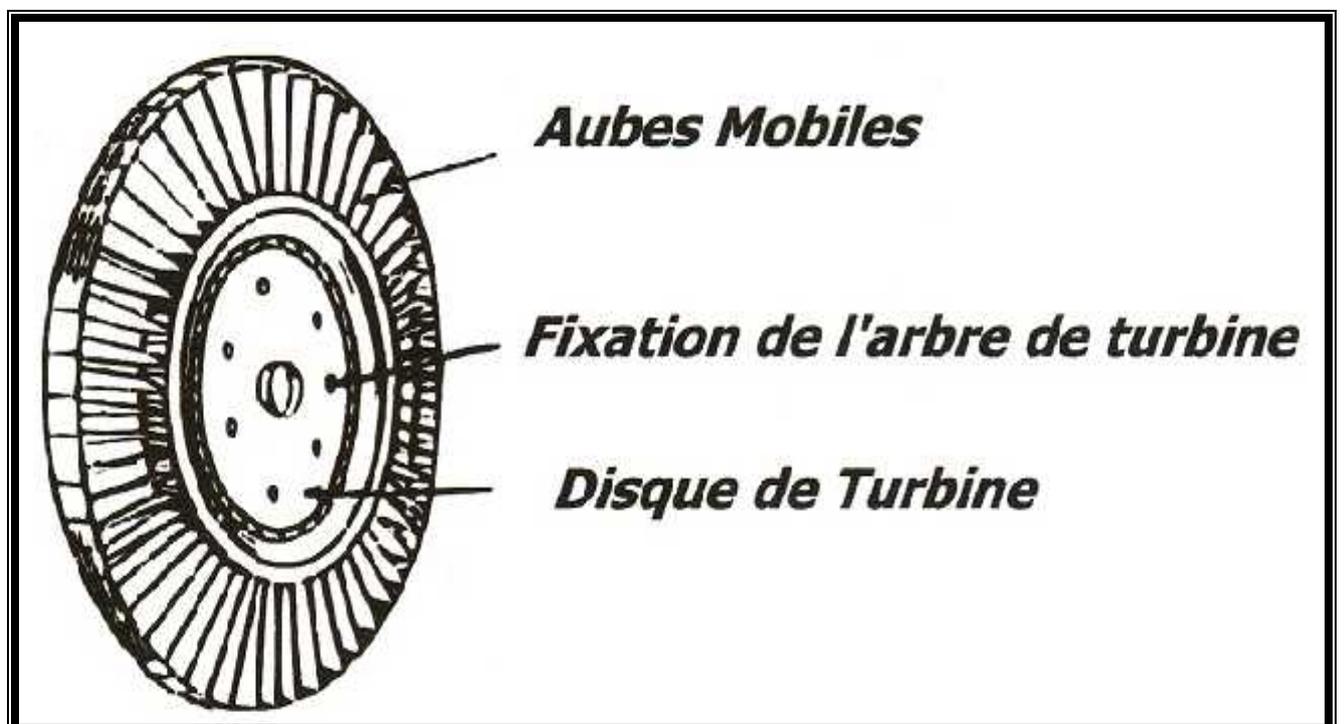


Figure II-8: Le rotor.

2-6 TUYERE D'EJECTION : (Figure II-9)

Le canal d'éjection est placé à la sortie de la turbine, il a pour rôle de terminer la détente d'où la transformation de l'énergie de pression en énergie cinétique utile à la propulsion.

La tuyère est composée d'une rallonge qui ramène les gazes de propulsion à la buse d'éjection avec un minimum de perte d'énergie, cette dernière permet la transformation d'énergie de pression en vitesse.

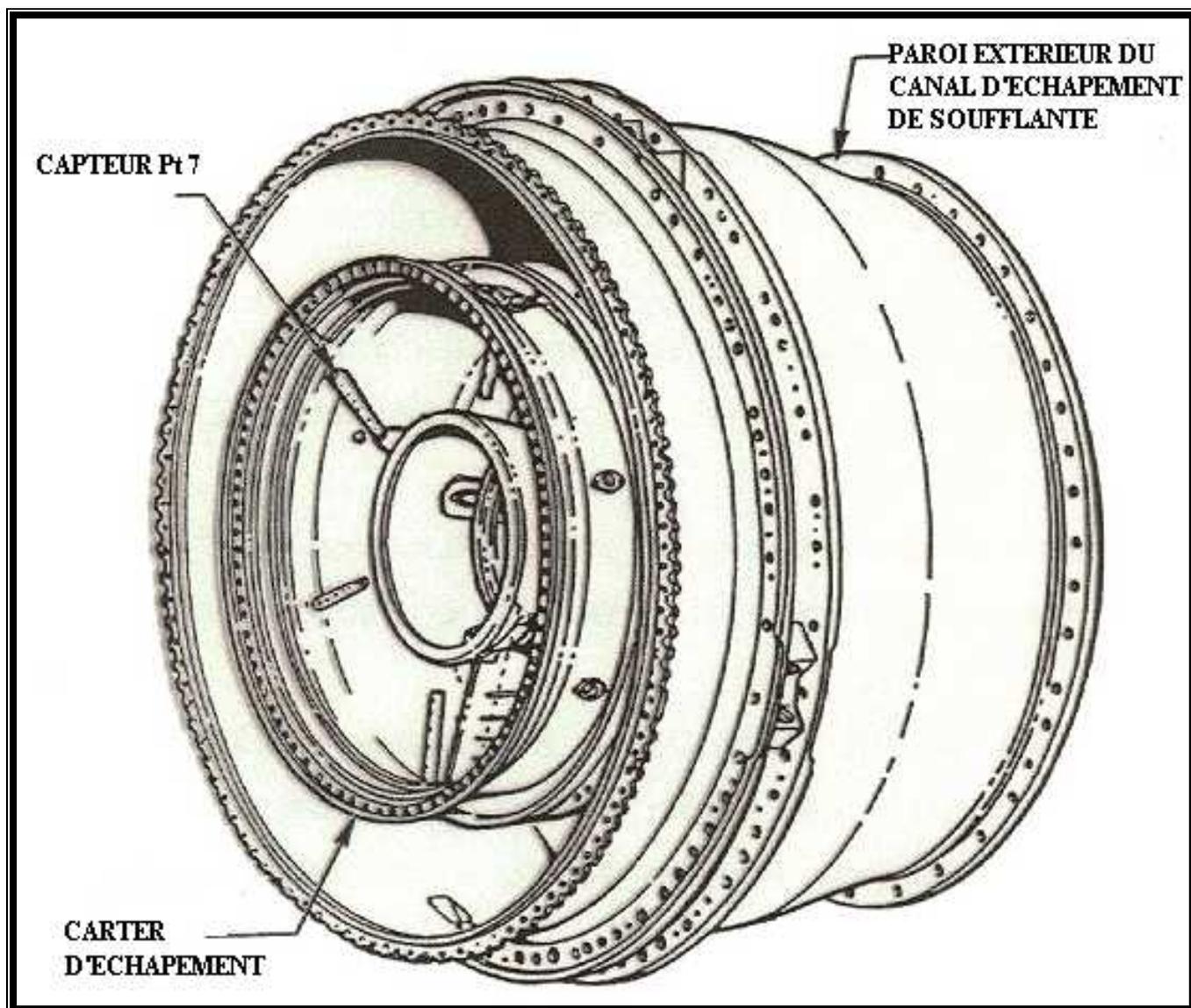


Figure II-9 : tuyère d'éjection.

2-7-LES ROULEMENTS (Figure II-10) :

L'attelage BP est supporté par 04 paliers numéroté 1, 2, 4 $\frac{1}{2}$, 6.

L'attelage HP est supporté par trois 03 palier numérotés 3, 4, 5. Les paliers 1, 2, et 4 supportant la poussée axiale des attelages. Les paliers N05 et 06 travaillant sous des températures élevées.

Le moteur JT8D-15 possède 07 roulements :

*ROULEMENT 01: ce roulement à galets supporte l'avant du compresseur N1 et permet à ce compresseur de se dilater vers l'avant et reprend les efforts radiaux.

*ROULEMENT 02 : ce roulement à double rangée de bille supporte l'arrière du compresseur N1 et reprend les efforts axiaux qui agissent sur ce dernier.

*ROULEMENT03 : ce roulement à bille support l'avant du compresseur N2 et permet la dilatation vers l'avant de ce dernier et reprend les efforts axiaux.

*ROULEMENT04 : ce roulement à double rangé de bille supporte l'arrière du compresseur N2 et reprend les efforts axiaux agissant sur ce dernier.

ROULEMENT 04 $\frac{1}{2}$: ce roulement à galets est placé entre les arbres N1etN2 pour empêcher la fixation entre les deux et reprend les efforts radiaux.

ROULEMENT05 : ce roulement à galet est placé à l'avant de la turbine haute pression et permet la dilatation vers l'arrière, en reprenant les efforts radiaux, dus aux contraintes de température et les efforts centrifuge.

ROULEMENT06 : ce roulement à galet support l'arrière de la turbine basse pression et permet la dilatation vers l'arrière, et reprend les efforts radiaux.

*** LE ROLE DU ROULEMENT :**

Transmettre les charges et les efforts du rotor vers le carter et la structure statique.

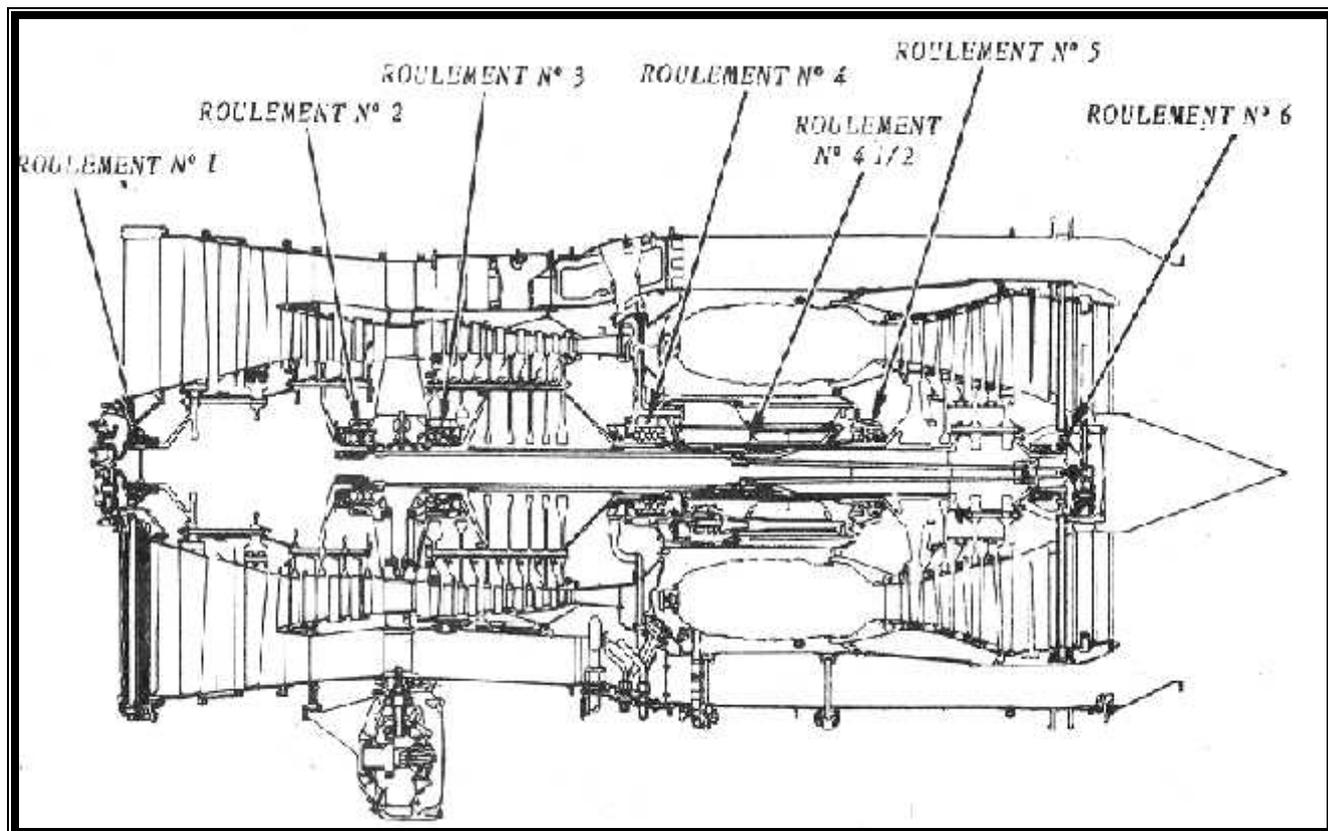
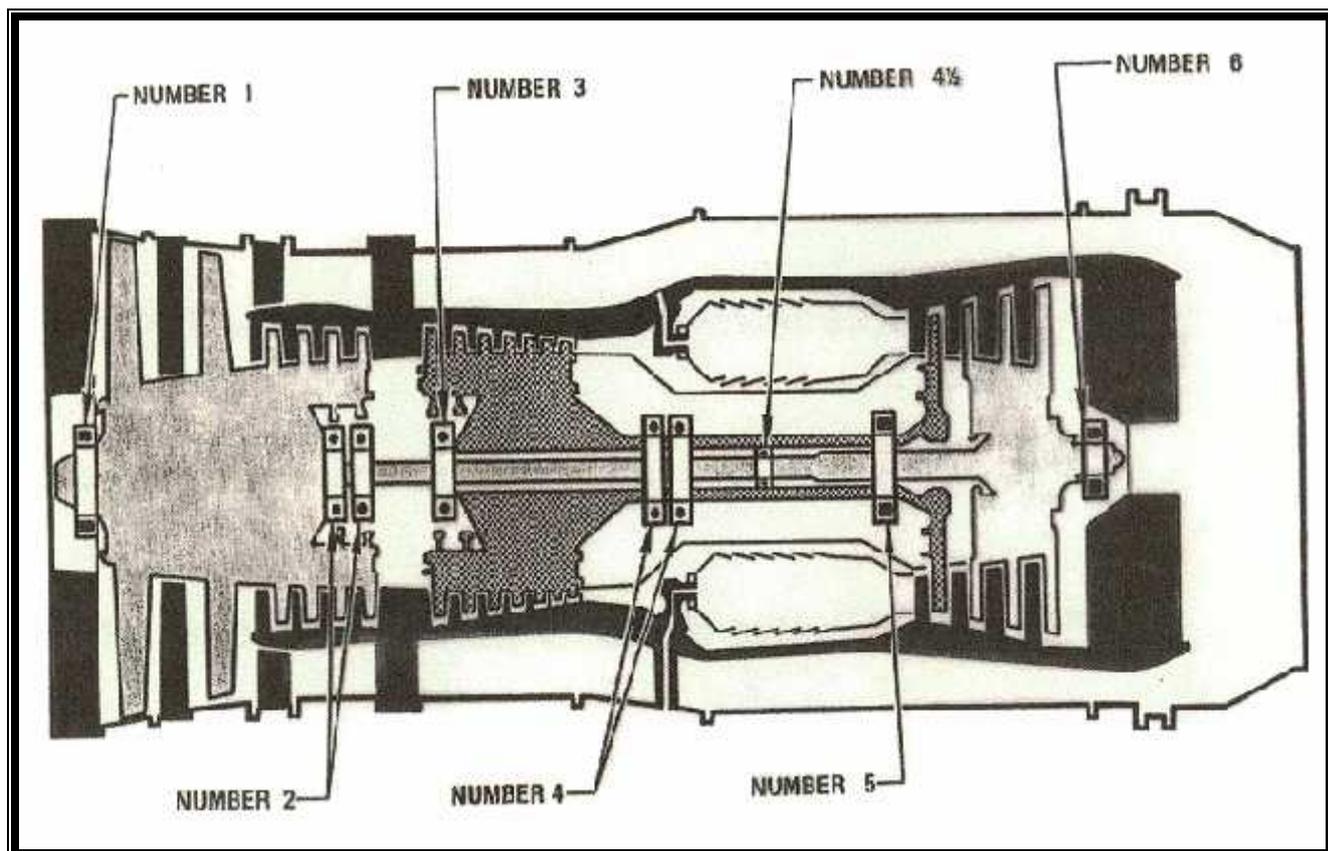


Figure II-10 : Les roulements

2-8-LES CARTERS (voir figure II-11) :

Le compresseur du moteur JT8D-15 est logé à l'intérieur d'un ensemble de carters extérieurs et intérieurs, de façon à ce que le vie entre aux constitue le canal de refoulement du flux secondaire, ces carters sont définis comme suit :

2-8-1-LE CARTER D'ENTREE MOTEUR :

Il est composé de :

-support de roulement n^o 1 transmet les sollicitations radiales qui agissent sur le roulement n^o 1.

-aube directrice de compresseur.

-support de génératrice tachymétrique.

2-8-2-LE CARTER AVANT DU FAN :

Boulonné à l'intérieur des IGV (Intel guide vanes).

2-8-3-LE CARTER ARRIERE DU FAN :

Dans lequel est logés le stator du 1^{er} étage et le rotor du 2^{eme} étage.

2-8-4-LE CARTER DE SORTIE DU FAN :

Ce carter enveloppe les stator 2 et 3, et le rotor 3 , il contient une grille d'aubes fixes qui redressent

L'écoulement du flux d'air dans le conduit d'échappement.

2-8-5-Le Carter Intermédiaire :

Contient les roulements 02 et 03, le canal avant du compresseur et les étages 04 et 12 du compresseur, l'entonnement de la gearbox, et des tubes pour le soutirage d'air, le carter extérieur avant du compresseur BP il entrouvre la conduite intérieure.

2-8-6-LE CARTER FAN DIFFUSEUR EXTERIEUR :

Une seule pièce évasée vers l'arrière, il contient des collecteurs de soutirage d'air de 13 étages.

2-8-7-LE CARTER DIFFUSEUR :

Composé d'une section interne et d'une section externe pour former le passage de flux primaire du moteur. Ce passage est assuré par 09 compresseurs pour acheminer le débit d'air vers les chambres de combustion, ce carter supporte la cage extérieure des roulements n=04.

2-8-8-LE CARTER CHAMBRE DE COMBUSTION :

Ce carter est divisé en deux carters semi symétriques boulonné ensemble.

2-8-9-le CARTER INTERIEUR DE LA CHAMBRE DE COMBUSTION :

Constitué avec le carter extérieur un canal pour le flux secondaire du moteur, ce carter entoure intérieurement les chambres de combustions.

2-8-10-LE CARTER INTERIEUR DE LA TURBINE HP :

Enveloppe la turbine HP, et supporte le roulement n=05.

2-8-11-LE CARTER INTERIEUR DE LA TURBINE BP :

Enveloppe la turbine BP.

2-8-12-LE CARTER INTERIEUR D'ÉCHAPPEMENT :

Il contient le palier 06 logé sur le moyen arrière de la turbine BP.

2-8-13-LE CARTER EXTERIEUR DE LA TURBINE :

Enveloppe les deux carters intérieurs de la turbine HP et BP, et les carters intérieurs d'échappement.

2-8-14-LE CARTER EXTERIEUR D'ÉJECTION :

Forme le canal arrière du FAN, soutient 08 bars profilés tangentielllement qui tiennent le carter intérieur d'éjection.

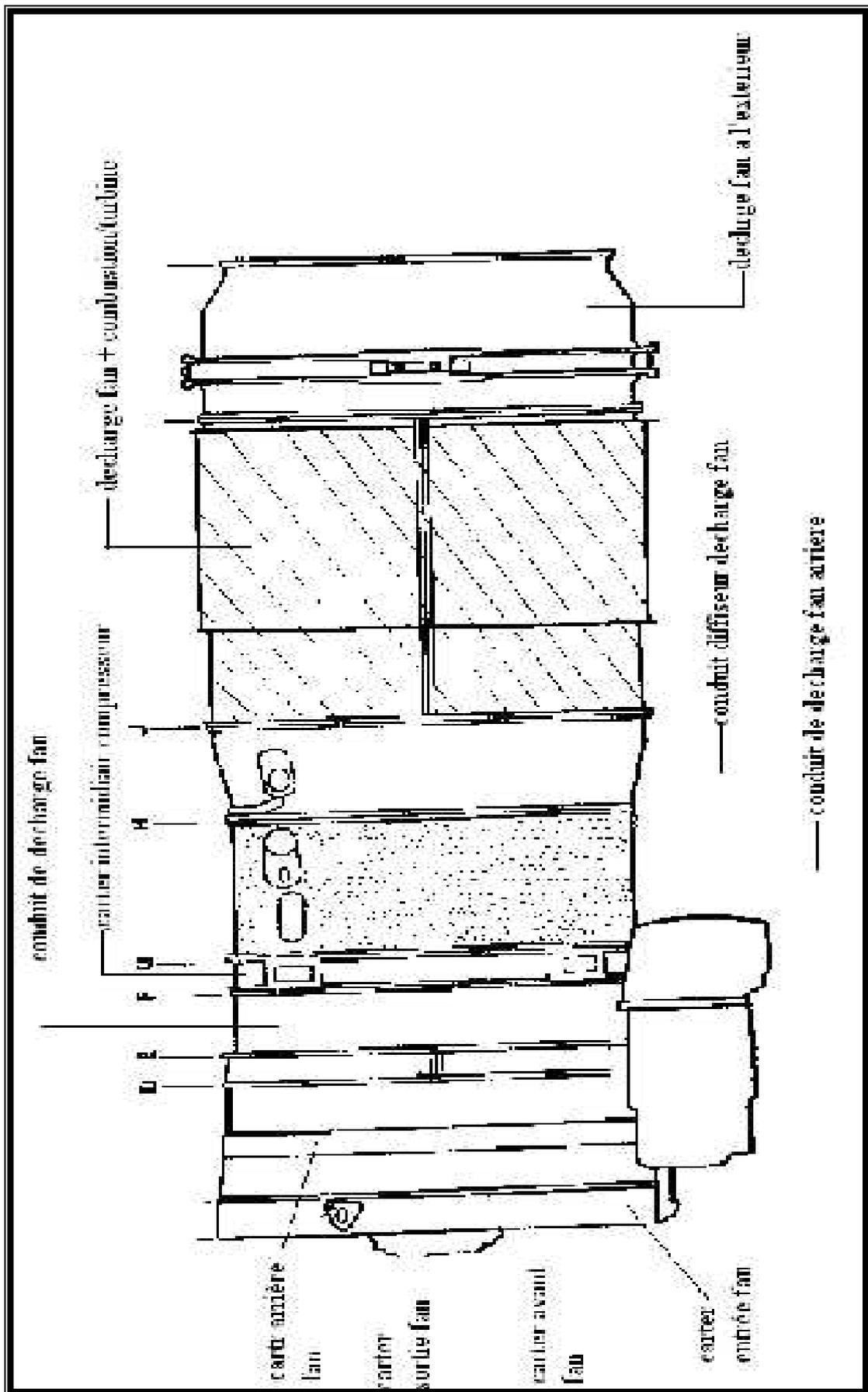


Figure II-11 : les carters.

2-9 les systèmes :

Le moteur JT8D-15 comporte les systèmes suivants :

- Système d'allumage.
- Système de lubrification.
- Système de démarrage.
- Système de carburant.
- Système d'inversion de poussée.
- Système de dégivrage.
- Système de soutirage.
- Système anti-pompage.
- Système d'indication.

2-9-1 Système D'allumage (voir figure II-12):

Le système d'allumage amorce la combustion dans les tubes à flamme au moment du démarrage, dans certaines conditions au sol ou en vol ou extinction moteur est à craindre, il est utilisé comme mesure préventive.

Il comprend :

- une boîte d'allumage
- deux câbles hauts tension
- deux bougies d'allumage dans les chambres de combustion 04 et 07 qui produisent des étincelles allumant ainsi le mélange air fuel présent aux chambres de combustion.

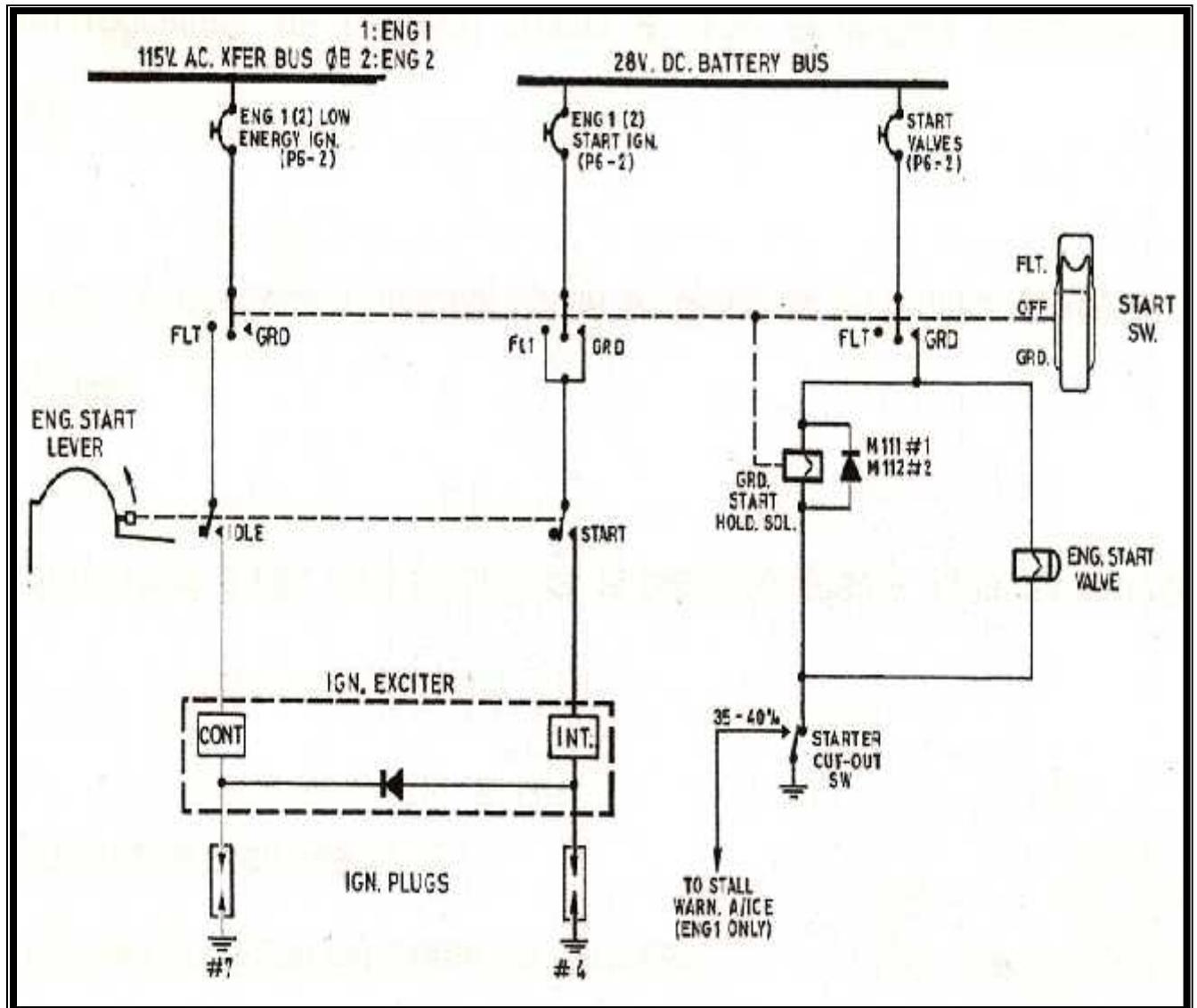


Figure II-12: Le système d'allumage

2-9-2 SYSTEME DE LUBRIFICATION (Voire figure II-13):

Le circuit d'huile (oil system) est destiné à lubrifier, nettoyer et refroidir les 07 roulements ainsi la boîte d'entraînement des accessoires.

Le circuit de graissage du JT8D-15 est totalement intégré, au réacteur (circuit de type réservoir chaud), un réservoir alimente une pompe de pression qui refoule l'huile vers les gicleurs à travers un radiateur, sous une pression de 40 à 55 psi. Cet huile, pulvérisé par les gicleurs, assure la lubrification des différents paliers du réacteur. Elle est ensuite reprise par des pompes de récupération et renvoyée au réservoir.

Le système de lubrification comprend :

- un réservoir cylindrique monté sur la face avant et à gauche de la boîte d'entraînement des accessoires.
- un circuit de pression mettant l'huile sous pression, constitué d'une pompe, d'un filtre, d'un régulateur de pression d'huile et d'un échangeur thermique (huile carburant)
- un circuit de récupération ramenant l'huile au réservoir au moyen de 05 pompes de récupération.
- un circuit de mise à l'air libre établissant la pression interne dans les chambres à lubrifier.
- des indicateur et avertisseur.

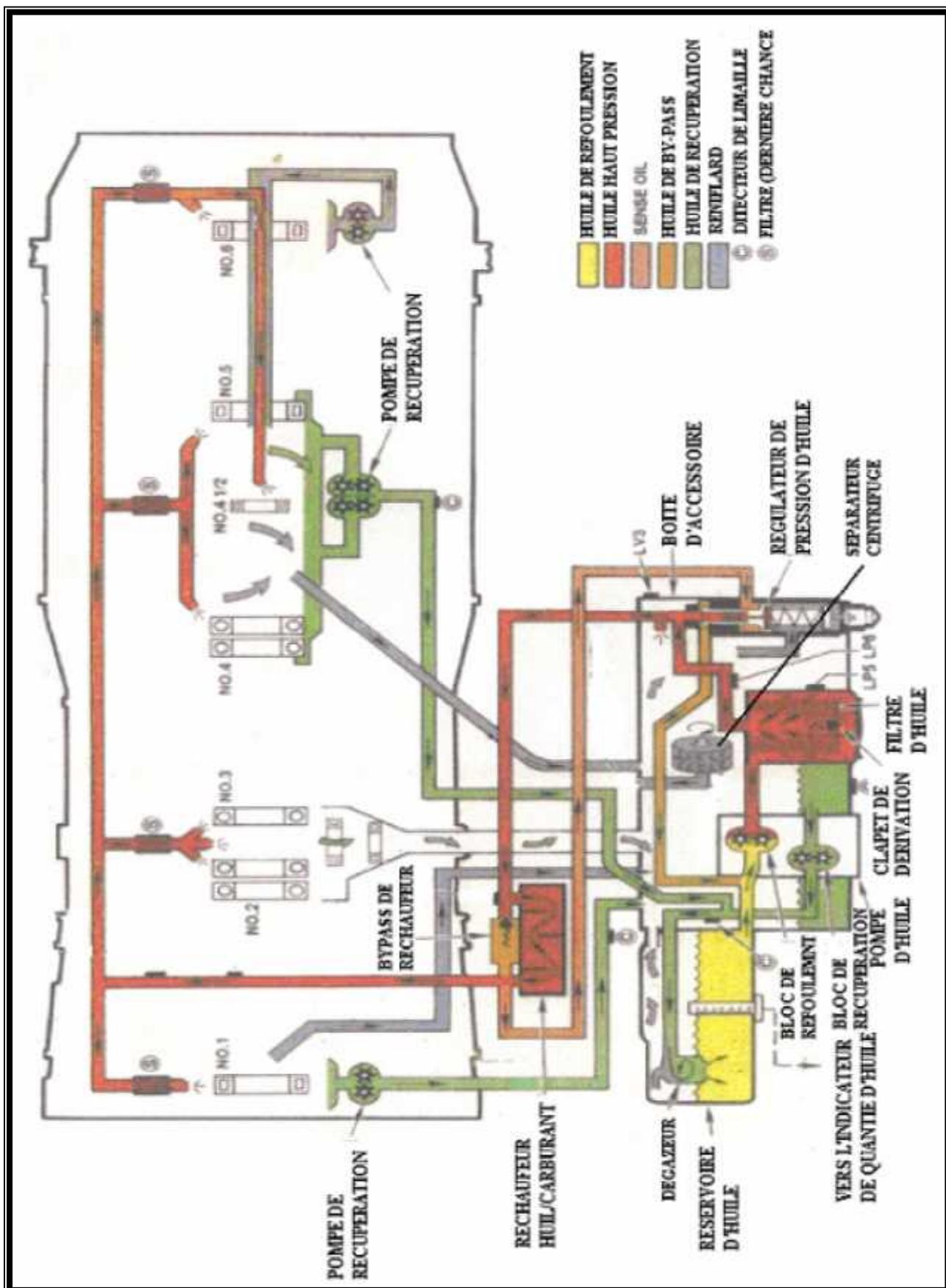


Figure II-13: Système de lubrification.

2-9-3-SYSTEME DE DEMARRAGE (voir figure II-14) :

La mise en route du turboréacteur de type JT8D-15 au sol est obtenue à l'aide d'un démarreur pneumatique comprenant une turbine centrifuge qui convertit l'énergie de l'air en couple suffisant à l'entraînement du réacteur.

Il existe trois possibilités pour alimenter ce système :

*par un group d'air

*par de l'air soutiré du groupe de puissance (APU : auxiliaire power unit).

*par de l'air soutiré du réacteur opposé lorsqu'il est en fonctionnement.(figure système de démarrage).

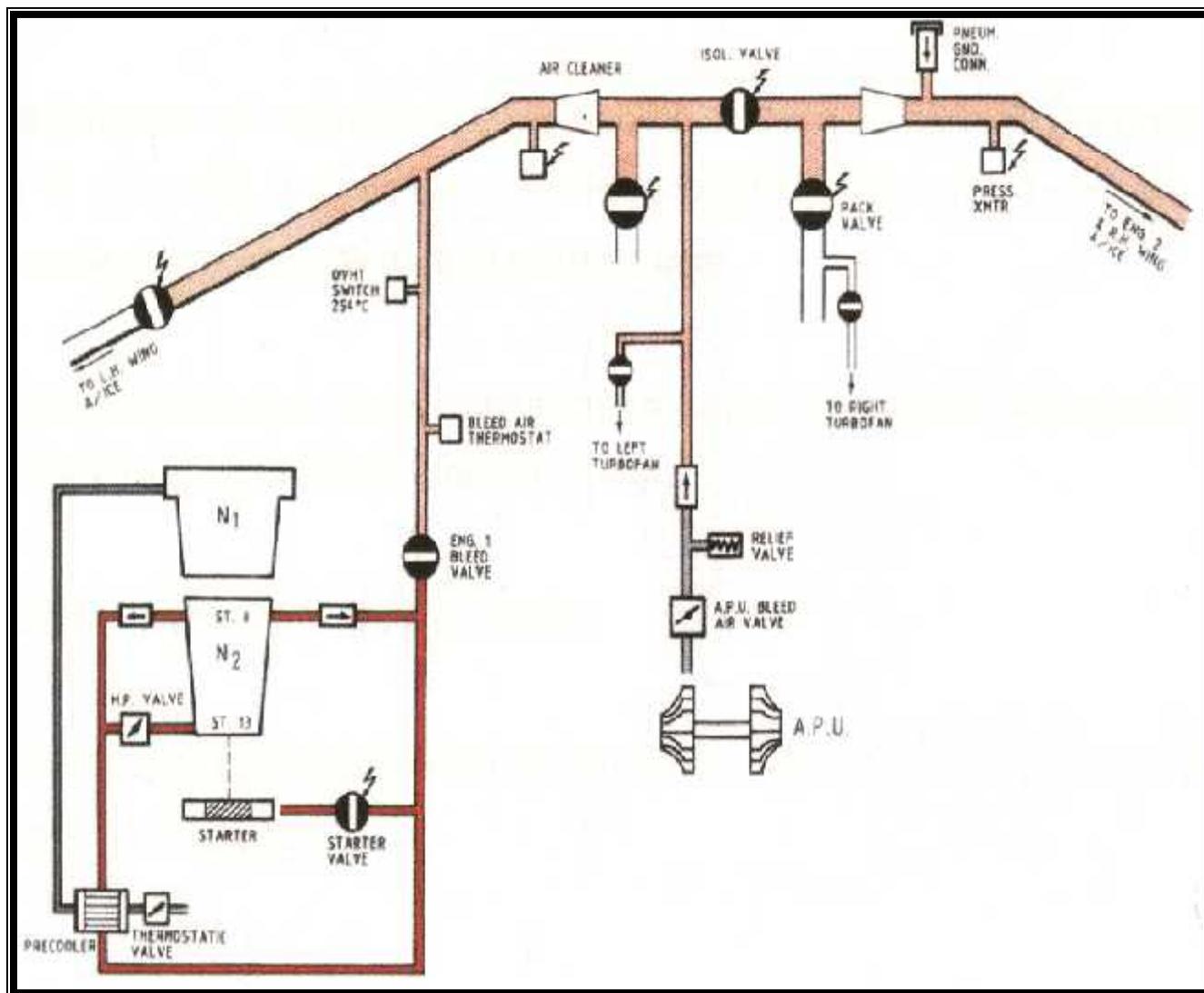


Figure II-14: Système de démarrage.

2-9-4-SYSTEME DE CARBURANT : (figure II-15)

Le circuit d'alimentation a pour rôle d'amener le carburant du réservoir jusqu'aux injecteurs avec une pression suffisante pour obtenir une bonne pulvérisation dans tout le cycle moteur : ralentie, accélération et atterrissage.

Le système de carburant comprend les organes suivants :

- pompe de carburant qui aspire le carburant de réservoir donc elle assure une alimentation continue de carburant avec une pression donnée.
- réchauffeur de carburant qui sert à dégivrer le carburant.
- filtre de carburant qui retient les impuretés solide en cas de givrage de l'eau contenue dans le carburant il empêche, avec le réchauffeur carburant, d'introduire des cristaux de glace dans le FCU (fuel contrôle unit).
- l'échangeur thermique (huile carburant) qui permet de réchauffer le carburant tout en refroidissent l'huile de lubrification du moteur.
- collecteur double qui transport le fuel aux injecteurs.
- injecteur duplex (à double orifices) qui servent a pulvérisé le carburant pour chaque chambre de combustion.

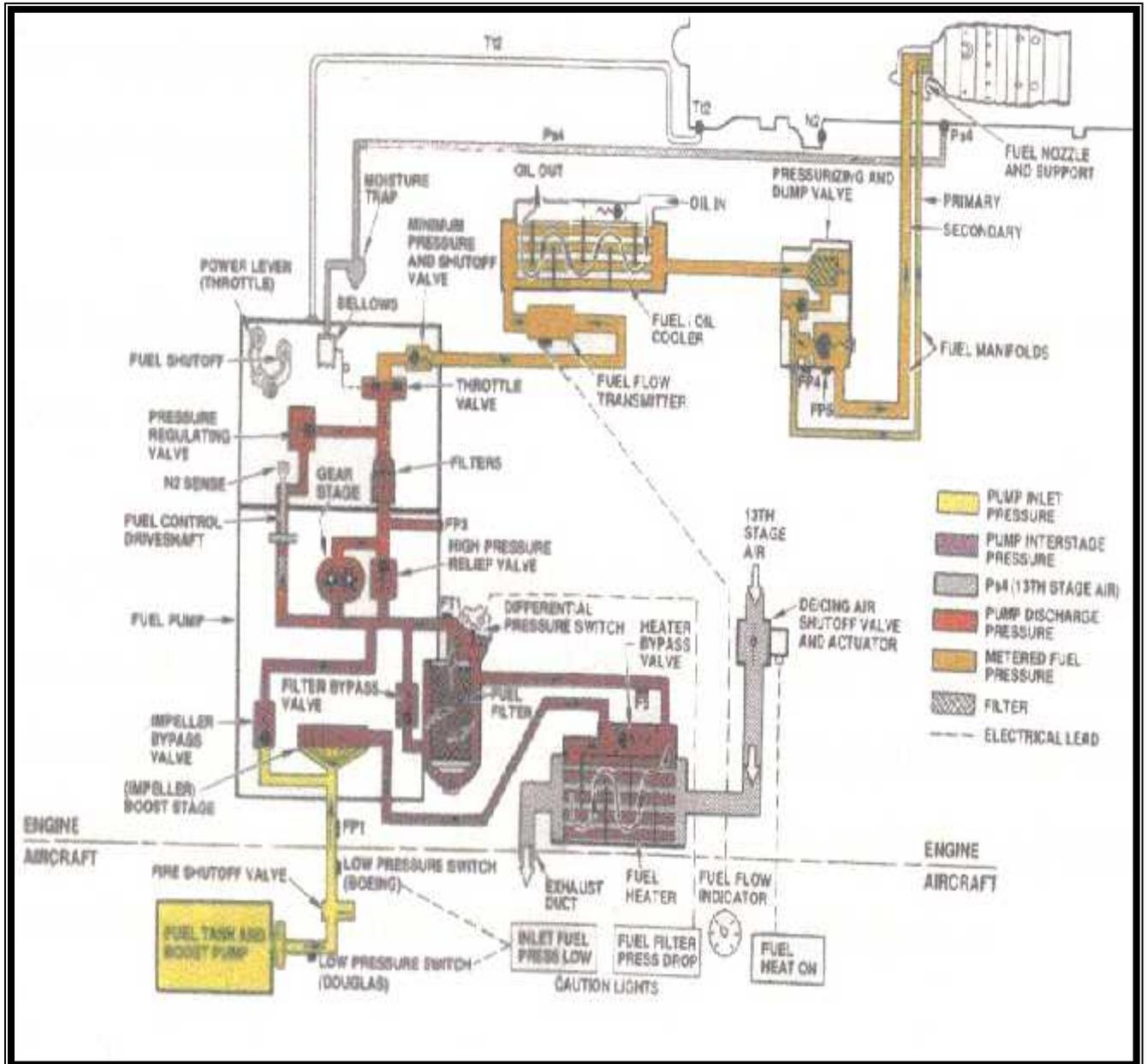
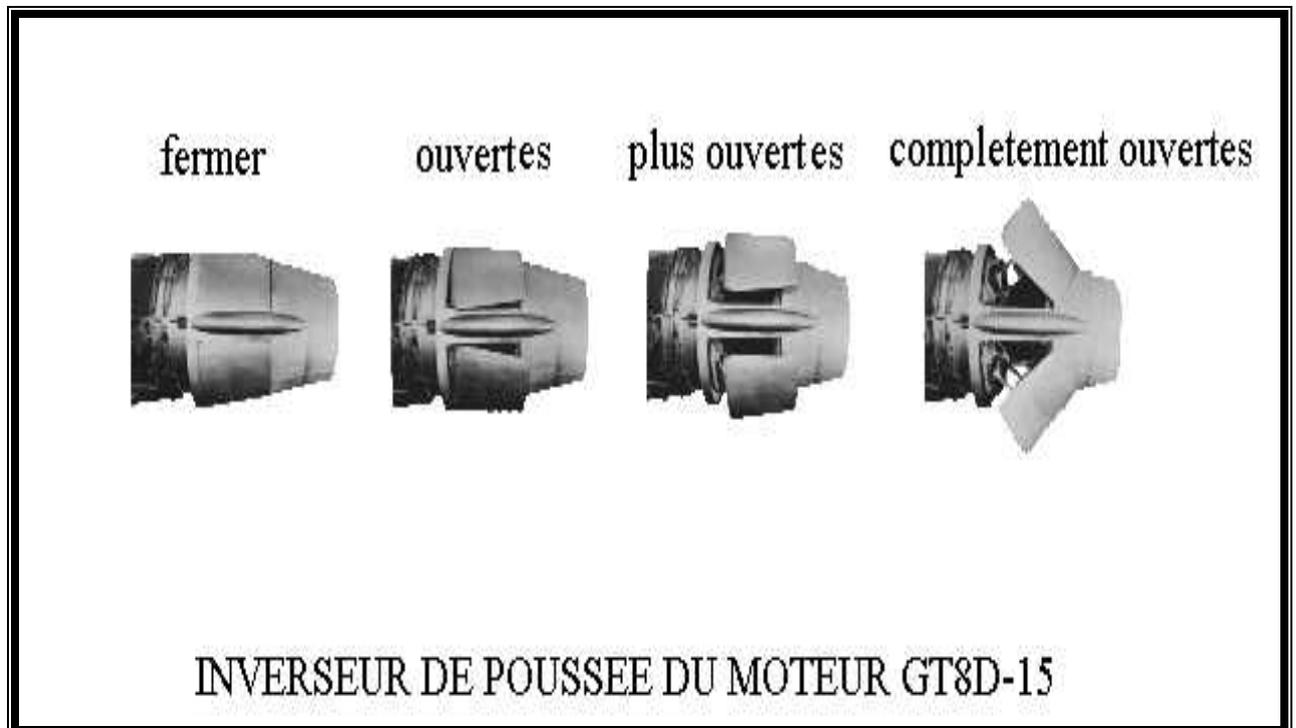


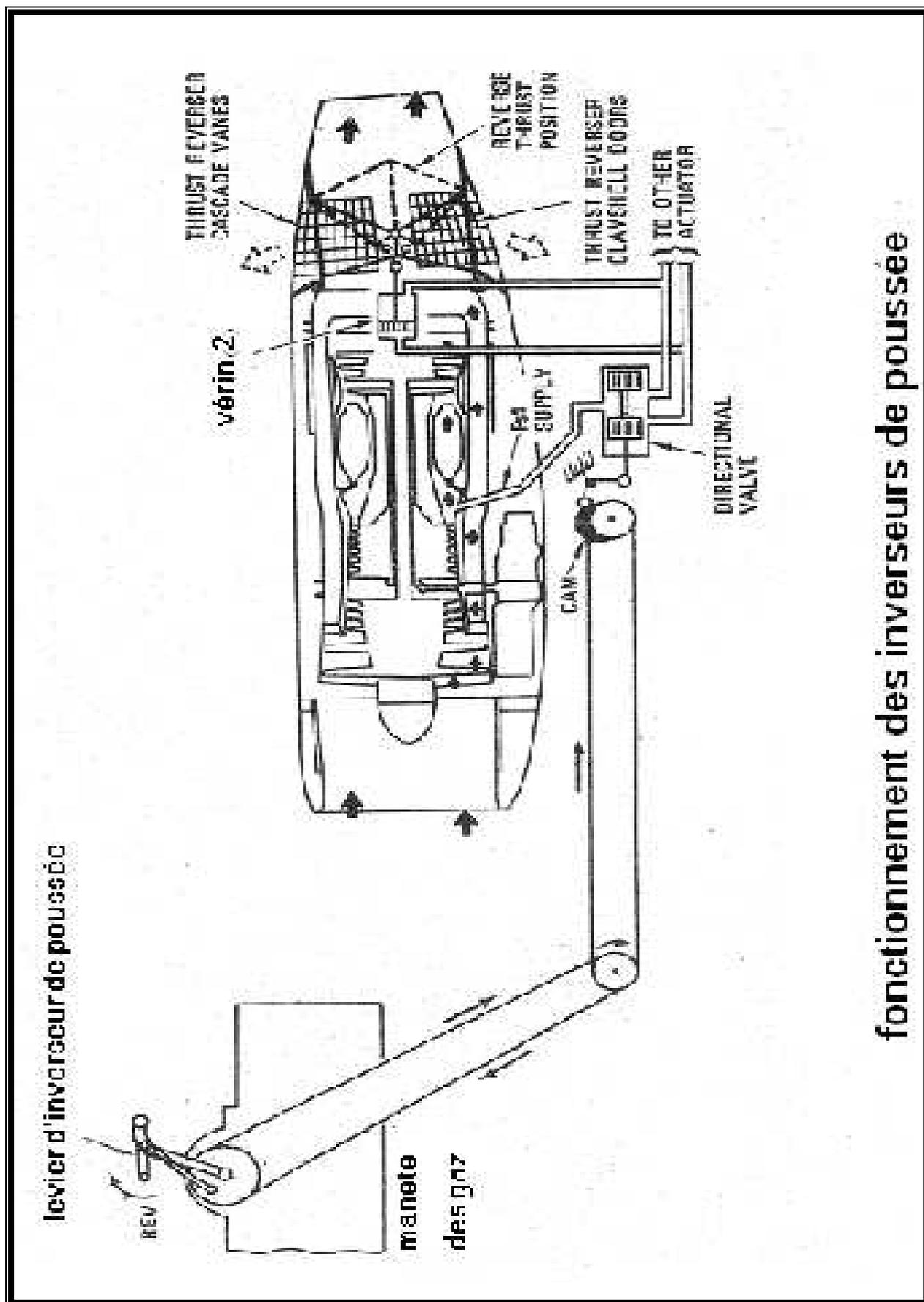
Figure II-15: Circuit de carburant.

2-9-5 SYSTEME D'INVERSION DE POUSSEE : (figure II-16)

Les moteurs JT8D-15 sont équipés d'un inverseur de poussée destiné à réduire la distance des parcours d'arrêt lors de l'atterrissage, l'ensemble est constitué de deux portes de déflexion et des vérins installés dans la rallonge du canal d'éjection.

En croisière, les portes sont relevées pour dégager la sortie du jet, tandis que qu'en régime de décélération, elles sont rabattues vers l'arrière de façon à obturer la sortie de la tuyère d'éjection et diriger aussi le flux vers l'avant du moteur.





fonctionnement des inverseurs de poussée

Figure II-16 :L'inverseur de poussée.

2-9-6-SYSTEME ANTIGIVRAGE (voir figure II-17):

Le système de dégivrage est utilisé pour empêcher la formation de la glace sur le carter d'entrée du réacteur, les aubes directrices et le cône de pénétration.

Ce système est composé de deux tubes d'air de dégivrage et deux robinets d'arrêt avec moteur actionneur.

Quand le système est mis en marche à partir du poste de pilotage, les deux moteurs sont actionnés pour ouvrir les robinets d'arrêt, ainsi l'air chaud se met en écoulement de 8eme étage du compresseur vers le carter d'entrée FAN à travers les tubes, ensuite, il se filtre vers le cône de pénétration à travers les creux d'ailettes pour être renvoyé ensuite à l'intérieur du turboréacteur.

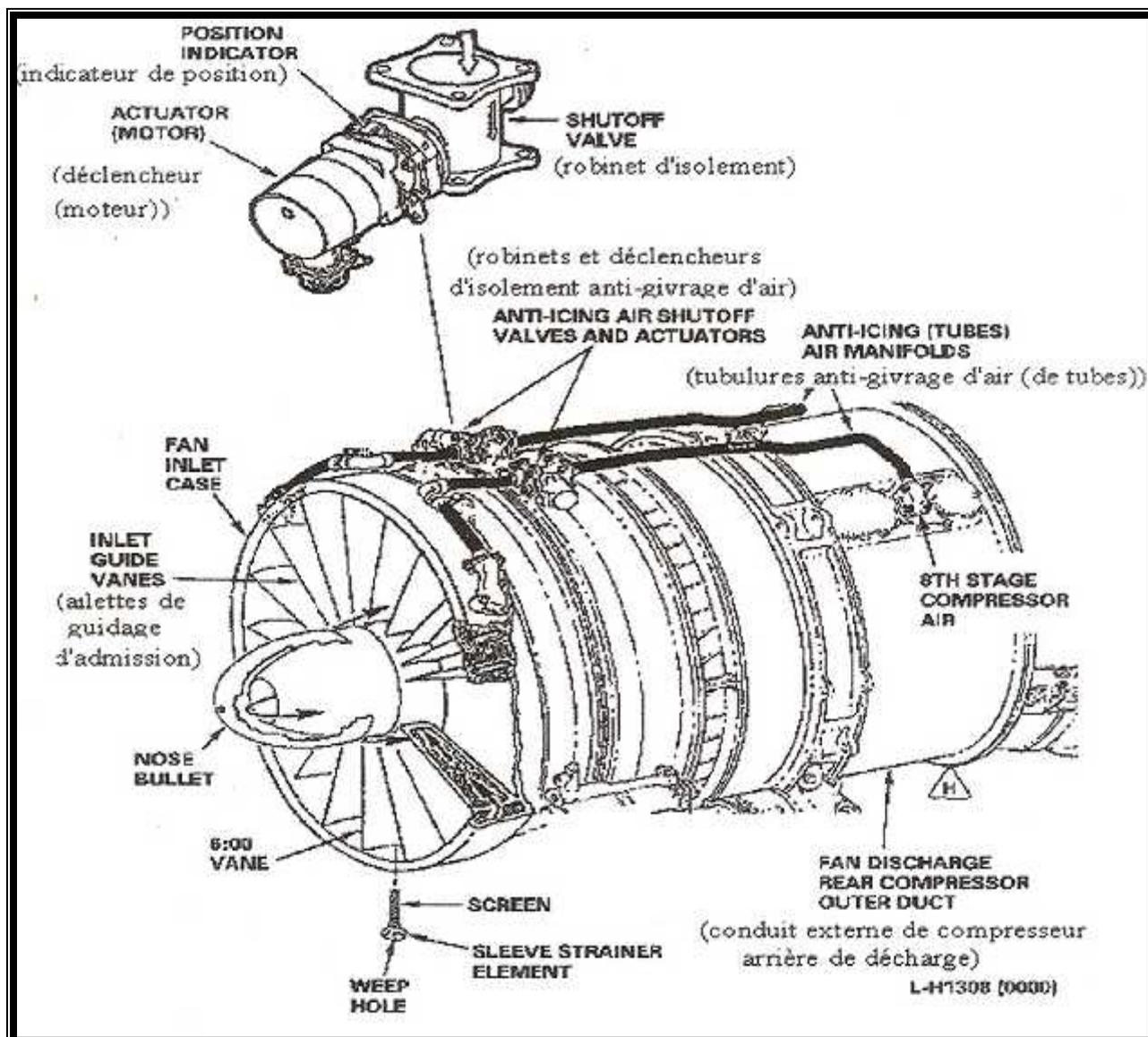


Figure II-17: Système antigivrage

2-9-7- SYSTEME DE SOUTIRAGE D'AIR (voir figure II-18):

Le système de soutirage d'air (air system) consiste à soutirer l'air comprimé à différents étages du compresseur.

Il existe deux modes de soutirage d'air :

2-9-7-1-SOUTIRAGE D'AIR EXTERNE :

il est soutiré des étages 2, 6, 8, 13 et utilisé pour différentes fonctions :

- 1-refroidissement de l'alternateur.
- 2-dégivrage du moteur et de la prise d'air
- 3-alimentation du réchauffeur carburant.
- 4-protection anti-pompage.
- 5-pressurisation du réservoir d'huile.

2-9-7-2-SOUTIRAGE D'AIR INTERNE :

L'air est soutiré des étages 6, 8, 9, 13 et qui est utilisé pour :

- 1-la pressurisation des joints de roulement.
- 2-le refroidissement de la partie chaude du moteur.
- 3-la réduction de la poussée axiale sur le roulement N=04.
- 4-la pressurisation de l'intérieur du moteur.

2-9-8- SYSTEME ANTI-POMPAGE :

le système anti-pompage est utilisé pour éviter le pompage du compresseur lorsque le fonctionnement de ce dernier n'est pas adapté, pour cela, des vannes de décharges équipent le moteur et sous l'effet d'un bourrage, elles s'ouvrent automatiquement et mettent en contact une partie du débit d'air du 8eme et 13eme étage avec la sortie du FAN rétablissent ainsi l'écoulement.

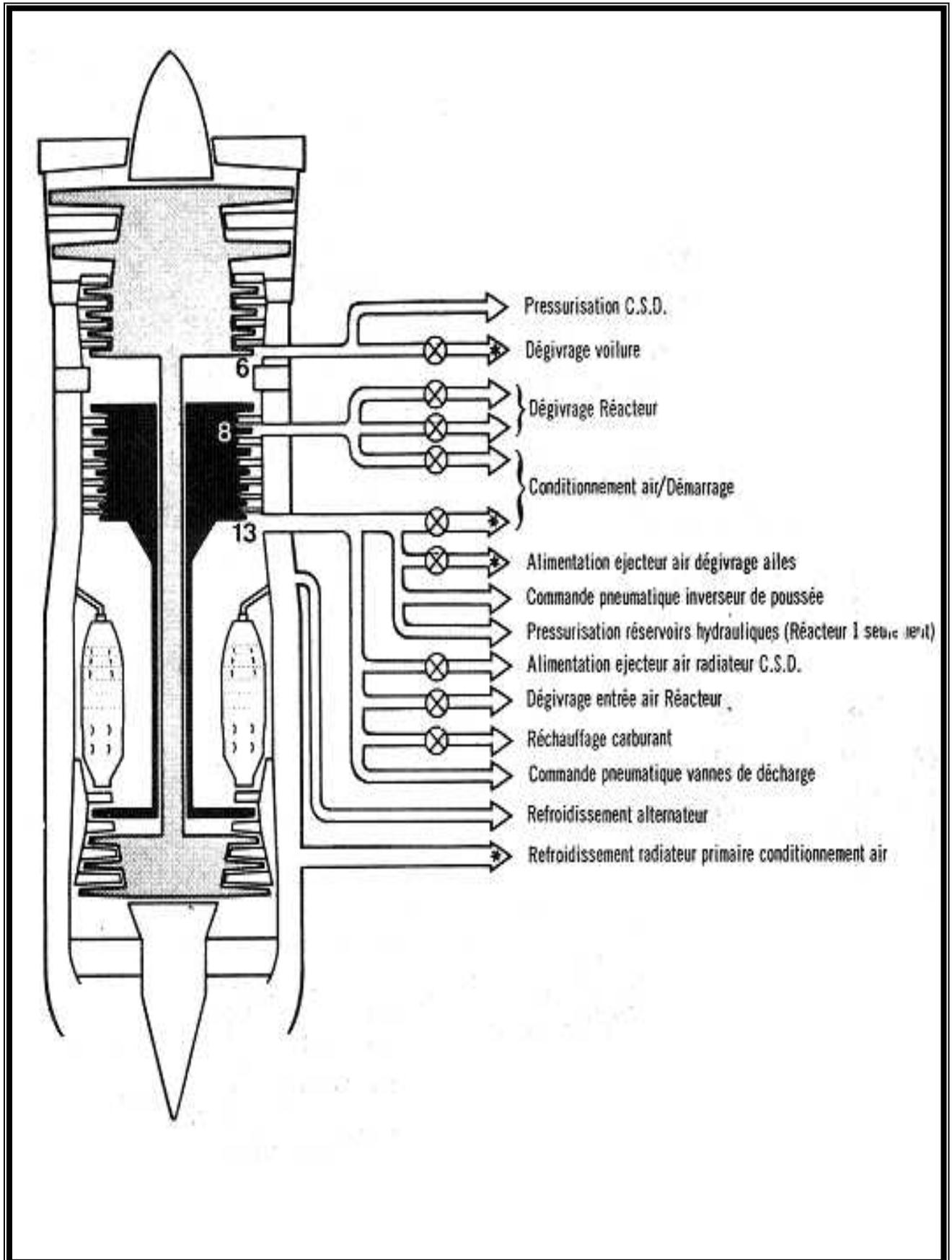


Figure II-18: Système de soutirage d'air.

2-9-9- SYSTEME D'INDICATION (voir figure II-19):

Les moteurs JT8D-15 sont équipés par les indicateurs suivants :

1-indicateur de rapport de pression qui permet d'afficher et d'ajuster la poussée du moteur.

2-indicateur de température totale des gaz d'échappement à la sortie de la turbine.

3-indicateur conte N1, N2.

4-indicateur d'huile (quantité, température, pression).

5-indicateur de vibration moteur.

6-indicateur de carburant (quantité, température, pression).

II-3-LE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR JT8D-15 :

A l'aide d'une source pneumatique (APU), le démarreur entraîne l'axe de la boîte d'entraînement.

La gearbox est en liaison avec la compresseur haute pression, ainsi on obtient la relation de ce dernier

La fonction d'entrée d'air est de transformer l'énergie cinétique de l'air entrant dans le réacteur en énergie potentielle de pression statique plus élevée au compresseur qui à son tour le comprime pour le refouler dans la chambre de combustion à haute pression, dans cette dernière le carburant est injecté par l'intermédiaire d'injecteurs et la combustion prend place d'une manière continue pour augmenter la température des gaz admis dans la turbine.

Ces gaz à hautes températures et hautes pressions se détendent à travers la turbine pour produire l'énergie mécanique requise pour faire tourner le compresseur et les accessoires. Cependant une bonne partie reste disponible dans l'écoulement des gaz après la turbine.

Après avoir libéré une certaine quantité d'énergie les gaz chauds se distendent une fois de plus sans la tuyère, celle-ci a pour rôle de transformer l'énergie potentielle et thermique en énergie cinétique.

La vitesse d'éjection des gaz à la sortie est plus grande que la vitesse du vol de l'avion. Cette différence de vitesse entre la sortie du turboréacteur et l'entrée produit une poussée.

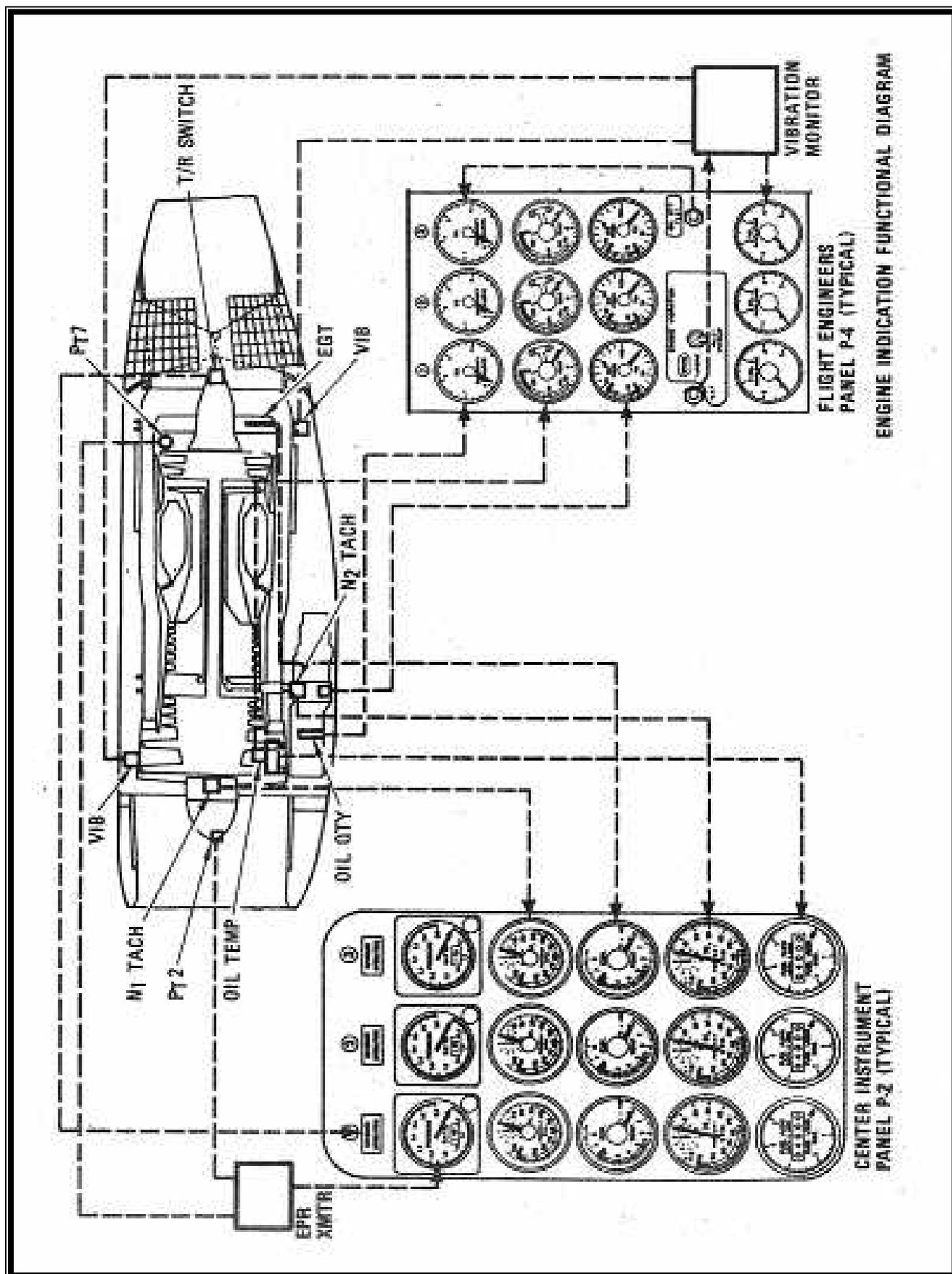
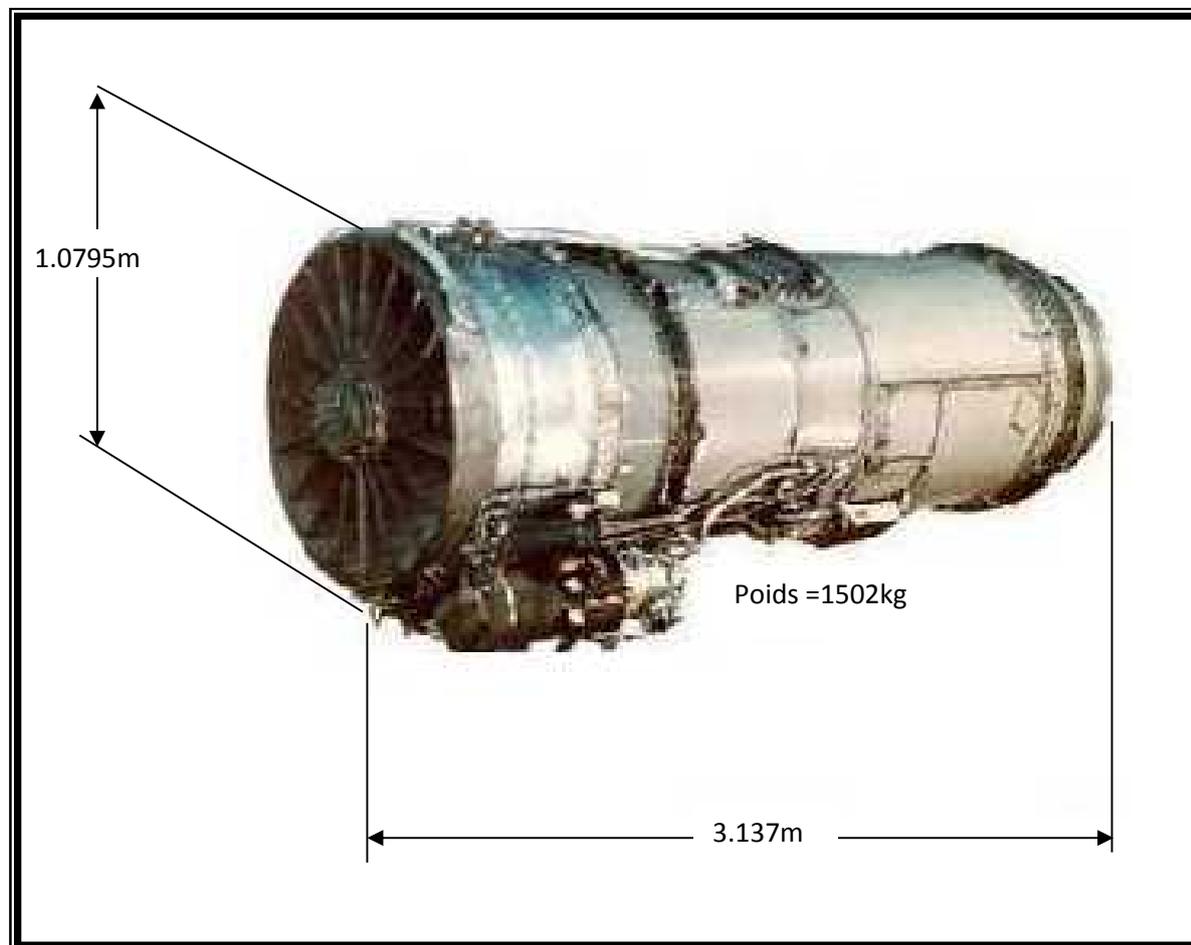


Figure II-19 : Système d'indication.

II-4- les caractéristiques du moteur JT8D-15 :

la poussée de décollage	7030 DAN
la poussée max continue	6235.83 DAN
la poussée max croisière	5624 DAN
ralenti	421.77 DAN
consommation spécifique	0.585 Kg fuel/Kg poussée.h
débit d'air	3800 Kg fuel /h
taux de dilution	147 Kg /S
taux de compression	16
taux de compression fan	1.975
longueur	3.137 m
diamètre (entrée d'air)	1.0795 m
le poids à sec	1502 Kg
vitesse de rotation à 100%	N1=8589Tr/Min N2=12250 Tr/Min
vitesse de rotation MAX	N1=102.4% N2=100.04%
température totale à l'entrée de la turbine	Tt5=1062C ⁰
température totale à la sortie de la turbine	EGT _{max} =620C ⁰



Moteur JT8D-15

CHAPITRE III

ENTRETIEN ET CAUSES DES DEFAILLANCES



III-1- INTRODUCTION:

Dans toute entreprise bien structurée, le service d'entretien et travaux neufs doit recevoir cinq sorts de mission si l'on veut qu'il accomplisse avec le maximum d'efficacité et au coût minimum, l'ensemble des travaux inhérents à sa fonction.

Se sont:

1-1- MAINTENANCE EN BON ETAT DE MARCHE LES INSTALLATIONS EN FONCTIONNEMENT :

Les installations doivent pouvoir assurer en permanence leur service dans les meilleures conditions de qualité, de délai et de prix de revient.

Une telle action essentiellement préventive peut se faire sous deux modalités d'application, utilisées seule ou simultanément:

- soit par l'entretien correctif qui consiste à relever les divers arrêts et à déceler leur cause pour supprimer les pannes répétitives par l'amélioration du matériel ou de sa conduite.

Cette méthode utilise principalement dans le cas d'un matériel nouvellement acquis comprend deux phases :

* une analyse périodique des incidents de marche et de pannes afin d'en déterminer les principales causes.

* la recherche systématique d'un remède au point de vue technique que sur le plan d'une meilleure définition des consignes de conduite.

- soit par l'entretien préventif qui consiste à intervenir à périodes fixes sur le matériel pour détecter les anomalies ou les usures prématurées et y remédier avant qu'une panne se produise.

Cet entretien préventif peut s'effectuer sous forme:

- de révision systématiques où l'on change à intervalles fixes un certain nombre de pièces déterminées à l'avance.
- De visite systématique où l'on procède à périodes fixes à une inspection audiovisuelle, de la machine avec ou sans appareils amplificateurs, afin de détecter les anomalies existantes et remédier à celle-ci avant aggravation.

D'une manière générale, l'entretien préventif doit se pratiquer des installations d'un TURBOREACTEUR (GT8D) neufs et cesser lorsque celui-ci n'est plus utilisé comme moteur de secours.

1-2- REMETTRE RAPIDEMENT EN ETAT DE MARCHE LES INSTALLATIONS EN MARCHE:

Il serait vain d'ailleurs trop coûteux de vouloir supprimer toutes les pannes par pratique de l'entreprise se l'entretien correctif et de l'entretien préventif plus que ces méthodes ne sont rentables que pendant:

- les deux ou trois premières années d'un matériel pour l'entretien correctif puisque ensuite, les pannes répétitives disparaissent.

1-3 -EXECUTER LES TRAVAUX NEUFS OU INSTALLATION NOUVELLE:

Ces travaux poursuivent un certains nombres d'objectifs précis:

- accroître la capacité d'utilisation des appareils.
- Augmenter la productivité (fiabilité) des flots.
- Remplacer ou moderniser les matériels.
- Améliorer le standing de l'entreprise.
- Aménager des sociaux pour les nouvelles installations de maintenance.

L'importance des travaux neufs est variable dans le temps, conduite souvent à s'assurer le concours de l'entreprise à l'extérieur sous l'autorité d'un même chef, au sien de département (entretien - construction) et ceci pour des multiples raisons mais dont deux sont primordiales.

On effet, cette juxtaposition dans un seul service des trois activités préventifs palliative et travaux neufs permet:

- a l'entreprise de connaître parfaitement les installations qu'il a leur même mise en place, et aux travaux neufs, de veiller à éviter toutes les difficultés d'entretien.
- Au service << entretien et construction>> de faire face avec de maximum de souplesse et le minimum de personnel aux pointes saisonnières dans les différents domaines.

1-4 -ASSURER LE FONCTIONNEMENT DES SERVICES GENERAUX:

C'est également au service entretien qu'il appartient d'assurer non seulement l'entretien mais aussi l'exploitation de la facturation au divers utilisation de l'avion:

- vide, air comprimée, air sur pressé.
- Gaz, butanes, propane, acétylène, oxygène.
- Vapeur.
- Chauffage, réfrigération.

- Eau.
- Electricité.

1-5- AGIR EN TANT QUE CONSEIL DE LA DIRECTION ET DE LA FABRICATION:

Le service <<entretien – construction>> doit enfin réaliser une double action de conseil.

- vis-à-vis de la direction de l'entreprise au sujet:
 - de la préparation et de contrôle des budgets d'entretien par service.
 - De l'achat des matériels afin de:
 - 1- normaliser au maximum sur les matériels aux organes existants toutefois entravé le progrès.
 - 2- Faciliter l'entretien ultérieur.
 - 3- Eviter l'achat de matériels délicats ou trop onéreux à entretenir.
 - 4- Vis-à-vis de l'exploitation pour:
- la mise en roule et le rodage des nouveaux appareils.
- La formation et le perfectionnement du personnel de conduite.
- Le graissage et les vérifications préventives à assurer par le personnel de fabrication.

On rencontre dans certains services entretien bien d'autres tâches telle que: Garage, manutention, cour, outillage, sécurité, protection contre l'incendies.

Ces fonctions n'ayant aucun rapport avec l'activité entretien, elles serrent soulevées pendant le démontage.

III-2- ORGANISATION DE L'ENTRETIEN:

2-1 EMPLOI PREFERENTIEL DES DIVERSES FORMES D'ENTRETIEN:

(Voir Figure III-1)

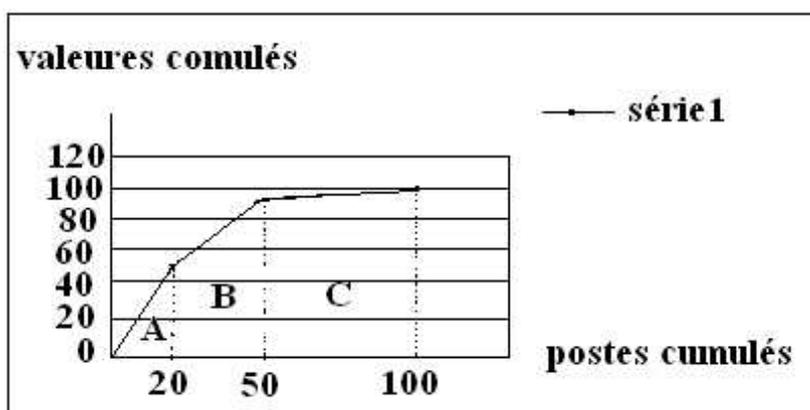


Figure III-1 : Répartition type des 03 zones.

Le chef d'entretien qui dispose de plusieurs méthodes:

- entretien curatif.
- Entretien préventif.
 - . Par visite systématique.
 - . Par travaux systématiques.

Doit utiliser de préférence l'une ou l'autre de ces méthodes en fonction de l'évolution de l'état du matériel pour obtenir un coût d'entretien minimum.

C'est ainsi que pendant la phase d'installation et de mise en route d'une matérielle prédominance sera donnée à l'entretien correctif qui sera sans doute pratique avec intérêt pendant les deux ou trois premières années de fonctionnement.

Pendant la vie normal du moteur où donnera le pas à l'entretien préventif et celui-ci sera d'autant plus important qu'il s'agisse d'un turboréacteur clé.

On commencera par des visites systématique des l'arrivée du matériel, puis l'on continuera par des travaux de révision systématique intercalées. Avec des inspections tant que du matériel conditionneurs d'utilisation.

C'est grâce à un contrôle comptable que le chef d'entretien sera à même de déterminer exactement le moment ou un changement de méthode s'impose.

Cela nécessite une comptabilisation de toutes les interventions pratiquées sur le matériel et la récapitulation annuelle des dépenses par appareil qui devront être ventilées par chapitre: entretien préventif ou correctif, amélioration ou travaux neufs.

2-2- L'ANALYSE ABC:

-BUTE DE L'ANALYSE ABC:

Toute action d'organisation révélera pour un bénéfice sans doute important en valeur absolue mais faible par rapport au temps consacré à l'étude si celle-ci est menée sur l'ensemble des taches ou des éléments du travail à organiser.

Il existe, cependant un moyen ABC pour obtenir un gain maximum dans tout travail d'organisation.

Il consiste à classer les postes à étudier par ordre de valeur décroissent puis à dresser en placent:

- en abscisse les postes cumulés (travaux, pièce, etc.) par ordre d'importance décroissante, en ordonné les valeurs correspondent cumulées (heurs, valeurs, etc....) par ordre d'importance décroissent, en ordonnée les valeurs correspondantes cumulées (heurs, valeurs, etc....).

- on obtient de cette façon une courbe analogue à la figure comportant trois zones:
 - tranche A correspondant à 20% des postes et 80% des valeurs.
 - tranche B correspondant à 30% des postes et 15% des valeurs.
 - tranche C correspondant à 50% des postes et 5% des valeurs.

Ca répartition des pourcentages de poste et des pourcentages de valeurs entre les trois zones est toujours sensiblement indiquée (à $\pm 5\%$ près) quel que soit le travail ou l'élément étudié.

Cela veut dire qu'il existe toujours:

- une tranche A où le gain sera maximum puisqu'il porte sur 80% des valeurs et l'étude rapide puisque 20% seulement des postes sont à étudier.
- Une tranche B où l'étude sera plus longue (30% des postes à étudier) et le bénéfice plus réduit car pourtant sur 15% des valeurs.
- Une tranche C enfin où l'étude à faire sur 50% des postes coûtera toujours plus chère que le gain espérable sur 5% des valeurs.

Modèle de codification d'urgence:

Dans le système de codification que nous conseillons, les travaux demandés selon quatre degrés d'urgence désignés chacun par une lettre A, B, C, II, seule cette lettre doit figurer sur les demandes des travaux à l'exclusion de toute autre mention sauf pour indiquer le jour où l'entretien peut intervenir.

- **URGENCE A :**

- l'arrêt de fabrication.
- Le risque d'accident corporel.
- Le risque d'accident grave sur l'appareil.

Les travaux ainsi désignés doivent être entrepris de suite par l'entretien en pratique dans le quart d'heure suivant l'appel de la fabrication, en prélevant les ouvriers nécessaires sur les travaux en cours.

- **URGENCE B :**

Cette urgence s'applique dans les cas :

- de ralentissement de la cadence d'utilisation.
- De risque d'accident grave sur l'appareil.
- D'une fuite d'énergie moyenne ou importante.

Ces travaux doivent être couronnés par les ouvriers, nécessaire des achèvements de leurs travaux en cours.

- **URGENCE C :**

- une fuite d'énergie très légère.
- Une gérée dans la fabrication qui n'est pas cependant ni arrêtée, ni ralentie.
- Aux travaux exécutés à date fixe.

Ces travaux sont pris à la suite des autres travaux d'urgence A et B.

- **TRAVAUX D :**

Ils s'appliquent à tous les autres cas. Ils sont planés à la suite des autres travaux mais sont arrêtés le cas échéant pour effectuer les travaux d'urgence A et B.

Organigramme type d'un service d'entretien.

2-3 -ORGANISATION DE L'ENTRETIEN CURATIF:

2-3-1-DEFINITION ET BUTS DE L'ENTRETIEN CURATIF:

L'entretien Curatif consiste à rechercher systématiquement l'amélioration d'un matériel, par des études à intervalles fixes précises à l'avance

- de l'état de l'appareil.
- De son rendement qualitatif et quantitatif.
- De l'évolution des coûts d'exploitation et d'entretien.
- De la réparation des pannes groupées par causes.
- Des anomalies durant les visites.
- Des organes divers démontés, lors des dépannages ou des révisions systématiques.

Cette amélioration a pour but de réduire le temps d'arrêt de l'appareil et de coût cumulé d'exploitation et d'entretien par la réalisation des conditions suivantes:

- suppression des pannes répétitives par la mise au point des moteurs.
- Réduction des usures relevées ou cours des travaux périodique.
- Réduction des consommations anormales.
- Diminution des ruptures des pièces trop fragiles.
- Réparation adaptée à l'état général des turboréacteurs.
- Achat des appareils de qualité en consommation de cause.
- Alignement du nouveau matériel sur le matériel le meilleur déjà standardisé.
- Standardisation des pièces et organes correspondant au divers appareil.
- Présentation d'argument irréfutable au constructeur en cas de demande de rembourse.
- Sèment de réparation pendant la période de garantie.

Un chef d'entretien fait donc souvent de l'entretien correctif sans le savoir, notamment chaque fois qu'il donne l'ordre à un dépanneur de renforcer une pièce qui vient de casser plusieurs fois de suite, mais pratiquement cet entretien correctif sans méthode, il risque les inconvénients suivants:

- soigner les effets des pannes et non leurs causes.
- Passer à côté de la cause réelle de rupture de la pièce qui continuera à se rompre malgré le renforcement.
- Pratiquer une modification valable mais sans rapport avec l'état général de l'appareil (qui doit être réformé sous peu par exemple).
- Manquer d'argument valable pour empêcher la direction d'acheter un matériel défectueux.
- Manquer de preuves suffisamment étayées pour invoquer la responsabilité du constructeur.
- Retomber dans certaines erreurs lors de l'étude de nouvelle installation, faute d'avoir collationné les résultats des matériels modifiés.
- Consacrer son temps à remédier à des pannes mineures, mais assez fréquentes pour frapper l'imagination, alors que des pannes moins répétitives mais plus graves, diminuent d'avantage l'utilisation.
- Adapter une solution plus coûteuse.

2-3-2- CHOIX DES PERIODES D'ETUDES DE L'ENTRETIEN CURATIF:

L'entretien curatif est pratiqué en trois phases:

- la première se réalise au moment de la standardisation des pièces, organes des tous les turboréacteurs de l'entreprise d'air Algérie.
- La seconde a lieu avant:
 - l'achat d'un nouveau matériel, lors des consultations techniques.
 - L'étude d'une nouvelle installation équipement, moteurs, etc.

La troisième enfin dure toute la vie du matériel et comprend elle-même deux parties:

- une étude corrective s'étendant pendant la période de mise en route.
- Une étude systématique annuelle conduite à partir du collationnement permanent des divers résultats de marche et de l'entretien, mais ces études diminuent en importance à mesure que le matériel vieillit et n'offrent en général, aucun intérêt à être poursuivies au-delà de deux ou trois ans après la mise en service.

2-4- ETUDE D'UN NOUVEAU TURBOREACTEUR:**2-4-1'ETUDE D'UN NOUVEAU REACTEUR AVANT ACHAT:**

L'entretien doit être obligatoirement consulté on même titre que la fabrication, avant l'achat d'un nouveau matérielle et grâce au quatre documents suivants:

- fiche historique des panes.
- Fiche d'entretien d'exploitation.
- Fiche de comparaison des moteurs et organes.
- Fiche de normalisation des pièces.

Il sera bien placé pour justifier son avis à la direction de faire.

- choisir une machine (turboréacteur JT8D-15) analogue à un matériel satisfaisant.
- Imposer an constructeur une modification d'un organe ou d'une matière n'ayant pas donnés satisfaction ou non-conformité à normalisation adoptée.

Si l'on manque de renseignements sur le matériel envisagé, il faut consulter des entreprises le possèdent, on devra employer pour cela une formule assurant l'exactitude des renseignements donnés, notamment par un imprimé permettant l'incognito de la personne consultée.

2-4-2- ETUDE D'UNE INSTALLATION NOUVELLE PAR LE BUREAU D'ETUDES DE L'ENTREPRISE:

Dans ce cas, le bureau d'étude doit avant de commencer tout projet, consulter les quatre documents précédents relatifs aux matériels analogues pour éviter les mêmes erreurs et continuer la standardisation.

2-4-3.ETUDE CORRECTIVE PENDANT LA PERIODE DE GARANTIE:

L'action corrective pendant la période de garantie est la même que pendant la vie normale de matériel mais elle comporte en outre les points suivantes:

- formation correcte de personnel d'entretien.
- Formation correcte de personnel de la fabrication.
- Réduction de la commande pour rendre le constructeur responsable des dommages lui incombant.

2-4-4-BILAN ECONOMIQUE DES SOLUTIONS DE CORRECTION:

Avant d'adopter une solution quelconque il est bon de faire un bilan.

- des frais de modification (étude réalisation).
- Des économies escomptées (coût, frais).

Il faut donc choisir la solution idéale en fonction de la possibilité d'amortissement annuel et de la durée possible d'amortissement avant la réforme du matériel, en établissant un graphique de rentabilité des diverses solutions.

2-4-5 -CHOIX DE L'ORDRE DES ETUDES:

Comme on ne peut mener toutes les études de front, il faut s'attaquer de suite aux problèmes les plus importants susceptibles d'apporter une économie substantielle malgré une étude rapide.

Pour choisir les matériels à étudier et les problèmes à solutionner, on a donc intérêt à faire une analyse A, B, C des diverses sur l'ensemble du parc.

2-4-6 -MESURE DES RESULTATS OBTENUS PAR L'ENTRETIEN CORRECTIF:

L'entretien correctif a pour but essentiel de réduire le coût de défaillance en provoquant une diminution:

- des coûts de dépannages.
- Des immobilisations des pièces détachées.
- Des pertes des heures de vols.
- Des frais d'exploitation.

En conclusion, il faut trouver un moyen commode de mesurer, le résultat obtenu sous l'influence de l'entretien correctif pratique sur une machine donnée, en fonction des critères précédents qui n'agissent pas tous dans le même sens.

2-5 -ORGANISATION DE L'ENTRETIEN PREVENTIF :

2-5-1- BUTS ELEMENTAIRES DE L'ENTRETIEN PREVENTIF :

Les buts sont multiples :

- limiter le vieillissement du matériel.
- Améliorer l'état du turboréacteur avant qu'il ne soit préjudiciable à l'exploitation en qualité au prix.
- Intervenir avant que le coût de la réparation ne soit trop élevé.
- Diminuer les temps d'arrêt au moment d'une révision ou d'une panne.
- Permettre l'exécution des réparations dans les meilleures conditions.
- Supprimer les causes d'accidents graves pouvant entraîner la responsabilité civile de l'entreprise.
- Agir sur l'état d'esprit du personnel.
- Assurer une diminution de l'entretien.

2-5-2- LES PRINCIPAUX ENTRETIENS PREVENTIF :

Ce sont :

- le nettoyage.
- Le rodage des moteurs neufs de marche.
- Les travaux des peintures.
- L'établissement de consignes de marche.
- Tache périodiques diverses.
- Nettoyage des filtres (changements) et carter d'huile.
- Les interventions périodiques.

2-5-3. ORGANISATIONS DU GRAISSAGE :

Cette organisation comprendra trois phases :

*** PREPARATION DU GRAISSAGE :**

- réduire la documentation technique concernant la lubrification.
- procéder à une standardisation des huiles et des graissages.

Etablir un plan de graissage pour le turboréacteur.

*** EXECUTION DU GRAISSAGE :**

Exécuter le planning de graissage ou éventuellement son amélioration et remplacement et divers points à changer et inspecter pendant chaque changement de la quantité d'huile :

- graisseurs.
- Raccords, flexibles en mauvais états.
- Carte de fonctionnement.
- Boutons desserrés.

2-6. ORGANISATION DES TRAVAUX SYSTEMATIQUES :**2-6-1- INTRODUCTIONS :**

Parmi ces travaux accomplis systématiquement par l'entretien, c'est-à-dire à une fréquence régulière prédéterminée à l'avance, on trouve :

- les inspections systématiques.
- Les révisions périodiques partielles ou générales.

Les inspections systématiques étant étudiées par ailleurs, nous n'examinerons ici que les révisions périodiques celles-ci groupent des opérations fort différentes par leurs importance et leur fréquence.

En effet on peut indifféremment :

- changer rapidement une pièce d'usure.
- Procéder à l'échange standard d'un organe usé.
- Opérer une révision complète du matériel avec démontage générale et remplacement de toutes les parties défectueuses.

Ces travaux plus ou moins importants sont accomplis pour remédier :

- A une diminution de productivité, soit par augmentation des incident ou panes, soit par réduction de la vitesse de travail.
- A un accroissement des couts d'entretien et d'exploitation, provoqué par l'augmentation du nombre de dépannage ou une majoration importante de la consommation en carburant et lubrifiant.
- A une diminution de la précision du turboréacteur occasionnant une augmentation des rebuts.
- A un accroissement des risques d'accidents pour le personnel.
- Enfin à une baisse de rendement quant la capacité de l'appareil décrois avec les heures de marche.

Ces travaux de révision ne doivent évidemment être exécutés :

- ni trop tôt, pour permettre le maximum d'amortissement et d'usure des pièces à remplacer ainsi que la préparation du travail.
 - Ni trop tard, pour ne pas risquer une panne.
- Pour être valable, cette méthode nécessite une étude approfondie, notamment :
- de la périodicité des différents travaux.
 - Des pièces de recharge indispensable.
 - Des temps et effectifs nécessaires pour les diverses méthodes précédentes pour constituer ce que l'on appelle « le cycle d'entretien » du matériel étudié.

2-6-2-CYCLES D'ENTRETIEN :

Le cycle d'entretien est le période de temps s'écoulent entre de révision générales d'un moteur et comprends tous les travaux systématiques exécutés dans cet intervalle.

Entre deux révisions complètes, on procède souvent aux échanges standards des organes soumis aux plus grands efforts dans l'intervalle de ces échanges, on procède également au remplacement des pièces particulièrement délicates.

Enfin, entre toutes ces révisions ou échanges périodiques on intervalle des inspections systématiques de détection des pannes ou les cas échéant des vérifications diverses.

On trouve donc sur le planning des interventions d'entretien concernant un moteur, un certain nombre d'opération qu'on peut définir plus ou moins arbitrairement de la façon suivante :

2-6-3- INSPECTION OU VISITE :

C'est l'examen des divers éléments d'un moteur pouvant être ausculté, soit à l'œil, soit à l'oreille, sans démontage, sauf, le cas échéant le retrait d'un capotage. L'inspecteur peut cependant utiliser des appareils de mesure ou des outillages amplificateur pour faciliter la détection éventuelle des anomalies des parties des inspections peut se faire en marche et les autres nécessite un arrêt.

2-6-4-VERIFICATION OU PETITE REVISION :

Elle comprend indifféremment les opérations suivantes :

- la mesure de l'usure sur les pièces à courte durée de vie.
- Les vérifications de mise à niveau des battis.
- Les contrôles géométriques.
- Les réglages d'organes sujets à dérèglements en vigueur.
- Les essais concernant la sécurité on prescrit par les règlements en vigueur.
- La vérification du fonctionnement des différentes protections thermiques, électriques, etc.
- Le remplacement d'une pièce ou d'organes ou révision moyenne, cette opération comprend le remplacement soit de plusieurs pièces, soit de l'organe ujet à usure.

C'est surtout la conception du turboréacteur qui facilite le choix selon les temps de démontage des divers éléments, les fréquences d'usure et les possibilités d'arrêt de ce moteur.

2-6-5- REVISION GENERALE :

Elle comprend la remise en état de la machine c'est à dire le démontage à peu près complets, la réparation ou le remplacement de l'appareil.

Sa fréquence sera étudiée en onction des critères précédemment.

Il est évident qu'avec des études bien faites, on devrait aboutir à des cycles d'entretien de durée identique, pour de moteurs analogues, utilisées des les mêmes façons, avec conditions similaires de surcharge.

2-7-ORGANISATION DES VISITES SYSTEMATIQUES :**INTRODUCTIONS :**

On a vu que l'entretien préventif par visite systématique consiste un aménagement économique de la méthode précédemment décrite, puisque au lieu de déclencher les travaux systématiquement à l'intervalle fixe, on se contente de réaliser des inspections à date fixe, et c'est seulement si la visite décelé une anomalie que l'on déclenche une demande de réparation qui peut se faire dans la majorité de cas dans un moment où cela ne gêne ni l'exploitation ni l'entretien, puisque 5% à peine des travaux détectés se révélant.

L'expérience montre que ces visites sont peu onéreuses et permettent de supprimer 70% à 90% des pannes si elles sont bien organisées, le rendement des visites s'explique aisément si l'on fait un choix logique de la méthode qui montre que les causes principales des pannes peuvent être décelées par une centaine de vérification.

Nous allons passer en revue les principales de l'organisation des visites systématiques qui comprendra toujours (03) phases avec les points suivants :

- une phase préparation :
 - étudier les installations à inspecter.
 - Créer des fiches de visites.
 - Etablir un programme d'inspection.
 - Recruter et former les visiteurs.
- une phase contrôle :
 - enregistrer les travaux détectés.
 - Lancer les résultats des inspections.

Comment assurer les succès du lancement de l'entretien préventif :

Malgré tous ses avantages, l'entretien préventif est assez difficile à lancer dans une entreprise pour les raisons suivantes :

- il n'est pas tellement conforme à la nature humaine de prévenir plutôt que de guérir.
- Les agents d'exploitation ont des préoccupations ne tiennent pas toujours compte des nécessités d'arrêt pour entretien.
- L'entretien manque souvent de documentation et d'instructions de contrôle permettant de mesurer et chiffrer les résultats obtenus.
- Les incidents et leurs causes exactes ne sont pas toujours signalés correctement par les utilisateurs des turboréacteurs.

- On craint souvent que l'entretien préventif soit couteux, et si l'on obtient moins de pannes grâce à lui, on pense souvent que cela aurait été pareil sans utilisation.

Les conditions essentielles d'un succès seront donc :

A – convaincre les opposants de l'entretien, de la fabrication et de la direction en leur prouvant par chiffres et graphiques que l'entretien préventif leur apportera respectivement une réduction du travail, une diminution des temps d'immobilisation et un abaissement des coûts d'entretien.

Pour mieux convaincre, il sera bon faire un démarrage progressif dans un secteur pouvant donner le plus vite possible des résultats spectaculaires, et de savoir présenter pour convaincre, c'est-à-dire :

- présenter les arguments de la manière la plus frappante, c'est-à-dire par graphiques.

L'entretien pourra notamment présenter pour deux groupes des moteurs identiques dont un seul a été soumis à l'entretien préventif :

- les courbes des coûts cumulés d'entretien,
- les courbes d'immobilisation durables.
- Le tableau des temps d'arrêts des différents turboréacteurs avant et après introduction de l'entretien préventif.
- Les graphiques des pannes hebdomadaires et des heurs de dépannage correspondantes. Il faudra veiller à ne pas manquer sur ces documents que les immobilisations imputables à l'entretien à l'exécution des arrêts provenant de la fabrication. on peut d'ailleurs représenter sur un même graphique en fonction du temps :
- Le pourcentage d'arrêt pour travaux courants de fabrication.
- Le pourcentage d'arrêt total.

L'aire comprise entre les deux courbes représente la zone de responsabilité de l'entretien qui doit tout mettre en œuvre pour la réduire.

B- avertir à temps la fabrication des visites prévues et planer les travaux ou visites à la semaine pour donner un maximum de souplesse à leur réalisation et pouvoir les exécuter quand cela gêne le moins l'exploitation.

C- réduire les arrêts en nombre et durée en faisant opérer les vérifications mécanique et électrique simultanément par deux ouvriers et en avançant les visites sur un matériel en panne pour profiter de son arrêt.

D- veiller obtenir des visites homogènes d'un inspecteur à l'autre et d'une inspection à l'autre, cette homogénéité pourra être obtenue que par l'emploi de fiches de visites suivies point par point par des injecteurs méthodiques devant établir leur rapport sur place.

E- observer une juste mesure dans le nombre de points à visiter et dans la fréquence des inspections. L'entretien préventif doit diminuer le travail de l'entretien si non il est inutile. Il faut donc trouver ses limites techniques et financière.

F- tenir les documents statistiques nécessaires permettant d'améliorer l'entretien préventif et de calculer sa rentabilité, c'est-à-dire au moins :

- le planning de visites.
- les feuillets récapitulatives des rapports d'inspections.
- les fiches historiques des pannes.
- les graphiques d'immobilisations du matériel.

G- Constituer les dossiers techniques nécessaires sans se laisser décourager par la longueur du travail. On ouvrira seulement les dossiers mais on s'astreindra ensuite à les tenir à jour.

H- avoir la foi et savoir préserver, les premiers résultats ne pouvant apparaître qu'au bout de plusieurs mois.

En appliquant ces règles avec persévérances, on obtiendra au bout de quelques années des résultats excellents.

III- 3-CAUSES DES DEFAILLANCES D'UN TURBOREACTEUR:

3-1 -LES PRINCIPAUX CAUSES QUI NECESSITE LES DEFAILLANCES :

Parmi les différents problèmes causants les défaillances sont :

- la corrosion.
- L'érosion

3-1-1-CORROSION DES SURFACES DES PIECES :

Presque tous les métaux et les alliages en service se dégradent sous l'effet de la corrosion. La corrosion est l'attaque chimique des surfaces métalliques par milieu agressif extérieures. Elle se traduit généralement par l'altération de la surface d'un métal. Parmi les agents les plus courant de la corrosion il y a l'air, l'eau de mer, les sols, les acides, les alcalis, les composés organiques etc....

L'expérience montre que ce genre de destruction dépend surtout des trois facteurs suivants :

- 1- de la nature chimique du métal ou de la composition de l'alliage et de structure.
- 2- De la nature chimique du milieu de la teneur en matières corrosions (oxygène, humidité, acides, alcalis, etc.....).
- 3- De la température du milieu ambiant.

Suivant le caractère de la corrosion on distingue :

A- LA CORROSION UNIFORME :

Quand le métal se dissout régulièrement sur toute la surface.

B- LA CORROSION LOCALISEE :

Qui altère seulement certains secteurs de l'alliage ou du métal.

C- LA CORROSION SELECTIVE :

Quand on observe la destruction de certains composants de structures de structures.

D- LA CORROSION INTER CRISTALLINE :

Quand l'attaque passe en profondeur en profondeur en suivant les joints des cristaux, suivant la mécanique de l'attaque l'on distingue également la corrosion chimique et électrochimique.

3-1-2- LA CORROSION CHIMIQUE :

C'est l'oxygénation du métal par des gaz et des liquides.

L'attaque chimique forme à la surface de métal une pellicule des produits de la corrosion, le plus souvent d'oxyde.

Parfois ces pellicules peuvent préserver le métal de base et le transformer en élément passif par rapport au milieu ambiant.

Les pellicules d'oxydes relativement denses qui peuvent protéger le métal de l'oxydation ultérieure se forment à la surface de l'aluminium, de plomb, de l'étain, du nickel et de chrome, au cours de l'oxydation du fer les pellicules qui se forme est aussi suffisamment dense mai quand son épaisseur augmente, elle se fissure et se stratifie.

3-1-3-LA CORROSION ELECTROCHIMIQUE :

A lieu dans des électrolytes liquides ou les ions se déplacent librement. Au contact de la surface du métal avec la solution de l'électrolyte, les atomes passent dans la solution sous forme d'ions en laissent dans le métal une quantité équivalent d'électrons.

3-2- PROTECTION DES METAUX CONTRE LA CORROSION :

Les procédés essentiels de la protection des métaux des alliages contre la corrosion sont :

- 1- l'alliage des métaux et la création d'alliages chimiquement stables d'une composition spéciale.
- 2- La création à la surface des pièces métallique de pellicules d'oxydes limitant la profondeur de la corrosion.
- 3- L'exécution des revêtements métalliques.
- 4- La protection de la surface par une couche de vernis ou de peinture.

L'introduction d'éléments d'alliage dans la composition de certains métaux (acier s et fontes) permet d'élever leur résistance à la corrosion. Les éléments d'alliage forment toujours avec le métal de base des solides (acier austénites, bronze à aluminium) ce qui enlèvent sensiblement sa résistance à la corrosion de l'acier.

Pour certains métaux et alliage on peut former artificiellement la pellicule d'oxyde passante par oxydation anodique.

La tendance des atomes d'un métal de passer dans une forme ionique est déterminée par potentiel électrochimique.

Le potentiel électrochimique est une grandeur proportionnelle à l'énergie du passage dans la solution des ions du métal dans les conditions données.

(Cuivre : +0.33, étain :-0.1, plomb :-0.12, nickel :-0.23, fer :-0.44, chrome :-0.56, zinc :-0.76, manganèse :-1.1, aluminium : -1.34).

Plus le potentiel électrochimique est négatif, plus la tendance du métal à se dissoudre dans les électrolytes est grande, ainsi l'allure de la dissolution du plomb, c'est-à-dire sa corrosion dans une solution d'acide sulfurique, c'est beaucoup plus lent que celle du fer, etc....

Il faut signaler également un autre aspect de la corrosion dans les électrolytes. Si l'on plonge deux métaux en contact dans électrolyte ils forment ce qu'on appelle un couple galvanique caractérisé par une certaine différence de potentiel.

La formation de ce couple provoque dans le système considéré de dissolution du métal ayant le plus grand potentiel électrique négatif. Ce métal consiste l'onde et envoie ses ions dans la solution de l'électrolyte quant au deuxième métal au potentiel négatif plus faible, il forme la cathode et ne se dissout pas dans l'électrolyte en présence du premier métal.

Ainsi, par exemple, si on prend le couple fer zinc et si on le plonge dans un électrolyte, le zinc se dissout plus vite que le fer et prévient l'oxydation de ce dernier.

Ce phénomène on l'utilise parfois pour la protection des métaux contre la corrosion.

*** CORROSIONS PAR PIQURE :**

Si la surface d'une pièce est recouverte d'un film d'oxyde et on a la piqûre de la surface, le fond de la piqûre joue le rôle du métal au potentiel négatif et la corrosion se développe en profondeur. La corrosion par piqûre est très dangereuse, car elle est pratiquement invisible en surface et attaque les pièces en profondeur. Elle s'accélère à mesure que la piqûre s'approfondit.

La protection par revêtement métallique est largement employée dans l'industrie. Tout revêtement métallique doit être continu, la surface des articles revêtus ne doit pas comporter de stries, de rainures etc....

Les revêtements métalliques sont portés à chaud, par le procédé électrolytique ou au pistolet (shoopage).

Le plomage à chaud préserve de la corrosion l'appareillage chimique.

La protection des pièces par dépôts électrolytiques consiste à les placer dans des bains galvaniques où le courant électrique assure le dépôt du métal sur la surface de la pièce à traiter, on recourt largement au nickelage, au chromage, au zincage et au revêtement par d'autres métaux.

La métallisation consiste à déposer à l'aide d'un pistolet à l'air comprimé des gouttelettes de métal fondu sur la surface de la pièce.

Parfois, pour protéger les métaux contre la corrosion on utilise les protecteurs. Ce procédé est basé sur le fait que, lorsque l'on met en contact deux métaux différents plongés dans un électrolyte, le métal au potentiel d'électrode inférieur forme l'anode et se désagrège, en provoquant entre la corrosion le métal formant la cathode.

3-3- L'ÉROSION (Voir Figure III-2):**✓ DEGRADATION DUE A L'HUMIDITE :**

La présence d'humidité peut entraîner différents problèmes de corrosion, nous ne les évoquerons pas ici, nous limiterons dans ce paragraphe à étudier le problème de l'érosion produite par l'impact des gouttes d'eau.

Cette érosion se produit vers le sommet des grandes ailettes des turbines haute pression ou la vitesse peut atteindre des valeurs allant jusqu'à 600 à 700 m/s.

Le film d'eau qui s'est déposé sur les aubes fixes va, après le bord de fuite, se déchirer pour former une nappe de grosses gouttes qui vont venir frapper la région du bord d'attaque à l'extrados à une vitesse sensiblement égale à la vitesse propre des gouttes étant faible devant cette vitesse.

Chaque impact donne naissance à une onde de pression plus ou moins violente suivant l'énergie de la goutte et sa direction, sous l'effet de ces répétés, il apparaît des microfissures à la surface de l'aube, et au bout d'un temps plus ou moins long des piqûres et des arrachements de métal.

On distingue trois phases : une période d'incubation est suivie d'une érosion rapide, puis d'une érosion plus lente, on peut penser que l'aube s'érode sa rugosité croît, ce qui permet une rétention d'un film d'eau de plus en plus épaisse qui va amortir l'onde de pression due à l'impact et ainsi ralentir l'érosion.

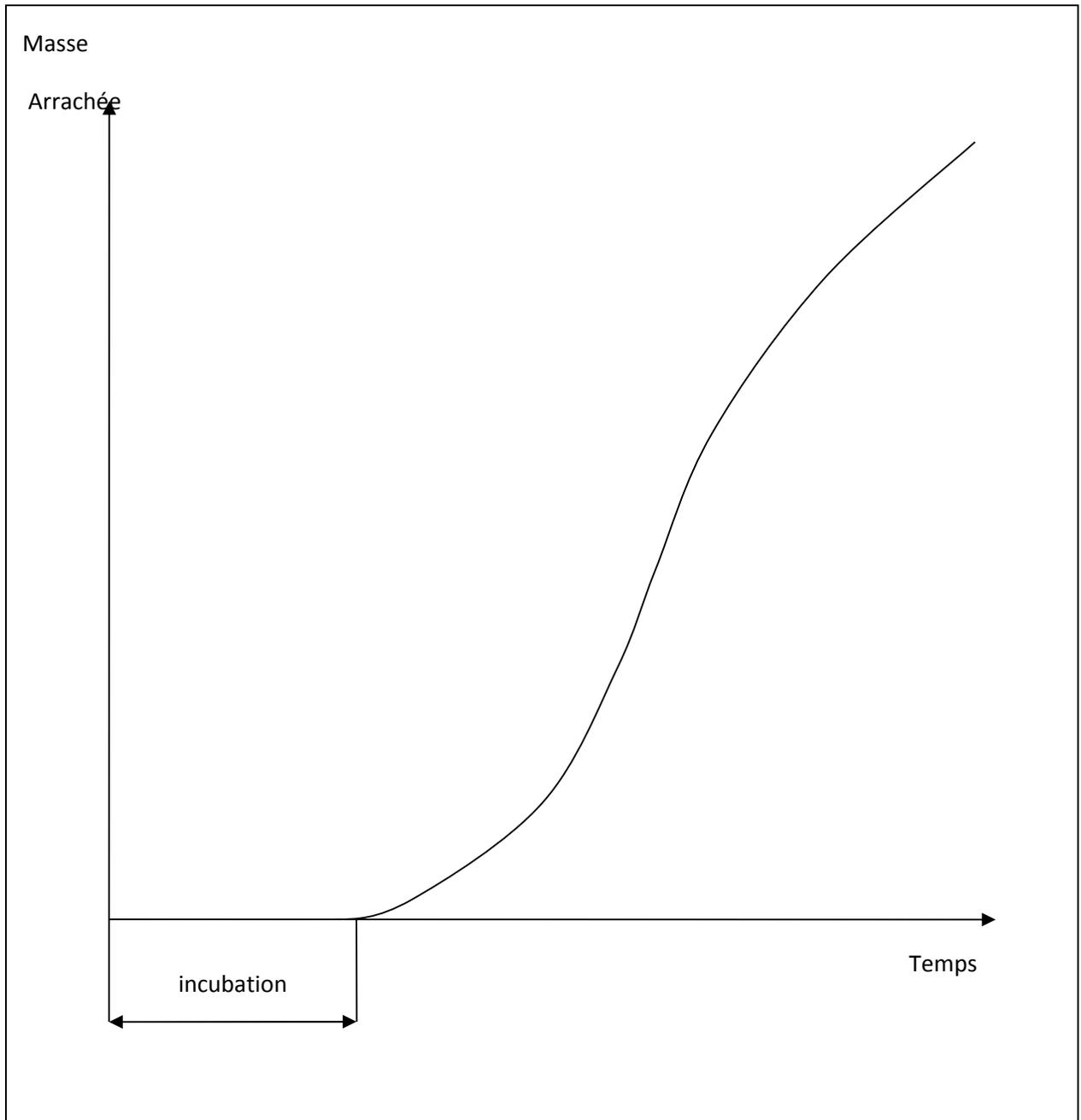


Figure III-2: Les différentes phases.

III-4 -MECANIQUE DE LA RUPTURE ET LA FATIGUE :**4-1 -LA FATIGUE :**

On entend par fatigue ou endommagement par fatigue, la modification des propriétés des matériaux consécutive à l'application de cycle d'efforts, cycle dont la répétition conduite à la rupture des pièces constituées à ces matériaux.

Il y a donc fatigue dès que l'on est en présence d'effort dans le temps, mais ce qui est particulier à la fatigue c'est qu'on fait, les ruptures peuvent être pour des contraintes faibles souvent inférieures à la limite de rupture du matériau et même à la limite d'élasticité, cet endommagement par fatigue ne s'accompagnant, en générale d'aucune modification apparente de forme ou d'aspect de la pièce.

L'origine de la rupture étant due à une fissuration progressive qui s'est étendue jusqu'à ce que la section transversale restante ne puisse plus supporter l'effort appliqué.

➤ EFFET DE L'ENDOMMAGEMENT :

On considère qu'il faut distinguer pour les métaux :

A- LA LIMITE MICRO ELASTIQUE :

Qui est la valeur de la contrainte au dessous de la quelle le cycle effort déformation est purement linéaire à l'aller comme au retour, en conséquence, l'aire de ce cycle est nulle.

B- LA LIMITE ELASTIQUE :

Qui est plus général contrainte pour la quelle le cycle reste fermé sur lui-même, sans que l'air soit nulle, dans ce domaine, la déformation conserve caractère réversible mais s'accompagne d'une dissipation d'énergie.

C- on constat qu'au dessus de la limite élastique ou le premier cycle effort déformation n'est plus fermé sur lui-même, la répétition de cycles d'efforts peut amener, au bout d'un certain temps, leur fermeture.

On désigne ce phénomène sous le nom d'accommodation et on appelle limite d'accommodation (C_c) la limite de contrainte à ne pas dépasser pour qu'il se produise (voir figure 1).

➤ Information :

= limite micro élastique.

p = limite anélastique.

p = contrainte pour la quelle une déformation plastique est mise en évidence par les essais de relaxation.

= limite d'élasticité à (0.2%).

D/ Au-delà de la limite d'accommodation, le cycle effort-déformation ne se reforme plus sur lui-même et évolue constamment en ce traduisant par une déformation rémanente.

Il en résulte que dans tous les métaux, les efforts de fatigue entraînent toujours une déformation plastique locale, dans le grain du matériau le plus sollicité.

4-2- les DIFFERENTES SOLLICITATIONS ET LEUR APPELLATION :

En général les sollicitations de fatigue résultent d'effort combinés entre sollicitations statiques et variable, on peut distinguer trois cas de sollicitations variables :

4-2-1-SOLLICITATIONS ALTERNEES :

Les efforts changent de sens alternativement, un cas particulier est celui où les valeurs extrêmes sont égales et de signes contraires.

$$-Ca \text{ et } +Ca$$

Ou :

Ca : amplitude de la composante alternative.

4-2-2-SOLLICITATION REPETEE :

Les efforts sont toujours de même sens et varient de zéro à une valeur, soit positive soit négative, les valeurs extrêmes sont (0) et (+C) et (-C), la valeur moyenne est $C_m = C/2$
Ou $C_m = -C/2$.

4-2-3-SOLLICITATIONS ONDULEES :

La variation des efforts a lieu de part et d'autre d'une certaine valeur moyenne non nulle (C_m), soit positive soit négative, la valeur minimale demeure différente de zéro, la valeur moyenne algébrique est :

$$C_m = C_{\max} + C_{\min} / 2$$

On peut distinguer aussi à l'autre rapport appelé de contrainte qui est à distinguer du rapport :

C_a/C_m = amplitude de la composante alternative/composante continue.

D'une façon générale, tout effort périodique peut être considéré comme la résultante d'un effort constant ou statique (C_m) et d'un effort alternatif d'amplitude (C_a).

Si $C_m < C_a$, les efforts sont alternés, $C_m = 0$, ils sont alternés symétriques.

Si $C_m = C_a$, les efforts sont répétés.

Si $C_m > C_a$, les efforts sont ondulés.

4-3-MECANIQUE DE LA RUPTURE (Voir Figure III-3):

L'étude de la rupture brutale des aciers permet, soit de calculer des contraintes critiques d'utilisations d'un matériau possédant un défaut de longueur donné, soit des longueurs de défauts critiques connaissant la contrainte d'emploi.

Dans ces conditions, on conçoit que dans une structure travaillant en fatigue, dont la taille n'est critique à un moment donné, peut atteindre une taille qui le devient du fait de la propagation lent sous l'effet des contraintes variables.

On a donc cherché à déterminer la vitesse de propagation des fissures de fatigue, tout d'un point de vue technique et macroscopique pour contrôler et prévenir les ruptures de pièces en générale, que d'un point de vue plus physique pour préciser les mécanismes de fatigue.

Les paramètres caractéristiques de la distribution des contraintes et des déformations au voisinage des fissures définissent par la mécanique de la rupture permettant de rendre quantitatif le phénomène de fissuration par fatigues :

- propagation brutale d'une fissure.
- Critère d'énergie.
- Lois de vitesse de fissuration en fatigue.

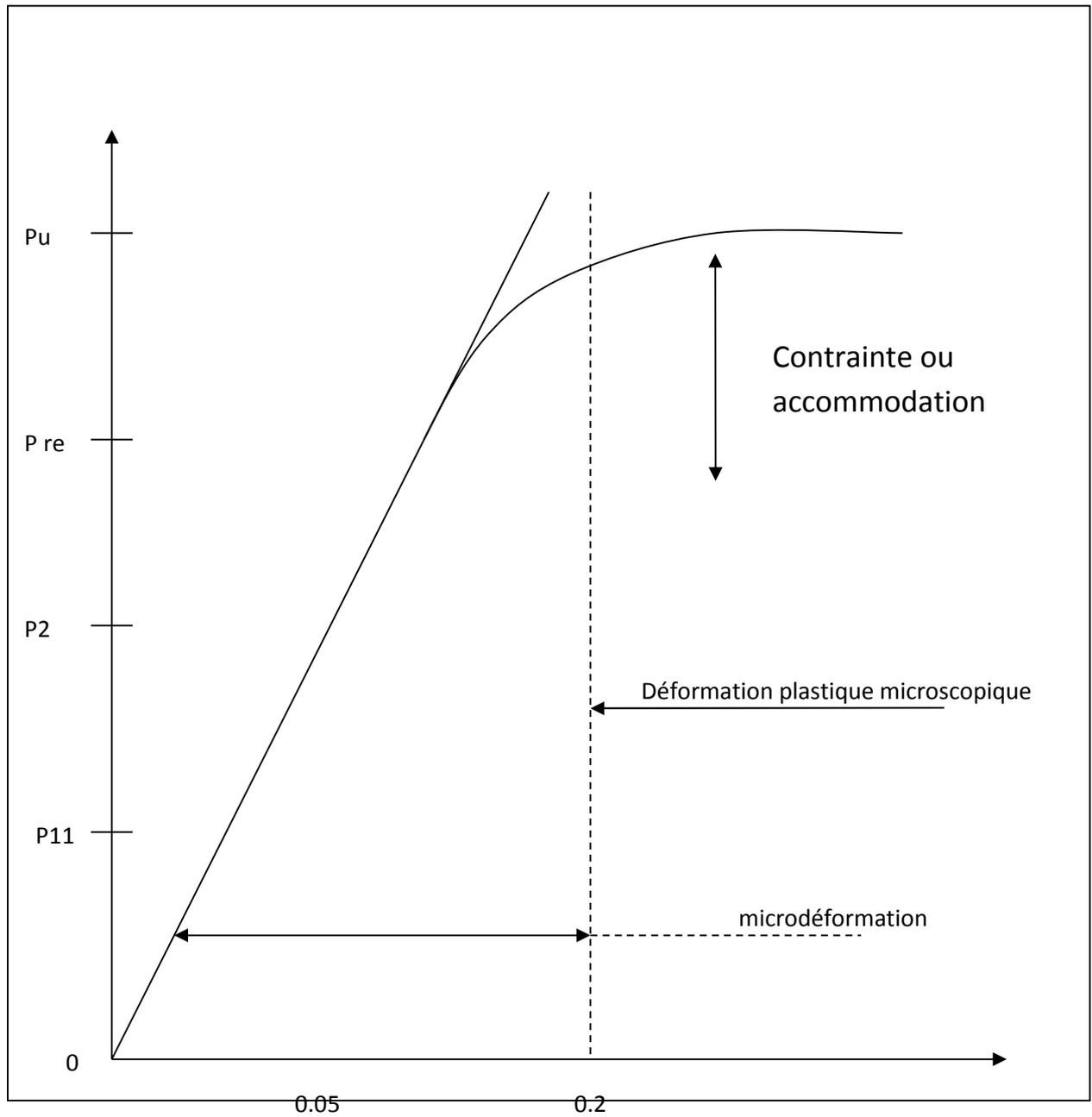


Figure II-3-Diagramme de la déformation.



CHAPITRE IV
MAINTENANCE
DE LA
COMPRESSEUR BASSE PRESSION
DU MOTEUR JT8D-15



La maintenance de la compresseur basse pression effectue les étapes suivantes :

- ✓ La dépose.
- ✓ Le désassemblage.
- ✓ Le nettoyage.
- ✓ L'inspection.
- ✓ L'assemblage.
- ✓ L'équilibrage.
- ✓ La repose.

Avant la dépose on procède une visite préliminaire qui fait l'inspection au boroscopie et l'inspection d'huile (le filtre et l'état d'huile).

❖ **les différents problèmes qui nécessitent le dépose du compresseur :**

- **La corrosion** : des types de corrosion qui attaque les ailettes.
- **Cassure des ailettes** : à cause d'un objet extérieur, ou par le phénomène de pompage.
- **Déformation des ailettes.**
- **Fissure** : détecté par l'inspection (visuel ou boroscopique).

❖ **Méthode de réparation individuelle et par group des machines :**

Dans les différents domaines de l'industrie, il est appliqué différentes méthodes de réparation dans les ateliers mécaniques que l'on peut ramener à deux modes essentiels :

la réparation individuelle.

La réparation par groupes.

Il est évident que chaque méthode détermine un processeur technique particulier de réparation.

Dans les ateliers de réparation D'AIR ALGERIE il est surtout utilisé la méthode de réparation individuelle, et plus rarement celle de réparation par groupe, dans les grands ateliers spécialisés et dans les usines de réparation on fait plus souvent appel à la méthode de réparation par groupes.



LES PROCEDURES DE DEPOSE
DU
COMPRESSEUR BASSE PRESSION

Du moteur JT8D-15



IV-1-LES ETAPES DE DEPOSE DE COMPRESSEUR BASSE PRESSION :

- Transférer le moteur du chariot de transfert et le mettre sur piédestal ou sur rail.
- Dépose fan exit case (carter de sortie fan) .
- Dépose du front accessory drive group.
- Dépose de la pompe de récupération du palier n° 1.
- Dépose du palier n° 1 et joints.
- Dépose de la bague extérieure palier n°1(oil dumper type).
- Dépose du fan inlet group.
- Dépose du disque 1^{er} étage compresseur.
- Dépose du front fan case (carter fan avant).
- Dépose du stator 1^{er} étage compresseur.
- Dépose du disque 2^{eme} étage compresseur.
- Dépose du rear fan case (carter fan arrière).

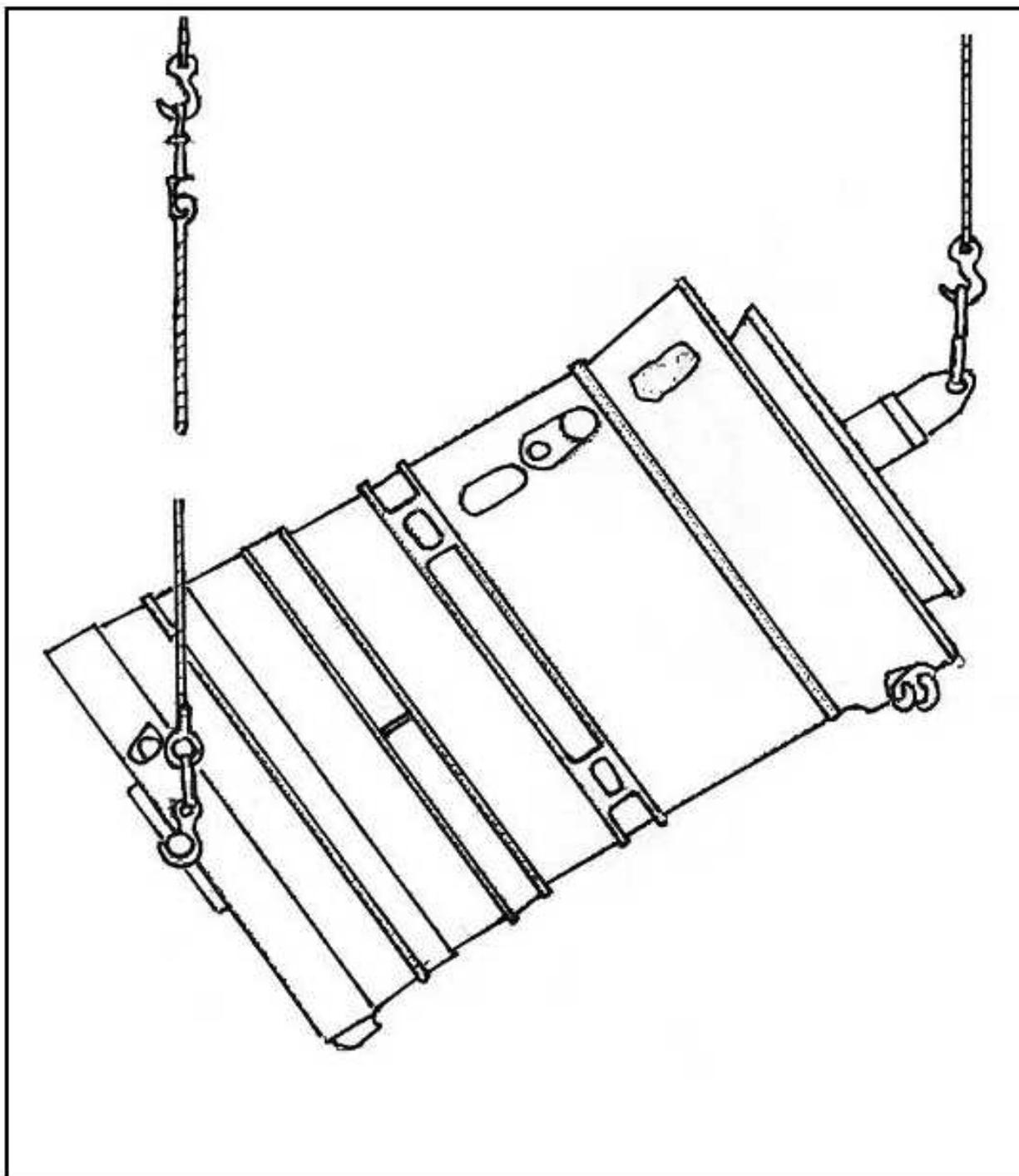


Figure IV-1 : Le chariot de transfert.

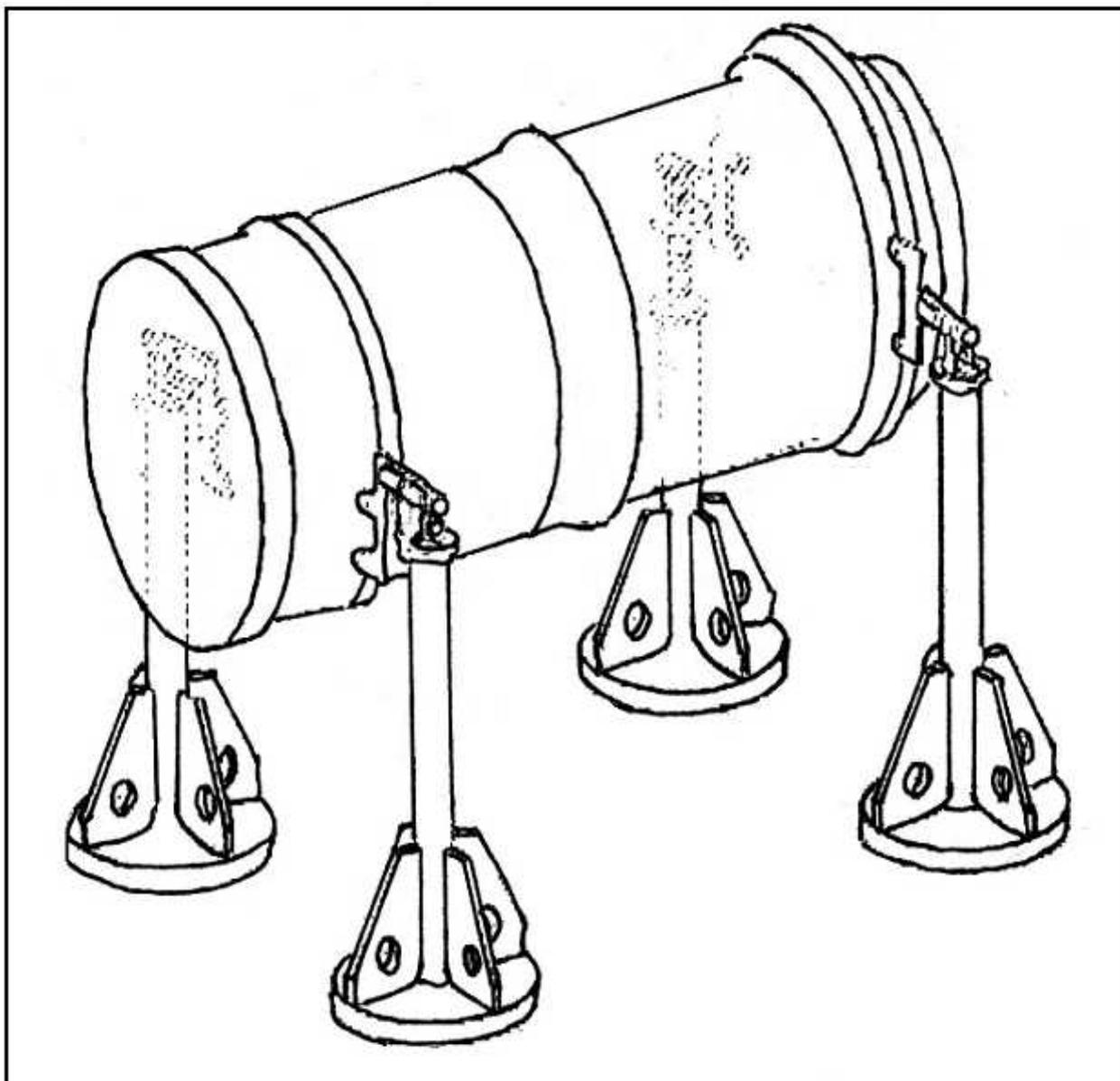


Figure IV-2 : Le piédestal.

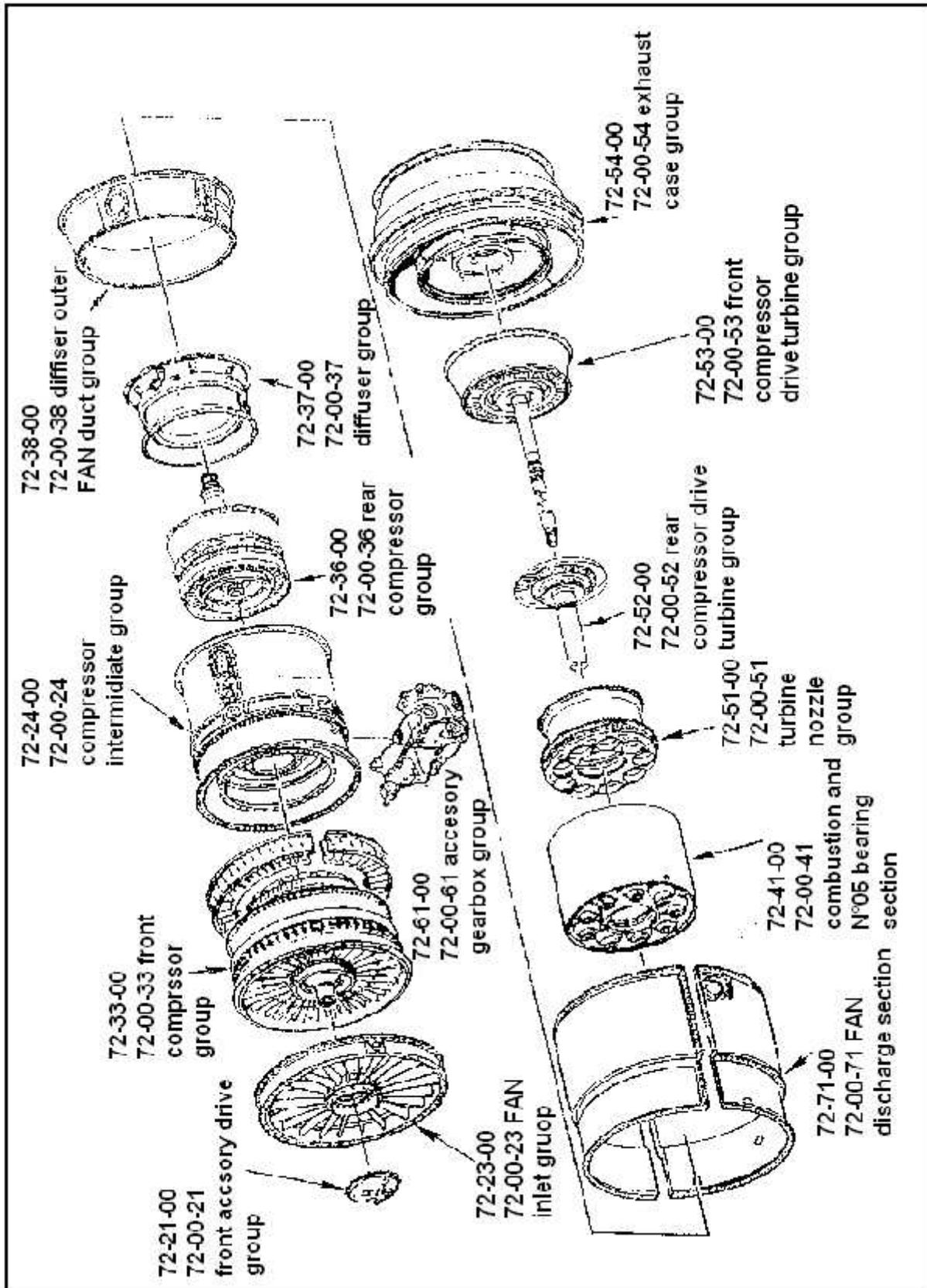


Figure IV-3 : Principaux composants du moteur.

Les étapes de dépose sont indiquées dans le tableau suivant :

AIR ALGERIE Direction technique S/D révision moteurs Dpt. Engineering/JT8D		MOTEUR JT8D PROTOCOLE DE TRAVAIL MOTEURS JT8D-9A/-15/-17-17A		E S N : TSN / CSN : N° W.O:
Dépose C01/ C02				
Note: l'exécution des travaux de ce protocole doit être conforme a l'engin manuel suivant les références mentionnées				
ITEM	REFERENCE	DESIGNATION DES OPERATIONS		
01	72-00-removal-01	* transférer le moteur par le chariot de transfert et le mettre sur -pedestals ou sur rail.		
02	72-00-21-02-001	*Démontage du front accessory drive group.		
03	72-21-00-03-004	* Démontage de la pompe de récupération du palier n° 1.		
04	72-00-23-03-001-001	* Démontage du palier n° 1 et joints.		
	72-23-03-002	* Démontage de la bague extérieure palier n°1(oil dumper type).		
05	72-00-23-02-001-001	*Démontage du fan inlet group.		
06	72-00-23-02-001-001	*Démontage du disque 1^{er} étage compresseur.		

ITEM	REFERENCE	DESIGNATION DES OPERATIONS
07	72-00-33-03-02	*Démontage du front fan case (carter fan avant) .
08	72-00-33-03-03	*Démontage du stator 1^{er} étage compresseur.
09	72-00-33-03-003	*Démontage du disque 2^{eme} étage compresseur. <ul style="list-style-type: none">- Marquer la position triangulaire (balourd) sur le spacer.- Marquer la position triangulaire sur le 2^{eme} étage disque, et déposer les calles.
10	72-00-33-004	*Démontage du rear fan case (carter fan arrière) .
11	72-00-33-03-005	*Démontage fan exit case (carter de sortie fan) .

IV-2-INSPECTION :**IV-2-1-GENERALITE :**

Elle est pour but d'accomplir les inspections nécessaires incluses dans la section désassemblage, il n'est pas de démonter les pièces à moins que l'inspection relève un désassemblage approfondi.

Les pièces constituant du compresseur peuvent être réutilisées, une fois les inspections et les contrôles révèlent l'état satisfaisant de celle-ci.

Les pièces qui ne sont pas acceptées par la tolérance à l'inspection doivent être réparées conformément avec la section préconisée par le manuel maintenance.

IV-3- LES TYPES D'INSPECTION:**A- L'INSPECTION FPI:**

Sur une surface préalablement nettoyée on applique un produit appelé pénétrant, il étale sur la surface et il entre dans les discontinuités débouchantes, le pénétrant reste en surface et applique un révélateur, il ressort de la discontinuité pour donner une indication beaucoup plus importante que la longueur du défaut en surface.

La révélation a deux fonctions essentielles:

- ✓ faire sortir le pénétrant de la discontinuité.
- ✓ c'est celui qu'on le voit dans l'ultra violet dans le noir.

*** MÉTHODE "A" (WATER WASHABLE):**

Spop 82

Haut sensibilité

Spop 82	méthode	Pénétrant utilisé	Temps d'immersion	Développe utilisé	Temps développe
ZYGLO	L'application du pénétrant florissant s'effectue par pulvérisation ou par immersion	ZL67	30min	9D4A	10min

*** METHODE « B » (EMULSIFIABLE):****Spop 82****Poste émulsifiable:**

Spop 82	méthode	Pénétrant utilisé	Temps d'immersion	Développe utilisé	Temps développe
ZYGLO	L'application du pénétrant florissant s'effectuée par pulvérisation ou par immersion	ZL27A	30min	9D4A	10min

B- L'INSPECTION FMPI:

Si l'on soumet une pièce ferromagnétique à un champ magnétique suffisant, la présence de défaut est mise en évidence par visualisation des modifications du champ à la surface de la pièce, ces modifications sont appelées les lignes de champ.

On constate que plus la profondeur du défaut est important, plus la détection des défauts est improbable, le défaut le mieux détecté est orienté à 90° par rapport au ligne de champ, le défaut parallèle à la ligne de champ ne sera pas détecté, on peut considérer qu'un défaut faisant un angle de 60° par rapport au ligne de champ.

Cette opération est faite généralement à l'aide d'une poudre ferromagnétique projetée directement sur les pièces ou en suspension dans un liquide (au pétrole), cette projection peut se faire durant la magnétisation (méthode continue) ou après la magnétisation (méthode résiduelle).

1/ SPOP 101:**PROCEDURE D'INSPECTION (FMPI):**

A- le dégraissage si il est nécessaire à l'aide du spop 209.

B- magnétiser circulairement en tournes excentriquement sur une barre en cuivre.

C- immerger la pièce dans une suspension d'oxyde de fer ou bien asperger convenablement.

D- faire un contrôle à la lumière ultra violet.

E- enregistrer le contrôle.

F- démagnétiser.

G- laver à l'aide de PMC 1887 ou PMC 9010 (solvant pour enlever les traces florissantes).

H- appliquer un additif de corrosion à l'aide du SPOP 5.

2/ SPOP 103:

PROCEDURE D'INSPECTION (FMPI):

A- le dégraissage si il est nécessaire à l'aide du SPOP 209.

B- magnétiser circulairement en tourne excentriquement sur une barre en cuivre.

C- immerger la pièce dans une suspension d'oxyde de fer ou bien asperger convenablement.

D- faire un contrôle de la lumière ultra violet.

E- magnétiser circulairement en tournant les diamètres de la pièce (utiliser le deuxième nombre d'ampérage).

F- refaites le point C de nouveau.

G- refaites le point D.

H- tourner la pièce à 90° à partir de la direction du premier coup magnétisant (utiliser le deuxième nombre d'ampérages).

I- refaites le point C.

J- refaites le point D.

K- enregistrer le contrôle.

L- démagnétiser.

M- laver à l'aide du PMC 1887 véhicules de suspension magnétoscopie (avec point d'inflammabilité très élevé) ou à l'aide du PMC 9010 (solvant pour enlever les traces fluorescents).

N- appliquer un additif de corrosion à l'aide du SPOP 5.

IV-4 LE CONTROLE NON DESTRUCTIF:

4-1 GENERALITE:

Le CND permet d'effectuer des examens de santé internes de matériaux et de structures sans remettre en cause leur intégrité, il partage avec le secteur médical:

- l'échographie
- la radiographie.
- le scanner.

Le but de CND c'est la détection, la discrimination et l'évaluation des défauts, il conditionne les progrès des matériaux et la réalisation de structure.

Le concept de mécanique de la rupture (tolérance au dommage) intervient à différents stades:

- contrôle de la matière première.
- en cours de la fabrication.
- sur le produit fini.
- en cours de qualification.
- sur le terrain ou en atelier de maintenances.

4-2-LES PRINCIPAUX DOMMAGES RECHERCHENT:

- fissure
- défaut d'assemblage (soudure, collage).
- inclusion.
- délaminage.
- porosités.
- défaut métallurgique.

4-3-LES DIFFERENTES METHODES:-

- ultrasons.
- visuel.
- courant de Foucault.
- ressuage.
- magnétoscopie.
- radiographie X.

IV-5 -CONTROLE PAR ULTRASON: (LA FIGURE IV-4)

Les vibrations sonores sont des vibrations qui se propagent par déplacement de la matière de proche en proche.

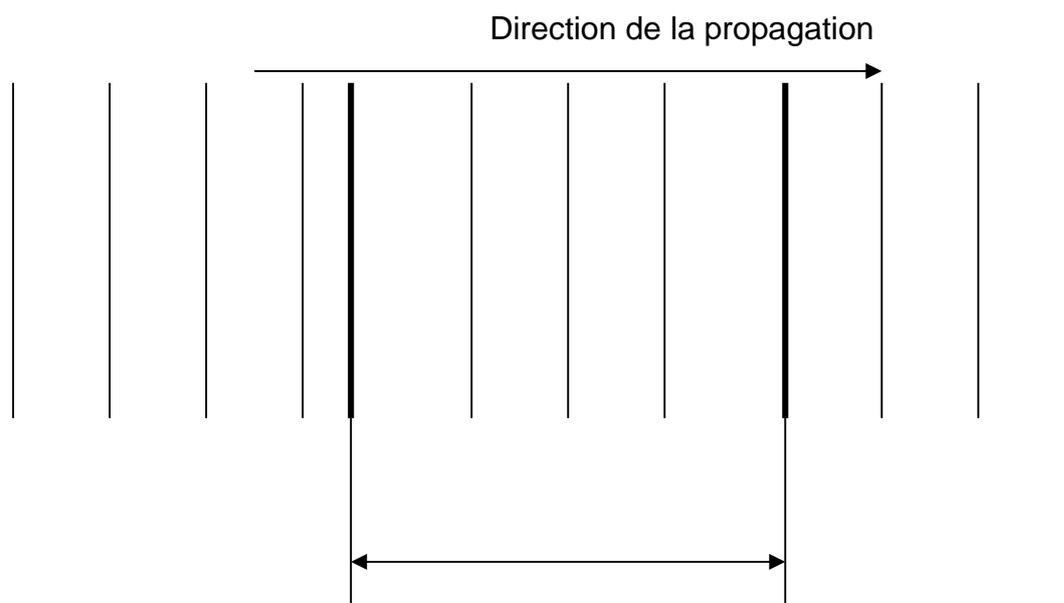


Figure IV-4 : Contrôle par ultrason.

5-1-DEFINITION DES ULTRASONS (FIGURE IV-5) :

Les sons audibles sont des fréquences comprises entre 15HZ et 18KHZ pour des fréquences plus faibles on a des infrasons et des ultrasons pour des fréquences plus élevées.

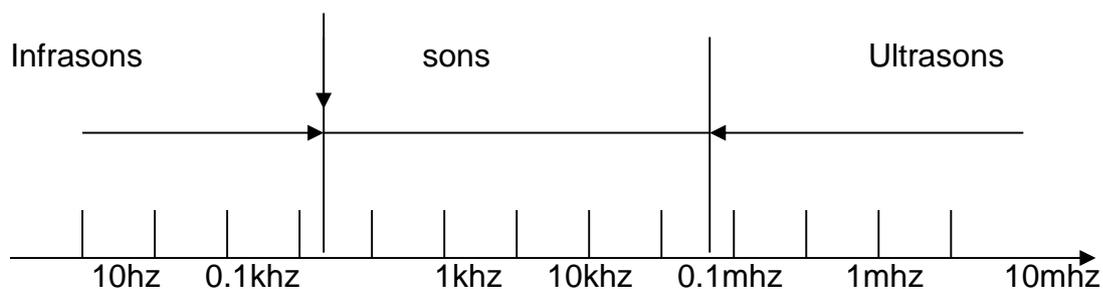


Figure IV-5 : la zone ultrason.

En contrôle non destructif par ultrasons, les fréquences classiquement utilisées sont comprises dans la gamme de 0.5 à 15 Mhz.

Des fréquences plus faibles peuvent être utilisées pour le contrôle des bitons, des fréquences très élevée pour des applications très particulières.

5-2-DIFFERENTES TYPE D'ONDE:

Nous considérons tous d'abord la propagation des ondes dans des milieux finis homogène et isotropie les lois de la mécanique explicitant les relations entre les contraintes et les déformations conduisent à la définition de deux types d'onde:

A- ONDE LONGITUDINALE OU DE COMPRESSION:

Ce type d'onde correspond à un déplacement parallèle à la direction de propagation des éléments constitutifs de la matière.

B- ONDE TRANSVERSALE OU DE CISAILLEMENT:

Ce type d'onde correspond à un déplacement perpendiculaire à la direction de propagation des éléments constitutifs du milieu.

C- ONDE DE SURFACE (OU DE RALEIGH):

A la surface d'un solide peut se propager une onde de surface, c'est la même combinaison d'une onde longitudinale et d'une onde transversale.

Le mouvement de particule dans le solide est elliptique, ces ondes restent en surfaces et ne pénètrent dans le solide qu'à une profondeur égale à environ une longueur d'onde.

Ce type d'onde suit des surfaces courbes et se réfléchit lorsque le rayon de courbure de la surface se modifie brutalement.

D- ONDE DE LAMB:

Si une onde incidente arrive suivant un angle (i) par rapport à l'interface, il peut avoir une résonance se propagent le long de la tôle, il s'agit d'onde de Lamb appelée aussi onde de plaque.

Il existe deux types d'ondes de ce dernier:

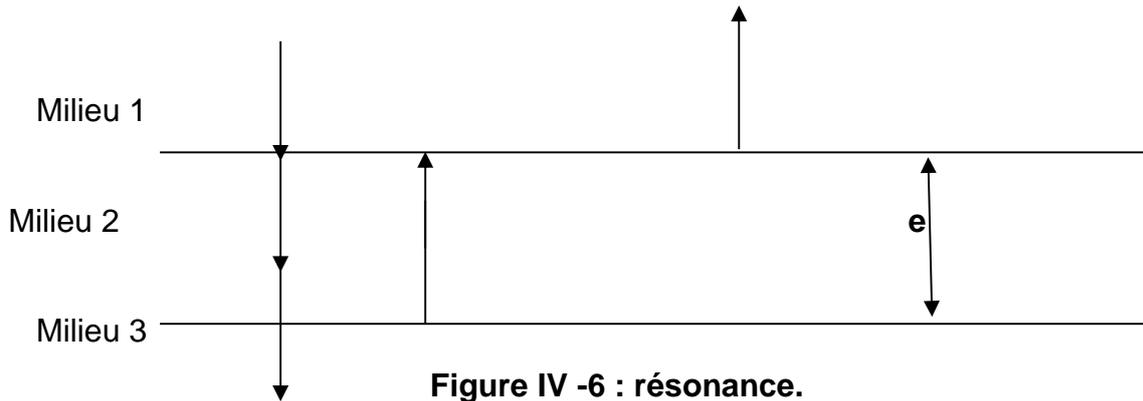
*- le mode symétrique.

*- le mode antisymétrique.

On constate que toute l'épaisseur de la plaque est affectée par la propagation

5-3- RESONANCE: (Figure IV -6)

Si une onde arrive perpendiculairement à l'interface, il y a transmission à l'intérieur du milieu (2) et réflexion et transmission à l'interface entre les milieux 2 et 3.



La multiple flexion à l'intérieur du milieu 2, conduisent à des interférences entre les ondes qui se propagent dans le milieu 2.

Ces interférences peuvent être constructive ou destructives, les interférences sont constructives si la relation suivante est respectée:

$$e = n \cdot \lambda / 2$$

e: épaisseur du milieu 2.

λ : longueur d'onde dans le milieu 2.

n: nombre entier.

Ce phénomène est utilisé pour générer les ultrasons pour mesurer des épaisseurs

5-4 -ATTENUATION DU SON DANS LES MATERIAUX:

Les ondes transversales qui pour une fréquence donnée ont une longueur d'onde plus courte, s'atténuent plus facilement dans un matériau à gros grain mais détectent mieux la petite discontinuité.

Tableau IV-7.

	1Mhz	2Mhz	4Mhz	5Mhz	6Mhz	10 Mhz
Acier CL 5900m/s	5.9	2.95	1.48	1.18	0.98	0.59
Acier CL 3250m/s	3.2	1.6	0.8	0.64	0.53	0.32

Longueur d'onde en mm en fonction de la fréquence pour l'acier.

(Onde longitudinale et transversale) $\lambda = C/F$.

Tableau récapitulatif des caractéristiques ultrasonores pour différent matériau :

matériau	Masse volumique 10^3 kg/m^3	Célérité longitudinale (m.s^{-1})	Célérité transversale (m.s^{-1})	Impédance acoustique $10^6 \text{kgm}^{-2}.\text{s}^{-1}$
Acier	7.8	5880	3230	45.9
Air	$1.3 \cdot 10^3$	331		0.4
Aluminium	2.7	6350	3100	17.15
Analdite	1.2	2500	1100	3
Cuivre	8.9	4700	2260	41.8
Eau	1	1480		1.5
Fonte	6.95à	3500à3600	2200à3200	24.3à47.8
Magnésium	7.35	5740	3100	9.76
m	1.7	5630	2960	49.54
Nickel	8.8	2670	1120	3.15
Plexiglas	1.18	2160	700	24.5
Plomb	11.34	5820à5940	3020à3120	4.93à4.95
Inconel	8.3 à 8.5	3530à4630	2050à2320	3.12à4.95
Alliage de cuivre	8.41 à 8.86			3.12à4.04

Il s'agit de valeurs moyennes suivant la fabrication et la composition, les valeurs peuvent être légèrement différentes.

5-5-le principe du contrôle par ultrasons:

A/ CONTROLE PAR ECHOGRAPHIE EN REFLEXION (FIGURE IV-7)

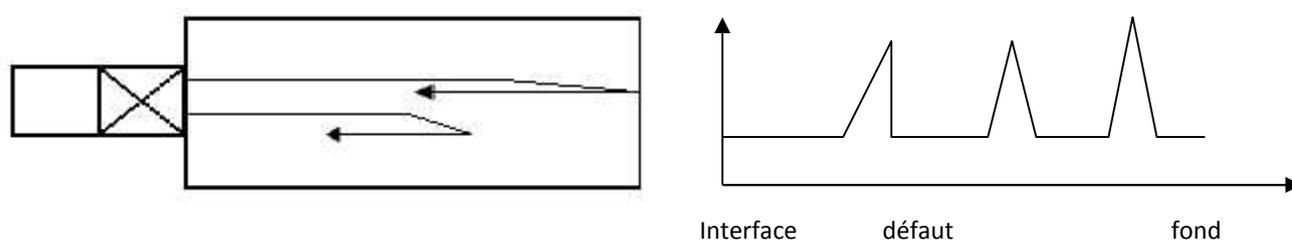


Figure IV-7- Contrôle Par Echographie En Réflexion

Présence d'un défaut : apparition d'un écho intermédiaire affaiblissement de l'écho de fond

B/ CONTROLE EN TRANSMISSION

- palpeur directement placé sur la pièce
- liaison acoustique par couplant (gel, graisse)
- méthode à mettre en œuvre

Mais le déplacement manuel du palpeur (lent et fastidieux), variation du couplage (sensibilité).

C- CONTROLE EN IMMERSION

- palpeur focalisé (concentration de l'énergie sur les défauts).
- contrôle automatique, informatisé (stockage des données, traitement d'image)
- sensibilité supérieure.

Mais il nécessite un matériel important

5-6-AVANTAGES

- pénétration profonde.
- souplesse d'emploi.
- automatisation possible.
- très sensible aux fissures et délaminages.
- bonne résolution.
- accès d'un seul côté de la pièce.
- contrôle de matériaux divers (métaux, composition, céramique, béton.....).

5-7- INCONVENIENT:

- inspection manuelle lente.
- dépendance vis à vis d'un opérateur (fatigue, qualification,.....).
- obligatoire de couplage.

IV-6 -COURANT DE FOUCAULT :

6-1-PRINCIPE (FIGURE IV-8) :

Lorsqu'un matériau conducteur d'électricité est soumis à un champ magnétique sinusoïdal, il devient le siège de courant électrique appelé courant de Foucault, l'amplitude des courants de Foucault dépend:

- du courant circulant dans la bobine d'excitation.
- du matériau (conductivité, perméabilité, géométrie).
- de la présence d'inhomogénéité éventuelle.

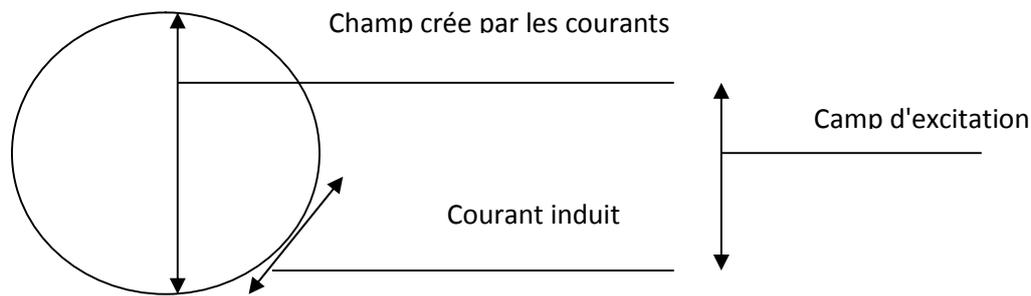


Figure IV-8 : Courant de Foucault.

Les courants induits génèrent un champ magnétique qui s'oppose au champ magnétique alternatif qui s'oppose au champ magnétique initial et de ce fait modifie l'impédance de la bobine d'excitation.

6-2 CONTROLE PAR COURANT DE FOUCAULT:

Les courants de Foucault peuvent être utilisés pour différent contrôle:

- dimension.
- épaisseur.
- propriété métallurgique.
- détection de défauts.

6-3-1 PRINCIPE DE CONTROLE:

Durant un contrôle, il est nécessaire de s'affranchir des paramètres pouvant perturber la mesure, ces méthodes permettant d'éliminer certains paramètres.

Dans de nombreux cas, il est nécessaire d'éliminer l'influence de la position de la sonde sur la surface, en effet une variation sur la surface, modifie l'impédance de la bobine, il s'agit donc d'éliminer l'influence de la distance entre la sonde et l'appareil.

6-4-MESURE DES PROPRIETES DES MATERIAUX:

Les propriétés métallurgiques des matériaux influent sur leurs conductivités et sur leurs perméabilités, les courants de Foucault pouvant évaluer une variation de ces deux paramètres, il est donc possible de:

- séparer des matériaux.
- mesure des duretés.
- mesure des profondeurs de cémentation.

6-5 DETECTION DES DEFAUTS A L'AIDE DE SONDES:

On classe généralement les appareils en hautes et basses fréquences, la définition des basses fréquences est variable puisqu'on veut contrôler au moyen de ces fréquences, un matériau la profondeur de pénétration ne dépend pas uniquement de la fréquence.

$$= 1 / \lambda \cdot F \cdot \mu$$

Une basse fréquence pour un matériau non magnétique et bon conducteur (aluminium) pourra être considérée comme une haute fréquence sur un matériau ferromagnétique.

6-6 AVANTAGES:

- méthode très rapide.
- automatisation
- pas de couplage nécessaire avec la pièce.

6-7- INCONVENIENTS:

- uniquement applicable aux matériaux constructeurs.
- interprétation parfois délicate des défauts.
- dépend de la géométrie de la pièce (effet de bord).
- dimensionnement délicat des défauts.

IV-7- RESSUAGE:

7-1- PRINCIPE:

Sur une surface préalablement nettoyée, on applique un produit d'imprégnation appelé aussi pénétrant.

Le pénétrant s'étale sur la surface et entre dans les discontinuités débouchant cette pénétration n'est pas immédiate.

On élimine ensuite le pénétrant restant en surface et on applique un révélateur, sous l'action du révélateur, le pénétrant ressort de la discontinuité pour donner une indication beaucoup plus importante que la longueur du défaut en surface.

7-2-APPLICATION DU PENETRANT:

La méthode d'application du pénétrant est en fonction de la taille de la géométrie et du nombre de pièces.

On peut utiliser toutes les méthodes suivantes:

- immersion.
- Brosse ou pinceau.

- Pulvérisateur (classique, sans air ou électrostatique).
- Conditionnement aérosol.

7-3-TEMPS DE PENETRANT:

Il est en fonction du pénétrant de la pièce et des défauts recherchés, il est déterminé par des essais préalables ou fixes par un cahier des charges généralement les temps de pénétration sont compris entre 20 min et 2h.

7-4-TEMPERATURE:

Après le nettoyage, il faut laisser les pièces à une température normale, les cahiers des charges fixent les températures.

Exemples: ASME 15 à 52°

RCCM 10 à 40°

7-5-DEFAUT RENCONTRE EN MAINTENANCE:

Ces sont principalement des fissures liées à des contraintes mécaniques ou thermiques et des fissures de fatigues de phénomènes de corrosion accentuant la génération de ce défaut.

7-6-TYPE DE PRODUIT:

Les produits de ressuage sont classés en fonction de l'élimination de pénétrant en surface et de la visibilité des indications (lumière blanche ou UV)

Les pénétrants s'éliminent:

- à l'aide d'un solvant.
- Directement par rinçage à l'eau.
- Par ajointions d'un émulsifiant hydrophile (dilué dans l'eau) ou lipophile (applique pur sur la pièce)

7-7-LA CLASSIFICATION DE CES PRODUITS:

Selon (MIL.125.135)

- pénétrant visible. / solvant / révélateur.
- pénétrant visible. / émulsifiant / révélateur.
- pénétrant visible. / eau / révélateur.

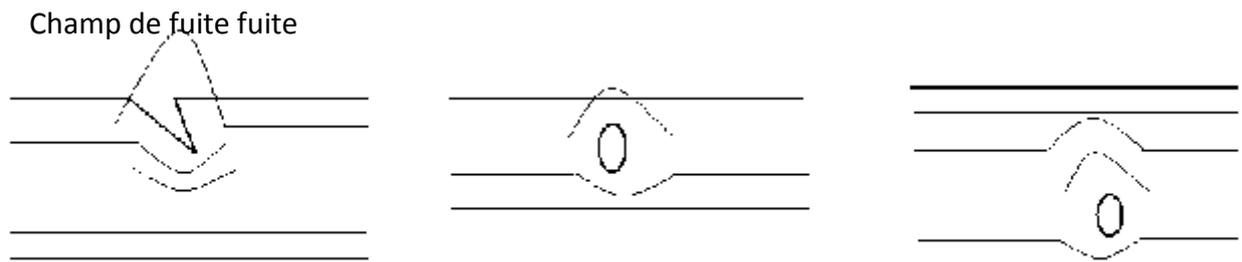


Figure IV-9 Principe de contrôle magnétoscopique .

Modification des lignes de champs en fonction de la profondeur du défaut.

On constate que plus la profondeur du défaut est importante, plus la détection du défaut est improbable.

L'orientation du défaut a aussi une grande importance.

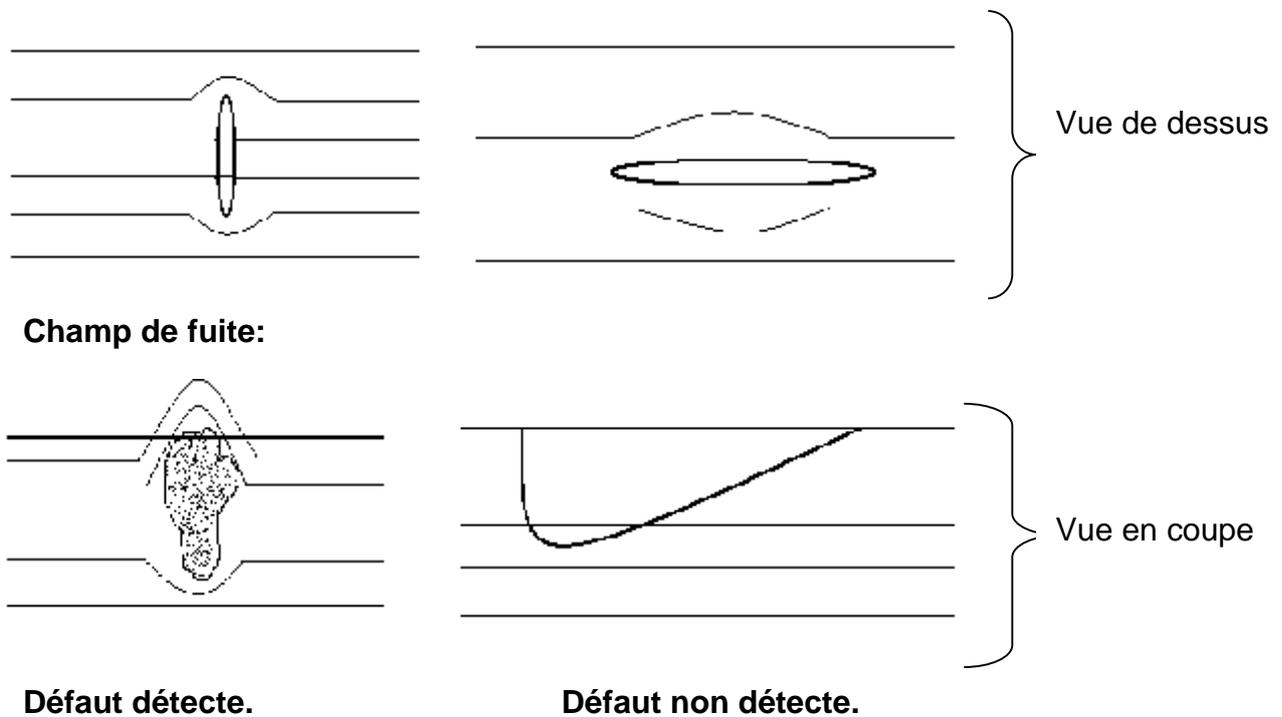


Figure IV-10 Orientation des défauts.

- pénétrant fluorescent / émulsifiant / révélateur.
- Pénétrant fluorescent /eau / révélateur.
- Pénétrant fluorescent émulsifiant révélateur très sensible.

7-8- AVANTAGE:

- Faible coût.
- examen visuel, en générale assez aisée.

7-9- INCONVENIENTS:

- toxicité certains produit (solvant).
- uniquement défauts de surface.
- contrôle difficile des matériaux poreux ou rugueux.

IV-8- MAGNETOSCOPIE:**8-1- Généralité:**

La matérialisation du champ de fuite se fait généralement à l'aide de poudre ferromagnétique projetée sur la pièce ou une suspension dans un liquide (eau ou pétrole).

Cette projection peut se faire durant la magnétisation, méthode continue ou après la magnétisation, méthode résiduelle.

8-2 Principaux Du Contrôle Magnétoscopique (Figure IV-9 Et IV-10) :

Si l'on soumet une pièce ferromagnétique à un champ magnétique suffisant, la présence de défauts est mise en évidence par la visualisation des modifications du champ aux surfaces de la pièce, cette modification sont appelées ligne de fuite.

Modification des lignes de champ en fonction de la profondeur du défaut.

On constate que plus la profondeur du défaut est importante, plus la détection du défaut est improbable.

L'orientation du défaut à aussi une grande importance.

Le défaut le détecté est orienté à 90° par rapport aux lignes du champ, le défaut parallèle aux lignes de champ ne sera pas détecté, on peut considérer qu'un défaut faisant un angle de 60° par rapport aux lignes de champ est encore détecté.

8-3-TYPE DE MAGNETISATION:**A- ELECTRO-AIMANT:**

L'utilisation est la même pour l'aimant permanent, la possibilité de choisir le type de courant rend

- l'électro-aimant beaucoup plus performant que l'aimant permanent.
- Le positionnement de l'électro-aimant, doit permettre la plus grande surface de contact entre les pôles et la pièce.

B-APPAREIL FIXE:

Ce type d'appareil est surtout utilisé pour des séries de pièces, le champ magnétique créé par l'installation est fermé par la pièce.

C/ PIÈCE CONSTITUANT UN CIRCUIT MAGNÉTIQUE FERMÉ:

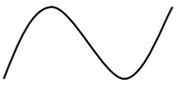
Si la pièce ou une partie de la pièce constitue un champ magnétique fermé (cas de pièce creuse) on utilise directement ce circuit magnétique.

D-PIÈCE NE CONSTITUANT PAS UN CHAMP MAGNÉTIQUE FERMÉ:

Lorsque la pièce ne constitue pas un champ magnétique fermé, le champ nécessaire au contrôle est plus difficile à obtenir.

8-4-CHOIX D'UN COURANT:

La plus part des installations de magnétoscopie fournissent un courant alternatif ou redresse (une ou deux alternance).

Courant	Représentation	I crête	I efficace	I moyen
Alternatif		I_c	$I_f=0.7I_c$	$I_m=0I_c$
Redresse une alternance		I_c	$I_f=0.5I_c$	$I_m=0.32I_c$
Redresse deux alternances		I_c	$I_f=0.7I_c$	$I_m=0.64I_c$

COURANT ALTERNATIF :

Il crée un champ magnétique qui est concentré en surface par la génération de courant induit (courant de Foucault) de fait, ce type de est parfaitement adapté pour la détection de défaut débouchant ou très proche de la surface (profondeur <1mm)

LE COURANT REDRESSE DEUX ALTERNANCES:

Il fournit un champ qui à des caractéristiques équivalentes à un champ continue, la détection en profondeur est plus faible (profondeur <5mm) par contre les petits défauts de surface sont plus difficile à détecter.

LE COURANT REDRESSE UNE ALTERNANCE:

Il présente des caractéristiques intermédiaires.

8-5 -LE REVELATEUR:

Le révélateur est constitué de poudre ferromagnétique qui s'oriente sous l'action d'un champ et tendent à se déplacer vers les zones où le champ est le plus intense, il y a donc accumulation de poudre ferromagnétique dans les zones présentant une fuite de

champ (angle de raccordement brutal, variation brutale de composition de la pièce, défaut).

A- POUDRE SECHES:

Cette poudre est répandue à la pièce à l'aide d'une soufflette, cette poudre est bien adaptée à la détection des défauts profonds, leur utilisation sur des surfaces rugueuses (grenailées) est déconseillée (une fine couche de peinture blanche augmente le contraste).

B- LIQUEURS: la poudre peut être en suspension dans:

- des produits pétroliers, dans ce cas, la pièce devra être correctement séchée.
- De l'eau avec agent mouillant, dans ce cas, la pièce devra être exemptée d'huile ou de graisse.

Les produits utilisés sont:

- visible en lumière blanche, l'éclairage minimum est de 350 lux une pulvérisation de peinture blanche (20µm d'épaisseur) augmente le contraste, la concentration varie de 2 à 10 g par litre.
- Visible sous UV: l'inspection se fait dans un local assombri, l'éclairage énergétique est de 8 W/m² à 15 W/m² la concentration varie de 0.5 à 2 g par litre.

8-6- CONTROLE DES CONDITIONS D'AIMANTATION:

a- MESURE DE CHAMP:

La mesure du champ magnétique tangentielle se fait à l'aide d'une sonde à effet hall, lorsque la pièce est géométriquement compliquée, l'utilisation de la sonde apporte de précieux renseignements.

b- CONTROLE GLOBAL DES CONDITIONS D'AIMANTATION:

Le contrôle s'effectue à l'aide de témoins de magnétisation, il existe trois types de témoins:

- témoins AF NOR.
- Témoins ASME.
- Témoins DIN (Berthold).

8-7 -AVANTAGES:

- faible coût.
- méthode rapide.

8-8-INCONVENIENTS:

- limité aux défauts de surface ou sous cutanés.
- limité aux matériaux ferromagnétiques (par aluminium, titane, inox, ...).

IV-9-LA RADIOGRAPHIE:**9-1- SOURCE DE RAYONNEMENT X :****A-INTRODUCTION :**

Lorsque l'on bombarde une cible métallique avec des électrons fortement accélérés, on constate deux phénomènes.

- une interaction des électrons incidents avec les électrons de la cible, cette interaction conduit à une modification du cortège électronique qui en se réarrangeant émet un spectre discret de rayonnement X.
- une interaction des électrons incidents avec les noyaux de la cible, cette interaction appelée rayonnement de freinage, provoque la génération d'un spectre continue de rayonnement X.

On constate que la longueur d'onde du rayonnement émis atteint une valeur minimale, en effet l'énergie du rayonnement est liée à la longueur d'onde.

B- PRINCIPE:

On utilise un radio- éléments artificiels qui présentent les caractéristiques suivantes:

- émission de rayonnement d'énergie suffisante avec un débit d'exposition suffisant.
- Duré de vie important.
- Forte activité dans un volume réduit.
- Réactivation aisée.

9-2-TUBE RADIO GENE (Figure IV-11)

Le dégagement de chaleur à l'onde est très important, un circuit de refroidissement interne et indispensable pour certains tubes, le circuit est couplé à un courant d'eau extérieur.

La différence de potentiel obtenue varie pour des tubes classiques de 60 KV à 400 KV environ, les règles de construction et sécurité relative aux tubes radio gènes sont définies par les normes suivantes:

NF C 74 100ET AD 1

NF C 15 160

LES DIFFERENTS TYPES DE TUBE RADIO GENE:

- Tube directionnel.
- Tube panoramique.
- Tube à onde longue.

9-3-APPLICATION AERONAUTIQUE DES RAYONNEMENTS IONISANTS:

L'utilisation de la radiographie X ou Y en aéronautique est fréquente:

A -CONSTRUCTION:

- Contrôle de structures.
- Contrôle des pièces moulées.

B -EN MAINTENANCE:

- Contrôle de structures.
- Contrôle des moteurs.

Les pièces en aluminium et en acier de faibles épaisseurs sont principalement contrôlées au moyen de rayonnement X, en maintenances des problèmes d'accessibilité pouvant conduire à l'utilisation de source.

9-4-AVANTAGES:

- Haute sensibilité a des variations de densité.
- Détection des défauts internes.
- Utilisation sur une grande variété de matériau.
- Radioscopie (le film est remplacé par un écran).

9-5-INCONVENIENT:

- Danger des irradiations.
- Orientation des défauts.
- Nécessité de pouvoir accéder aux deux cotés de la pièce.
- Position du défaut dans la matière impossible.
- Coût élevé.

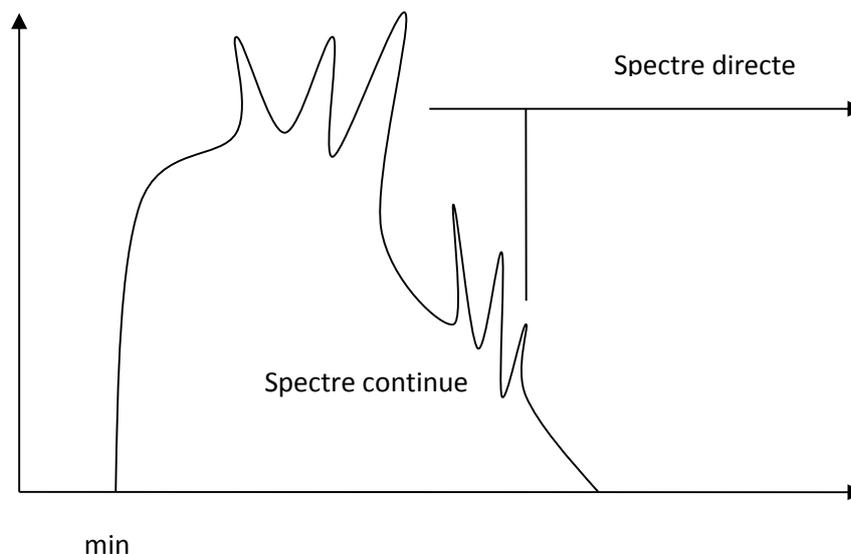


Figure IV-11 : tube radio gene.

IV-10- CONTROLE VISUEL: (Endoscopie)

10-1- Introduction:

C'est certainement la méthode plus utilisée tout en fabrication qu'en contrôle de maintenance.

Cette technique permet de détecter certaines détériorations ou malfaçons, ainsi que les erreurs ou oublis de montage, ces contrôles nécessitent un bon niveau d'éclairage.

10-2-Contrôle de fabrication:

Le contrôle d'aspect et de propreté porte sur la quasi-totalité des pièces et assemblages, en plus de la variation de l'identification.

A- PIECES MECANIQUE: les pièces usinées ne doivent pas comporter;

- d'irrégularité d'usinage.
- De présence de bavures.
- De traces d'oxydation.
- De chocs. Rayure.
- D'angles vifs au raccordement d'usinage.
- La vérification des filetages (usiné ou roulé), doit être effectuée.

B- TOLE ET LEUR REVETEMENT: les revêtements doivent être exempts de rayures et de traces de chocs.

C-ASSEMBLAGES: il faut vérifier:

- L'absence de coups, rayures.
- la présence de l'étanchéité éventuelle.

- On boulonnerie, le dépassement suffisant des vis et boulons, la présence d'un freinage correcte et la bonne portée du tête de boulons.
- Les rivets.

Les soudures doivent présenter un aspect régulier sans projection, elles ne sont pas arasées et ne présentent pas de morsures ou caniveaux.

10-3- Contrôle de maintenance:

En plus de variation du montage correct initial et de remontage correct le contrôle d'aspect en maintenance est une partie très importante du contrôle.

En variations légères, la quasi-totalité du contrôle est effectuée visuellement, pour de gros porteurs, une grande partie de contrôle effectuée visuellement:

- la corrosion.
- La déformation.
- La rupture.
- La détérioration des joints d'étanchéité.
- Le calaminage.

10-4-Aide de contrôle visuel:

L'aide la plus simple au contrôle visuel est la loupe, un grossissement exagéré n'améliore pas la détection sauf si le positionnement de la loupe par rapport à la pièce peut être fixe.

Un grossissement de trois correspond au maximum utilisable sans support, le problème le plus important est de pouvoir effectuer un contrôle visuel de partie difficilement accessible en limitant le démontage pour se faire deux techniques sont utilisées.

A-ENDOSCOPIE CLASSIQUE:

Il s'agit d'un jeu de miroirs orientable, allié à un éclairage qui peut aller du système le plus simple au système le plus compliqué comportant plusieurs miroirs.

B-ENDOSCOPIE A FIBRE OPTIQUE:

Les fibres optiques ont en la particularité de transmettre la lumière à l'intérieur d'un guide d'ondes constitué d'une fibre et d'une enveloppe ayant des indices de réfraction différente.

Ces fibres sont de très petites dimensions (10 μ m) et transmettent la lumière en suivant la courbure de la fibre.

En endoscopie à fibre optique comprennent deux associations de fibre comprenant plusieurs milliers de fibre, l'une pour l'éclairage, l'autre pour visualisation.

Le système est protégé dans un gain déformant et comprend un oculaire et un système de mise au point, il est dans certain cas possible d'adjoindre un appareil photographique ou un système télévisé.



**LES INSPECTSIONS
APPLIQUES SUR LE COMPRESSEUR
BASSE PRESSION**



AIR ALGERIE Direction technique S/D révision moteurs Dpt. Engineering/JT8D	MOTEUR JT8D PROTOCOLE DE TRAVAIL MOTEURS JT8D-9A/-15/-17-17A	E S N : TSN / CSN : N° W.O:
<i>inspections C01/ C02</i> Note: l'exécution des travaux de ce protocole doit être conforme a l'engin manuel suivant les références mentionnées		
ITEM	REFERENCE	DESIGNATION DES OPERATIONS
01	72-09-52-insp 01	-inspecter visuellement le roulement du palier n° : 1.
02	72-09-70-inp 01	-Inspecter l'état des pièces extérieures.
03	72-09-70-insp 01	-Inspecter l'état des tubes extérieurs
04	72-09-73-insp 01	-Inspecter l'état des pattes extérieures.
05	72-21-00-insp 01	-vérifier l'état du boîtier de commande des accessoires avant.
06	72-21-02-insp 01	-vérifier la libre rotation de la pompe de récupération d'huile palier n°:1
07	72-21-03-insp 01	-Inspecter pour usure excessive l'alésage tachy n° :1
08	72-23-01-INSP 01	Ensemble carter entrée d'aire : -inspecter le bouchon de drainage du carter entré d'air pour fuite d'huile palier n° :1
09	72-23-01-insp 01	-inspecter l'état des parties apparentes des tubes inférieurs.
10	72-23-00-insp 01	-vérifier l'état des aubes de guidage pour absence de démontages causés par FOD
11	72-23-01-insp 01	-vérifier l'état des sondes Pt2 & Tt2.
12 13	72-33-03-insp 01	*support arrière du roulement n° : 1 -inspecter la surface de contact de la bride pour usure. - inspecter le revêtement du diamètre de centrage

14	72-23-12-insp 01	1^{er} étage compresseur (si pas de remplacement de disque) -inspecter visuellement les tirants avant pour anomalie au niveau des filets. -inspecter visuellement le profil aérodynamique pour dommages et érosion.
15	72-33-21 insp 01	
16	72-33-51-insp 01	-Inspecter visuellement l'état du moyeu 1 ^{er} étage.
17	ASB 4841	-inspecter le moyeu 1 ^{er} étage par ASB 4841 (pour JT8D-9A/-15). -remplacer retaining plate si elle est concernée par ASB 5841 -inspecter visuellement l'état de la retaining plate.
18	ASB 5841	
19	72-33-15-insp 01	



**LES PROCEDURE DU
MONTAGE DE COMPRESSEUR
BASSE PRESSION**



Les étapes de montage de compresseur basse pression :

- repose du fan exit case :
- Repose de rear fan case (carter fan arrière)
- Repose du disque 2eme étage compresseur b
- Repose du stator 1er étage compresseur
- repose du front fan case (carter avant fan)
- repose du disque 1^{er} étage compresseur
- pour oil damped le débit du jicleur doit être de 2 à 7 lbs/h
- repose de la bague intérieure et joints palier n°1
- repose cage extérieure du roulement n°1(oïl damped)
- Le jeu doit être de 0.012-0.020
- Le jeu doit être de 0.0005-0.007.
- repose de la pompe de récupération du palier n°1
- -repose du groupe de commande des accessoires avant
- test de débit de la section palier n°1
- Repose du fan inlet group (group entré d'air)

Les étapes de montage sont indiquées sur le tableau suivant :

AIR ALGERIE Direction technique S/D révision moteurs Dpt. Engineering/JT8D	MOTEUR JT8D PROTOCOLE DE TRAVAIL MOTEURS JT8D-9A/-15/-17-17A	E S N : TSN / CSN : N° W.O:
<i>repose C01/ C02</i> Note: l'exécution des travaux de ce protocole doit être conforme a l'engin manuel suivant les références mentionnées		
ITEM	REFERENCE	DESIGNATION DES OPERATIONS
01	72-00-33-43-005	-Montage du fan exit case.
02	72-00-33-43-004	-Montage de rear fan case (carter fan arrière).
03	72-00-33-43-003	-Montage du disque 2eme étage compresseur b.
04	72-00-33-43-006	-Montage du stator 1er étage compresseur.
05	72-00-33-43-002	-Montage du front fan case (carter avant fan).
06	72-00-33-43-001	-Montage du disque 1 ^{er} étage compresseur.

07	72-00-23-42-001-001	-Montage du fan inlet group (group entré d'air).
08	72-00-23-43-001-001	-Montage de la bague intérieure et joints palier n° :1.
09	72-00-23-43-002	<p>-Montage cage extérieure du roulement n°1(oil damped) :</p> <p>-mesurer le jeu entre les lugs de la bague ext. et slots l'anneau de retenue (fig 402)</p> <p>Le jeu doit être de 0.012-0.020</p> <p>Mesurer le jeu entre le housing de l'anneau de retenue de la bague ext. et la bague extérieure (voir fig 403 EM)</p> <p>Le jeu doit être de 0.0005-0.007.</p>
10	72-21-00-43-003	-Montage de la pompe de récupération du palier n° :1.
11	72-00-21-42-001	<p>-Montage du groupe de commande des accessoires avant :</p> <p>- test de débit de la section palier n°1 :</p> <p>*mesurer le débit d'air du gicleur palier n°1</p> <p>-pour oil damped le débit du jicleur doit être de 2 à 7 lbs/h</p>

Conclusion

Nous avons basée essentiellement sur compresseur basse pression de turboréacteur JT8D-15 de « **Pratt & Whitney** ». Comme ce dernier constitue un élément très important dans le moteur, elle attire le plus grand intérêt des études qui englobent les différentes défaillances qui diminuent les performances de ce dernier (corrosion, pompage, FOD...).

Ces trois défaillances sont la cause de la majorité des déposes injustifiées dans les ateliers de révision du moteur, et pour déterminer les raisons des incidents cités, plusieurs contacts ont été établis entre le constructeur, le sous traitants et l'exploitant afin d'apporter les actions correctives quant au reconditionnement (spécifique a AIR ALGERIE) des ailettes LPC, l'exploitation et l'entretien des moteurs.

Bibliographie

- Manuel Boeing 737-200.
- Manuel Boeing 727-200
- Protocole de maintenance D'AIR ALGERIE.
- Technologie de turboréacteur.

Exemplaire :

Code :

- Thèse : étude de défaillance d'une turbine d'un turboréacteur type JT8D-15 et les remèdes proposés.
 - réalisé par :
 - Mr.
 - Mr.

Exemplaire :

Code :

- Sites internet :
 - www.boeing.com
 - www.prattampwhitney.com
 - www.airliner.com
 - www.google.fr

