

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Saad Dahleb de Blida
Faculté des sciences de l'ingénieur
Département d'aéronautique



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention
Du diplôme d'étude universitaire appliquée

Option : Propulsion

THEME

**ETUDE DESCRIPTIVE D'AVION
BOEING 737-800
ET MAINTENANCE DE LA TURBINE
HAUTE PRESSION**

Réalisé par :

**Mr: Gharbaoui Nadji
Mr: Derni Sadek**

Encadré par :

Dr: Allali Abdeerrazak

ANNEE UNIVERSITAIRE 2006 /2007

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الملخص:

يشتمل بحثنا على دراسة عامة لطائرة البوينغ 737-800 ومحركها CFM56-7B. كما بدرسنا مختلف العناصر والأنظمة المكونة لهذا المحرك وفي نهاية هذا البحث تطرقنا إلى دراسة طريقة صيانة العنصر THP.

Résumé :

Dans notre travail nous avons fait une étude descriptive sur l'avion de type Boeing 737-800 équipée un moteur CFM56-7B, en terminant ce travail avec la maintenance de turbine haute pression dans ce type du moteur.

Summary:

In our work we made a general study on the plane of the type Boeing 737-800 equipped an engine CFM56-7B, by completing this work with the maintenance of turbine high pressure in this type of the engine.

REMERCIEMENTS

Ils vont, tout d'abord, à ALLAH qui a insufflé en nous la vie et nous a comblées de ses bienfaits.

Ils vont, en second lieu, à for prophète MOHAMMED-que le salut d' ALLAH soit sur lui-qui nous a inculquées l'amour de la science et de la vertu.

Ce travail été effectué sous la direction de Monsieur : ALLALI ABDARREZAK, donc lui tenons à exprimer mon profonde gratitude pour m'avoir proposé ce sujet, encadré et guidé mon travail avec une grande patience. Aussi pour son aide par ces encouragements et conseils, afin d'accomplir les coulisses de ce mémoire.

Au membre de jury pour l'honneur qui nous ont accordé en acceptant de juger notre travail.

Et à tout ceux qui nous ont soutenu de près ou de loin pour la réalisation de ce travail (M. Zeghoudi , A. Mostapha, F. Kebi, Z. Guerfi).

SOMMAIRE

RESUME

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I : ETUDE DESCRIPTION D'AVION BOEING 737-800

I.1. HISTORIQUE.....	2
I.2. PRESENTATION DE BOEING 737-800.....	4
I.2.1. Dimensions générales de fuselage.....	5
I.2.2. Dimensions de référence de fuselage.....	5
I.3. VITESSE ET ALTITUDE.....	12
I.3.1. La vitesse.....	12
I.3.2.L'altitude.....	12
I.4. DISTANCE FRANCHISSABLE.....	13
I.5. LE TOUR MINIMUM.....	13
I.6. LE CARBURANT.....	13
I.6.1.Le réservoir principal N°1.....	13
I.6.2.Le réservoir principal N°2.....	13
I.6.3. Le réservoir central.....	13
I.7. CIRCUITS HYDRAULIQUES.....	14
I.7.1.Systeme A.....	14
I.7.2. Système B.....	15
I.7.3.Unite de transfert de puissance.....	15
I.8. MOTEURS.....	15
I.8.1.Dates clés.....	16
I.8.2. Caractéristiques.....	17
I.9. FUSELAGE.....	17
I.9.1. Description du fuselage.....	18
I.10.AILES.....	22
I.10.1. Description de l'aile.....	25
I.10.2.Stabilisateurs.....	28
I.11. système d'avitaillement.....	34
I.12. Système de mise a l'air libre.....	35
I.13. La Nacelle.....	35

Chapitre II : Description Générale D'un Moteur CFM56 7B

II.1. HISTORIQUE.....	37
II.1.1.Naissance.....	37
II.1.2. Statistiques CFM56.....	39
	40

II.2. Description du réacteur CFM56-7B.....	41
II.3. ELEMENTS CONSTITUTIFS DU MOTEUR.....	41
II.3.1. Entre d'air.....	42
II.3.2. Cônes	42
II.3.3. l'AGB.....	44
II.3.4. Fan (soufflante)	45
II.3.5. Le compresseur	48
II.3.6. la chambre de combustion.....	53
II.3.7. La turbine	58
II. 4. LES CIRCUITS DU TURBOREACTEUR DE CFM56-7B	71
II.4.1. circuit carburant	71
II.4.2. circuit de graissage	73
II.4.3. circuit d'air	76
II.5. les systèmes de réacteur CFM56-7B	78
II.5.1. Système de démarrage	78
II.5.2. système d'inverseur de poussée.....	79

CHAPITRE III : ENTRETIEN DU MOTEUR CFM56-7B

III.1. INTRODUCTION.....	80
III.1.1. maintenance en bon état de marche les installations fonctionnement	80
III.1.2. remettre rapidement en état de marche les installations en marche.....	80
III.1.3. Exécuter les travaux neufs ou installation nouvelle.....	80
III.1.4. Assurer le fonctionnement des services généraux.....	81
III.1.5. Agir En Tant Que Conseil De La Direction Et De La Fabrication.....	81
III.2. Organisation de l'entretien.....	82
III.2.1. Emploi Préférentiel Des Diverses Formes D'entretien...	82
III.2.2. L'analyse ABC.....	83
III.2.3. Organisation de l'entretien correctif.....	84
III.2.4. Etude d'un nouveau turboréacteur.....	86
III .2.5.Organisation de l'entretien préventif	88
III.2.6. Organisation des travaux systématiques	89
III.2.7. Organisation des visites systématiques.....	92
III.3.Causes des défaillances d'un turboréacteur.....	94
III.3.1.Les principaux cause qui nécessité les défaillances	94
III.3.2. Protection des métaux contre la corrosion.....	96
III.3.3. L'érosion.....	98
III.4. Mécanique de la rupture et la fatigue.....	100
III.4.1.La fatigue	100
III.4.2. les différentes sollicitations et leur appellation.....	101
III4.3.Mécanique de la rupture.....	102

CHAPITRE IV : Maintenance de la turbine haute pression	
IV.1. Généralités sur la maintenance en aéronautique.....	104
IV.1.1. Politique De Maintenance	104
IV.1.2. Evolution De La Politique De Maintenance.....	105
IV.1.3. Influence De La Fiabilité.....	105
IV.2 MAINTENANCE DE LA TURBINE.....	106
IV.2.1. les différents problèmes qui nécessitent la pose de la turbine.....	108
IV.2.2. Méthodes De Réparation Individuelle Et Par Groupes Des Machines.....	108
IV.2.3. Les Etapes De Dépose De Turbine Haute Pression	109
IV.2.4. Dépose De La Turbine Haute Pression	109
IV.2.5. Désemballage.....	113
IV.3. Inspection.....	116
IV.3.1. Le Contrôle Du Rotor.....	117
IV.3.2. Les Types De L'inspection.....	117
IV.4. Le contrôle non destructif	120
IV. 4.1. Généralité.....	120
IV.4.2. Les Principaux Dommages Recherches.....	120
IV.4.3. Les Différentes Méthodes.....	121
IV.5. Contrôle par ultrasons.....	121
IV.5.1. Définition Des Ultrasons.....	121
IV.5.2. Différentes Type D'onde.....	122
IV.5.3. Résonance.....	123
IV.5.4. Atténuation Du Son Dans Les Matériaux.....	124
IV.5.5. Le principe du contrôle par ultrasons.....	126
IV.5.6. Avantages	126
IV.5.7. Inconvénient	126
IV.6. COURANT DE FOUCAULT.....	127
IV.6.1. Principe.....	127
IV.6.2. Contrôle Par Courant De Foucault.....	127
IV.6.3. Principe De Contrôle.....	128
IV.6.4. Mesure Des Propriétés Des Matériaux.....	128
IV.6.5. Détection Des Défauts A L'aide De Sondes.....	128
IV.6.6. Avantages.....	128
IV.6.7. Inconvénients.....	128
IV.7. RESSUAGE.....	129
IV.7.1. Principe.....	129
IV.7.2. Application Du Pénétrant.....	129
	129

IV.7.3. Temps De Pénétrant.....	
IV.7.4. Température.....	129
IV.7.5. Défaut Rencontre En Maintenance.....	130
IV.7.6. Type De Produit.....	130
IV.7.7. La Classification De Ces Produits.....	130
IV.7.8. Avantage.....	131
IV.7.9. Inconvénients.....	131
IV.8. MAGNETOSCOPIE.....	132
IV.8.1. Généralité.....	132
IV.8.2. Principaux Du Contrôle Magnétoscopique.....	132
IV.8.3. Type De Magnétisation.....	132
IV.8.4. Choix D'un Courant.....	133
IV.8.5. Le Révélateur.....	134
IV.8.6. Contrôle Des Conditions D'aimantation.....	134
IV.8.7. Avantages.....	135
IV.8.8. Inconvénients.....	135
IV.9. LA RADIOGRAPHIE.....	135
IV.9-1. Source De Rayonnement X.....	135
IV.9.2. Tube Radio Gene.....	135
IV.9.3. Application Aéronautique Des Rayonnements Ionisants.....	136
IV.9.4. Avantages.....	136
IV.9.5. Inconvénient.....	136
IV.10. CONTROLE VISUEL.....	137
IV.10.1. Introduction.....	137
IV.10.2. Contrôle De Fabrication.....	137
IV.10.4. Aide De Contrôle Visuel.....	138
IV.10.3. Contrôle De Maintenance.....	138
IV.11. ASSEMBLAGE FINAL D'UN TURBOREACTEUR APRES REPARATION	
IV.11.1. Assemblage final du moteur.....	139
IV.11.2. Contrôle du montage, essais en couleur et emballage.....	140
IV.11.3. sécurité du travail au cours des travaux de montage	141
IV.11.4 Assemblage	142
CONCLUSION	
LISTE FIGURE	
BIBLIOGRAPHIE	

LISTE DES FIGURES:

Fig. I.1. Boeing 737-100	3
Fig. I.2. Boeing 737-200 & 737-200C.....	3
Fig. I.3. Boeing 737-300	3
Fig. I.4. Boeing 737-400.....	3
Fig. I.5. Boeing 737-500.....	3
Fig. I.6. Boeing 737-600.....	3
Fig. I.7. Boeing 737-700 & 737-700C	3
Fig. I.8. Boeing 737-800.....	3
Fig. I.9.1. Dimensions générales.....	6
Fig. I.9.2. Dimensions générales.....	7
Fig. I.10. Les sections de fuselage (Diagramme de fuselage).....	8
Fig. I.10.1. Section 41	9
Fig. I.10.2. Section 43	9
Fig. I.10.3. Section 44.....	10
Fig. I.10.4. Section 46.....	10
Fig. I.10.5. Section 47.....	11
Fig. I.10.6. Section 48.....	11
Fig. I.10.7. Diagramme vertical de station d'aile et de gouvernail de direction.....	12
Fig. I.11. Les réservoirs de carburant.....	14
Fig. I.12. Structure d'un fuselage.....	18
Fig. I.13.1. Description du fuselage.....	19
Fig. I.13.2. Description du fuselage.....	20
Fig. I.14. Les caractéristiques d'un profil d'aile.....	23
Fig. I.15. Structure d'aile.....	24
Fig. I.16.1. Stabilisateur horizontal.....	31
Fig. I.16.2. Stabilisateur vertical.....	32
Fig. I.17. Commandant zones d'avion.....	33
Fig. I.19 .La nacelle.....	36
Fig. II.1. Moteur CFM56-7B.....	41
Fig. II.2. Description les éléments de cône.....	42
Fig. II.3. Les accessoires de moteur sur l'AGB.....	44
Fig. II.4. Le carter fan.....	47
FIG. II.5.1. La position de la vanne de décharge.....	52
Fig. II.5.2. La position de la vanne de décharge.....	53
Fig. II.6. Coupe transversale et longitudinale de chambre annulaire.....	54
Fig. II.7. Photo transversale d'une chambre annulaire.....	55
Fig. II.8. Photo d'une coupe longitudinale des chambres Annulaire (ATAR).....	55

Fig. II.9. Les différents éléments qui constituent la chambre de combustion.....	56
Fig. II.10. L'entrée de l'air primaire.....	56
Fig. II.11. L'entrée de l'air secondaire	57
Fig. II.12. Les forces appliquées sur les aubes.....	59
Fig.II.13. Limitations.....	61
Fig. II.14.....	62
Fig.II.15. Diagramme de point de fusion de métal.....	63
Fig.II.16. Diagramme thermodynamique.....	64
Fig. II.17. Le diagramme de vitesse.....	65
Fig. II.18. Les forces aérodynamiques, thermiques.....	67
Fig. II.18. Aube rotorique.....	70
Fig. II.19. Aube statorique.....	70
Fig. II.20. Circuit carburant.....	72
Fig. II.21. Circuit de graissage.	75
Fig. II.22. Circuit d'air.....	76
Fig. II.23. La position des stators à calage variable.....	77
Fig. (III-1) : Répartition type des trois (03) zones.....	82
Fig. (III-2) : Les différentes phases.....	99
Fig. (III-3):Diagramme de la déformation.....	103
F. IV.1. Définition palier de moteur.....	105
Fig. IV.2.Disque De Turbine.....	106
Fig. IV.3.1.Dépose Moteur.....	107
Fig. IV.3.2.Dépose Moteur.....	107
Fig. IV.4.Déplace Moteur.....	108
Fig. IV.5. Contrôle Par Ultrason.....	121
Fig. IV.6. Les Fréquences De Utilisent Pour Calcul Ultrasons.....	122
Fig. IV.7. Milieu De Résonance.....	123
Fig. IV.8.méthode d'échographie en reflex ion.....	126
Fig. IV.9.Méthode de courant de Foucault.....	127
Fig. IV.10. Modification des lignes de champs en fonction De la profondeur du défaut.....	130
Fig. IV.11.Méthode de champ.....	131
Fig.IV.12. tube radio gene.....	137

LISTE DES ABREVIATIONS

- ❖ **AC** : Courant alternatif.
- ❖ **AGB** : Boite De commande des accessoires.
- ❖ **APU** : unité de puissance auxiliaire.
- ❖ **BP** : basse pression.
- ❖ **BITE** : Equipement de contrôle intègre.
- ❖ **C°** : Degrés Celsius.
- ❖ **CDU** : Boite de commande d'affichage.
- ❖ **CFMI** : CFM International.
- ❖ **DAC** : Moteur à chambre de combustion double.
- ❖ **EEC** : système de régulation électronique numérique à pleine autorité.
- ❖ **ECU** : Dispositif de régulation numérique du moteur.
- ❖ **EGT** : Température de sortie des gaz d'échappement.
- ❖ **EHSV** : Electrohydraulique servo vanne.
- ❖ **ENG** : (Angine) Turboréacteur.
- ❖ **FADEC** : système de régulation électronique numérique a plein autorité.
- ❖ **FOD** : Dégât cause par un corps étrangers.
- ❖ **HP** : Haut Pression.
- ❖ **HPC** : Compresseur Haut Pression.
- ❖ **HPT** : Turbine Haut Pression.
- ❖ **HPTACC** : Contrôle du jeu turbine haut pression.
- ❖ **IDG** : Générateur d'entraînement intègre.
- ❖ **IGB** : boiter du dispositif d'admission.
- ❖ **LPC** : Compresseur Basse Pression.
- ❖ **LPT** : Turbine Basse Pression.
- ❖ **LPTAC** : Contrôle du jeu turbine Basse pression.
- ❖ **N1** : Vitesse de rotation de l'attelage haut pression.
- ❖ **N2** : Vitesse de rotation de l'attelage basse pression.
- ❖ **TBV** : Vanne de décharge transition.
- ❖ **TGB** : Boiterie de renvoi d'angle.
- ❖ **VBV** : Vanne de décharge.
- ❖ **VSV** : Stators à calage variable.

INTRODUCTION :

Le CFM56-7B Choisi par Boeing pour motoriser en exclusivité sa gamme B737 Next Génération, le CFM56-7B permet à CFM International de conforter sa position de leader sur ce marché aéronautique.

Offrant une poussée comprise entre 87 et 121 KN, le **CFM56-7B** a été simultanément certifié en 1996 par la Fédéral Aviation Administration (**FAA**) et la Direction Générale de l'Aviation Civile (**DGAC**). Ce moteur, qui bénéficie de la large expérience de CFM International, est parfaitement adapté à la famille court/moyen-courrier Boeing 737-NG, ainsi qu'aux avions d'affaire du même constructeur, tout en offrant des améliorations substantielles par rapport au CFM56-3.

Dès la phase de conception de l'avion et du moteur, CFM International et Boeing ont fait appel à des équipes techniques et commerciales intégrées afin de coordonner les besoins des compagnies aériennes et de concevoir un nouveau moteur capable d'offrir aux opérateurs, à moindre coût, des performances et une fiabilité encore accrues, ainsi qu'une meilleure adaptation aux exigences environnementales.

Le CFM56-7B est un moteur qui té développé par deux société occupant des place importantes dans le monde à savoir SNECMA une société national Française et GE une société American.

CHAPITRE II

DESCRIPTION GENERALE

D'UN

MOTEUR CFM56 7B

CHAPITRE III

ENTRETIEN DU MOTEUR

CFM56 7B

CHAPITRE I
ETUDE DESCRIPTION
D'AVION BOEING 737-800

CHAPITRE IV

MAINTENANCE DE LA

TURBINE HAUT PRESSION

DU MOTEUR CFM56 7B

I.1. HISTORIQUE :

Le Boeing 737 est un avion de ligne court ou moyen courrier : Construit par la société américaine Boeing. C'était le 09 Avril 1967 que l'avion a effectué son premier vol. En 2004, c'était l'avion le plus vendu au monde. Voici quelques chiffres pour illustrer son succès à travers le monde : plus de 1200 B-737 sont en air en même temps actuellement et que chaque 5.3 seconde décolle un avion pour que la flotte totale enregistre 124 millions d'heures de vol (HDV) et quelque 90 milliards de kilomètres.

Il existe trois générations du B737 :

- **B737-100 et 200** : Première génération motorisée par des réacteurs Pratt & Whitney JT8D (1144 unités produites).
- **B737-300,400 et 500** : Deuxième génération (classique) équipée de réacteurs CFM56-3 plus moderne est plus économique (1990 exemplaires construits).
- **-B 737-600, 700, 800 et 900** : Nouvelle Génération (737NG) équipée de réacteurs CFM6-7B et d'un cockpit ultramoderne entièrement digital. Déjà plus de 1200 appareils produits.



Fig. I.1. Boeing 737-100



Fig. I.2. Boeing 737-200 & 737-200C



Fig. I.3. Boeing 737-300



Fig. I.4. Boeing 737-400



Fig. I.5. Boeing 737-500



Fig. I.6. Boeing 737-600



Fig.I.7. Boeing 737-700 & 737-700C



Fig.I.8. Boeing 737-800

I.2. PRESENTATION DE BOEING 737-800:

DATES	
Premier vol	31 juillet 1997
Date de mise en service	Mars 1998
DIMENSIONS	
Envergure	34,32 m
Longueur	39,48 m
Hauteur	12,50 m
Surface ail aire	125,0 m ²
Largeur maximale de la cabine	3,56 m
MOTEURS	
Motorisation	2 turbofans General Electric-SNECMA CFM56-7B
Poussée	2 x 117 KN
MASSES	
Masse à vide	41 080 Kg
Masse maximale au décollage	En standard: 70 530 Kg En option: 79 010 Kg
Masse maximale à l'atterrissage	65 310 Kg
Masse utile maximal	20 270 Kg
Volume de la soute	45 m ³
Capacité maximale de carburant	26 025 l
PERFORMANCES	
Vitesse de croisière	955 Km/h
Plafond	12 500 m
Distance franchissable	5 420 Km
Distance de décollage	2 800 m
Consommation (d'un moteur)	2 950 litres/heure
Nombre de passagers	189 en 1 classe, 162 en 2 classes

I.2.1. Dimensions générales de fuselage : (voir les fig. I.9.1- I.9.2).

I.2.2. Dimensions de référence de fuselage :

Les dimensions de référence de fuselage sont utilisées pour travail des corps aux composants sur le fuselage : couple fuselage, ligne de flottaison de corps, section longitudinale de corps.

I.2.2.1. Station couple fuselage :

La station couple fuselage donne la dimension horizontale. Elle commence à partir d'un plan de référence vertical en avant de l'avion que ceci montre une partie des stations de corps et de la distance vraie équivalente de la référence zéro.

Le train d'atterrissage avant de **B-737-800** par exemple se trouve entre la station couple fuselage 224.8 et 294.5. (Voir la fig. I.10.1)

I.2.2.2. Ligne de flottaison de corps :

La ligne de flottaison de corps est une dimension de taille. Elle commence à partir d'un plan de référence horizontal au-dessous de l'avion. Comme référence, le plancher est au plan horizontal 208.1.

I.2.2.3. Section longitudinale de corps :

La section longitudinale de corps est une dimension latérale. Comme référence, la fenêtre gauche de passager à la référence 500. (Fig. I.10.2- I.10.7)

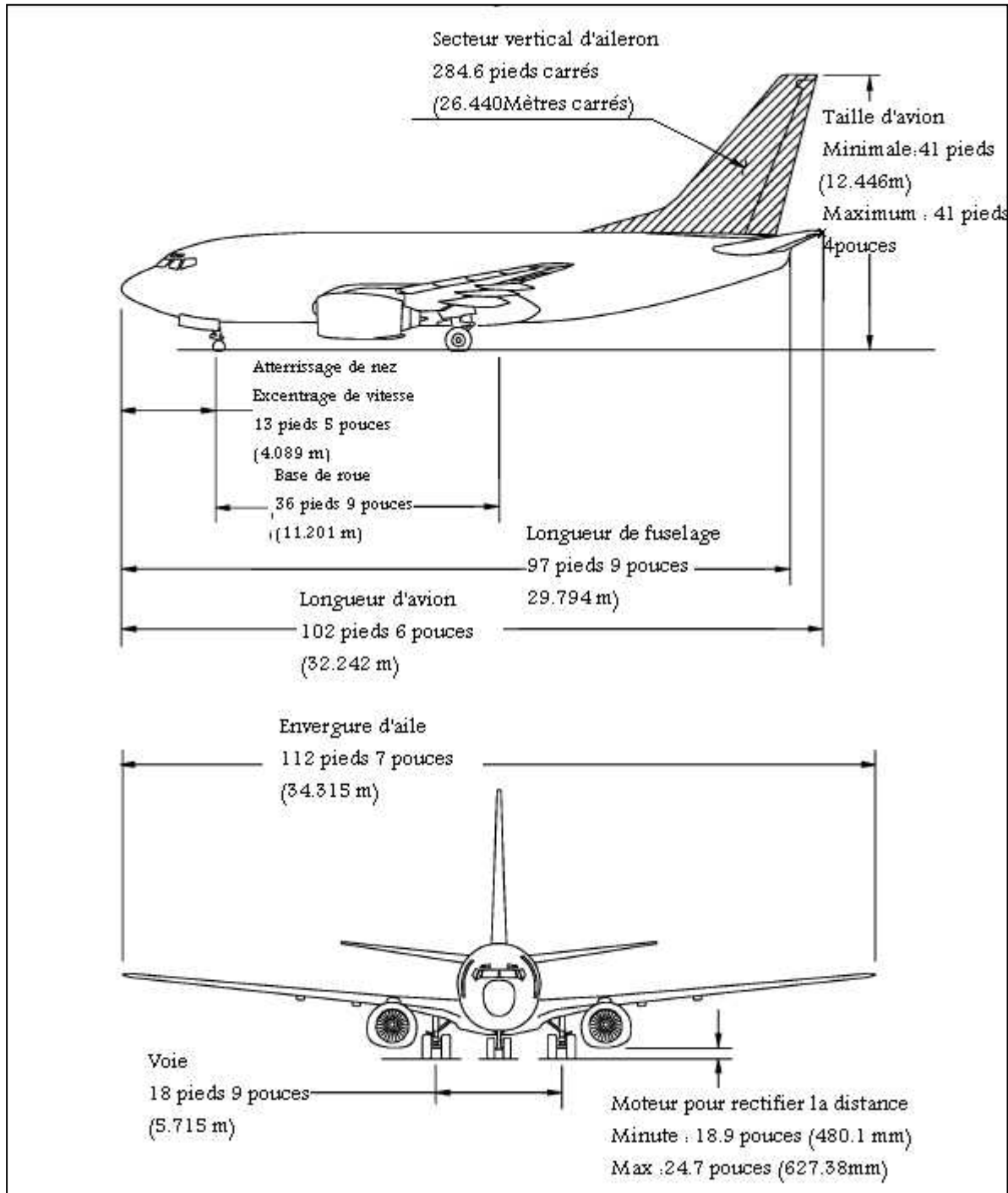


Fig. I.9.1. Dimensions générales

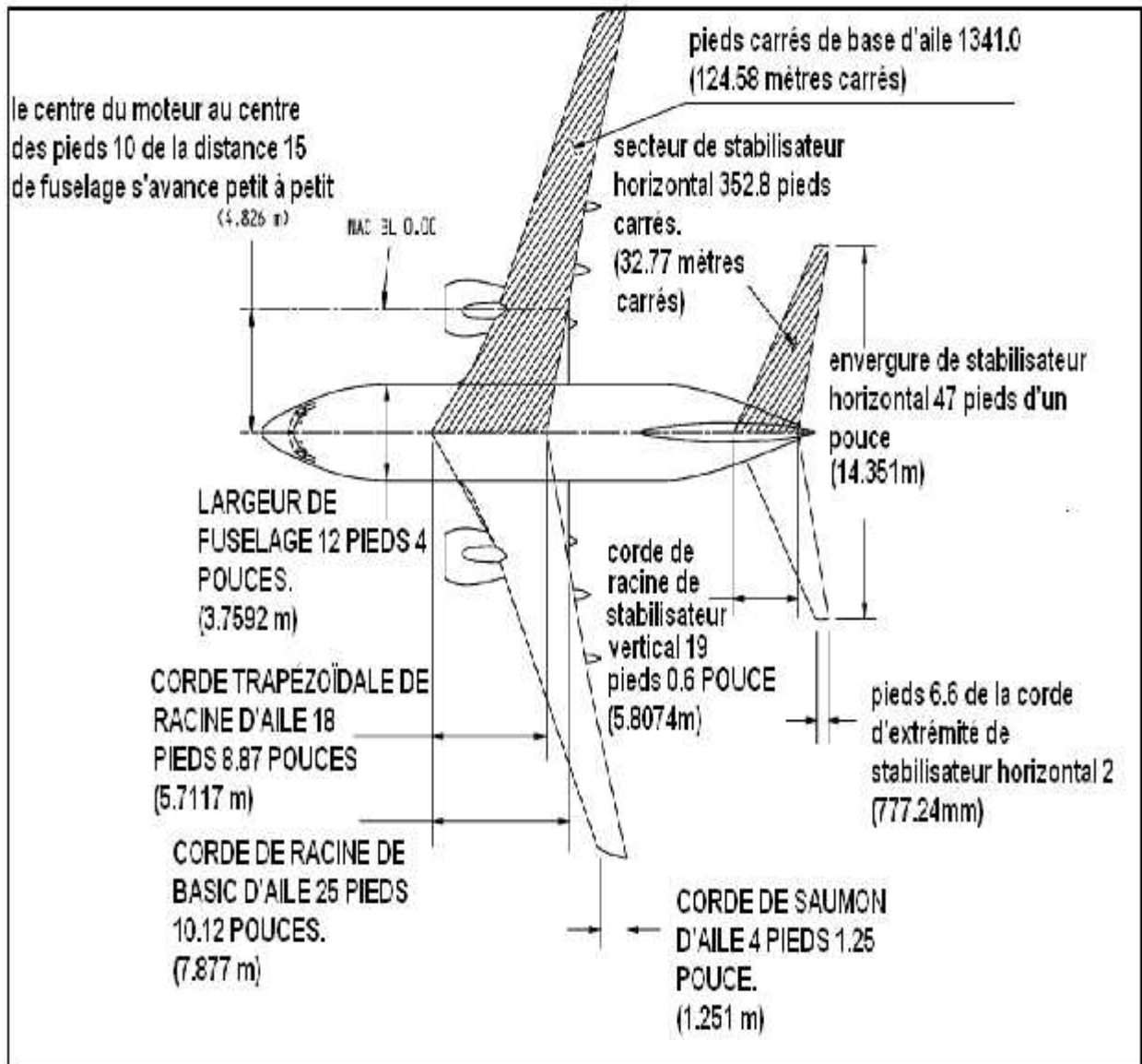


Fig.1.9.2.Dimensions générales

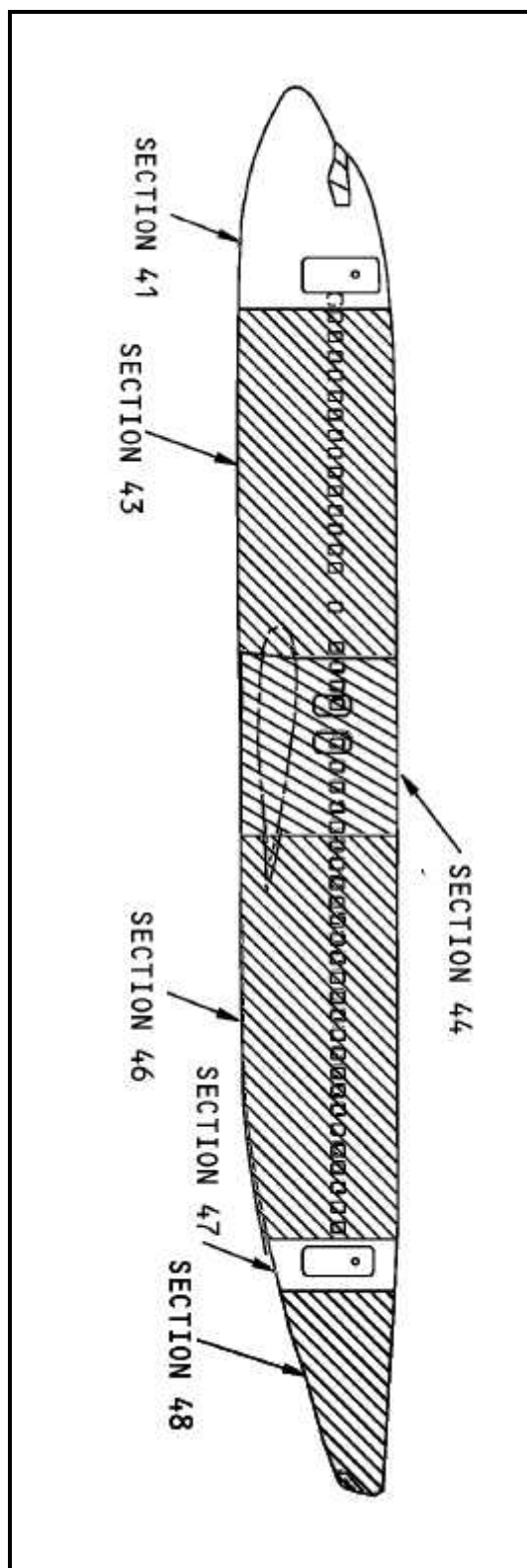


Fig. I.10. Les sections de fuselage
(Diagramme de fuselage)

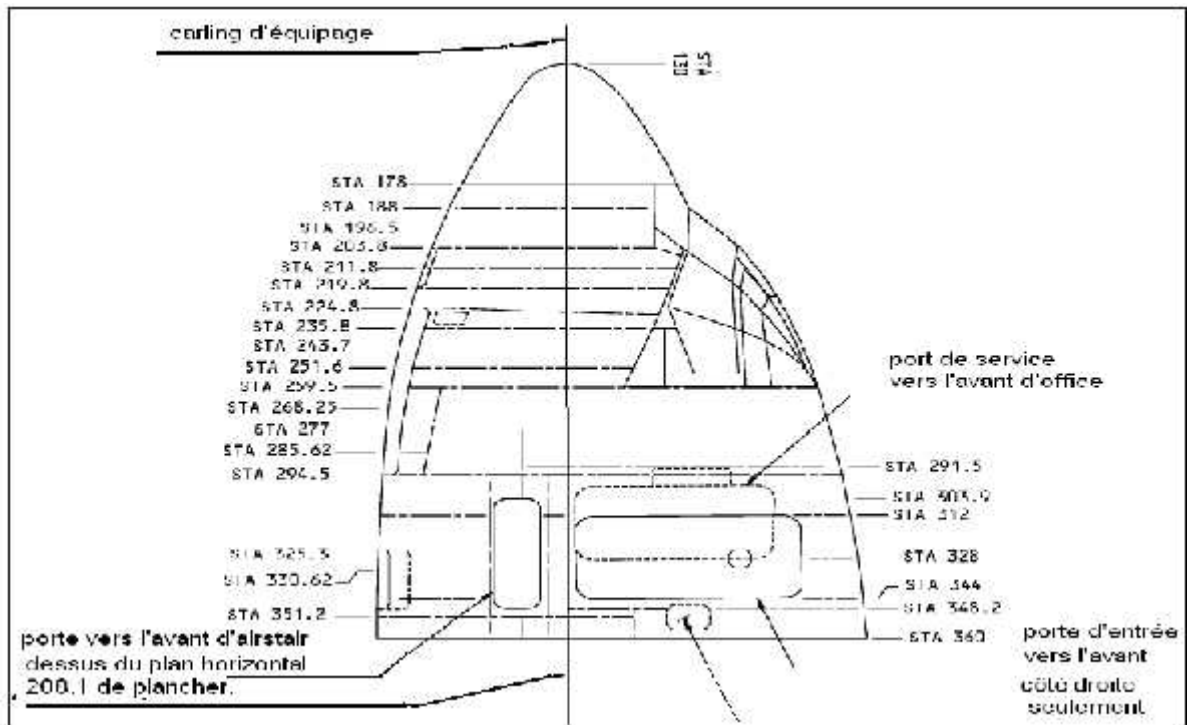


Fig.1.10.1. Section 41

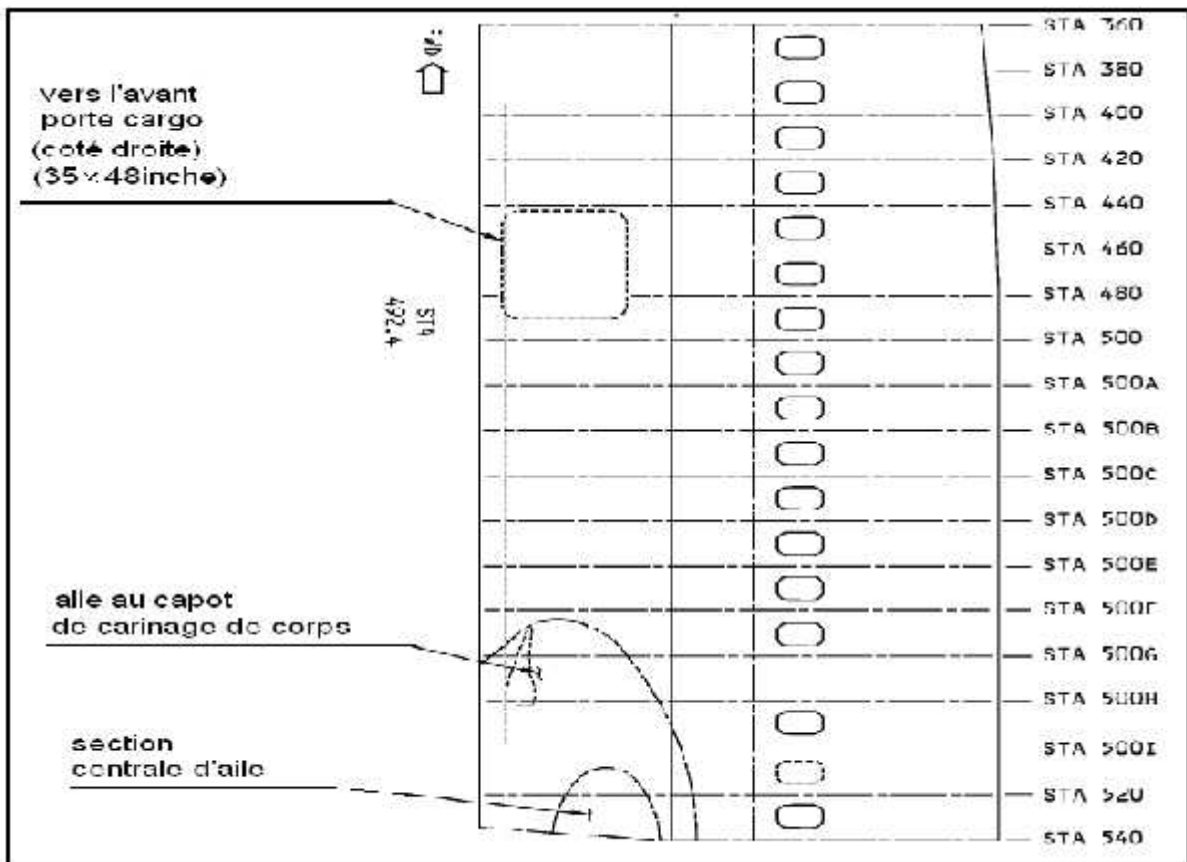


Fig.1.10.2. Section 43

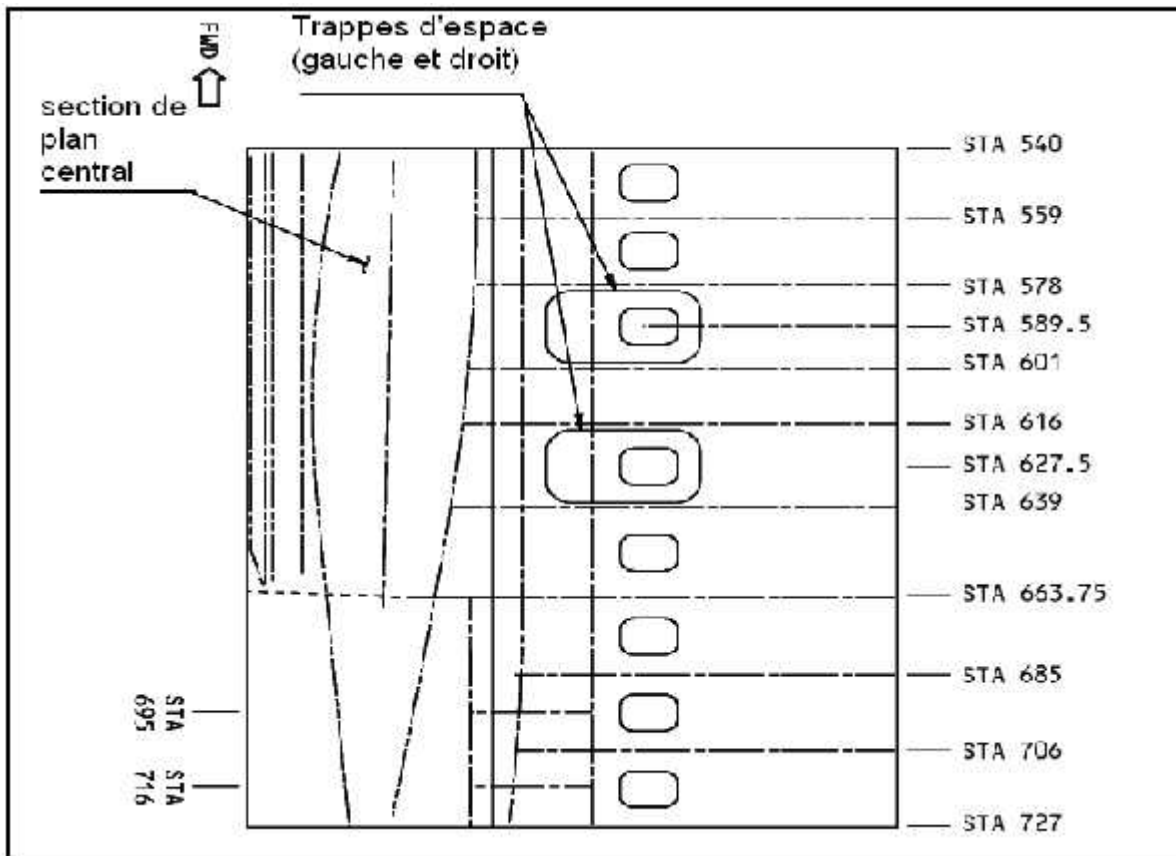


Fig.1.10.3.Section 44

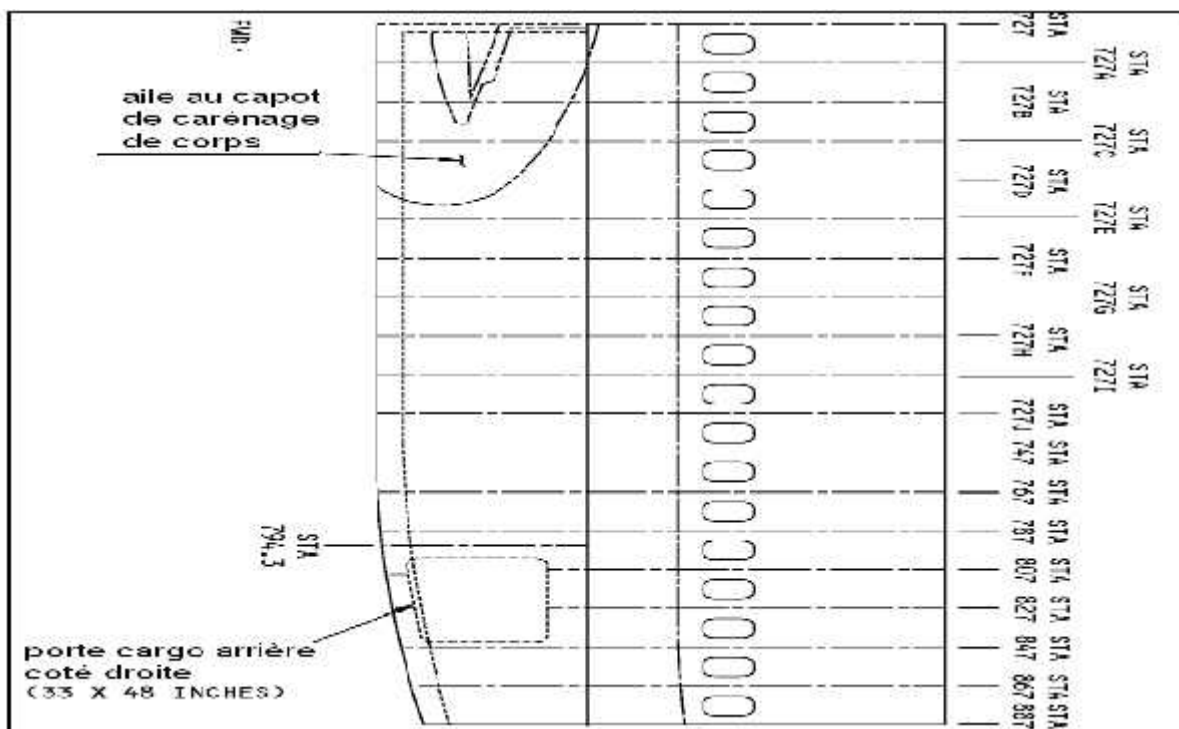


Fig.1.10.4.Section 46

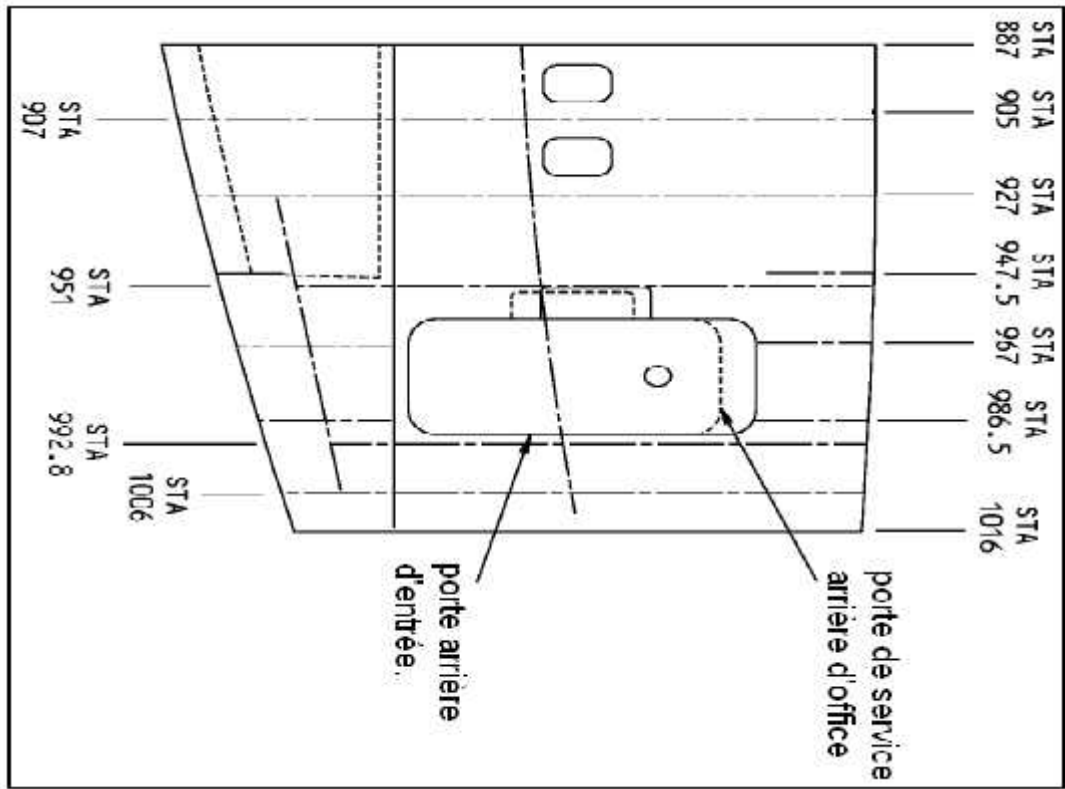


Fig.1.10.5. Section 47

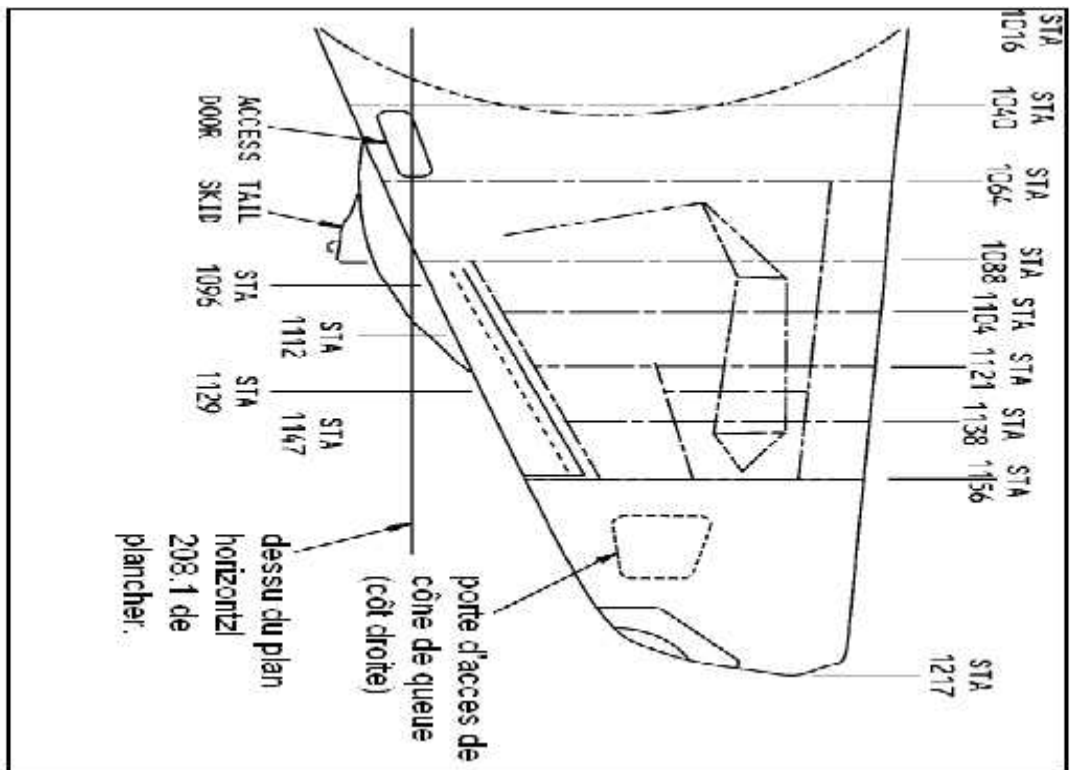


Fig.1.10.6. Section 48

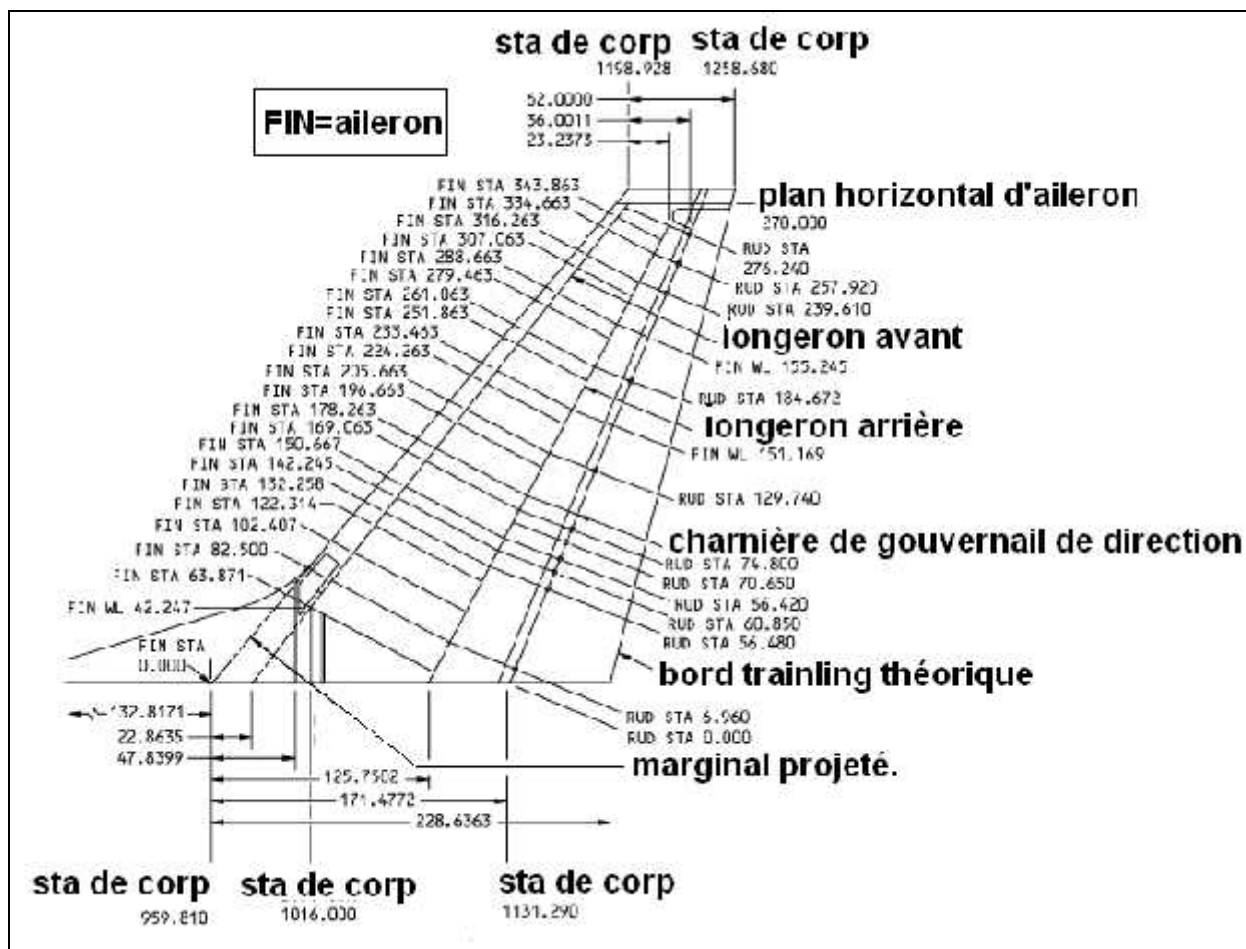


Fig. I .10.7.Diagramme vertical de station d'aileron et de gouvernail de direction

I.3.VITESSE ET ALTITUDE:

I.3.1. La vitesse :

La vitesse d'utilisation maximale du **Boeing 737 –NG** est de 0.82 Mach.

I.3.2.L'altitude :

L'altitude maximale de l'avion est de 41.000 pieds (12.497m).

I.4.DISTANCE FRANCHISSABLE :

Les avions **Boeing 737-NG** sont pour les courtes distances franchissables. Ils peuvent voler de 1600 jusqu'à 2900 milles marins avec une pleine charge de passagers.

I.5. LE TOUR MINIMUM :

Le tour minimum de **Boeing 737-800** est de 77 pieds (23.47m), les palonniers font tourner les roues avants au maximum 7° à gauche ou à droite pour l'usage pendant le roulage. Lors de décollage et l'atterrissage le pilote emploie les palonniers pour faire des petits changements de la direction.

Le volant d'orientation commande la direction si on déplace les deux commandes en même temps.

I.6.LE CARBURANT :

Il y a trois réservoirs dans le **Boeing737- NG (voir fig. I.11)**

- Le réservoir principal N°1.
- Le réservoir principal N°2.
- Le réservoir central.

I.6.1.Le réservoir principal N°1 :

Le réservoir principal N°1 est dans la boîte d'aile gauche, sa capacité nominale est de 8.525 lbs (3.867 kg).

I.6.2.Le réservoir principal N°2 :

Le réservoir principal N°2 est dans la boîte d'aile droite, sa capacité nominale est de 8.525 lbs (3.867 kg).

I.6.3. Le réservoir central :

Le réservoir central est dans le fuselage et les racines gauche et droite d'aile, sa capacité nominale est de 28.221 lbs (12.802 kg)

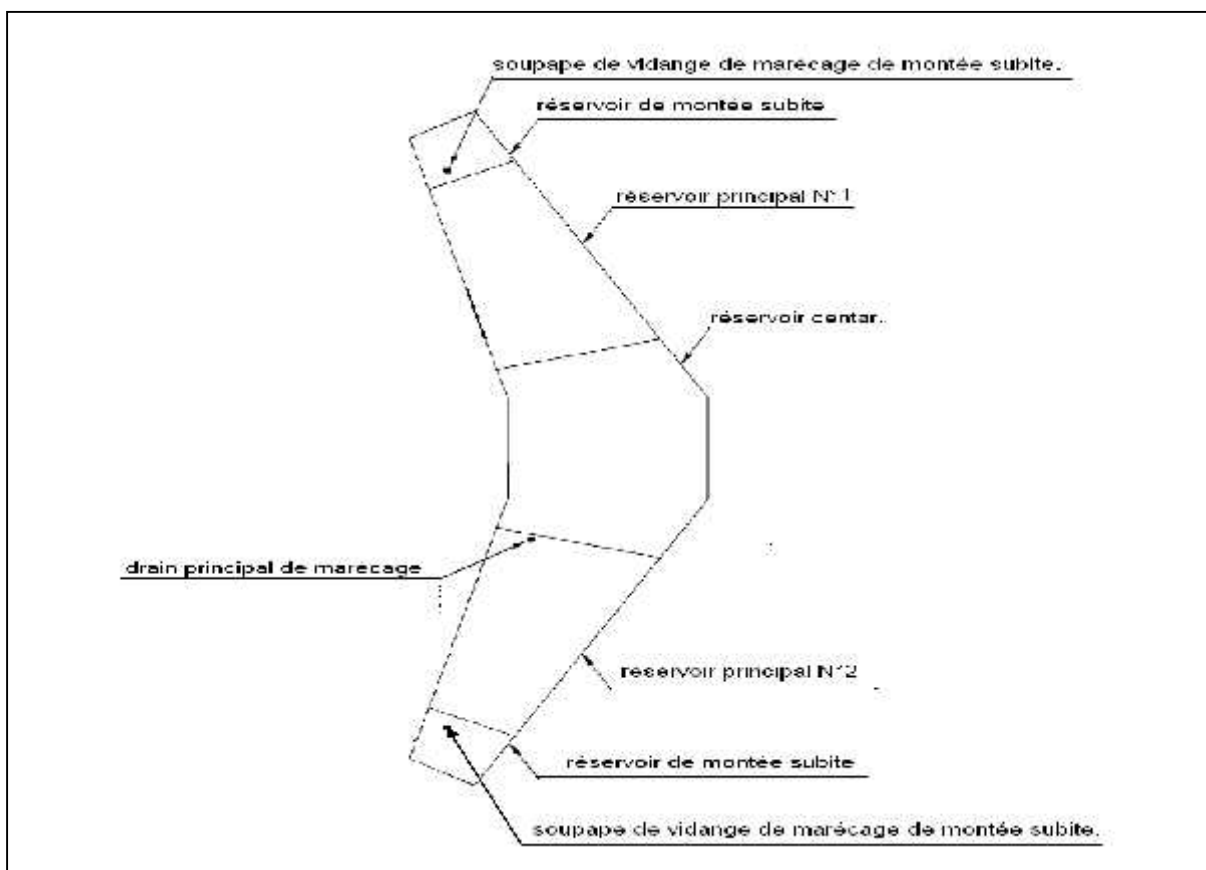


Fig. I.11. Les réservoirs de carburant

I.7. CIRCUITS HYDRAULIQUES :

Le **Boeing -737-NG** a trois circuits hydrauliques indépendants : **A**, **B** et **C**. Ces circuits développent toute l'énergie nécessaire et fournissent la redondance du système.

I.7.1. Systeme A :

Les sources de pression pour le système **A** sont : une pompe entraînée par le moteur gauche (EDP) et une pompe entraînée par un moteur (EMDP) dans le logement de train d'atterrissage principal.

Le circuit hydraulique **A** fournit le fluide pressurisé à ses systèmes :

- Sortie rentrée de train d'atterrissage.
- Ailerons.
- Pilotage automatique.
- Spoilers de vol 2, 4,9 et 11.

- Spoilers de sol 1, 6,7 et 12.
- Inverseur de poussée gauche.
- Gouverne de profondeur.
- Gouverne de direction.
- Unité de transfert de puissance (PTU).
- Freins alternatifs.

I.7.2. Système B:

Les sources de pression pour le système **B** sont une pompe entraînée par le moteur droit (EDP) et une pompe entraînée par un moteur électrique (EMDP) dans le logement de train d'atterrissage principal.

Le circuit hydraulique **B** fournit le fluide pressurisé à ces systèmes :

- Freins normaux.
- Sortie alternative de trains d'atterrissage.
- Ailerons.
- Gouverne de profondeur.
- Gouverne de direction.
- Pilotage automatique.
- Spoilers de vol 3, 5, 8 et 10.
- Inverseur de pousser droit.
- Volet et bec de bord d'attaque.
- Volet de bord de fuite.

I.7.3. Unité de transfert de puissance :

L'unité de transfert de puissance (PTU) est une pompe hydraulique avec moteur qui fournit une source d'énergie alternative pour l'opération automatique de bec de bord d'attaque si la pression du système **B** (EDP) est perdue.

Le système **A** entraîne le moteur une fois requis, la pompe pressurise le fluide obtenu à partir du réservoir du système **B**.

I.8. MOTEURS :

Le **B 737-800** est équipé de deux turbomoteurs électroniquement commandés de (CFM56-7B).

L'amélioration des performances du CFM56-7B repose en grande partie sur sa nouvelle soufflante en titane de 1550 mm de diamètre avec aubes à large corde, son corps haute pression et sa turbine basse pression, eux aussi novateurs. Toutes ces innovations ont été réalisées à l'aide des méthodes de conception aérodynamique **3D** les plus avancées. Le CFM56-7B intègre également une nouvelle régulation électronique pleine autorité de nouvelle génération (FADEC). Et pour répondre aux exigences des compagnies les plus soucieuses de l'environnement, le CFM56-7B est proposée en option avec une chambre de combustion à boule tête. Ces diverses caractéristiques s'ajoutent à l'une des conceptions les plus avancées actuellement disponible.

Sa turbine haute pression, dotée d'aubes mono cristallines en alliage N5, permet au CFM56-7 des avancées notables par rapport au CFM56-3 :

Une température de fonctionnement plus basse, avec des marges de température de sortie turbine plus élevées, pour une meilleure longévité du moteur sous l'aile.

Une consommation spécifique de carburant réduite de plus de 8%.

Un autre objectif important pour le CFM56-7B consistait à offrir aux compagnies une réduction de 15% des coûts de maintenance par rapport au CFM56-3C1 à sa poussée maximale de 105 KN.

L'objectif a été atteint, tout en conservant le niveau de fiabilité exceptionnel de son prédécesseur, et en permettant à la famille **B737-NG** d'être certifiée ETOPS 180 par la FAA, moins de deux ans après son entrée en service.

Le **B737/CFM56-7B** est le premier avion mono couloir à obtenir cet agrément, malgré un taux d'exploitation dépassant parfois une moyenne de 15 vols par jour.

CFM international est une société commune 50/50 de Snecma (France) et de General Electric (Etats-Unis).

I.8.1. Dates clés :

Certification sur B737-700	Septembre 1997
Entrée en service du B737-700	Décembre 1997
Entrée en service du B737-800	MARS 1998
Entrée en service du B737-900	Décembre 2000

Plus de 1600 moteurs et plus de 740 avions sont en service.

I.8.2. Caractéristiques :

	-7B18	-7B20	- 7B22	-7B24	-7B26	-7B27
Poussée max. au décollage (KN)	87	91.5	101	107.5	117	121
Taux de dilution	5.5	5.4	5.3	5.3	5.1	5.1
T° à poussée nominale (C°)	30	30	30	30	30	30
Poussée maximale en montée (KN) 35.000 pieds (10668m).	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5
Taux de compression général pour la poussée max.	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7	32.7
Longueur (mm)	2629	2629	2629	2629	2629	2629
Diamètre de soufflante (mm)	1550	1550	1550	1550	1550	1550
Application B737-	600	600/700	700	700/800	800	800/900

I.9.FUSELAGE :

La structure du fuselage est étudiée par les constructeurs d'une façon à répondre aux nombreuses exigences technique.

Le fuselage d'un avion est soumis à plusieurs efforts au cours de vol :

- Efforts de flexion (Verticaux et horizontaux).
- Efforts de torsion.
- Efforts de résistance à la pressurisation.
- Efforts localisés (Impact à l'atterrissage).

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

Structure d'un fuselage :

L'alliage 2024(aluminium cuivre) est le seul matériau utilisé sur le fuselage. Mais les exigences croissantes des avionneurs et le développement des composites organiques ont changé la structure.

Le fuselage, le 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 revêts bien que le plus souvent en aluminium, représentant aujourd'hui la part la plus importante de la masse du fuselage. Le sou pression de ses rivets est donc 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 sur tout de gagner de points en utilisant des matériaux composites. Le plancher par exemple, est souvent un panneau sandwich.

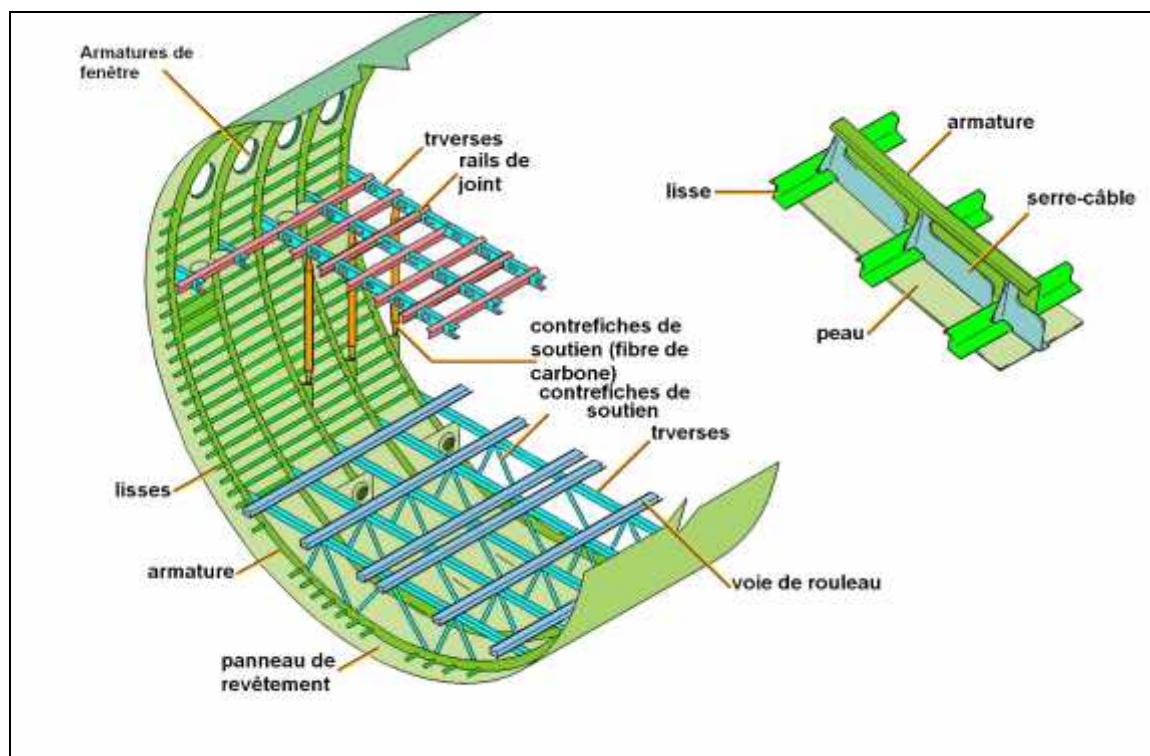


Fig. I.12. Structure d'un fuselage

1.9.1. Description du fuselage : (Fig. I.13.1- I.13.2).

Les composants principaux du fuselage primaires sont :

- 1) Nez- partie avant du fuselage.
- 2) Fuselage d'avant.
- 3) Fuselage central.
- 4) Partie arrière du fuselage.
- 5) Cône- partie arrière du fuselage.

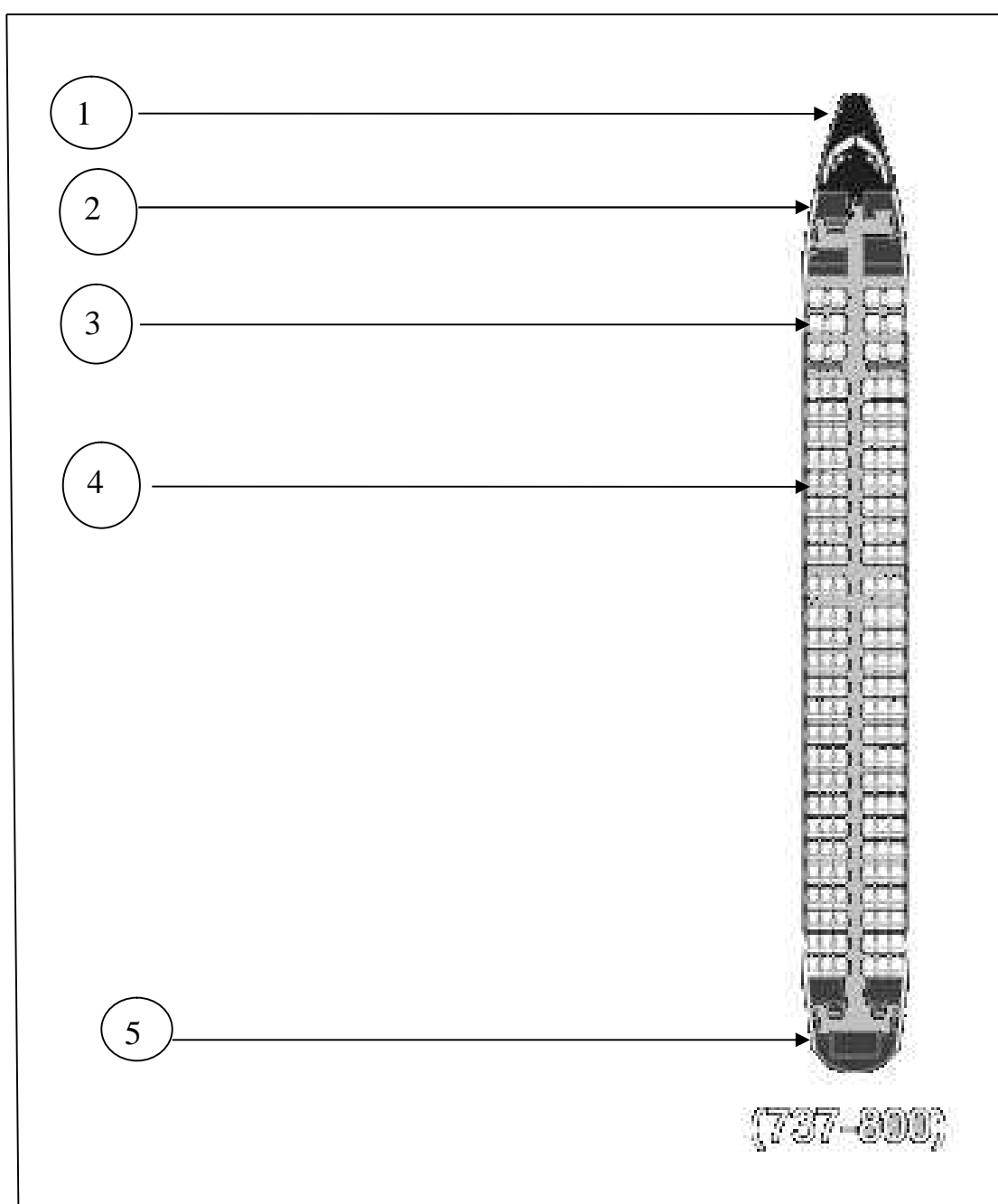


Fig. I.13.1. Description du fuselage



Fig. I.13.2. Description du fuselage

A. Nez- partie avant de fuselage :

La partie supérieure de l'ensemble inclut le cockpit et la cabine. La partie inférieure de l'ensemble inclut du compartiment du train d'atterrissage avant et la soute électronique. Le radôme est attaché sur la surface avant de FR1.

Le cockpit, la cabine et la soute électronique sont dans la zone pressurisée. La pression de la cloison étanche vers l'avant, sépare le radôme de la zone pressurisée, est installée à FR1. Des cadres résistants de pression sont installés dans la partie inférieure du fuselage d'avant. Qui séparent le compartiment du train d'atterrissage avant de la zone pressurisée.

B. Fuselage avant :

La partie supérieure de l'ensemble contient une partie de la cabine et une partie du compartiment central des passagers et la partie inférieure de l'ensemble contient la soute avant. Tout le fuselage avant est dans la zone pressurisée.

C. Fuselage central :

Le fuselage central s'étend de 38 à 54. La partie supérieure de l'ensemble contient une partie de la cabine. La boîte de centre d'aile et le compartiment du train principal et le compartiment hydraulique sont dans la partie inférieure de l'ensemble.

La boîte de centre d'aile est installée entre 40 et 47. La structure se prolonge à travers la largeur du fuselage inférieur. Le compartiment de train d'atterrissage principal est installé entre 47 et 53.2.

Une quille de faisceau est installée dans le fond du fuselage inférieur et s'étend de 39 à 53.5. Elle garde la résistance de la structure longitudinale du fuselage inférieur et absorbe les charges de recourbement de fuselage.

Le capot de carénage du ventre est installé du côté extrême de la partie plus inférieure du fuselage central. La structure est une prolongation au fuselage inférieur et contient la climatisation et l'équipement de servitudes hydraulique.

D. Partie arrière du fuselage :

La partie supérieure de l'ensemble contient une partie de la cabine de passagers et la partie inférieure de l'ensemble contient la soute arrière. Toute la partie arrière du fuselage est dans la zone pressurisée.

E. Cône - partie arrière du fuselage :

Le cône-partie arrière du fuselage s'étend de 80 à 103. Les panneaux de revêtement supérieurs arrière de 76 sont également une partie du cône - partie arrière du fuselage. La cloison étanche arrière de pression est installée à 80. La partie de cône arrière du fuselage fait partie du secteur du fuselage qui n'est pas pressurisé.

La stabilisateur horizontal est installé entre 87et91. Quatre ferres de fixation de cône arrière sont installées au visage arrière de 91.

Unité de puissance auxiliaire (Auxiliary Power Unit. **APU**) est installées entre 95 et 101. Le compartiment de (APU) est une zone indiquée du feu.

Les renforts en métal séparent les murs à l'épreuve du feu de revêtement du cône, qui est fait en alliage d'aluminium. La partie supérieure du compartiment de (APU) a un plafond fort et deux longerons.

Les ferrures de fixation de (APU) sont installées aux deux longerons. L'entée d'air de (APU) est installée entre 92 et 94 .L'extrémité arrière du cône de 103, est un capot de carénage pour l'échappement de (APU). Le capot de carénage est d'une construction en métal de feuille.

I.10.AILES :

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 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, tant dit que l'intrados (Partie inférieur) 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.

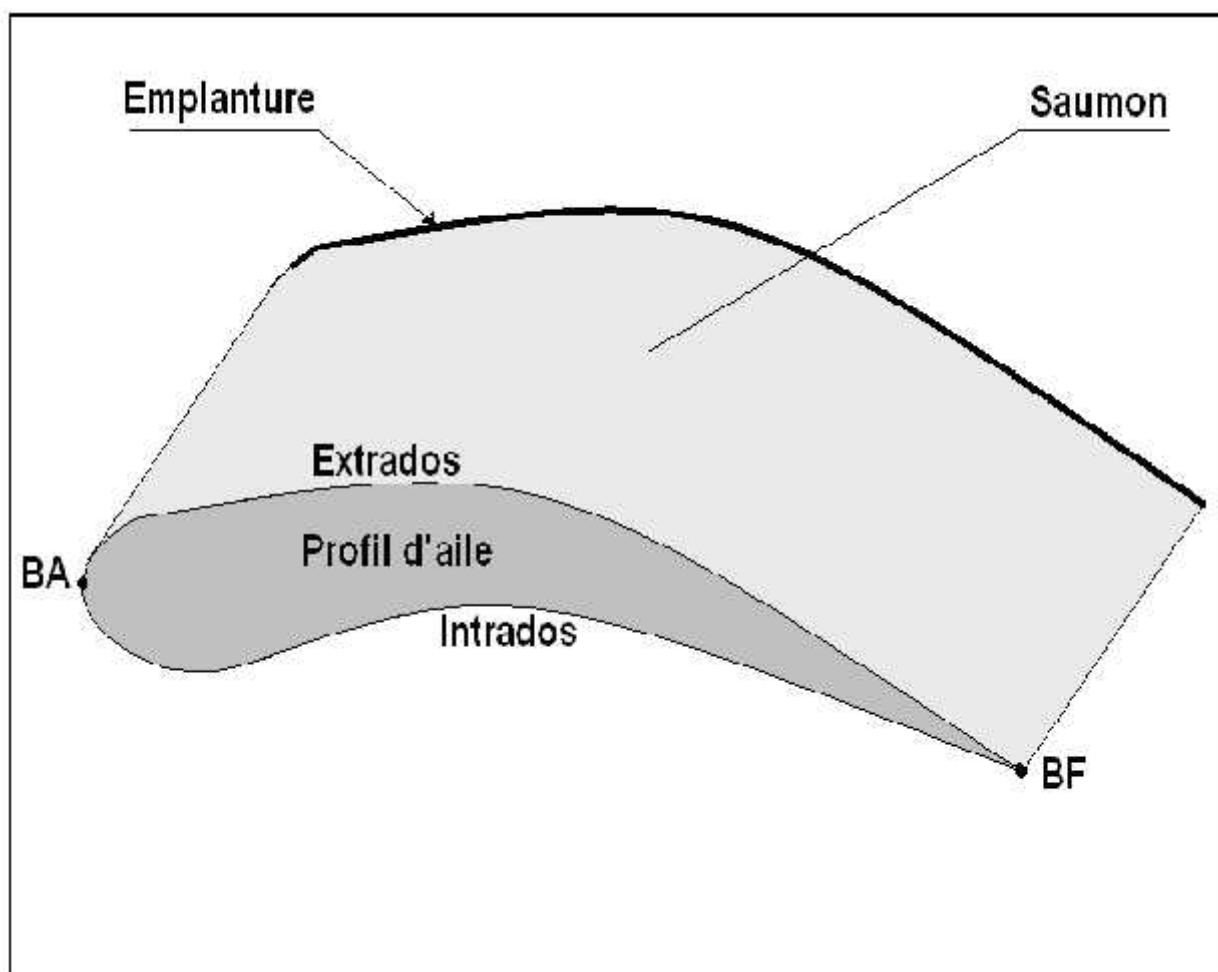


Fig.I.14. Les caractéristiques d'un profil d'aile

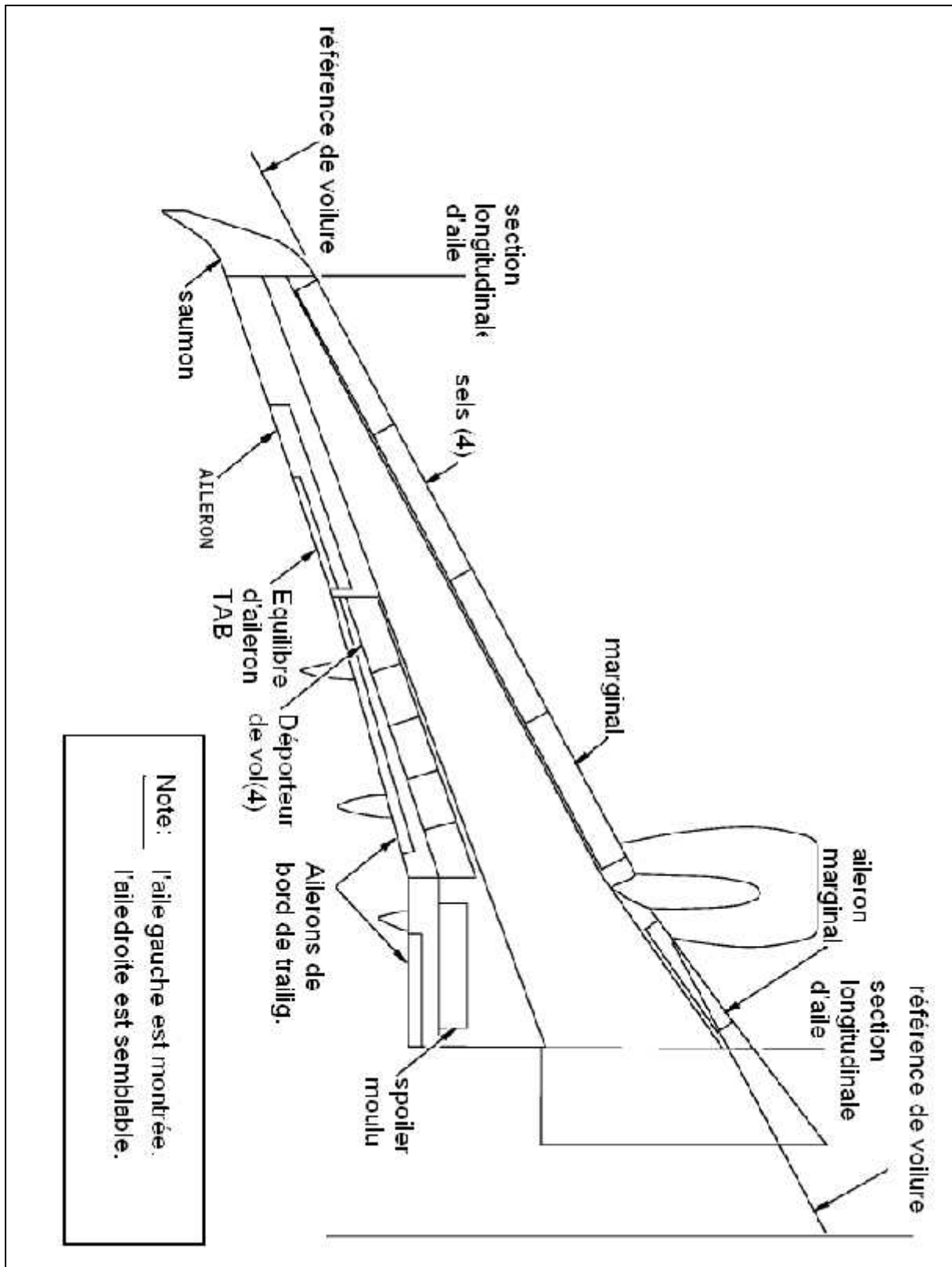


Fig. I.15. Structure d'aile

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 d'aile** : Section de l'aile par un plan vertical parallèle à l'axe longitudinal du fuselage.
- **Emplanture** : Liaison de l'aile de fuselage.
- **Saumon** : Partie extrême de chaque demi-aile.

I.10.1. Description de l'aile :

L'aile de l'avion est une structure continue qui passe par le fuselage.

Il se compose de trois parties :

- Le plan central.
- L'aile externe gauche (Zone 500).
- L'aile externe droite (Zone 600).

A. Plan central :

Le plan central est installé dans le fuselage central entre les 40 et 47 est inclus :

- Longerons d'avion centraux et arrières (aux 40, 42 et 47 respectivement).
- Panneaux de revêtement supérieur et inférieur.
- Deux armatures principales.
- Un ensemble de 54 tiges intégrales de fibres de carbone.
- Nervure gauche 1 et nervure droite 1.

Le plan central a des attachements pour les ailes externes droites et gauches à la nervure gauche 1 et à la nervure droite 1.

B. Aile Externe :

Chaque aile externe inclut :

- Boite d'aile.
- Saumon (l'extrémité d'aile).
- Bord d'attaque et dispositif de bord d'attaque.
- Bord de fuite et dispositif de bord de fuite.

1. Boite d'aile :

La structure principale de chaque aile externe est la boite d'aile qui effile de la racine d'aile au saumon. Ses longerons avant et arrière s'étendent de STA 0 à STA 2556 et sont faits dans trois parts. Le longeron avant a des joints à STA 821 et STA 1798 et le longeron arrière a des joints à STA 568 et à STA 1798. Le longeron central s'étend de STA 0 à STA 757.

La boite d'aile à 39 nervures. Bien que les nervures soient continues entre les longerons, les nervures R1B2 à R1B11 sont faites en deux parts (pour permettre l'installation du longeron central). Chacun des fonds supérieurs de la boite d'aile à quatre panneaux de revêtement qui se prolongent en avant de longeron avant et à l'arrière de longeron arrière. La structure de bord de fuite est attachée par ces projections aux longerons avant et arrière.

Les lisses donnent la force aux panneaux de revêtement de dessus et de dessous. La boite d'aile a deux réservoirs de carburant intégraux et un réservoir de passage. 33 panneaux de revêtement inférieur donnent l'accès au réservoir.

La boite d'aile a également des fixations pour :

- Le bord d'attaque et le dispositif du bord d'attaque.
- Le saumon et la dérive.
- Le bord de fuite et le dispositif du bord de fuite.
- Le pylône du support moteur.
- Le train d'atterrissage principal.

2. Extrémité de l'aile :

L'extrémité de l'aile et le montage de la winglet sont installés à la nervure R1B39. Il y a deux panneaux d'accès installés sous le joint d'aile incliné de winglet.

3. Bord d'attaque et dispositifs de bord d'attaque :

Le bord d'attaque est situé à l'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 de panneau.

Les becs de bord d'attaque principal sont installés comme suite :

- Le bec de bord d'attaque 1 est entre STA73 / R1B2 et STA626/R1B10.
- Le bec de bord d'attaque 2 est entre STA626 /R1B10 et STA1015/R1B15.
- Le bec de bord d'attaque 3 est entre STA1015/R1B15 et STA 1337/R1B20.
- Le bec de bord d'attaque 4 est entre STA1337/R1B20 et STA1601/R1B24.
- Le bec de bord d'attaque 5 est entre STA1601/R1B24 et STA2000/R1B30.
- Le bec de bord d'attaque 6 est entre STA2000/R1B30 et STA2253/R1B34.
- Le bec de bord d'attaque 7 est entre STA2253/R1B34 et STA2557/R1B39.

4. Le bord de fuite et dispositifs de bord de fuite :

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

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

- Le revêtement de caisson.
- Le panneau de l'extrados.
- La structure entre le revêtement intérieur et le revêtement extérieur.
- Revêtement extérieur.
- Le panneau fixe inférieur de l'aile.

Le milieu et longeron arrière de bord de fuite incluent :

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

Les dispositifs de bord de fuite sont :

- Les deux volets de bord de fuite.
- Les deux ailerons.
- Les six spoilers.

5. Volets de bord de fuite :

Les volets intérieurs et extérieurs sont installés sur le bord de fuite de l'aile. Le volet intérieur se trouve entre STA0/R1B1 et STA757/R1B11 et le volet extérieur entre STA757/R1B11 et STA1798/R1B27.

6. Ailerons :

Les ailerons intérieurs et extérieurs sont installés sur le bord de fuite de l'aile. L'aileron intérieur se trouve entre STA1798/R1B27 et STA2190/R1B33 et l'aileron extérieur entre STA2190/R1B33 et STA2557/R1B39.

7. Spoilers :

Il y-a six spoilers installés sur l'extrados de chaque aile, vers l'avant des volets de bord de fuite. Le spoilers1 est installé entre STA291/R1B5 et STA568/R1B9. Les spoilers 2 à 6 sont installés entre STA757/R1B11 et STA1734/R1B26.

I .10.2.Stabilisateurs :

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

❖ Il est composé :

- D'un plan vertical, d'une partie fixe (dérive) et d'une partie mobile (gouvernes de direction).
- Le plan horizontal qui est composé du stabilisateur à calage fixe ou variable ainsi que les gouvernes de profondeur.
- La gouverne de direction est articulée à l'arrière de 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 se fait des stabilisateurs fixés plus ou moins haut sur le fuselage ou sur la dérive.

- Gouvernes de profondeur : Elles assurent les mouvements de l'avion autour de l'axe de tangage (piqué ou cabré). Elles sont articulées à la partie arrière de stabilisateur.

On n'utilise que des composites avancés, à fibres de verre et de carbone. Les panneaux latéraux qui sont les pièces de plus grandes dimensions ont une structure sandwich à nid d'abeille.

Cette structure offre :

- . Une bonne résistance aux forces et aux moments.
- . Une grande rigidité en flexion.
- . Un faible masse.
- . Une excellente tenue en 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.

Mais la structure nid d'abeille a des inconvénients :

- . La sensibilité aux chocs.
- . Dommage par foudroiement.
- . La difficulté d'assemblage avec d'autres éléments.

I.10.2.1. Stabilisateur horizontal :(Fig. I.16.1)

Le plan horizontal réglable (Trimmable Horizontale Stabilizer **THS**) est une structure à une seule pièce montée à travers et supportée par la section de queue du fuselage. Le stabilisateur horizontal fournit la structure porteuse pour les gouvernes de profondeur droite et gauche.

L'angle d'incidence du (**THS**) peut être mécaniquement ajusté à l'aide d'une molette de la commande de compensation située dans le compartiment de vol. Sa gamme de déplacement est de 2.35° de nez d'avion en bas à 15.35° de nez de l'avion vers le haut.

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 coté du fuselage.

Le (**THS**) comporte :

- Une boîte de longeron central.

- Deux boites de longerons droits et gauches.
- Bord d'attaque de gauche et droite.
- Bord de fuite de gauche et droite.
- Les extrémités de stabilisateur gauche et droit.
- Les tabliers de stabilisateur gauche et droit et le support de fixation de stabilisateur.

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

Les autres composantes de **(THS)** sont fixées dans les boites de longerons de stabilisateur et excepté les supports de fixation à être démontables pour la réparation et la maintenance. Le **(THS)** peut être enlevé comme unité complète.

I.10.3.2. Stabilisateur vertical :(fig. I.16.2)

Les composants principaux de stabilisateurs verticaux sont :

- La boite de longeron.
- Bord d'attaque.
- Bord de fuite.
- L'extrémité.
- Les supports de fixation.

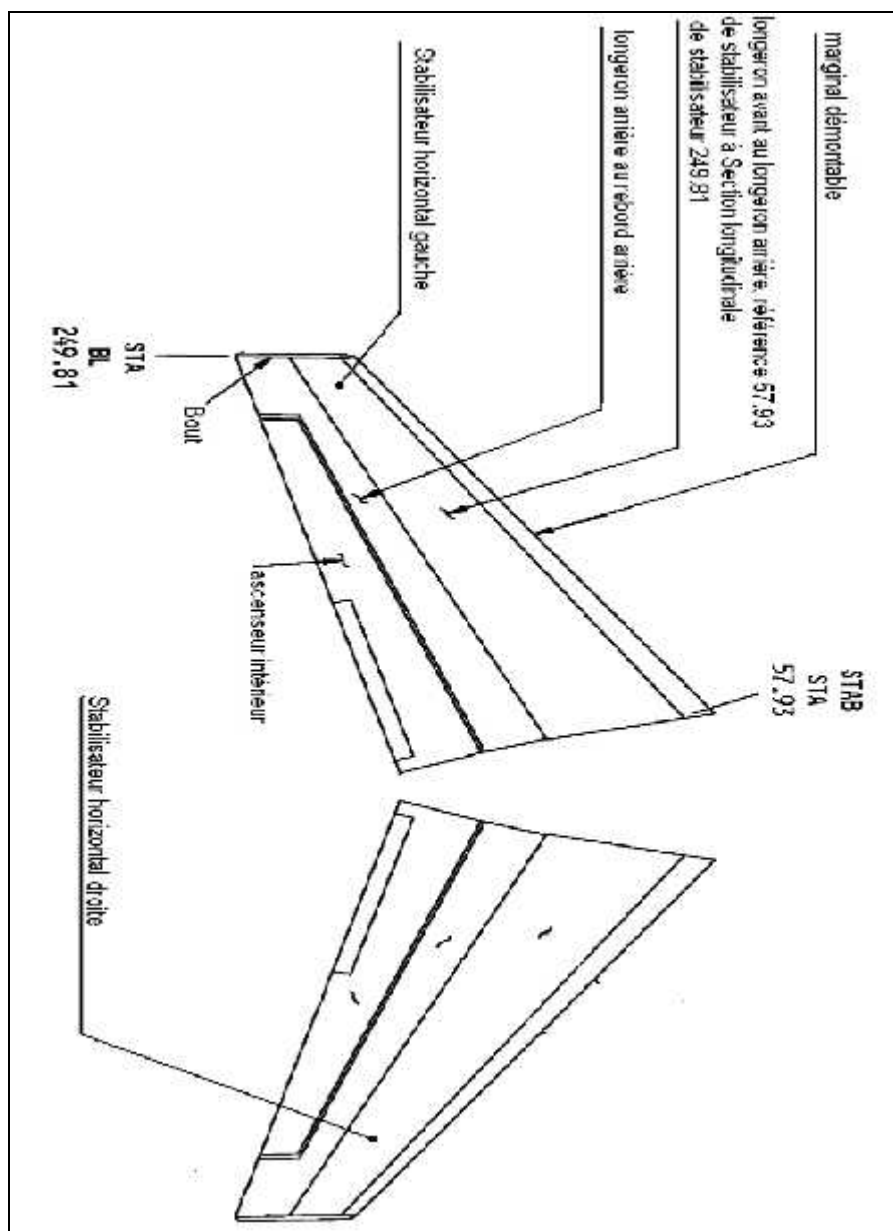


Fig. I.16.1. Stabilisateur horizontal

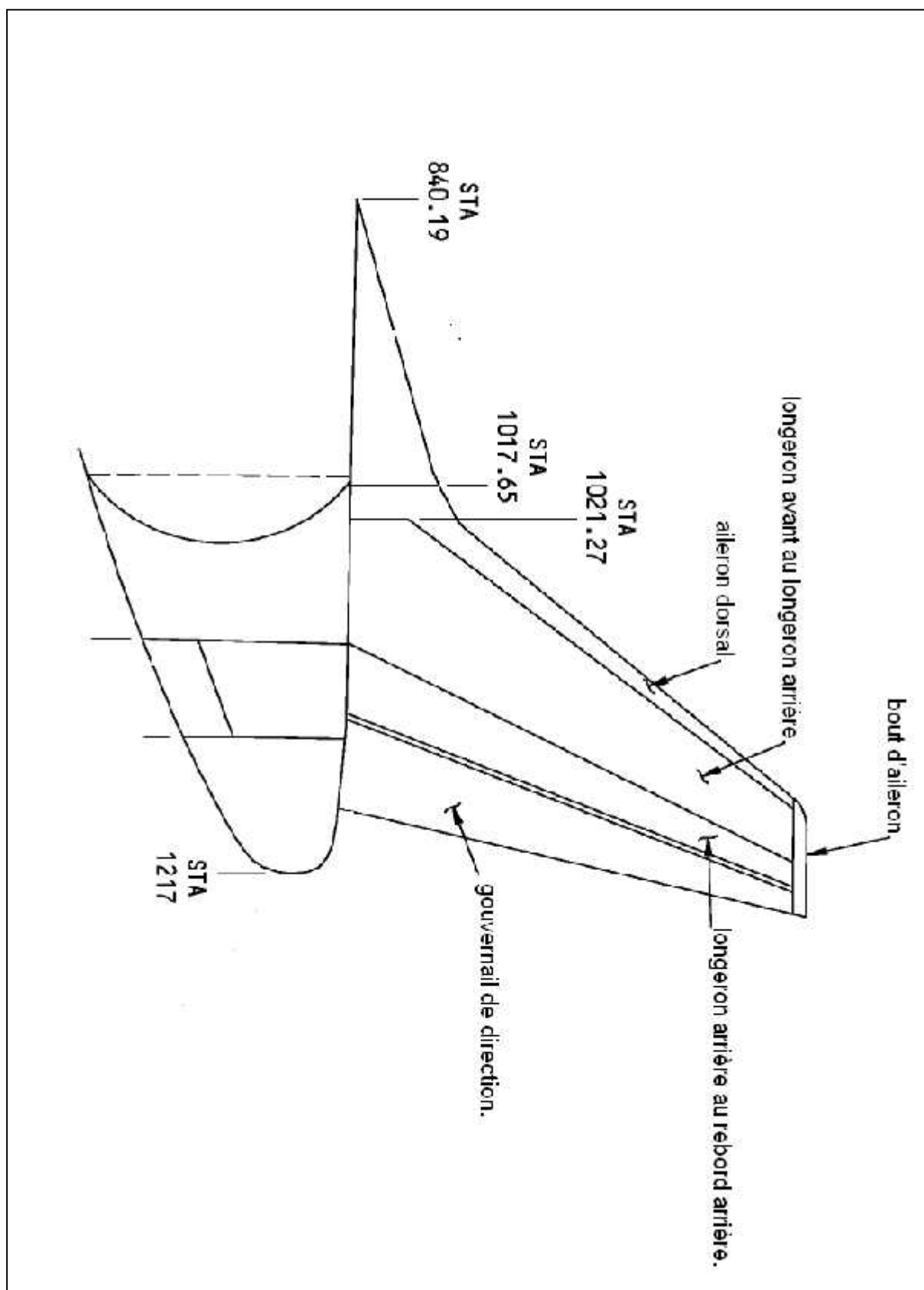


Fig. I.16.2. Stabilisateur vertical

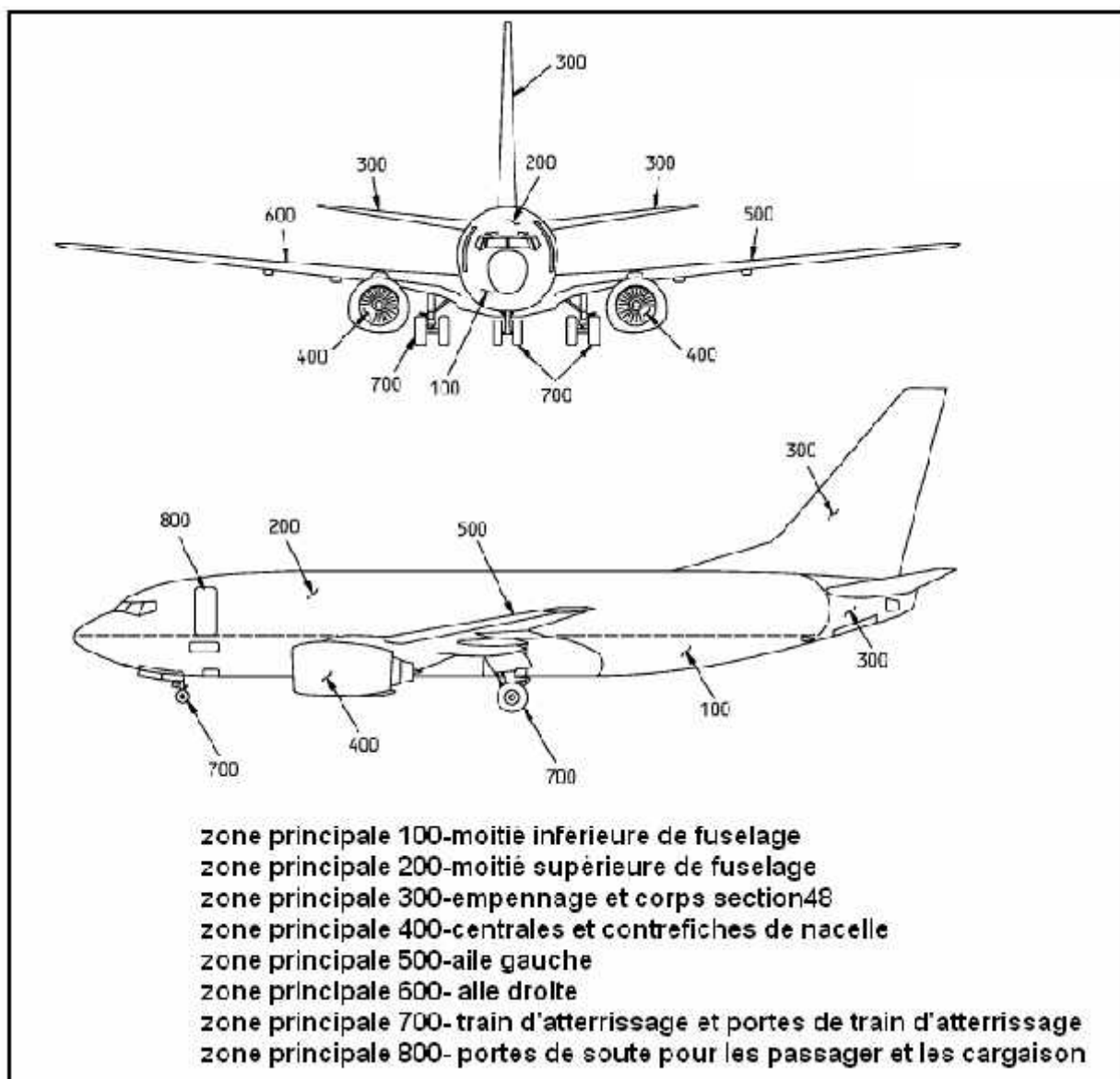


Fig.I.17.Commandant zones d'avion

A. Boite de longeron :

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

B. Bord d'attaque :

Le bord d'attaque de stabilisateur vertical a quatre sections faciles à déposer. Elles sont attachées à l'avant de la boite 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 à 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 set de capot de carénage supérieur du stabilisateur vertical. Il attaché au dessus de la boite de longeron et au longeron avant. Le conducteur vertical set installé sus le bout.

E. Support de fixation :

Le stabilisateur vertical a :

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

I.11. SYSTEME D'AVITAILLEMENT :

Le **Boeing 737-800** possède un système d'avitaillement à une seule entrée permettant le remplissage. Situé dans le bord d'attaque de l'aile droite, à l'extérieur du fuseau moteur. Le poste d'avitaillement sous pression, les vannes à solénoïde pour chaque réservoir, des témoins lumineux bleus de positions des vannes, des indicateurs de quantité du carburant de chaque réservoir, un poussoir d'essai des jauges, un interrupteur de commande de puissance auxiliaire d'avitaillement et une prise pour la mise à la terre un contacteur à flotteur à chaque réservoir ferme automatiquement les vannes d'avitaillement quand les réservoirs sont pleins.

L'alimentation électrique pour l'avitaillement peut provenir de l'APU, d'un groupe de parc (**GPU**) ou de batterie. On aussi effectuer l'avitaillement sans énergie électrique en actionnant manuellement les vannes et en utilisant les jauges à écoulement.

I.12. SYSTEME DE MISE A L'AIR LIBRE :

Le système de mise à l'air libre assure la ventilation des réservoirs, l'évacuation de l'air des réservoirs lors des pleins, le trop plein des tuyaux aboutit pour chaque aile dans un réservoir de mise à l'air libre situé à l'extrémité. La communication avec l'air extérieur s'effectue par une prise qui assure une légère surpression des réservoirs en vol.

I.13. La Nacelle :

Généralités :

La nacelle est les capots de carénage et les composants qui entourent le moteur. La nacelle donne aérodynamique ment une lisse. Surface à la contrefiche et au moteur. La nacelle contient également ces derniers.

Articles :

- Capot d'admission.
- Éventez le capot.
- Éventez le capot de conduit et l'inverseur de poussée.
- Bec d'échappement primaire.
- Prise d'échappement.
- Le pylône est la contrefiche qui attache le moteur à l'aile.
- La contrefiche contient également ces articles :
 - Lignes de carburant.
 - Lignes électriques.
 - Lignes hydrauliques.
 - Conduits pneumatiques.
 - Capots de carénage.
 - La détection de feu/s'éteignent des lignes.
 - Les stations de nacelle et les lignes de flottaison donnent des endroits sur le nacelle pylône.

- La balance pour des stations de nacelle et des lignes de flottaison est poutres.
- La ligne de station est une dimension horizontale. Elle commence la ligne de station Zéro.
- La ligne de flottaison est une dimension de taille. Vous mesurez l'eau rayez d'un plan de référence horizontal au-dessous du nacelle-pylône.

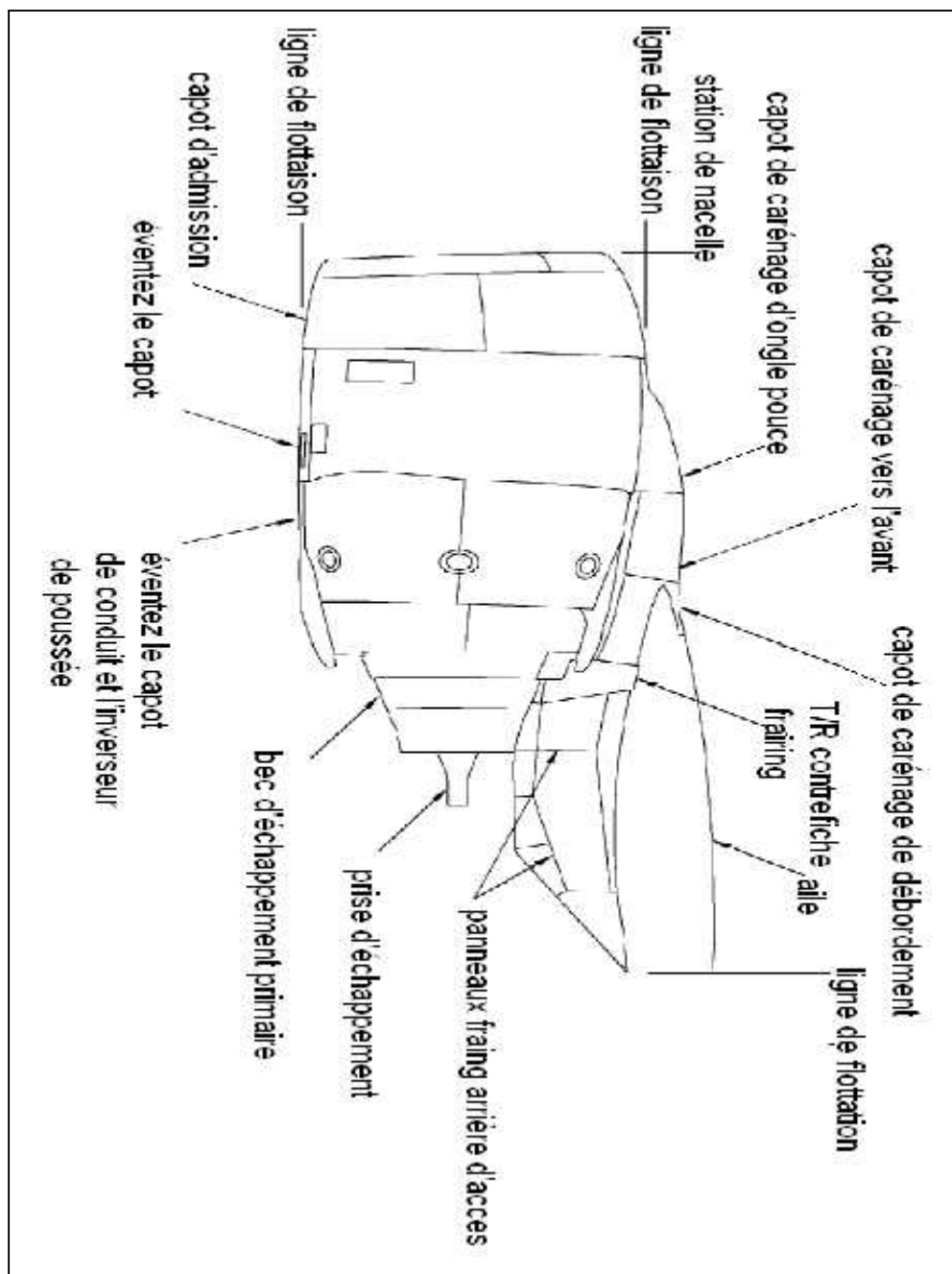


Fig. I.19 .La Nacelle

II.1.HISTORIQUE:

II.1.1.Naissance:

Le CFM est issu du réacteur General Electric F101 destiné au bombardier stratégique Rockwell B-1 Lancer.

Au sien de CFM International, GE Aircraft Engines est chargé de la partie haute pression du moteur, aussi appelé corps (compresseur haute pression, chambre de combustion et turbine haute pression) et Snecma de la partie basse pression (la soufflante ou fan, compresseur basse pression et turbine basse pression) ainsi que des accessoires et de la tuyère d'éjection.

Chacune des entreprises a sa propre ligne d'assemblage et produit donc des réacteurs complets. Le nom CFM-56 n'est pas un acronyme, c'est un clin d'œil aux noms des moteurs les plus importants que fabriquaient General Electric (Le CF6) et la SNECMA (le M5) au moment du lancement du projet.

-CFM56-2 :

C'est la première version du réacteur qui fut conçu pour remotoriser les McDonnell Douglas DC-8.Ce fut un succès et le CFM56-2 fut également choisi pour remotoriser les avions de la famille Boeing C-135 (la plupart sont des ravitailleurs).Environ 1800 CFM56-2 ont été produits, d'une puissance qui va de 98 à 108 KN.

-CFM56-3 :

Après le succès du CFM56-2 sur le marché de la modernisation d'avions anciens, le CFM56-3 consacrera la réussite en étant choisi par Boeing comme motorisation exclusive pour sa nouvelle gamme de Boeing 737, les Boeing 737-300, 400 et 500, également appelés *Boeing 737 Classique*.

Plus de 4500 CFM56-3 ont été construits depuis sa certification en 1984, ce qui en fait le réacteur le plus largement produit de toute l'histoire de l'aviation dans une gamme de puissance de 82 à 105 KN.

Le Boeing 737 ayant été conçu à la base avec un réacteur de plus petit diamètre, il a fallu réduire la hauteur du réacteur pour qu'il ne frotte pas par terre. Les ingénieurs on donc conçu une nacelle dont la base est aplatie, ce qui lui donne un aspect caractéristique. De ce fait, on surnomme parfois affectueusement le Boeing 737 «*couilles plates*».

-CFM56-5A et CFM56-5B :

Sur la lancée du modèle précédent, le CFM-56-5A fut conçu pour le grand rival du Boeing 737, l'Airbus A320.

Le CFM56-5A a été certifié en 1987, et est disponible dans des puissances de 98 à 118 KN.

C'est également le premier modèle de CFM-56 à disposer d'un système de régulation électronique pleine autorité (FADEC).

Le CFM56-5A équipera également l'Airbus A319 à sa sortie en 1996.

Le CFM56-5B est une évolution du CFM56-5A qui entre en service en 1994 et équipe toute la gamme des Airbus A318, A319, A320 et A321. Il est disponible dans une gamme de puissance de 98 à 142,50 KN.

Contrairement au Boeing 737 où il est la seule motorisation possible, les CFM56-5A et CFM56-5B sont en concurrence avec l'International Aero Engines V2500 (A319, A320 et A321) ainsi qu'avec le Pratt & Whitney PW6000 (A318) et équipent environ 60% des avions de la famille A320. Plus de 2500 exemplaires ont été produits à ce jour.

-CFM56-5C :

Après le succès sur les biréacteurs court et moyen courriers des versions précédentes, le CFM56-5C conçu pour l'Airbus A340 marque un retour aux quadriréacteurs long courriers.

Le CFM56-5C équipe en exclusivité les versions A340-200 et A340-300 et dispose de puissances comprises entre 139 et 151 KN.

Pour le CFM56-5C, CFM International fournit un ensemble complet spécialement optimisé comprenant le moteur, la nacelle et la tuyère d'éjection.

Le choix d'un si petit moteur sur un avion de la taille de l'Airbus A340 peut paraître surprenantes et certaines mauvaises langues l'appellent «*l'avion aux quatre sèche-cheveux*» et prétendent même que son taux de montée est si faible qu'il ne décolle que parce que la terre est ronde.

Pour les versions A340-500 et A340-600, le CFM56 ne sera plus assez puissant, et Airbus aura recours à quatre Rolls-Royce Trent 500 d'une taille mieux proportionnée à l'avion.

-CFM56-7B

Le CFM56-7B est le réacteur qui équipe en exclusivité les dernières évolutions du Boeing 737, les versions B737-600, 700, 800 et dites Boeing 737 NG pour nouvelle génération.

Il a été certifié en 1996, dispose des dernières avancées technologiques et est disponible dans des puissances de 87 à 121 KN

II.1.2. Statistiques CFM56 :

État de la flotte CFM56 au 31 Octobre 2005.						
Moteur	Avion	Nombre d'avions en service	Nombre de moteurs en service	Nombre d'opérateurs	Heures de vol cumulées	Nombre de cycles cumulés
CFM56-2A	E3/KE3/E6	41	193	4	1 699 068	675 442
CFM56-2B	KC/RC135	465	1 952	4	10 396 285	4 558 681
CFM56-2C	DC8-70	105	524	19	15 065 815	6 300 086
CFM56-3	B737-300/400/500	1 969	4 498	188	148 275 327	106 275 559
CFM56-5A	A319/A320	527	1 178	47	30 404 162	18 552 610
CFM56-	A319/A320/A321	952	2 006	90	21 870	12 909

5B					627	192
CFM56-5C	A340	235	1 083	40	31 083 084	4 789 887
CFM56-7B	B737 NG	1 789	3 794	152	44 157 229	23 018 435
Total	6 083	15 228	544	302 951 597	177 079 892	Total

II.2. Description du réacteur CFM56-7B :

Le réacteur CFM56-7B équipe le Boeing 737-800 NG un moteur double flux double corps et à taux de dilution élevé.

Un autre objectif important pour le CFM56-7B consistait à offrir aux compagnies une réduction de 15 % des coûts de maintenance par rapport au CFM56-3C1 à sa poussée maximale de 105 KN.

II.3. LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU MOTEUR :

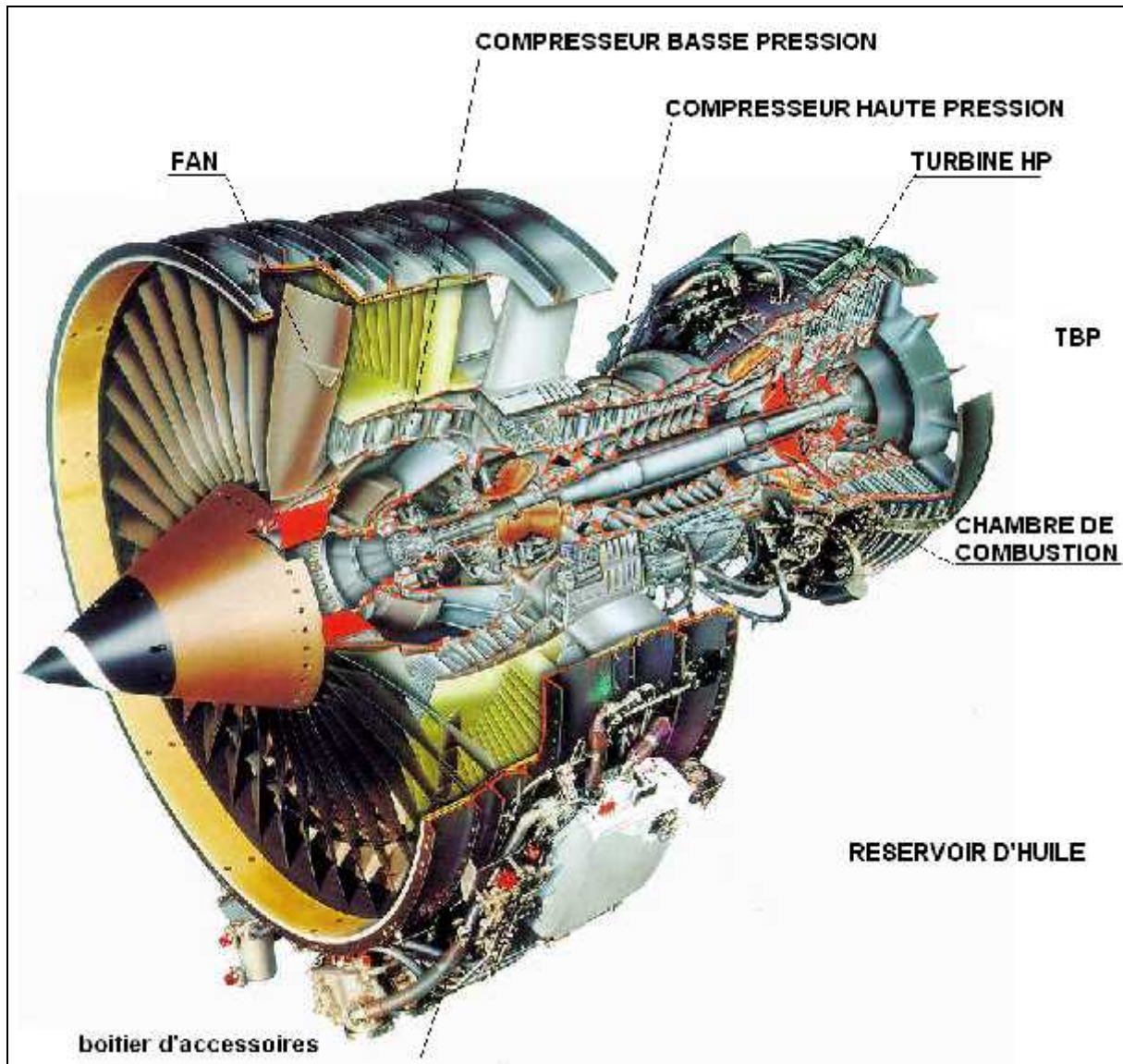


Fig. II.1. Moteur CFM56-7B

II.3.1. Entre d'air :

L'entrée d'air se présente sous la forme d'un conduit, son rôle est de raccorder le plus avantageusement (champ de vitesse le plus homogène possible) les filets d'air avec l'entre du compresseur et cela le domaine de vol.

Forme d'entrée d'air :

Un avion commercial évoluant en subsonique $M=0.8$ doit être doté d'une entrée d'air simple divergente est également nommée entrée d'air annulaire de type **Pitot**. C'est un conduit dans lequel le fluide subit un ralentissement adiabatique où température totale est constante. D'autre part, si le nombre de mach diminue la température statique augmente du moment que la température totale est constante.

II.3.2. Cônes :

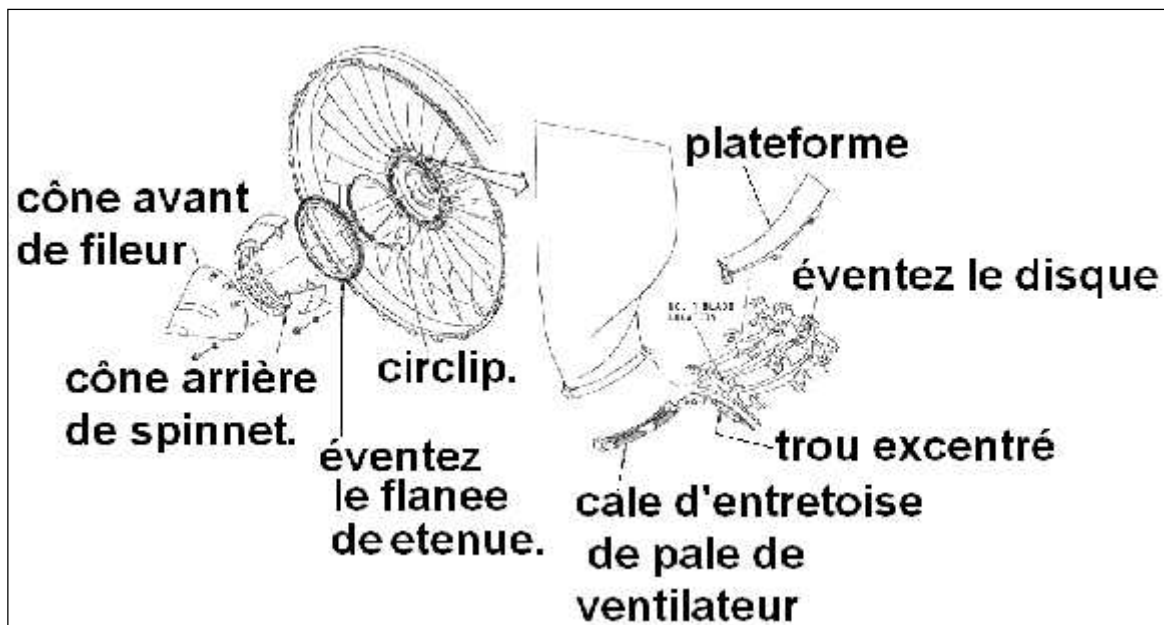


Fig. II.2. Description les éléments de cône

Cônes avant et arrière de fileur :

Les cônes avant et arrière de fileur sont les capots aérodynamiques qui guident le flux d'air direct de prise de moteur.

Pales de ventilateur :

Il y a 24 larges cordes, pales de ventilateur titaniques. Une cale d'entretoise sous chaque pale de ventilateur la tient en position radiale correcte. Vous enlevez la cale d'entretoise pour la faciliter pour enlever le ventilateur lame. Les plateformes entre les lames font le flux d'air lisse. La bride de retenue de ventilateur et le circlip jouent avec les cales et plateformes d'entretoise de pale de ventilateur.

Vous avez lu cette information gravée sous la racine du ventilateur lame :

- Numéro de la pièce
- Numéro de série
- Poids d'élan.

Quand vous enlevez ou remplacez des pales de ventilateur, enregistrez la position et le numéro de série des lames. Cela vous laisse faire ces dernières tâches :

- Installez les lames que vous avez enlevées en même position sur la subsistance le moteur dans l'équilibre
- Calculez la position disponible de lames et l'élan pesez la correction quand vous remplacez des lames.

Vis de contrepoids :

-Vous équilibrez un moteur avec des vis de contrepoids.

-Vous installez le contrepoids vis sur le fileur arrière.

Trous excentrés :

Les trous excentrés vous ont permis d'installer les cônes de fileur et le ventilateur bride de retenue dans seulement une position angulaire correcte. Sphérique les creux montrent les trous excentrés. Il y a les trous de boulon excentrés ou fils sur ces composants :

- Cône avant de fileur
- Cône arrière de fileur
- Éventez la bride de retenue
- Éventez le disque.

Point de l'information de formation :

Vous devez enlever le cône d'avant de fileur pour enlever le fileur cône arrière. Vous enlevez le cône d'arrière de fileur, éventez la retenue brident et le circlip pour obtenir l'accès aux pales de ventilateur. Vous doit enlever les plateformes adjacentes et l'entretoise de pale de ventilateur cale pour enlever une pale de ventilateur.

II.3.3. l'AGB

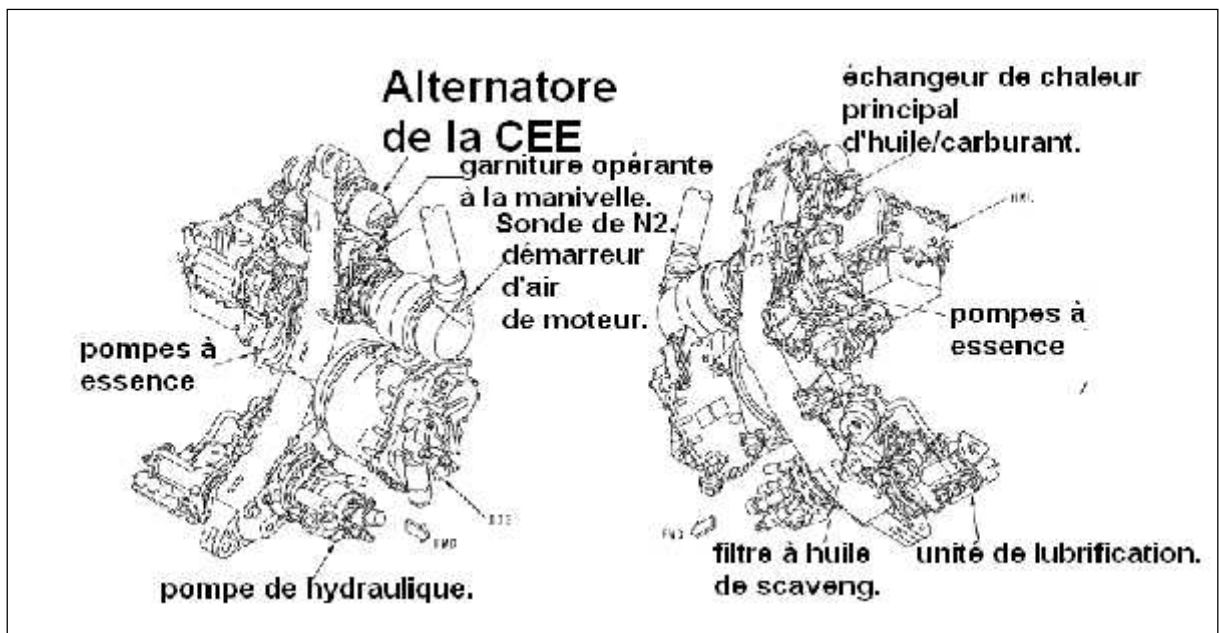


Fig. II.3. Les accessoires de moteur sur l'AGB

La boîte d'engrenages des accessoires (l'AGB) est sur du côté gauche du moteur, sur la caisse d'admission de ventilateur. L'AGB envoie le couple du rotor de N2 par des pignons droits pour tourner les accessoires de moteur et d'avion. Ils sont ligne unités remplaçables. Vous obtenez l'accès à l'AGB et les accessoires quand vous ouvrez le capot gauche de ventilateur. Endroits d'accessoires.

Ces les accessoires de moteur et d'avion sont sur le visage plan de l'AGB :

- Alternateur de la CEE
- Sonde de N2
- Garniture opérante à la manivelle

- Démarreur d'air de moteur
- Générateur intégré d'entraînement (IDG)
- Pompe hydraulique.

Ces accessoires de moteur sont sur le visage arrière de l'AGB :

- Paquet de pompe à essence (pompes à essence, HMU, et huile/carburant principal échangeur de chaleur)
- Unité de lubrification
- Nettoyez le filtre à huile.

Point de l'information de formation :

Vous utilisez la garniture opérante à la manivelle pour faire tourner le rotor de N2 pendant endoscopie.

II.3.4. Fan (soufflante) :

a) Caractéristiques :

Le fan n'est autre qu'un compresseur à un étage débitant dans une tuyère annulaire.

Le fan fournissant la majeure partie de la poussée, son rendement aérodynamique est d'une extrême importance.

Etant donné ses dimensions, la vitesse en bout de pale est très élevée et l'écoulement y est en partie supersonique.

Afin d'éviter les vibrations, les pales sont généralement rendues solidaires par une cloison (snubber).

Cette cloison a pu être éliminée sur les fans sont constitués d'une structure en nid d'abeille soudée entre deux tôles en titanium.

Les aubes de sortie du fan sont destinées à redresser l'écoulement avant l'entrée de la tuyère.

Pour un moteur typique (CFM 56 p.ex.), le fan atteint au décollage un rendement de 0,89 avec un taux de 1,6 et un nombre de Mach en bout de pale de 1,5.

b) Le module :

L'étude porte sur la partie située à l'avant du moteur.

Elle comprend

- une partie tournante: le rotor
- une partie fixe: le stator

La pièce principale de l'étude est une pièce composante du stator: le carter de soufflante.

- **Le rotor de soufflante :**

C'est une roue mobile (un disque plus ses aubes) avec 24 aubes fan, fixées à un arbre tournant.

Cette soufflante accélère une masse d'air importante et fournit la plus grande partie de la poussée.

Elle se trouve à l'intérieur d'un carénage : le stator.

- **Le stator :**

Il est constitué du carter de soufflante (ou carter fan), celui-ci est assemblé à l'avant à la manche d'admission par une bride que l'on appelle "bride A1" et assemblé à l'arrière au carter intermédiaire par une bride que l'on appelle "bride A'1".

Parmi toutes les pièces accrochées sur le carter fan, on considèrera la masse: a plus lourde d'entre- elles: la boîte d'engrenage dite aussi AGB a pour rôle de prélèvera de la puissance au moteur sous forme de rotation d'un arbre et de la distribuer à différents équipements (alternateurs, pompes à huiles...)

- **Manche d'admission :**

C'est le canal d'entrée à l'air capté. Ce fluide s'écoule dans tout le turboréacteur, depuis l'entrée d'air jusqu'à la tuyère d'éjection en passant par le compresseur, la chambre de combustion et la turbine.

- **le carter intermédiaire:**

C'est la principale structure du moteur qui supporte les rotors et stator à travers laquelle cheminent les principaux efforts: reprise de poussée, suspensions, efforts de balourds, efforts inertiels...

- le carter fan

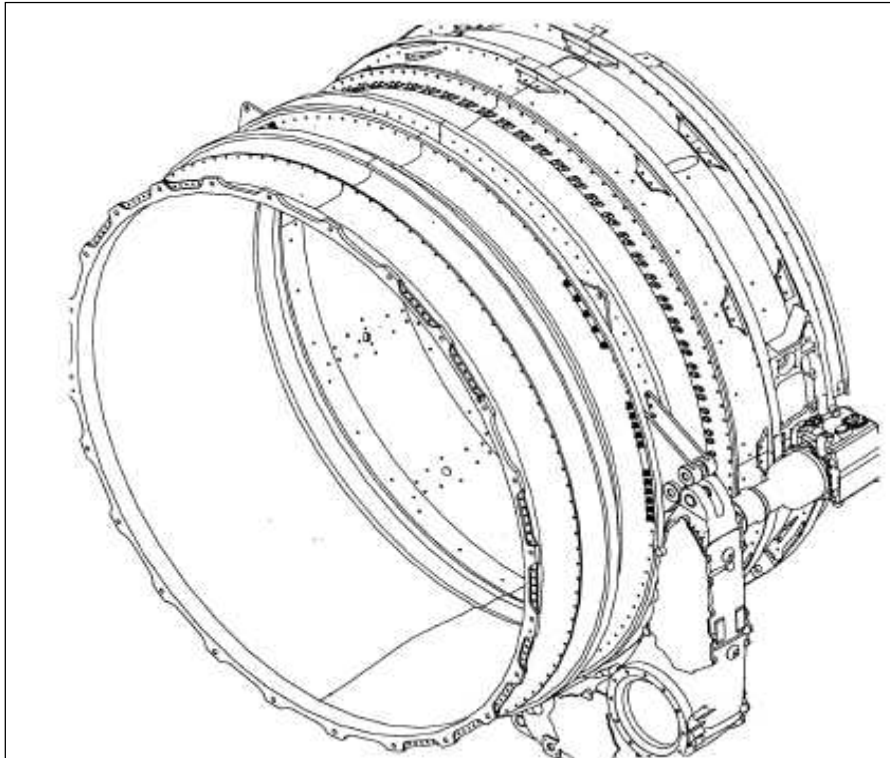


Fig. II.4. Le carter fan

On examine le carter au droit des aubes du rotor de soufflante entre lesquels il existe un jeu fonctionnel. Le jeu en bout d'aubes fan doit être le plus faible possible pour accroître la performance du moteur, c'est-à-dire éviter le retour du flux d'air provoqué par une pression plus faible à l'amont de l'aube qu'à l'aval .

Devant le faible jeu, le carter comporte au droit des aubes un matériau abrasable permettant d'éviter le contact métal sur métal.

Ce jeu varie en fonctionnement selon les phases de vol (ralenti, décollage, croisières) compte tenu des évolutions des paramètres qui le pilote (vitesse de rotation, pressions, températures ...).

c) Résistance aux dégâts dus à des corps étrangers (foreign object damages, FOD) :

Le fan doit être particulièrement robuste pour résister aux oiseaux, pierres et grêlons sans risque de rupture. L'homologation du fan comprend le détachement délibéré d'un des pales.

Le carter qui entoure le fan doit être suffisamment solide pour ne pas être transpercé en tous cas, pour que des débris ne puissent abîmer des organes vitaux de l'avion.

Cette exigence entraîne un devis de poids important.

II.3.5. Le compresseur :

a) But :

Le mélange air kérosène ne pouvant s'enflammer que dans certaines conditions de pressions et température, les constructeurs de moteurs font appel à des compresseurs ayant pour rôle d'amener le fluide dans la condition minimale d'inflammation.

b) Description :

Le compresseur est constitué d'une partie mobile appelée ROTOR et d'une partie fixe le STATOR. Le rôle du ROTOR est de fournir de l'énergie cinétique au fluide, le STATOR transformant cette énergie en énergie de pression.

Le compresseur axial est constitué de :

- Un ROTOR formé par un empilage de disque à la périphérie desquels sont fixées des ailettes, deux disques consécutifs sont séparés par une virole.
- Un STATOR formant le carter du compresseur et à l'intérieur duquel sont implantés des anneaux recevant des ailettes.
- Chaque disque du ROTOR équipé de ses aubes forme une grille d'aubes ROTOR.
- Chaque anneau du STATOR avec ses ailettes constitue une grille d'aubes STATOR.

c) Définition d'un étage de compresseur :

Un étage de compresseur axial est constitué d'une grille d'aubes ROTOR suivie d'une grille d'aubes STATOR.

Il faut noter que le compresseur commence toujours par un ROTOR plus précisément par une grille d'aube ROTOR.

Nous remarquons sur la coupe longitudinale que la section entre ROTOR et STATOR est plus grande à l'entrée de compresseur qu'à la sortie.

d) Généralité sur le Compresseur axial double corps de moteur CFM56-7B :

L'ensemble est composé de deux compresseurs mono corps montés en série, chacun étant entraîné par son ou ses étages de turbine. Le ROTOR constitué des derniers étages de l'ensemble est appelé compresseur HP, celui situé en amont est appelé compresseur BP.

Cette disposition permet d'obtenir deux vitesses de rotation différentes surtout dans les bas régimes.

Bien que de conception et d'usinage plus délicate. Le compresseur double corps présente les avantages suivants :

- Démarrage du réacteur plus facile car on entraîne en rotation simplement le mobile HP, le mobile HP étant entraîné par l'écoulement du fluide au niveau des turbines.
- Accélération et décélération plus rapides car moins d'inertie.
- Poussée de ralenti plus faible.
- Meilleur rendement de compression aux faibles régimes.

e) Compresseur haute pression :

Le compresseur est du type dit « axial », car l'air y est propulsé parallèlement à l'axe de la machine.

Il comprend un grand nombre d'étages successifs, chaque étage étant constitué d'aubes tournant à grande vitesse et constituant le rotor, suivies d'aubes fixes formant le stator.

Les aubes du rotor sont implantées dans un tambour ; les aubes du stator dans un carter démontable.

Le premier étage est précédé d'aubes d'entrée (inlet guide Vanes) dont le but est d'orienter correctement l'écoulement vers le premier rotor.

f) Compresseur basse pression :

Il comprend quatre étages. Son taux de compression du décollage peut atteindre 2.9 sur certains moteurs.

Il n'est jamais équipé de stators orientables, la protection anti -pompage étant assurée par des vannes de décharge.

g) Avantage du compresseur double corps :

Le compresseur double corps présente de nombreux avantages liés à sa conception.

En effet, pour un même apport de carburant le mobile HP tournera à une vitesse de rotation plus élevée que le même compresseur simple corps, car il présente moins d'inertie. De ce fait, le bourrage sur les derniers étages est beaucoup plus faible, le compresseur double corps sera donc moins sensible au pompage aux bas régimes.

Le mobile BP tourne avec une vitesse beaucoup plus faible que le corps HP et cela d'autant que l'apport de carburant est faible, ce qui permet d'avoir des régimes de ralenti plus fiables et donc des consommations de carburant plus faibles.

De plus l'ensemble mobile double corps présentant moins d'inertie permettra des accélérations et décélérations plus rapides.

Nous retiendrons donc comme avantages de double corps comparé au simple corps :

- Moins sensible au pompage aux bas régimes.
- Rendement de compression aux faibles régimes amélioré.
- Poussée de ralenti plus faible.
- Facilités de démarrage (seul le HP est entraîné).
- Accélération et décélération plus rapides.

Le seul inconvénient réside évidemment en sa complexité technologique (arbres concentrique...) se traduisant par un coût plus élevé.

h) les aubes :

En général, les ailettes sont de la même nature que les disques sur lesquels elles sont fixées. Les disques sont soit en acier spécial (Z12 C13 ou A286) ou en titane. On rencontre aussi des montages disque acier spécial et aubages en alliage aluminium (AU 2 GN).

i) Fixation des aubes :

Les aubes sont fixées sur la roue mobile par différents moyens, une aube est représentée par une racine « nub » et un sommet « tip » la fixation se réalise sur la roue pour éliminer le mouvement avant arrière haut, bas et rotation, dans le rotor les aubes sont fixées une côte de l'autre. Les pieds de fixation sont en queue d'aronde en T et à baguette.

L'empilement de disques forme une gante ou on reçoit. Les aubes qui sont soumis à une force centrifuge. Les méthodes usuelles qui sécurise *la fixation des aubes rotor aux disques peut être circonférentielle ou axial aussi.

J) Pompage :

Décrochage aérodynamique sur aubages ROTOR pouvant se traduire par l'inversion de l'écoulement.

Le pompage est un phénomène très dangereux pour les réacteurs, ainsi que l'un des problèmes qui s'opposent fréquemment aux pilotes. Dont il sera nécessaire de donner une description générale illustré par quelques définitions et remède concernant ce problème.

k) Principe de fonctionnement de VSV :

La variation de l'angle d'incidence de l'écoulement de l'air par rapport au profil des ailettes des rotors. Des compresseurs axiaux, dépendent des conditions d'écoulement à l'entrée de l'étage et de la vitesse de rotation des moteurs compresseur.

Quand l'angle d'incidence de l'écoulement est très petit, on aura une diminution du rendement du compresseur et de l'efficacité. Quand l'angle d'incidence augmente de l'épaisseur de la C.L, l'écoulement peut devenir tourbillonnaire et entraîner un décrochage aérodynamique de l'étage.

On peut faire une correction de l'angle d'incidence de l'écoulement dans le rotor par une variation commandée de l'angle de calage des aubes de station compresseur et des aubes de préparation.

Les VSV, maintiennent une valeur stable de l'angle d'incidence sur les ailettes du rotor par le CF6-80 :

- a tous les régimes du compresseur HP.
- quelques soient les conditions ambiantes.

La détermination de la position des aubes se fait grâce au régulateur anti-pompage en fonction :

- du régime N2.
- de la température de l'air à l'entrée du compresseur HP.

En grand régime du réacteur avec des conditions normales, le compresseur fonctionne à un régime d'adaptation qui lui assure un rendement optimum.

Les VSV sont en position « ouverte » à un régime bas, se compresseur ne concorde plus avec son régime d'adaptation.

Pour des vitesses des VSV sont « fermée » quand le calage est maximum et pour un régime N2 inférieur au ralenti. On élimine les risques de décrochage aérodynamique grâce aux ailettes du compresseur HP qui travaillent sous un angle d'incidence optimum. A faible régime, on aura une chute rapide que le débit des étages avant, afin d'éviter les perturbations dans l'étage arrière, on met les VSV en position « fermée » pour limiter le débit d'air.

A bas régime le VSV fermé et le VBV ouvert.

A haut régime le VSV ouvert et le VBV fermé.

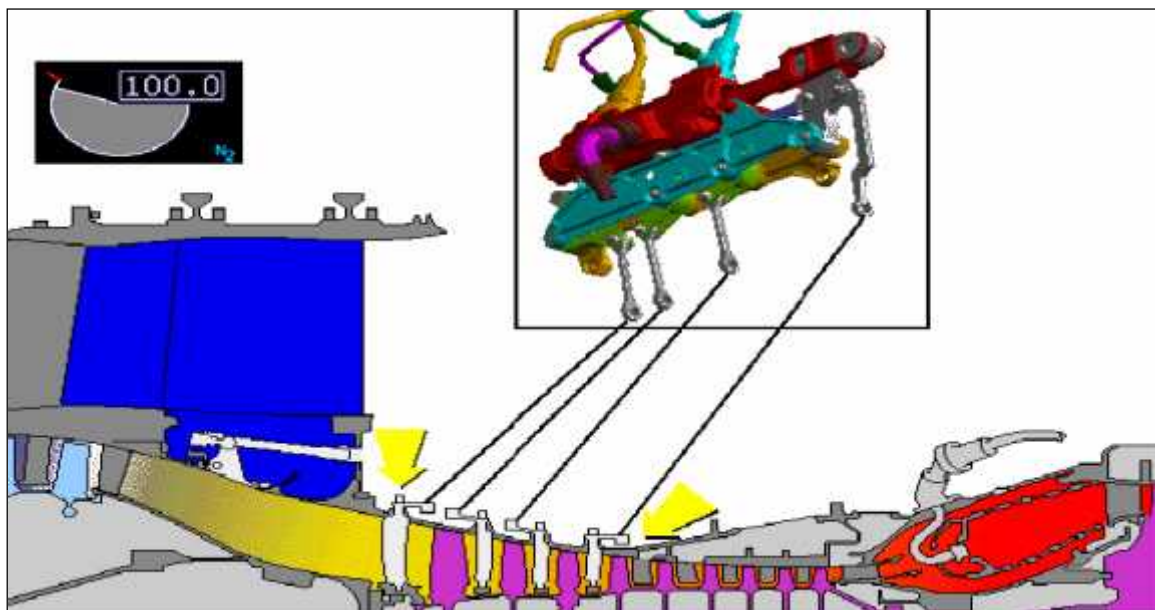


FIG. II.5.1. La position de la vanne de décharge

I) Principe de fonctionnement des VBV :

Lorsque le débit d'air du compresseur est faible et le rapport manométrique de compression est élevé, les risques de pompages sont plus importants, et cela avec une variation en fonction des conditions ambiantes (T,P), et du régime de compresseur.

Nota : sur le CF6 80, il dépend aussi du compresseur HP et les conditions de son fonctionnement.

Une diminution du rapport manométrique du compresseur BP et une augmentation de son débit d'air sont provoquées par l'ouverture progressive des VBV, les risques de pompage du compresseur BP sont ainsi réduits. A bas régime réacteur et lors d'une réduction rapide de régime le régulateur des dispositifs anti-pompage commande l'ouverture

progressive de VBV. A régime élevé et stabilisé, en condition standard, le réacteur fonctionne à son régime d'adaptation, les VBV sont fermées.

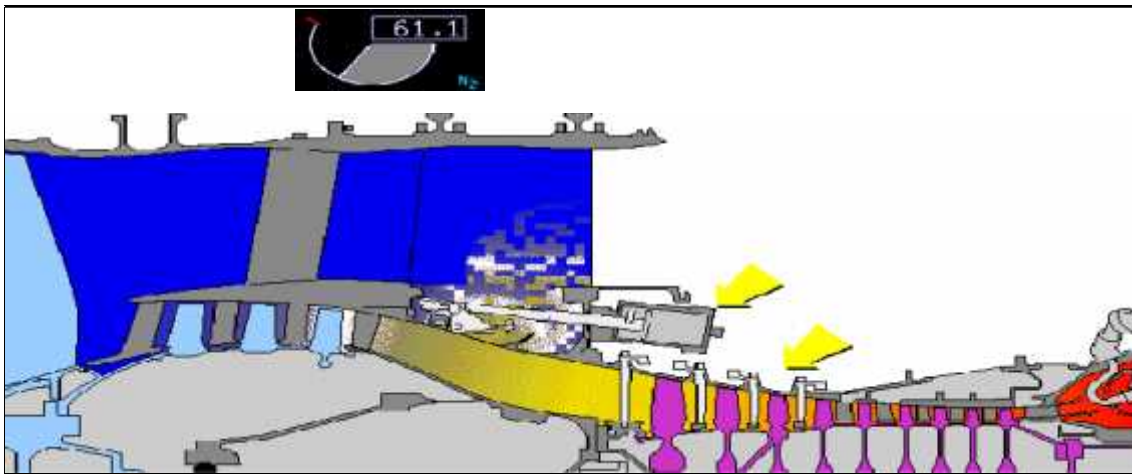


Fig. II.5.2. La position de la vanne de décharge

Après la production d'un pompage prolongé, et si on aura une ou des cassures au niveau des aubes, on choisie parmi les méthodes suivante la plus simple :

1. Répartition en deux séries décroissantes.
2. Répartition en une série décroissante forte/faible.
3. Répartition en 4 séries décroissantes en sens opposées.
4. Répartition en 3 séries décroissantes forte/faible.

II.3.6. la chambre de combustion :

a) Le Rôle :

La chambre de combustion est un élément qui fournit de l'énergie calorifique à l'air provenant du compresseur à travers une combustion d'un combustible qui est assurée par un mélange kérosène –oxygène et à travers un allumeur qui crée la réaction dans le but de permettre la transformation de l'énergie chimique en énergie calorifique.

Les constructeurs cherchent la meilleure forme de la chambre de combustion pour :

- Avoir un encombrement minimal.
- Assurer la combustion la plus complète possible.

- Réduire les pertes de charge.
- Éviter les déformations a des influences thermiques.

b) Description :

Une chambre de combustion annulaire est composée de deux tubes concentriques recevant dans l'espace annulaire formé par les deux enveloppes internes et externe du tube a flamme ou se présente les injecteurs disposés tous autour de la section d'entrée du tube a flamme.

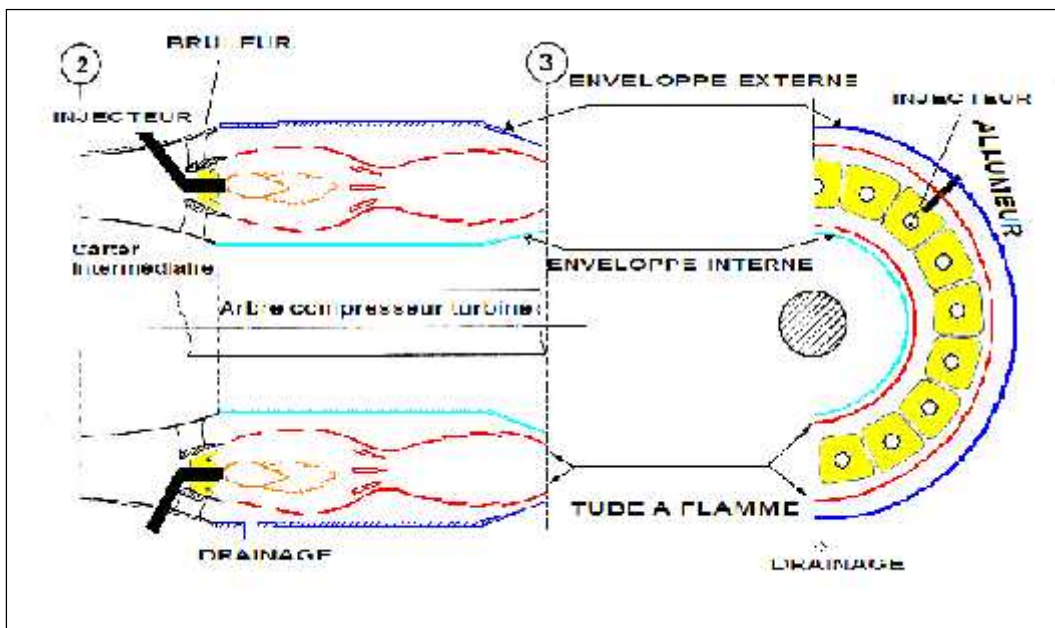


Fig. II.6. Coupe transversale et longitudinale de chambre annulaire.

Tube à flamme est enveloppé par le carter interne et externe. Pour assurer l'allumage, deux allumeurs sont disposés à 11 h et 1 heure entre deux injecteurs consécutifs pour assurer l'allumage et former un anneau de flamme dans la chambre de combustion



Fig. II.7. Photo transversale d'une chambre annulaire

Fig. II.8. Photo d'une coupe longitudinale des chambres Annulaire (ATAR)

La chambre de combustion annulaire est très difficile à réaliser car elle demande trop de moyens techniques d'autre part elle exige un personnel qualifié pendant les opérations de remise en état et d'entretien. Cependant son rendement est meilleur que celui de la chambre tubulaire puisqu'elle occupe le plus d'espace alloué à la combustion par la machine.

Elles se composent de façon générale de :

Un carter de raccordement à la veine d'air du compresseur (ce carter est souvent appelé carter intermédiaire) dans lequel se trouvent les éléments apportant le kérosène appelés injecteur :

- un ou plusieurs tube à flamme dans le ou lesquels séjourne la flamme
- une enveloppe externe et une autre interne dans lequel passe l'arbre compresseur turbine
- un carter de raccordement au premier étage de turbine.

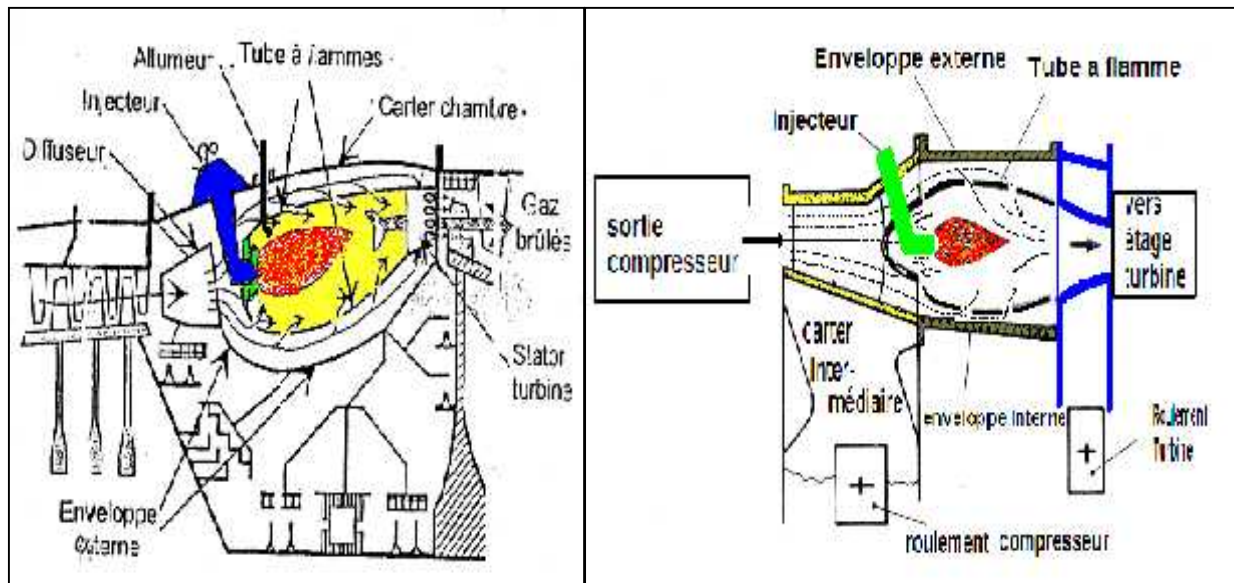


Fig. II.9. Les différents éléments qui constituent la chambre de combustion

c) Le Fonctionnement :

Phase 1 :

L'air sous pression venant du compresseur entre dans la chambre elle se partage en un air primaire flux qui constitue l'air de combustion dosé de manière à ce que le rapport **combustible/air** est situé aux environs de **1/15** richesse idéale pour une combustion.

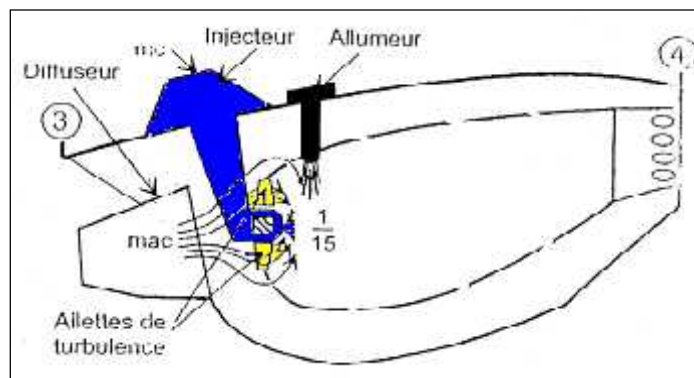


Fig. II.10. L'entrée de l'air primaire

Le carburant est injecté dans le tube par pulvérisation en fines gouttelettes ainsi pour un bon brassage air \ carburant l'air primaire est entraîné dans un mouvement tourbillonnaire a travers des aubes de turbulences autour de l'injecteur ceci améliore la combustion et diminue la quantité des imbrûlées.

Phase 2 :

Le deuxième flux est trois à quatre fois supérieur au flux primaire qui circule entre l'enveloppe interne et le carter de la chambre cet air est mélangé au primaire dans la zone secondaire et la zone de dilution correspondant a la quantité d'air secondaire et tertiaire.

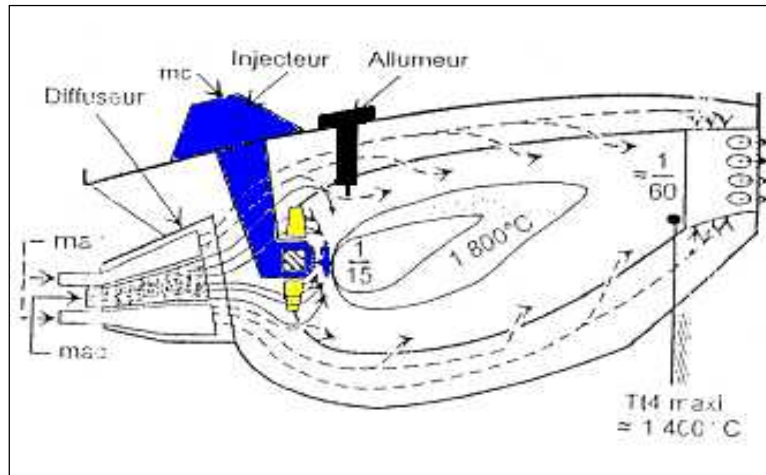


Fig. II.11. L'entrée de l'air secondaire

Les gaz en fin de combustion atteignent une température de **2200 °K** qui est trop élevée pour les aubes turbines il est donc nécessaire de refroidir les gaz ce qui est réalisé par les orifices d'air secondaire et tertiaire qui limitent la température a une valeur comprise entre **1100 et 1400°C**.

La disposition de ces orifices est très délicate et seul l'expérience peut mener à des bons résultats. Ces derniers créent un film d'air assurant la protection thermique des tôles constituant le tube à flamme. Cependant les orifices de grandes sections assurent la création de zones de circulations qui permet de stabiliser la flamme à proximité de l'injecteur favorisant son auto inflammation et évitant l'extinction par décrochage de la flamme.

d) MATERIAUX UTILISE :

Dans toutes les chambres de combustion les matériaux utilisés sont des 'réfractaires'. Ces matériaux doivent résister aux fortes températures ainsi qu'aux chocs thermiques et conserver des caractéristiques mécaniques aussi bien aux températures ambiantes qu'aux hautes températures (régime de décollage).

En générale les tubes à flamme sont en aciers spéciaux réfractaires composés essentiellement de nickel chrome, ceux-ci devant aussi résister aux fortes

corrosions dues aux hautes températures. Les aciers employés sont généralement des aciers spéciaux de la classe Ni-manganèse, ou alliage renié (78 ou 80). Nous donnons ci-dessous les matériaux constituant la chambre de combustion d'un moteur militaire.

- **Tube à flamme:**

Il en générale fait avec un alliage de **chrome nickel (NC 22 Fe D)** qui résiste a de très hautes température car le tube a flamme est le siège de la combustion

- **Brûleurs :**

Le brûleur, l'ensemble de l'injecteur plus le tourbillonnaire, ils sont en **acier spécial**, au chrome, nickel titane (Z 10 CNT 18)

- **Porte Brûleurs :**

Il est en alliage d'aluminium (AU 5N)

- **Enveloppe externe :**

L'enveloppe externe est le carter qui couvre le tube a flamme de l'extérieur, lui aussi subit a de température élevé, il est en **acier spécial, nickel, chrome et titane** (Z3 NCT 25)

- **Enveloppe interne :**

C'est celui qui couvre le tube a flamme de l'intérieur et dans le quelle passe l'axe du compresseur, turbine il est en titane (T50)

- **Carter intermédiaire :**

Il fait le raccordement entre le compresseur et la chambre de combustion, il résiste a des températures moyenne il est en alliage, titane (ZTI).

II.3.7. La turbine :

a) Rôle :

La turbine est un élément qui assure l'entraînement du compresseur et ces accessoires (GTR) ou réducteur. En général un étage de turbine est constitué d'un stator turbine de type axial.

Point de vue énergétique, la turbine prélève alors de l'énergie des gaz chaud venant de la chambre de combustion pour les transformer en énergie mécanique servant à tourner la roue turbine.

b) fonctionnement

L'air provenant de la chambre de combustion s'écoule dans les aubes fixes stators ce qui fait transformer en vitesse l'énergie de pression du fait que le passage formé par deux aubes stators consécutives sont convergent. d'autre part les filets d'air seront dévié d'un certain angle pour attaquer la roue turbine ou il vont prendre naissances les forces aérodynamiques provoqua la rotation de l'attelage.

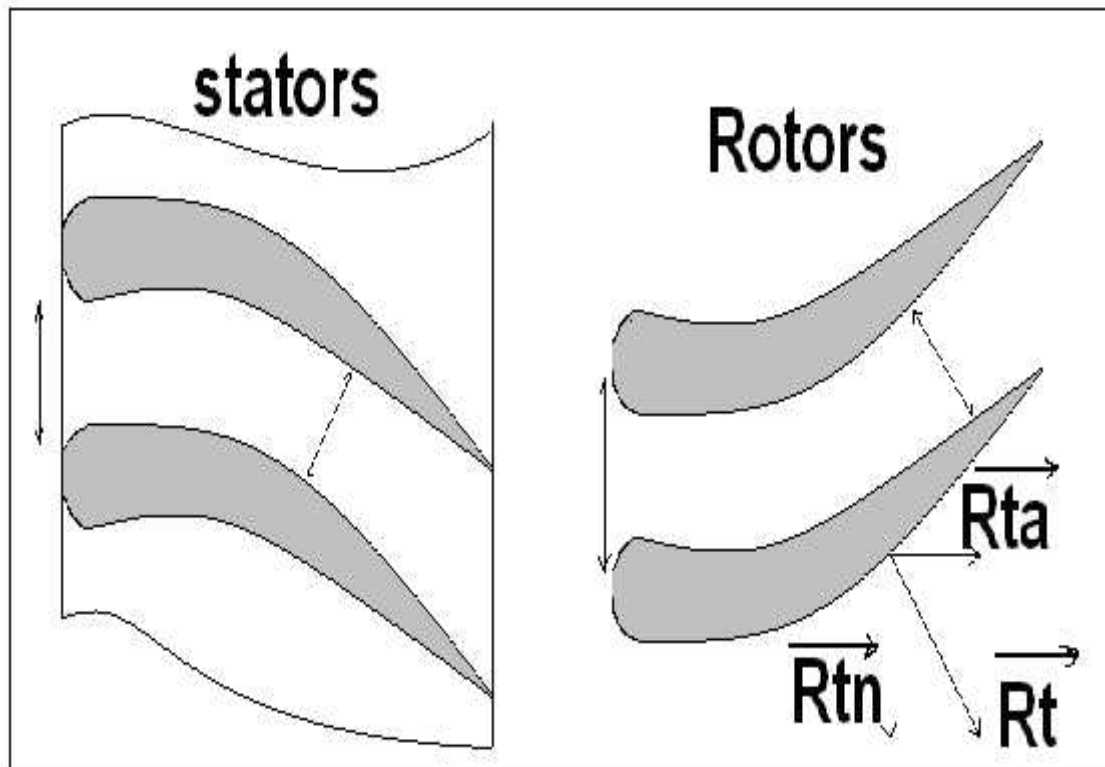


Fig. II.12. Les forces appliquées sur les aubes

c) Turbine haute pression

Généralités

La turbine haute pression est du type axial.

A divers points de vue, la turbine n'est autre qu'un compresseur inversé.

En effet :

- un étage de turbine se compose d'un stator équipé d'aubes fixes (distributeur, nozzle guide vanes) suivi d'un rotor entre les aubes, la section de passage est convergente.
- il y a transformation d'une partie de l'énergie cinétique de l'écoulement en énergie mécanique.
- il y a chute de pression et de température.

Le trajet de l'air s'analyse comme dans le cas du compresseur fig. II.18
De même, la force aérodynamique sur les aubes se décompose en un effort tangentiel créant la couple moteur et un effort axial partiellement équilibré par celui, opposé, du compresseur.

Pour des vues détaillées d'une turbine on se reportera aux figures II.23 et II.27.

Influence du débit sur la pression :

Le couple fourni par la turbine est peu sensible aux modifications d'angle d'incidence de l'écoulement.

La tendance au pompage, caractéristique importante du compresseur, n'existe pas dans la turbine car l'écoulement dans des sections convergentes n'a aucune tendance au découlement.

Il est donc possible d'obtenir le taux de détente prescrit avec un seul étage (parfois deux).

Comme pour le compresseur, la section de passage de la turbine est adaptée à la variation de volume d'un étage à l'autre (ici le volume augmente).

En pratique ceci est réalisé en augmentant la hauteur des aubes d'un étage à l'autre.

Au point de vue physique, en simplifiant beaucoup, on peut considérer la turbine comme une section annulaire saturée c'est-à-dire dans laquelle l'écoulement se fait à la vitesse du son.

Cela signifie que la pression à l'entrée de la turbine est proportionnelle au débit (massique) d'air qui la traverse et dépend fortement de la température. (fig.II.13).

On remarquera que pour un débit donné, une variation rapide de température, comme pendant une accélération rapide, se manifestera par une augmentation immédiate de pression d'entrée.

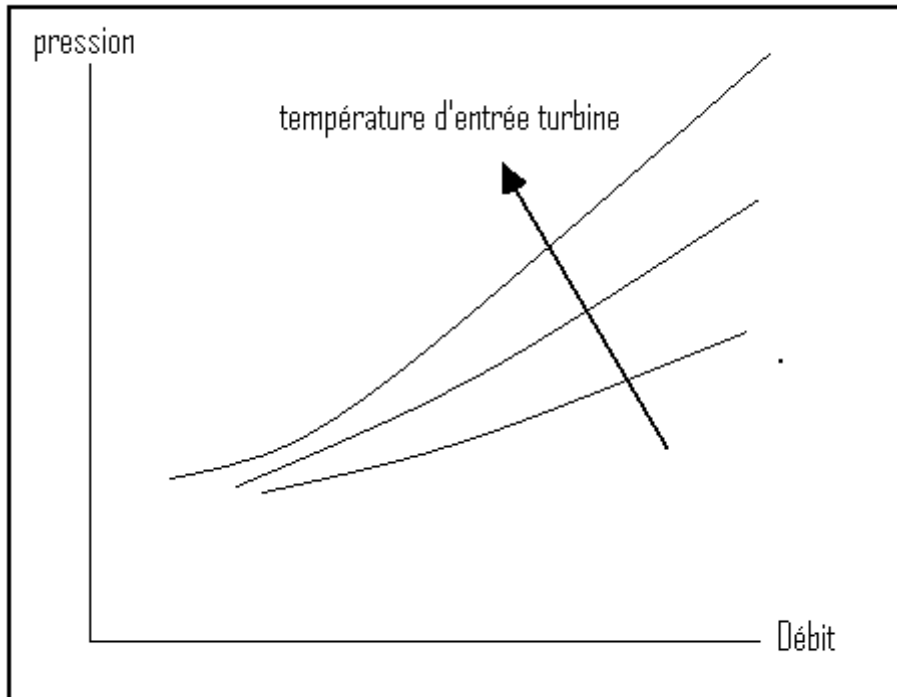


Fig.II.13. Limitations

La température d'entrée de la turbine haute pression influence le rendement du moteur.

La poussée maximum du moteur est également limitée par cette température.

De nombreuses études ont permis d'augmenter la température maximum que les aubes sont à même de supporter.

Elle est les moteurs les plus modernes de l'ordre de 1400°.

Les deux phénomènes qui limitent l'utilisation de la turbine sont : le fluage (creep) et les chocs thermiques.

- **fluage (creep)**

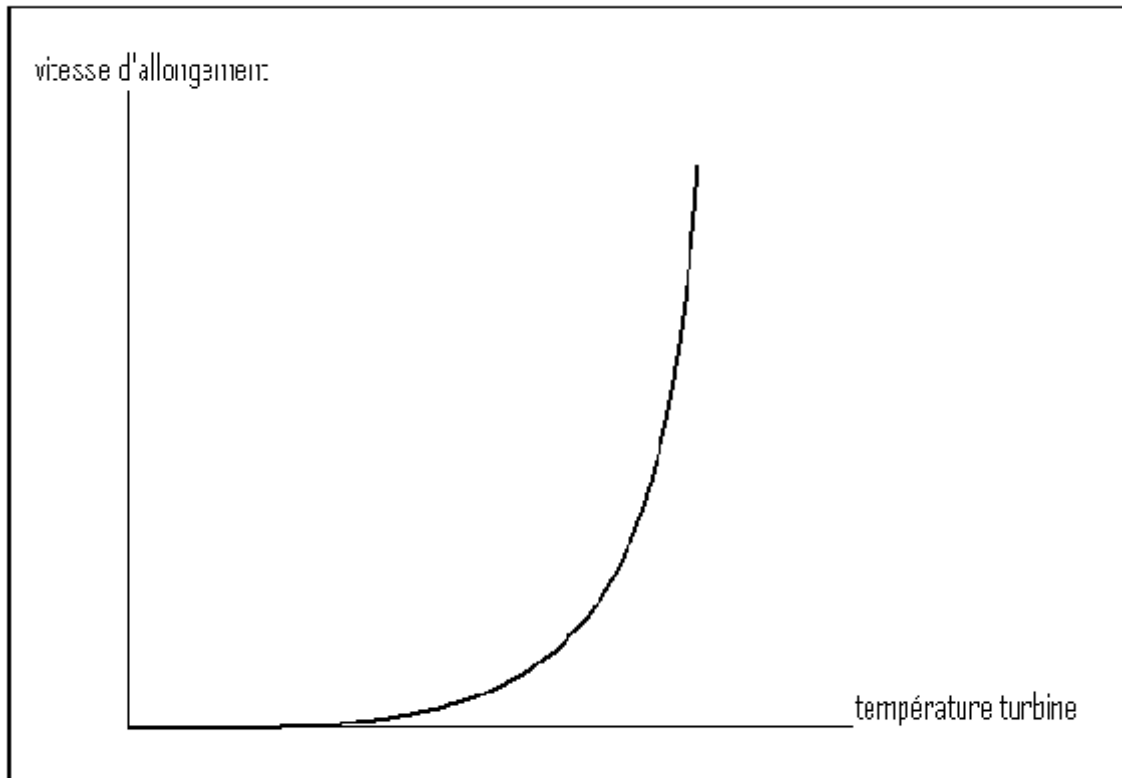
Aux régimes élevés, les aubes du rotor sont soumises simultanément à des forces centrifuges, des aérodynamiques et des températures importantes.

Ces aubes s'allongent proportionnellement au temps de fonctionnement.

Cet allongement reste admissible tant que les températures limites déterminées par le constructeur n'est pas dépassé (fig.2.20).

Ceci signifie que la vie de la turbine est surtout liée au nombre d'heures passées aux régimes les plus élevés (décollage, montée).

(Fig2.20 page30).

**Fig. II.14.**

- **chocs thermiques**

Pendant la phase de démarrage, ainsi que pendant les accélérations et décélérations, les variations de températures provoquent des dilatations inégales des diverses parties de la turbine.

Bien que régulateur de carburant tienne compte de ce phénomène, le pilote doit être conscient que toute accélération ou décélération brutale provoque des sollicitations préjudiciables, invisibles et non comptabilisées, mais qui répétées abrègent la vie du moteur.

d) aubes :

Ces dernières années, la température d'entrée de la turbine a pu être augmentée grâce à deux approches complémentaires (fig.II.15) :

- la recherche de matériaux résistant aux hautes températures.
- l'introduction d'un système de refroidissement des aubes.

On remarquera que les turbines modernes peuvent travailler à des températures de gaz supérieures au point de fusion du métal.

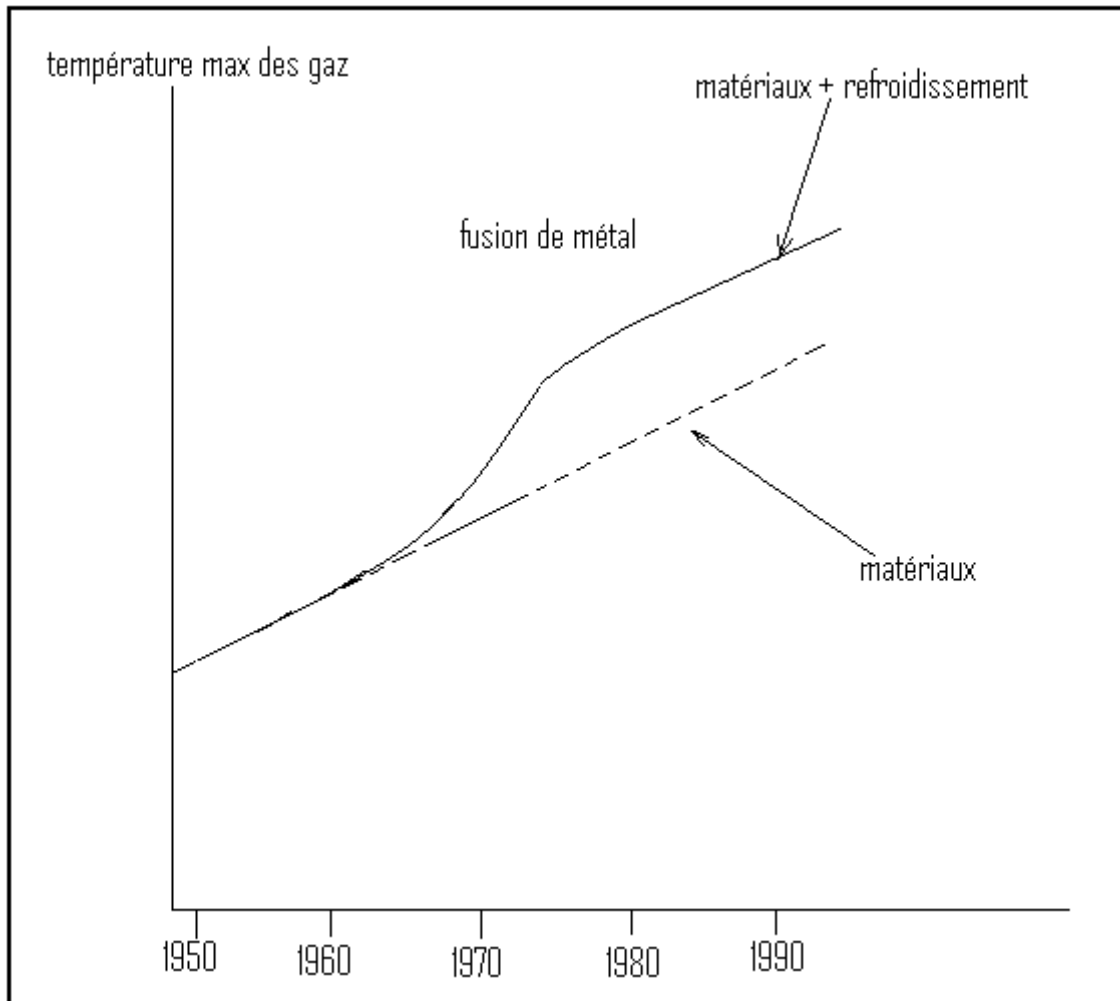


Fig.II.15. Diagramme de point de fusion de métal

Métal et procédés de fabrication

Les aubes des moteurs de la première génération étaient généralement obtenues par forgeage d'aciers spéciaux.

La tendance actuelle, du moins pour la turbine haute pression, est une coulée progressive sous vide (pour éviter l'oxydation).

Cette technique consiste en un refroidissement contrôlé de l'aube pendant la coulée permettant d'obtenir un alignement axial des cristaux.

Une autre technique, apparentée, permet d'obtenir des aubes monocristallines.

De plus, les aubes sont souvent enduites d'un vernis céramique (thermal barrier coating).

Les aubes les plus critiques sont celles du distributeur (nozzle guide vanes) qui sont fixes mais supportent les températures les plus élevées et bien entendu celles du premier étage rotorique.

e) Etude Thermodynamique :

Le fluide comme gaz parfait subit une détente adiabatique et réversible dans la turbine dans la station de 4 à 5 ce qui nous permet d'écrire le rapport de pression de détente turbine et la puissance.

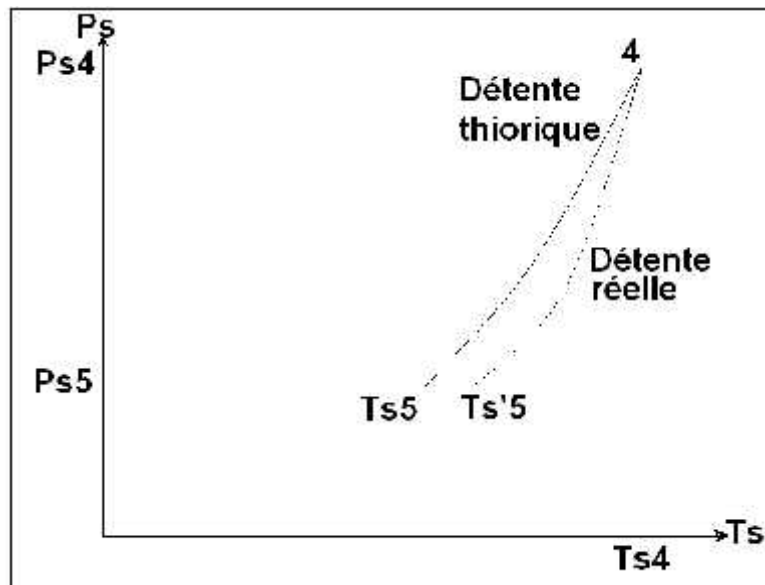


Fig.II.16. Diagramme thermodynamique

$$\pi_t = \frac{P_{15}}{P_{14}} = \left(\frac{T_{15}}{T_{14}} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

$$\dot{W}_t = (\dot{m}_0 + \dot{m}_{fuel}) \cdot C_p \cdot (T_{14} - T_{15})$$

Comme pour le compresseur, la détente réelle n'est pas rigoureusement réversible ce qui nous donne une puissance réelle qui s'écrit :

$$W_{t \text{ réelle}} = (m_0 + m_{fuel}) \cdot C_p \cdot (T_{14} - T'_{15})$$

Le rendement de la turbine bien entendu est le rapport de la puissance réelle cédée par le fluide à la puissance théorique soit par :

$$\eta_t = \frac{T_{14} - T'_{15}}{T_{14} - T_{15}}$$

Le rendement de la turbine caractérise l'irréversibilité de la transformation elle est de l'ordre de $\eta = 0.88$ à N_{max} .

f). Fonctionnement Aérodynamique D'un Etage de turbine :

En caractérisant respectivement la station entrée et sorte des éléments d'un étage turbine avec les indices 1 et 2 . Le diagramme de vitesse est représenté sur la figure ci-dessous ;

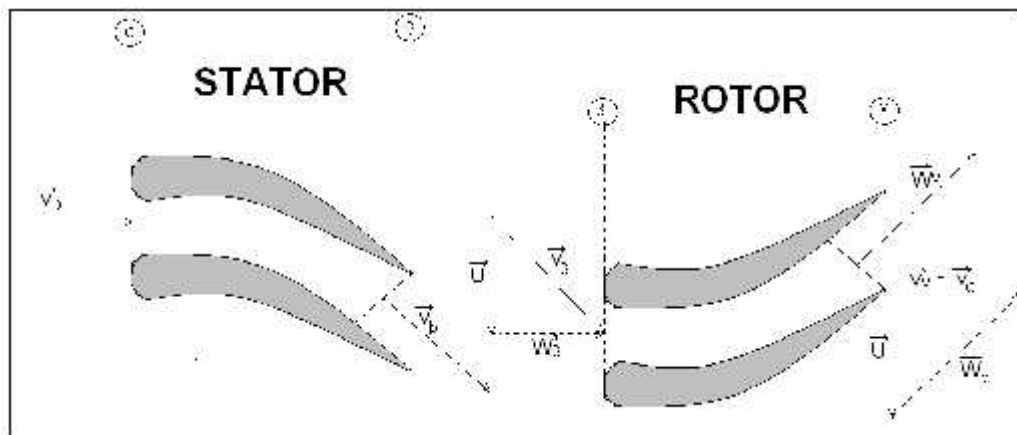


Fig. II.17. Le diagramme de vitesse

On peut donc que la détente des gaz est partagée ente le stator et le rotor et qu'elle est obtenue par augmentation de la vitesse absolue dans le stator, et par accroissement de la vitesse relative dans la partie rotor.

Le taux de détente d'un étage de turbine est par définition le rapport de l'entrée à la pression de sortie ;

$$\tau = \frac{P_{t1}}{P_{t2}} \approx 2.5$$

Pour un étage de turbine HP a N_{2max} . Si la turbine est constituée de n étage présentant un taux de turbine moyen τ et un taux de détente globale on peut déduire alors pour un étage ;

$$\tau_{def} = \tau^{\frac{1}{n}}$$

A titre d'exemple la turbine HP du V2500 est dotée de deux étages de turbine de turbine. En performances maximales standard les pressions totales entrée et sortie mont respectivement de 416.95 et 82.9 PSIA soit un de détente globale

$\sigma_8=5.028$ ce qu'est équivalent a un taux de détente moyen de l'étage $\sigma_{dét}=2.24$. Pour les étages BP, le taux de détente moyen est voisin de $1.35 \sigma_{N1 \max}$.

g) Degré de Réaction :

Le degré de réaction représente l'énergie dans le rotor sur l'énergie de pression perdu dans l'étage. Pour une turbine à action le degré de réaction est égale a zéro ce qui se traduit par une disposition de grille d'aube dans le distributeur fortement convergent.

Le travail de détente spécifique est proportionnel à la vitesse de rotation et aux carrée de la vitesse tangentielle. qui est exprime par : $P=C.W=2.m.U^2$

Toute fois pour des degrés de réaction différente de zéro la chute de pression est répartie entre le distributeur et le rotor et dans le stator et la puissance est exprimé par $P=C.W=m.U^2$

Dans une turbine à action la détente est effectuée dans la grille d'aube stator, ainsi les gaz pénétrant dans le rotor sont à la température minimum possible, ce qui est un avantage indiscutable aux problèmes de résistance de matériaux posés par la turbine. De plus a vitesse circonférentielle étage à la puissance développée par une turbine à action est supérieur à celle développée par une turbine à réaction.

Mais la vitesse V à la sortie stator est très élevée (phénomène sonique) et de ce fait de nombreuses irréversibilités diminuent le rendement de la turbine.

h) Etude Technologique De la Turbine :

Les éléments de la turbine sont sollicités à des efforts aérodynamiques, thermiques et à la corrosion. Les matériaux utilisés sont matériaux à base de nickel, chrome et titane.

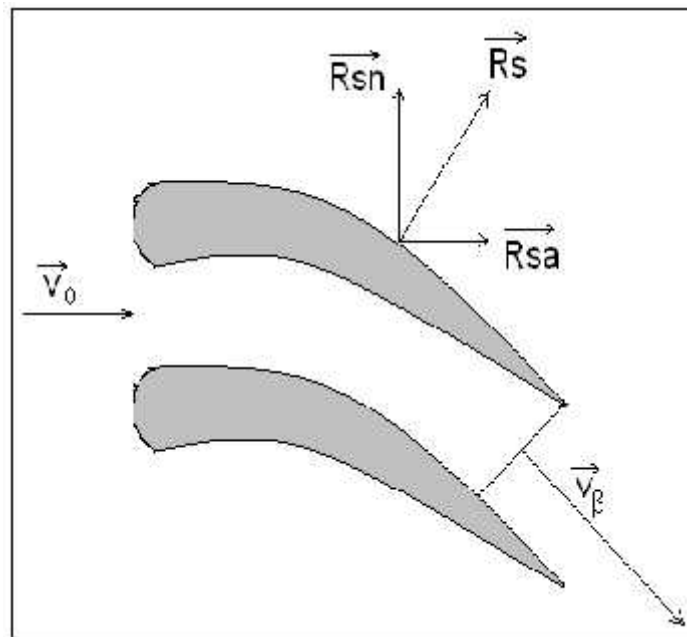


Fig. II.18. Les forces aérodynamiques, thermiques

La réduction de la consommation spécifique du moteur nécessite d'utiliser des entrées turbines élevées que possible. Ce qui permet de réduire ainsi la masse de carburant à emporter ou d'augmenter le rayon d'action.

L'augmentation de la température entrée turbine est limitée par la tenue mécanique des aubes distributeurs et de la roue mobile. En effet quand la température augmente les matériaux sont moins résistants de plus il apparaît un phénomène qui limite la durée de vie de pièces « le fluage thermique ».

A ces effets s'ajoute la corrosion aux hautes températures. Afin de résister à de telles contraintes, les ailettes stators et rotors HP est en acier fortement allié qualifié de réfractaire à cause de leur bonne tenue mécanique, Le cobalt assure la tenue thermique du matériau. Le nickel améliore la résistance au fluage tant que le chrome garde une résistance à la corrosion à haute température.

Le disque et l'arbre sont en générale en acier inoxydable de type Inconel et afin de réduire les charges centrifuges le disque a une forme élargie à la base et diminue vers la périphérie. Elle permet de concentrer les masses vers les plus faibles diamètres ce qui réduit la charge essentiellement au niveau de la gante de fixation des ailettes.

Les cratères turbine HP et BP anti-éclatement sont dotés dans leur partie interne, d'abrasifs en acier inoxydable. Ces derniers sont équipés à leur

périphérie d'un dispositif de refroidissement qui permet de contrôler de jeux entre les extrémités des ailettes rotor et les aubes. Il est piloté par une fonction spéciale du régulateur de carburant permettant de jouer sur la quantité d'air de refroidissement.

Dans le GTR les aubes mobiles vont s'allonger à chaque période de fonctionnement suite à l'effet thermique et la force centrifuge. Le critère de dépose d'un élément s'obtient en choisissant un allongement inférieur à celui de la rupture. Des solutions sont donc apportées pour augmenter la durée de vie des pièces en jouant sur :

- Abaisser la température au sein du matériau.
- Améliorer les matériaux à haute température.
- Ou les deux la fois.

i) Effets des dommages :

Les dommages occasionnés sur les turbines peuvent avoir plusieurs origines mais se traduisent tous par des dégâts importants. De par sa conception le moteur assure une rétention des éventuels débris métalliques provenant d'une éventuelle rupture. C'est pourquoi les cratères sont d'une certaine épaisseur et renforcés par des redresseurs externes.

Les causes de rupture sont en général dues au dépassement de température, survitesses, pompage compresseur ou d'une défaillance du système de refroidissement.

Toutes fois les dépôts de cendres volcaniques donnent un effet nocif sur les ailettes car en effet à haute température la cendre se transforme en silices ce qui obture plus ou moins partiellement les orifices de refroidissements des aubes figurés ci-dessous.

Cette obstruction génère une hétérogénéité thermique sur la hauteur de l'aube pouvant provoquer par surchauffe, la fusion partielle ou totale des bores d'attaque comme nous pouvons le voir sur la vue suivante.

j) Matériaux turbine :

Les matériaux retenus dans la réalisation des éléments de la turbine sont classés en : (voir annexe pour plus de détails) :

- ❖ Acier à structure ferritique résiste jusqu'à 600°C.
- ❖ Acier à structure austénitique résistant à chaud jusqu'à 750°C.

❖ Alliage spéciaux a base de nickel et chrome avec comme élément d'addition titane, tungstène molybdène et cobalt. Nimonic (Angleterre) 100,105 on peut attendre 1150-1200°C (teneur ou cobalt T°).

❖ Cerments définit par des matériaux céramiques qui sont un métal difficile d'usinage et moins résistant au choc.

k) Refroidissement :

L'air de refroidissement est prélevé au compresseur, il s'agit donc d'air à température élevé mais de loin inférieur à celle du métal à refroidir.

L'air circule dans l'aube creuse et s'échappe le long des bords d'attaque et de fuite ainsi qu'à l'extrémité librement ouverte. (Fig. II18.-II.19.)

Ce prélèvement d'air représente bien entendu une perte de rendement. Un compromis existe donc entre le gain de rendement dû à l'augmentation de température turbine de 1300°C, on peut obtenir une température de métal de 880°C pour un débit d'air de refroidissement représentant 6% du débit total du compresseur (air à 530°C).

l) Fixation des ailettes Rotor-Disque :

Afin de pouvoir supporter la charge centrifuge et transmettre le couple moteur au disque la liaison est assurée par une fixation du type sapin. Celle-ci permet, par augmentation de la surface de contact, de transmettre une contrainte moins importante pour un matériau donnée.

Cette forme est obtenue par une opération de brochage avec un outil de forme arrachant la matière des passes consécutives afin d'obtenir la forme décirée. Bien entendu le disque obtenu par procédé de moulage et usinage est doté de la même empreinte que l'aube. Ces opérations sont d'un coût élevé.

Pour les aubes stator elles sont donc fixées par unité ou regroupé en paquet de trois et retenue par une virole à leur extrémité.

m) Turbine basse pression :

La turbine basse pression est constituée de (01) étage. Contrairement à la turbine haute pression, les température et vitesses relativement basses autorisent l'utilisation d'alliages classiques.

Les turbines basse pression moderne sont équipées d'un système d'ajustage automatique des jeux utilisant de l'air prélevé à la tuyère du fan ou au compresseur.



Fig. II.18. Aube rotorique

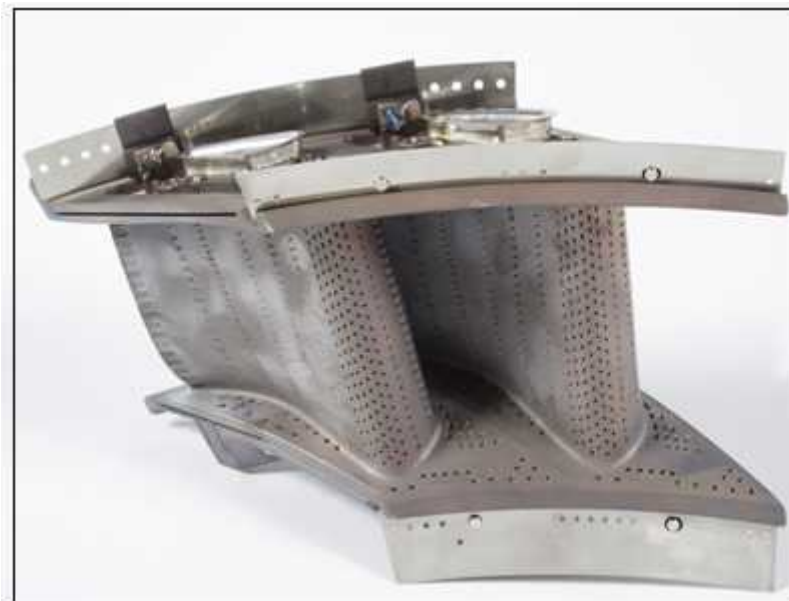


Fig. II.19. Aube statorique

II. 4. LES CIRCUITS DU TURBOREACTEUR DE CFM56-7B :

II.4.1. circuit carburant :

a) Rôle du circuit de carburant :

Le rôle du circuit de carburant est d'assurer :

- ❖ L'alimentation de vingt (20) injecteurs de la chambre de combustion.
- ❖ L'alimentation des deux (02) vérins des vannes de décharge.
- ❖ L'alimentation des deux (02) vérins des stators à calage variable.
- ❖ L'alimentation de la vanne de refroidissement du carter turbine haute pression.
- ❖ L'alimentation de la vanne de refroidissement du carter turbine basse pression.
- ❖ L'alimentation de la vanne de décharge transitoire.
- ❖ Le refroidissement de l'huile de graissage moteur.
- ❖ Le refroidissement de l'huile de graissage d'IDG.

b) composition du circuit carburant :

- Le circuit carburant est entièrement intégré dans la nacelle du réacteur, il comprend :
 - Une (01) pompe carburant à haute pression.
 - Un (01) échangeur thermique (huile/carburant) alternateur(IDG).
 - Un (01) échangeur thermique principale (huile/carburant) réacteur.
 - Un (01) filtre principal carburant.
 - Un (01) régulateur principal carburant (HMU).
 - Un (01) servo réchauffeur carburant.
 - Un (01) transmetteur de débit carburant.
 - Un (01) filtre injecteur.
 - Un (01) vanne de sélections injectrices.
 - Un (01) rampe injecteurs.
 - Vingt (20) injecteurs.

Le carburant dosé va de la HMU par un transmetteur d'écoulement de carburant et le filtre intégré aux vérins d'ouverture des clapets de charge (BSV) et sur les collecteurs set gicleurs de carburant.

La vanne d'arrêt haut pression (HPSOV) arrête l'écoulement du carburant dosé à sa fermeture ; le signal de contrôle d'opération de la HPSOV vient habituellement du levier de démarrage.

Le commutateur de poignée de feu ou l'EEC peut dépasser le contrôle du levier de démarrage pour clôturer la HPSOV.

II.4.2. CIRCUIT DE GRAISSAGE :

a) ROLE DE CIRCUIT DE GRAISSAGE :

Le circuit de graissage a pour rôle d'assurer une quantité suffisante d'huile de graissage dans le circuit de distribution afin de lubrifier, refroidir et nettoyer :

- les paliers (roulements).
- les éléments tournant (engrenages).

b) COMPOSITION DU CIRCUIT GRAISSAGE :

Le circuit de graissage est entièrement dans la nacelle du réacteur il comprend :

- Un 01 réservoir.
- Une 01 vanne anti-retour.
- Un 01 filtre principal équipé d'une by passe.
- Un 01 transmetteur de pression d'huile.
- Une 01 sonde de température d'huile.
- Un filtre de récupération d'huile équipée d'un mono -contact détecteur de colmatage et d'un by passe.
- Un 01 échangeur thermique principal (huile / carburant).
- Un servo réchauffeur carburant.

c) CONTROLE DU CIRCUIT DU GRAISSAGE :

La surveillance du circuit de graissage est réalisée à partir :

- Les indications :
 - ❖ Pression d'huile.
 - ❖ Température d'huile.
 - ❖ Quantité d'huile.
- Les alarmes :

- ❖ Un voyant baisse pression d'huile.
- ❖ Un voyant colmatage filtre de récupération d'huile.

d) FONCTIONNEMENT DU CIRCUIT DE GRAISSAGE :(fig. II-21)

Huile descend du réservoir et traverse la vanne anti-retour vers la pompe de pression.

Cette pompe est dimensionnée afin que son débit permette de l'alimentation de tous les parties à lubrifier, à travers un filtre de pression doté d'un clapet lorsque ce dernier s'ouvre, il permet l'alimentation du circuit à lubrifier, même en cas de colmatage du filtre.

Les parties à lubrifier sont essentiellement : les roulements des différents attelages et prise de mouvement (AGB+TGB).

Afin de minimiser les longueurs de tuyauteries, les roulements sont regroupés dans les enceintes. Les points bas de chaque enceintes sont dotés d'un puisard (ou réceptacle), collectant l'huile par gravité.

Afin d'améliorer la recherche de panne, chaque tuyauterie de retour est équipée d'un détecteur magnétique, installé en amont de l'aspiration des pompes de récupération. Ces pompes sont regroupées dans un même carter (afin d'en faciliter la maintenance).

Le fluide ayant rempli ses fonctions (éventuellement chargé de particules et s'étant échauffé) est acheminé vers le circuit retour, ou il traverse le filtre principal ensuite un échangeur thermique carburant /huile.

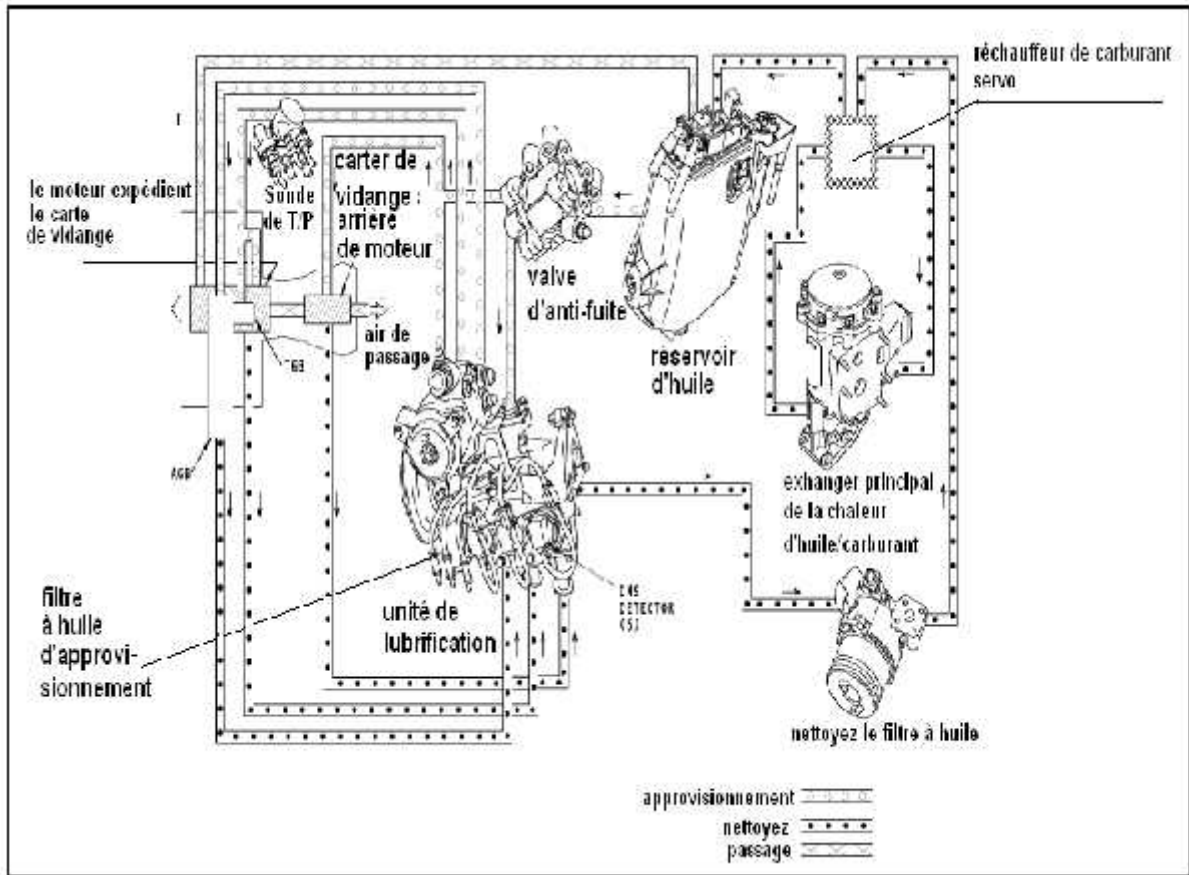


Fig. II.21. Circuit de graissage.

II.4.3. CIRCUIT D'AIR :

a) ROLE DE CIRCUIT :

Le rôle du circuit est de contrôler le fonctionnement du moteur. Le système d'air en réalité empêche de présenter un dysfonctionnement en pompage et en suppression (contrôle de jeux).

Les éléments concernés par ce système sont :

EEC-HMU-VSV-VBV-TBV-TERBINE ACTUATOR (vérin).

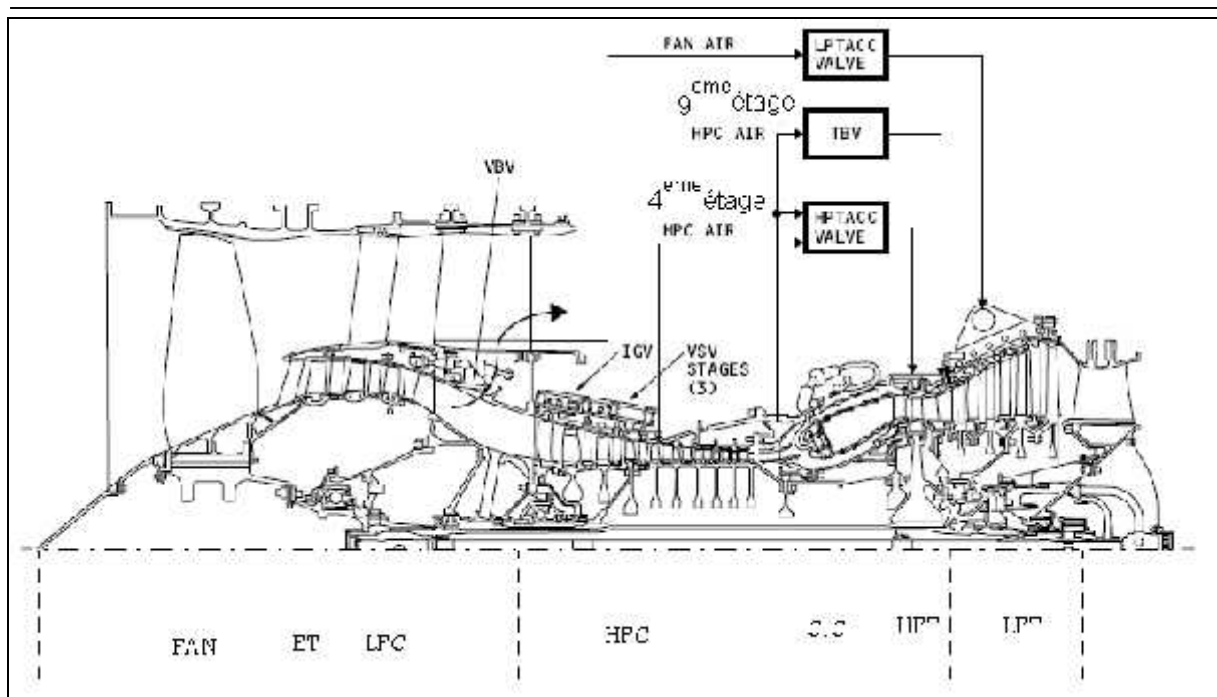


Fig. II.22. Circuit d'air

b) IDENTIFICATION DES ELEMENTS DU CIRCUIT D'AIR :

b.1. CONTROLE ACTIF DE JEUX TURBINE HAUTE PRESSION (HPTACC) :

Elle est assurée par la soupape HPTACC VALVE qui contrôle la quantité d'air prélevé du compresseur HP au niveau du 4^{ème} et 9^{ème} étage, renvoyée vers la carter de la turbine HP pour contrôler les jeux.

b.2. CONTROLE ACTIF DE JEUX TURBINE BASSE PRESSION (LPTACC) :

Ce système contrôle la quantité d'air prélevé du flux secondaire du fan, qui est dirigé vers le carter de la turbine BP pour contrôler le jeu. Ceci à travers la vanne de LPTACC, elle n'est jamais complètement fermée pour permettre le refroidissement du carter LPT.

b.3. STATOR A CALAGE VARIABLE (VSV):

C'est un dispositif qui est utilisé sur le compresseur HP pour ajuster l'écoulement autour des profils d'aube à différents régimes de fonctionnement moteur dans le but d'éviter le pompage ou avoir une marge de sécurité pour ne pas rester en pompage.

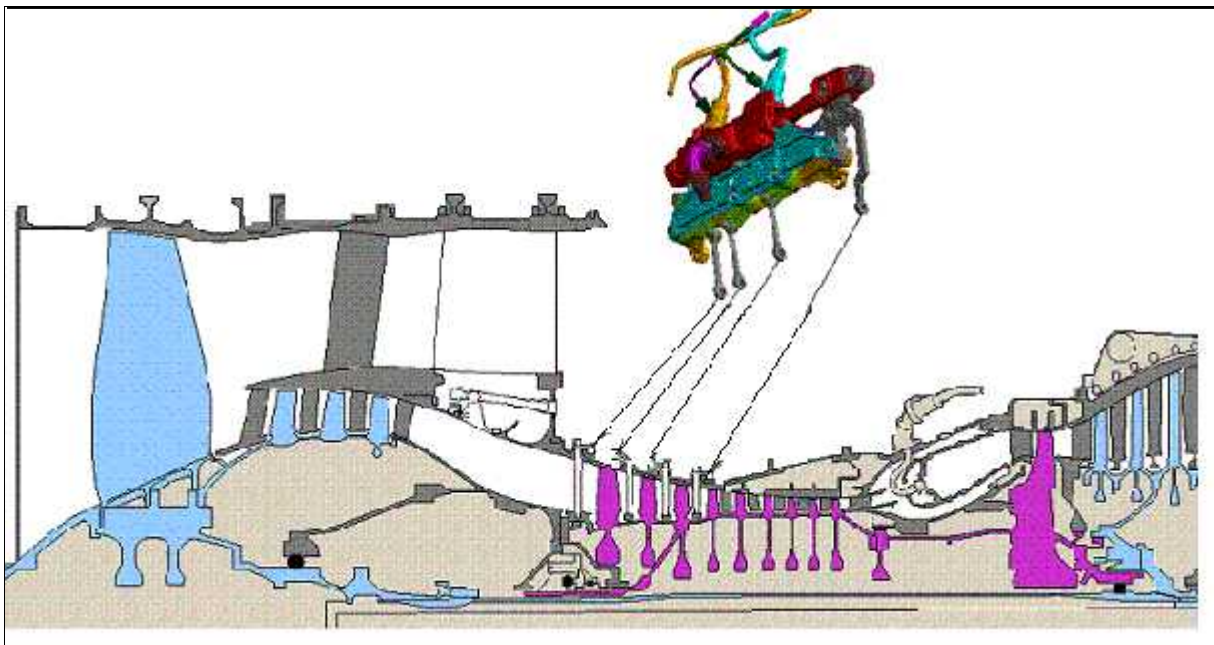


Fig. II.23. La position des stators à calage variable

Les VSV sont complètement en position FERME quand N2 restau régime ralenti (61%), les vérins du VSV actionnent les vannes en position plus ouverte quand N2 augmente. Les VSV reviennent graduellement à leurs position FERME quand le nombre de tours N2 diminue jusqu'au régime ralenti.

b.4. VANNES DE DECHARGE TRANSITOIRE (TBV) :

La TBV est un dispositif de vannes (soupapes) qui contrôle la quantité d'air qui sera soutirée (piquée) du 9^{eme} étage pour être renvoyé au distributeur (aube stator) du 1^{er} étage turbine BP.

Pendant le démarrage la TBV est ouverte pour permettre à l'air sous pression de la 9^{ème} étage de passer aux distributeurs du premier étage de la turbine BP, ceci pour éviter le décrochage de l'écoulement dans le compresseur HP.

D'autre part la TBV s'ouvre aussi pour aider à l'accélération rapide du rotor N2.

II.5. les systèmes de réacteur CFM56-7B :

II.5.1. Système de démarrage :

a) Démarrage réacteur :

Le système de démarrage réacteur utilise la pression du circuit de génération pneumatique de bord qui peut être alimentée par :

- LPU
- Un des réacteurs sur avion déjà en fonctionnement.
- Un ou deux groupes de parc pneumatique (pression compense entre 25 et 55psi).

Le réacteur est équipé d'un démarreur pneumatique à turbine qui entérine l'attelage haute pression, l'alimentation du démarrage qui commandée par une vanne électron pneumatique.

b) Allumage réacteur :

Le dispositif d'allumage air est utilisé pour provoquer l'inflammation du mélange air carburant dans la chambre de combustion ou éviter l'extinction en cours de fonctionnement, l'ensemble est constitué par deux circuits (boites) identiques 1 et 2 indépendant.

c) Contrôle de démarrage : Un sélecteur de démarrage «ENG START » permet la sélection du programme de fonctionnement du démarrage et des circuits d'allumage.

Il comprend cinq (05) positions :

- ARRET.
- AUTO.
- SOL.
- ALLUMAGE.
- RALLUMAGE.

Un sélecteur d'allumage a deux positions :

- ❖ BOTH (deux boites d'allumage).
- ❖ SINGLE (une seule boite d'allumage).

II.5.2. SYSTEME D'INVERSEUR DE POUSSEE (T/R) :

Le système d'inverseur de poussée T/R change la direction de l'air éjecter par le fan pour aider à la création d'une poussée inverse.

L'équipage utilise la poussée inverse pour ralentir l'avion après atterrissage ou durant un décalage annulé (RTO).

La direction de flux des gaz de turbine ne change pas durant l'inversion de poussée, le système T/R à un système de contrôle électro-hydraulique et un système indication.

T/R1 est un inverseur de poussée gauche.

T/R2 est un inverseur de poussée droit.

Chaque T/R a un coté droit et un coté gauche, chaque coté a des manches translantant vers l'arrivé (position déployée) pour inverser la poussée, chaque manche travaille indépendamment l'une a l'autre.

L'air éjecte par le fan sort radialement et vers l'avant quand les manches translantant sont dans la position déployée.

Quatre (04) charniers attachent chaque cote du T/R ou mat.

On doit désactiver l'inverseur de poussée avant d'ouvrir un coté du T/R six(06) sangles dans le bas des deux cotée les gardent ensemble.

Les composants suivants constituent un coté de l'inverseur de poussée :

- ❖ Manches translantant.
- ❖ Volet défecteurs type Kreuger (coté interne).
- ❖ Porte de bouchage.
- ❖ Barres d'entraînement des portes de bouchage.
- ❖ Activateur d'ouverture.
- ❖ Sangle de tension.
- ❖ Cloison coups feu.
- ❖ Portières d'accès.

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:

III.1.1. Maintenance En Bon Etat De Marche Les Installations 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 certains nombres 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 (CFM56 7B) neufs et cesser lorsque celui-ci n'est plus utilisé comme moteur de secours.

III.1.2. remettre rapidement en état 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.

III.1.3. Exécuter 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.

III.1.4. Assurer le fonctionnement des services généraux:

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

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

III.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 taches telle que:

- ❖ Garage, manutention, cour, outillage, sécurité, protection contre l'incendie.
- ❖ Ces fonctions n'ayant aucun rapport avec l'activité entretien, elles serrent soulevées pendant le démontage.

III.2. Organisation de l'entretien:

III.2.1. Emploi Préférentiel Des Diverses Formes D'entretien:

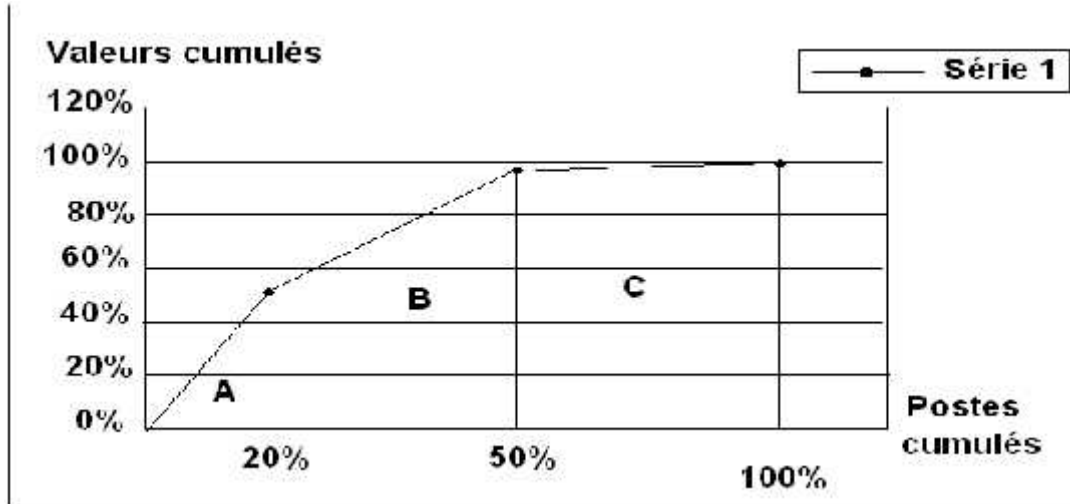


Fig. (III-1) : Répartition type des trois (03) zones

Le chef d'entretien qui dispose de plusieurs méthodes:

- Entretien correctif.
- 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 trios première 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.

III.2.2. L'analyse ABC:

-But 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 tâches 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 décroissant 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 décroissant, 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 réparation des pourcentages de poste et des pourcentages de valeurs entre les trois zones est toujours sensiblement indique (à $\pm 5\%$ près) quel que soit le travail ou l'élément étudier.

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 serrant 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 chers 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, D, 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 gâche 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.

III.2.3. Organisation de l'entretien correctif:

III.2.3.1. Définition et buts de l'entretien correctif:

L'entretien correctif 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 a l'état général des turboréacteurs.
- ❖ Achat des appareils de qualité en consommation de cause.
- ❖ Alignement du nouveau matériel sur le matérielle le meilleur déjà standardisé.
- ❖ Standardisation des pièces et organes correspondant au divers appareil.
- ❖ Présentation d'argument irréfutable au constructeur en cas de demande de rembourre.
- ❖ Sèment de réparation pendant la période de garantie.

Une chef d'entretien fait donc souvent de l'entretien correctif sans le savoir, notamment chaque fois qu'il donne l'ordre à un dépanneur e renforcer une pièce

Qui vient de casser plusieurs fois de suit, mais pratiquement cet entretien

Correctif sans méthode, il risque les inconvénients suivants:

- soigner les effets des pannes et non leurs causes.
- Passer à coter 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 défît.
- Manquer de preuves suffisamment étayées pour invoquer la responsabilité du constructeur.
- Retomber dans certaines erreurs l'or de l'étude de nouvelle installation, faute d'avoir collationné les résultats des matériels modifier.

- Consacres 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.

III.2.3.2. Choix Des Périodes D'études De L'entretien Correctif:

L'entretien correctif 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 partie:

- Une étude corrective s'étendant pendant la période de mise en route.
- Une étude systématique annuelles conduites ont 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 poursuivi au-delà de deux ou trois ans après la mise en service.

III.2.4. Etude d'un nouveau turboréacteur:

III.2.1. Etude D'un Nouveau Réacteur Avant Achat:

L'entretien doit être obligatoirement consulté on même titre que la fabrication, avant l'achat d'un nouveau matérielle et grâce aux 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 CFM56-7B) 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.

III.2.4.2. Etude D'une Installation Nouvelle Par Le Bureau D'études 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.

III.2.4.3. Etude Corrective Pendant La Période 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.

III-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.

III.2.4.5 .Choix De L'ordre Des Etudes:

Comme On Ne Peut Mener Toutes Les Etudes De Front, Il Faut S'attaquer De Suite Aux Problèmes Les Plus Importants Susceptibles D'apporter Une Economie Substantielle Malgré Une Etude Rapide.

Pour Choisir Les Matériels A Etudier Et Les Problèmes A Solutionner, On A Donc Intérêt A Faire Une Analyse A, B, C Des Diverses Sur L'ensemble Du Parc.

III.2.4.6 .Mesure Des Résultats 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 Une Moyen Commande De Mesurer, Le Résultat Obtenue Sous L'influence De L'entretien Correctif Pratique Sur Une Machine Donnée, En Fonction Des Critères Précédent Qui N'agissent Pas Tous Dans Le Même Sens.

III.2.5. Organisation de l'entretien préventif :

III.2.5.1. Buts Elémentaires De L'entretien Préventif :

Les buts sont multiples :

- limiter le vieillissement du matériel.
- Améliorer l'état du turboréacteur avant qu'il ne soit préjudiciable à exploitation en qualité au prix.
- Intervenir avant que le cout 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'accident graves pouvant entraîner la responsabilité civile de l'entreprise.
- Agir sur l'état d'esprit du personnel.
- Assurer une diminution de l'entretien

III.2.5.2. Les Principaux Entretien Préventif : 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 cratère d'huile.
- Les interventions périodiques.

III.2.5.3. Organisations Du Graissage :

Cette organisation comprendra trois phases :

* **Préparation 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.

* **Exécution 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.

III.2.6. Organisation des travaux systématiques :

III.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 coûts 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 décroît 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 indispensables.

❖ Des temps et effectifs nécessaires pour les diverses méthodes précédentes pour constituer ce que l'on appelle « le cycle d'entretien » du matériel étudié.

III.2.6.2. CYCLES D'ENTRETIEN :

Le cycle d'entretien est la période de temps s'écoulant entre deux révisions générales d'un moteur et comprend 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 intervient par 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'opérations qu'on peut définir plus ou moins arbitrairement de la façon suivante :

III.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.

III.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 sujet 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.

III.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 fonction 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.

III.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 décèle 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 vérifications.

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 le 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 l'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 signaler 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 cumulées 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 compris évite des deux courbes représente la zone de responsabilité de l'entretien qui doit tout mettre on œuvre pour la réduire.

B- avertir à temps la fabrication des visite 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 récapitulatifs 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 persévérance, on obtiendra au bout de quelques années des résultats excellents.

III. 3. Causes des défaillances d'un turboréacteur:

III.3.1. Les principales causes qui nécessitent les défaillances :

Parmi les différents problèmes causant les défaillances sont :

- La corrosion.
- L'érosion.

III.3.1.1. Corrosion des surfaces des pièces :

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 courants 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 corrosives (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 localisée :

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

C- La corrosion sélective :

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.

III.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 mais quand son épaisseur augmente, elle se fissure et se stratifie.

III.3.1.3. La corrosion électrochimique :

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 laissant dans le métal une quantité équivalente d'électrons.

III.3.2. Protection des métaux 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 piqure de la surface, le fond de la piqure joue le rôle du métal au potentiel négatif et la corrosion se développe en profondeur. La corrosion par piqure est très dangereuse, car elle est pratiquement invisible en surface et attaque les pièces en profondeur. Elle s'accélère à mesure que la piqure 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 plombage à chaud préserve de la corrosion l'appareillage chimique.

La protection des pièces par dépôts électrolytiques consiste à les placer dans des bains galvaniques ou le courant électrique assure le dépôt du métal sur la surface de la pièce à traiter, on recourt largement en 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 électrolyte, le métal au potentiel d'électrode inférieur forme l'onde et se désagrège, en projetant entre la corrosion le métal formant la cathode.

III.3.3. L'érosion :

*Dégradation due a l'humidité :

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 filme 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 croit, 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.

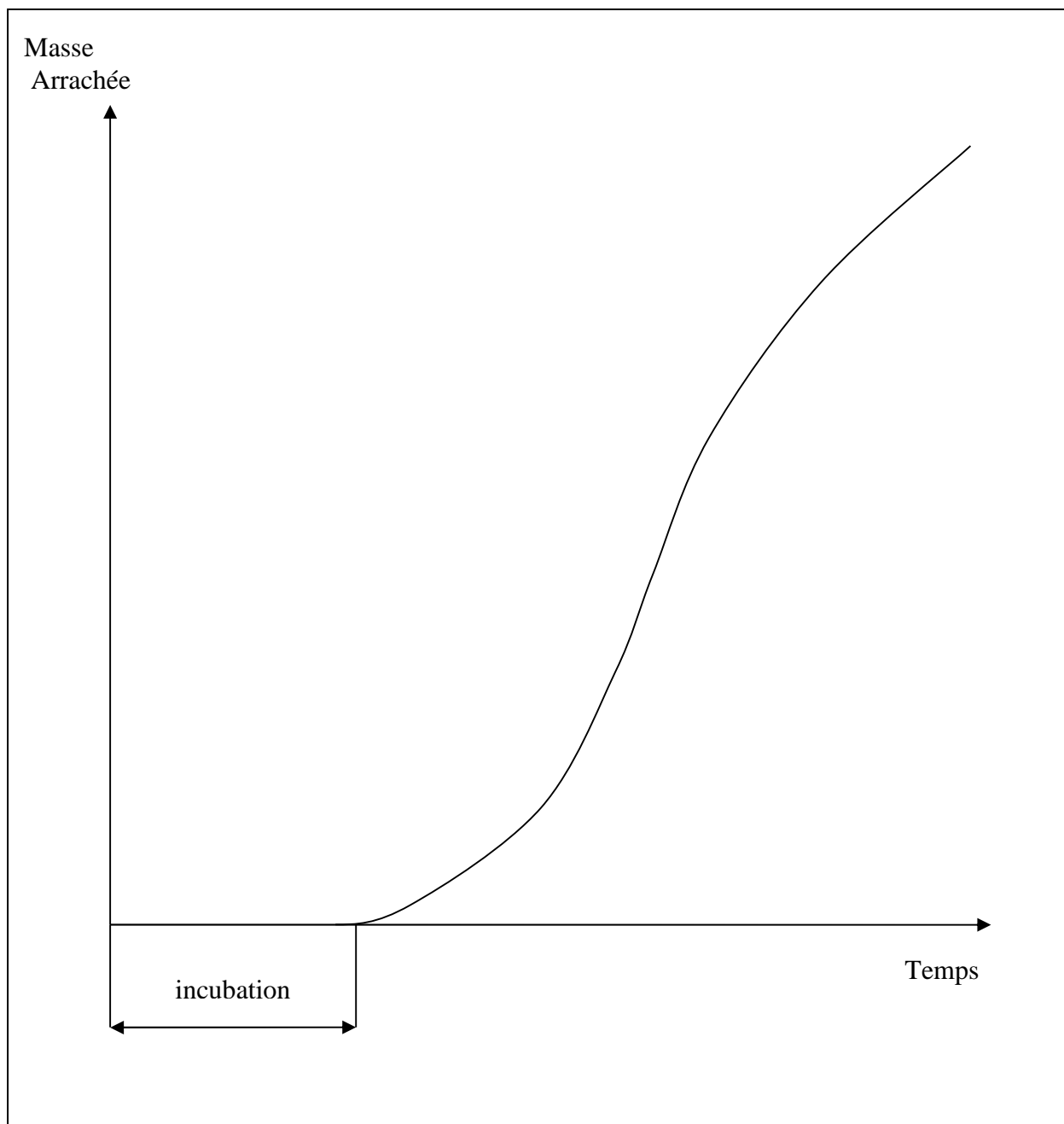


Fig.III.2.Les différentes phases.

III.4.Mécanique de la rupture et la fatigue :

III.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 conduit 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 élastique :

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 élastique :

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

C- on constate 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 III.2)

➤ Information :

= limite micro élastique.

p = limite anélastique.

p = contrainte pour le 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.

III.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 distingues trois cas de sollicitations variables :

III.4.2.1. Sollicitations alternées :

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

-Ca et +Ca

Ou :

Ca : amplitude de la composante alternative.

III.4.2.2. Sollicitation répétée :

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 $C_m = -C/2$.

III.4.2.3. Sollicitations ondulées :

La variation des efforts a lieu de part et d'autre 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 distingues 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.

III.4.3. Mécanique de la rupture :

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 lente 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.

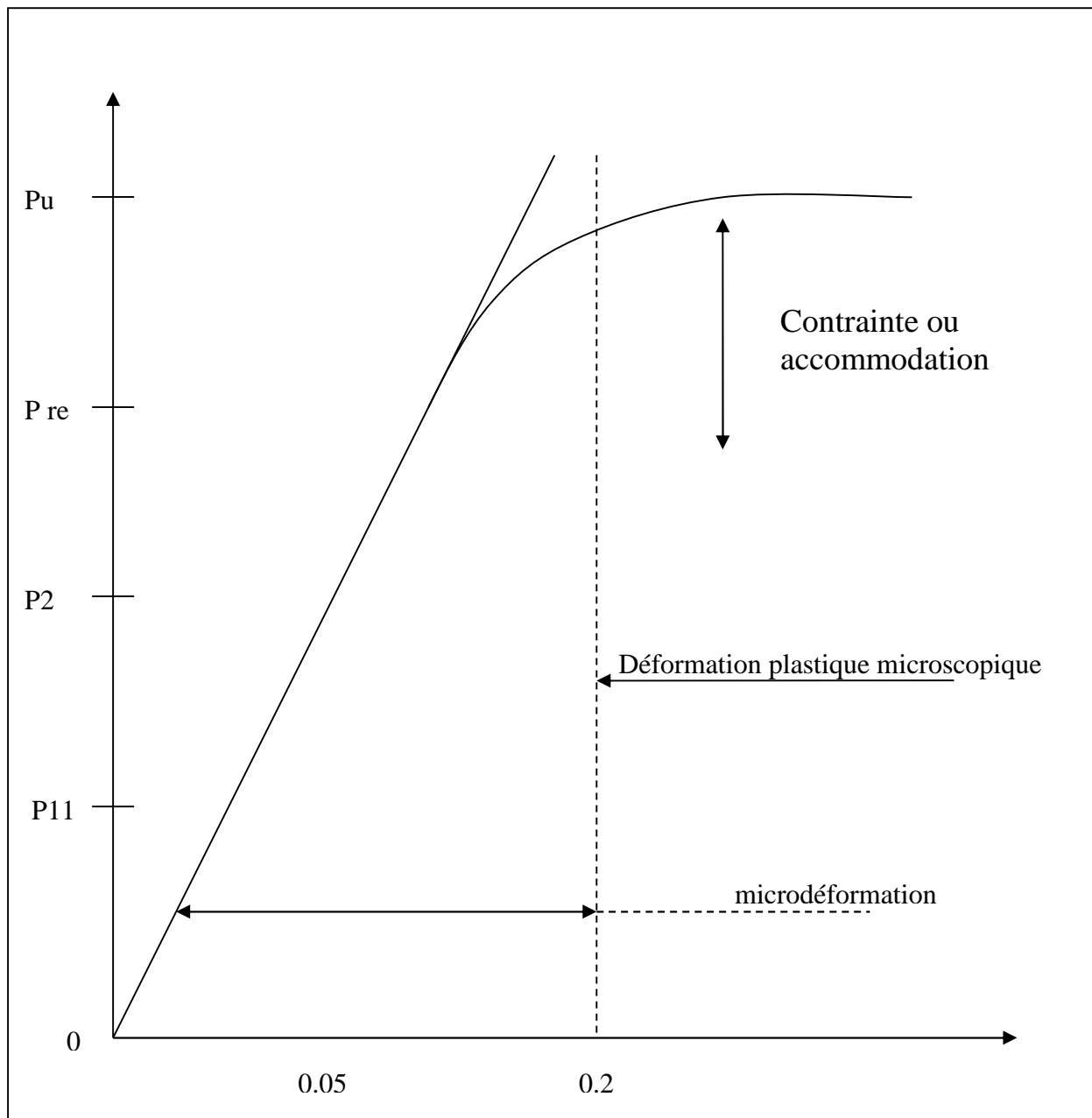


Fig.III.3.Diagramme de la déformation.

IV.1.Généralités sur la maintenance en aéronautique :

Ces notions fondamentales ont influé sur la conception du moteur avion par l'adaptation de ceux-ci au niveau des moyens et méthodes (maintenance préventive) et la recherche des solutions économiques pour réaliser la maintenance corrective.

Pour les besoins de la maintenance la FAA a créé des règlements, une grande partie font référence à la révision moteur programmée. Les utilisateurs sont soumis à déposer, démonter, reconditionner remonter et mettre en place chaque matériel de façon systématique et périodique.

La compagnie nationale AIR-ALGERIE procède à une maintenance qui consiste à:

- Entretien En Ligne.
- Maintenance En Ateliers.

IV.1.1.Politique De Maintenance :

La maintenance est définie comme l'ensemble des actions permettant de maintenir ou d'établir un bien dans un état spécifique en mesure d'assurer un service déterminé.

Il y a plusieurs types de maintenance :

- ❖ Maintenance préventive.
- ❖ Maintenance Systématique.
- ❖ Maintenance Conditionnelle.
- ❖ Maintenance Corrective.

➤ **Maintenance préventive :**

C'est la maintenance effectuée dans l'intention de réduire de défaillance d'un bien ou dégradation d'un service. C'est une intervention de maintenance prévue, préparée à programmer avant la date d'apparition d'une défaillance.

➤ **Maintenance systématique :**

C'est la maintenance préventive selon un échéancier suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage.

➤ **Maintenance conditionnelle :**

C'est la maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé.

➤ **Maintenance corrective :**

C'est l'opération de maintenance effectuée en défaillance.

IV.1.2. Evolution De La Politique De Maintenance :

Dans la politique de maintenance, on distingue plusieurs phases:

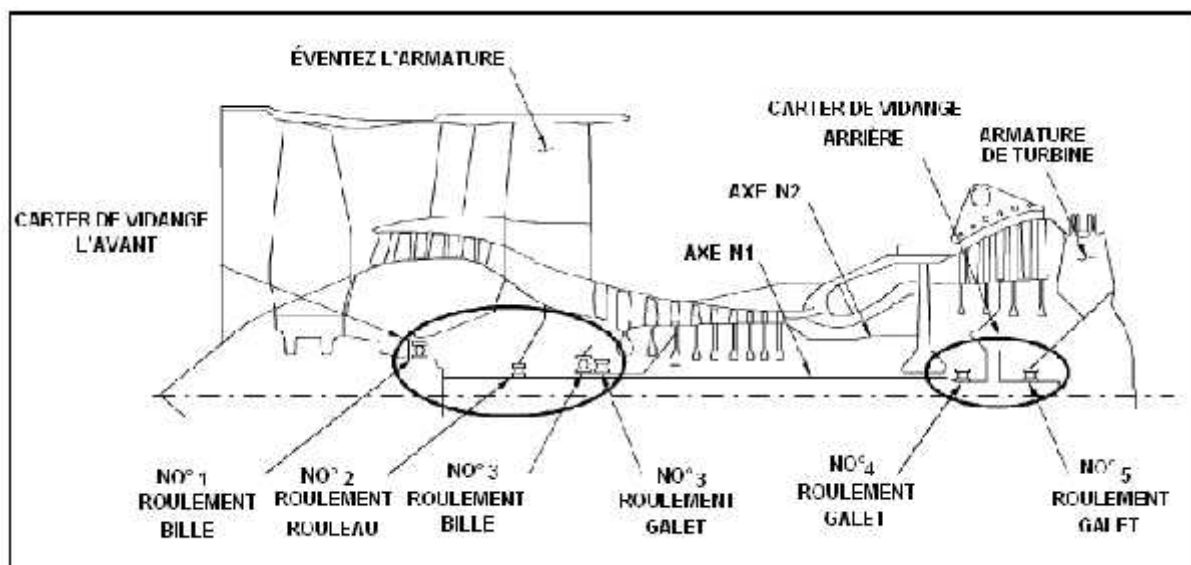
- ❖ avant 1960 la maintenance consistait à effectuer des révisions générales à potentiel fixe.
- ❖ avant 1966 on pratiquait des révisions générales spécifiques des parties froides et chaudes du moteur en introduisant la visite intermédiaire.
- ❖ en 1966 l'introduction des programmes de fiabilité.
- ❖ en 1969 l'introduction de la maintenance modulaire.
- ❖ en 1972 la maintenance selon l'état.

IV.1.3. Influence De La Fiabilité:

La tâche la plus économique, la plus rentable est de remplacer ou de réparer un élément avant qu'il ne panne, et si possible juste avant. Dans les travaux de fiabilités et de statisticiens afin de déterminer le moment exact pour effectuer la maintenance programmée, ils sont finalement arrivés à une conclusion, c'est que souvent le moment exact n'existe pas ; donc tout système, module, sous-module, ou moteur se trouve affaiblit d'un taux de panne en général quasiment aléatoire.

Les utilisateurs ont bien remarqués que les taux de défaillance sont les même et parfois ils sont plus important les 50 heures qui suivent une révision général, que dans les 50 heures précédentes, c'est de la qu'est née l'idée de ne démontrer inutilement.

Donc le recherche nous a permis d'éliminer les interventions inutiles en assurant bien sur la sécurité des vols.



F. IV. Défient palier de moteur

IV.2 MAINTENANCE DE LA TURBINE :

La maintenance de la turbine effectrice les étapes suivante :

- ❖ La dépose.
- ❖ Le désassemblais.
- ❖ Le nettoyage.
- ❖ L'inspection.
- ❖ L'assemblage.
- ❖ L'équilibrage.
- ❖ La repose.

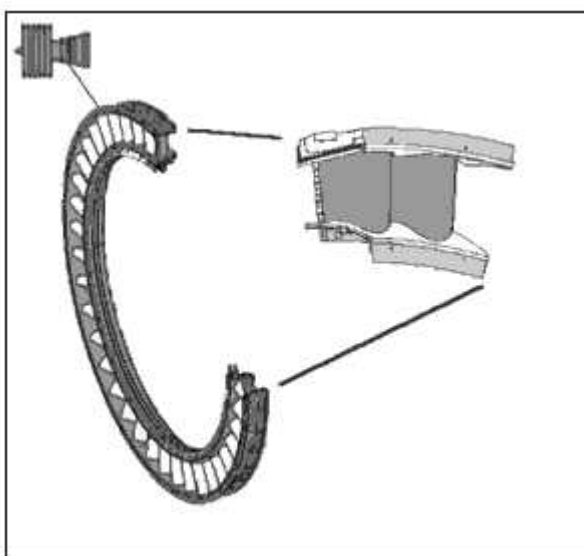


Fig. IV.2. Disque De Turbine

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).

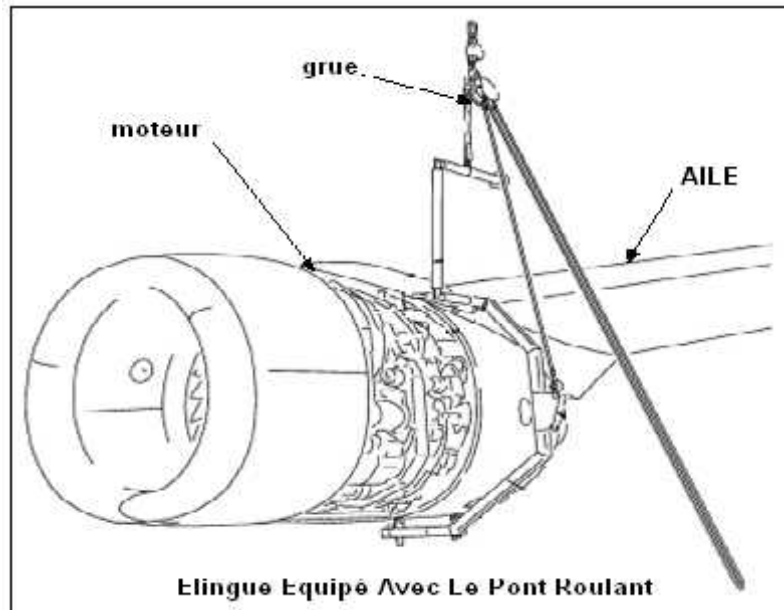


Fig. IV.3.1.Dépose Moteur.

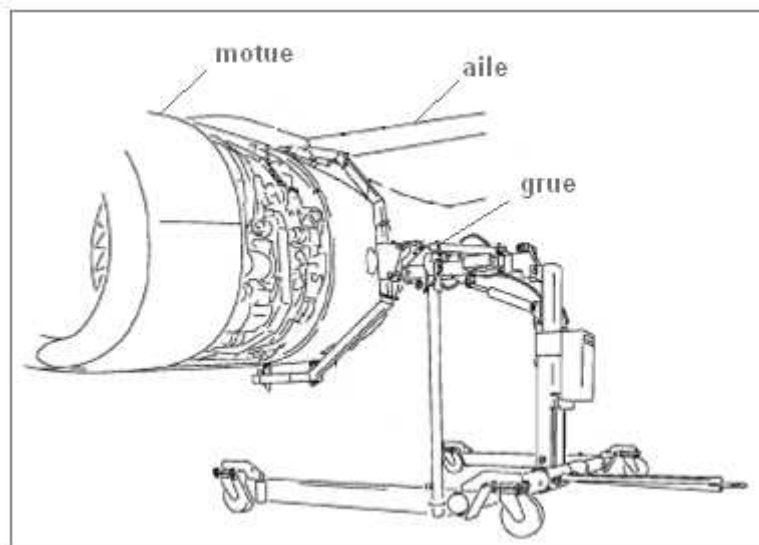


Fig. IV.3.2.Dépose Moteur.

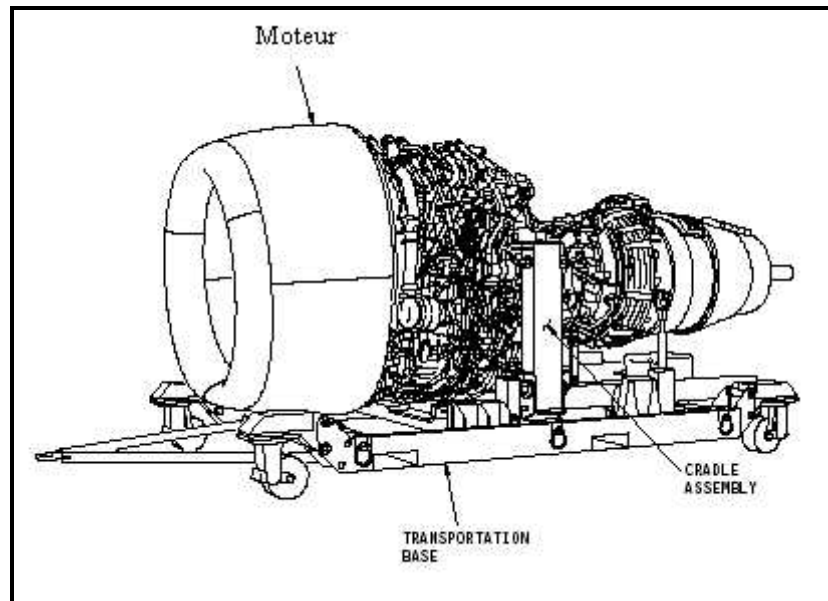


Fig. IV.4. Déplace Moteur.

IV.2.1. Les Différents Problèmes Qui Nécessitent La Dépose De La Turbine :

- A/** L'érosion : des trous de refroidissement apparent.
- B/** La corrosion : des types corrosion qui attaque les ailettes.
- C/** Les plates forme : les cassures mécanique.

IV.2.2. Méthodes De Réparation Individuelle Et Par Groupes Des Machines :

Dans les différents domaines de l'industrie, il est appliqué différentes méthodes de réparation dans les ateliers que l'on peut ramener à deux modes essentiels : la réparation individuelle et la réparation par groupe.

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

Dans les ateliers de réparation d'air Algérie il est surtout utilisé la méthode de réparation individuelle, et plus rarement celle de réparation groupe : dans les grands ateliers spécialisés et dans les usines réparation on fait plus souvent appel à la méthode de réparation par groupe.

IV.2.3. Les Etapes De Dépose De Turbine Haute Pression :

Le dépose des turbine haute pression comporte les opérations suivantes :

- Transférer le moteur du chariot et le mettre sur piédestal.
- Dépose des deux demi carters fan (section combustion et turbine).
- Dépose de la pompe de récupération d'huile du palier # 6.
- Dépose de la section d'échappement moteur.
- Dépose de la bague Int et joints roulement #6.
- Dépose du groupe d'entraînement accessoire avant.
- Dépose du groupe turbine LPT d'entraînement accessoire avant (fan).
- Retournement en position verticale sur piédestal.
- Dépose des accessoires extérieurs et tubes du carter diffuseur.
- Dépose du carter diffuseur fan.
- Dépose des chambres de combustion.
- Dépose de la bague intérieure du palier #4 ½ et joints (si nécessaire).
- Dépose de la bague extérieure du palier #4 ½.
- Dépose de la turbine haut pression en vertical.
- Dépose du groupe distributeur 1^{er} étage turbine.
- Dépose de l'ensemble support arrière des chambres de combustion.
- Dépose des vannes 1^{er} étage turbine.

IV.2.4. Dépose De La Turbine Haute Pression :**1) transfert du moteur du chariot et le mettre sur le piédestal :**

- ❖ Attacher les élingues du moteur et le treuil.
- ❖ Soulever le moteur du chariot du transport
- ❖ Installer les supports du piédestal au moteur.
- ❖ Déposer le moteur sur le piédestal.

2) dépose des deux demi carters fan (section combustion et turbine) :

- ❖ Déposer les équipements extérieurs.
- ❖ Déposer le demi-carter haut.
- ❖ Déposer le demi-carter bas.

3) dépose de pompe de récupération d'huile du palier #6 :

- ❖ Dépose les deux segments (inférieur et supérieur) de la conduite de l'échappement fan.

- ❖ Déconnecter les parties extérieures et Int du tube de pression d'huile interne sur le carter d'échappement turbine à la position 12H.
- ❖ Dépose le dispositif de protection thermique et le couvercle palier#6.
- ❖ Dépose le tube de pression d'huile.
- ❖ Déposer l'arbre pignon et la pompe de récupération d'huile.

4) Dépose de section d'échappement moteur :

- ❖ Déposer les carénages intérieurs avants et arrières de la section turbine et échappement de décharge fan.
- ❖ Maintenir le moteur au niveau du carter turbine section étranglée à l'aide d'un treuil et d'une élingue PWA 25757.
- ❖ Déplacer le piédestal arrière du carter d'échappement du fan vers la bride arrière du conduit fan du carter diffuseur.
- ❖ Installer l'outil à œil PWA 33247 les supports PWA 33545 les adaptation et le treuil ou support PAW 12387 et élingue PWA 6580 sur la double range du conduit extérieur fan du carter d'échappement.
- ❖ Démontez, déposez et mettez sur une palette ou table le groupe de section carter d'échappement.

5) Dépose de la bague interne et joints du roulement »6 :

- ❖ Déposer l'arbre pignon d'entraînement de la pompe de récupération d'huile en utilisant un extracteur standard de type « marteau ».
- ❖ Déposer la bague intérieur et les joint du roulement « 6 à l'aide d'un extracteur PWA45444 ou PWA 123383.
- ❖ Déposer les joints de roulement et les enlevant l'entretoise de retenue la bague extérieur et les cerceaux de joints de la bague.

6) Dépose du groupe d'entretiens accessoires avant :

- ❖ Déposer le support d'entraînement d'accessoire avant.
- ❖ Déposer les tubes de transfert du roulement 1 du support avant.

7) Dépose du groupe turbine LPT d'entraînement du compresseur avant :

- ❖ Relever drop check.
- ❖ Déposer la rondelle de retenue en utilisant l'extracteur PWA 12292.
- ❖ Déposer les accessoires entraîne l'arbre de pignon.
- ❖ En utilisant la clé PWA12402 déposé de bouchon de l'alésage du moyeu avant.

- ❖ En utilisant l'outil PWA 32766 au niveau de l'écrou de retenue de la bague du palier 1.
- ❖ En utilisant le PWA 18872 ou SWEENEY 8642, déposer l'écrou de retenue de la bague interne du palier 1.
- ❖ Installer PWA 12847 à l'arrière du LPT supporté la turbine à l'aide d'adaptateur PWA 26147 et de l'élingue PWA 6580.
- ❖ Prendre les repères de la turbine.
- ❖ Enlever les écrous et les boulons de fixation.
- ❖ Installer le clé PWA 18872 aux cannelures du moyeu de l'avant du compresseur et serrer.
- ❖ Adapter l'outil PWA 12322 ou 12490 sur PWA 12323 au compresseur avant.
- ❖ Installait le PWA 18872 ou PWA 12323 au PWA 12490 en utilisant le spline adapter PWA 20333 et l'adapter plate PWA 20334.
- ❖ Plaquer l'ensemble et détraquer.
- ❖ Desserrer manuellement.
- ❖ Déposer la LPT de l'arrière de moteur et fixer le retenir PWA 12847 à l'avant de l'ensemble.
- ❖ Mettre la LPT sur truck PWA 10673 et la fixer à l'adapter PWA 12260.
- ❖ En utilisant la Püller PWA 9715 déposer l'entretoise de l'arbre turbine.
- ❖ Installer protecteurs sur les cannelures bague intérieure et joints du palier 4 ½.
- ❖ En utilisant le hand clé PWA 12333. Réinstaller l'écrou de retenue de la bague intérieure du palier 1.

8) Dépose de la bague interne et joints pallié 4 ½ :

- ❖ Enlever les circlips et écrous de retenue du roulement de l'arbre de la turbine d'entraînement basse pression LPC.
- ❖ Extraire le roulement (bague Int + rouleaux) de l'arbre LPT.
- ❖ Déposer les joints et les séparateurs.
- ❖ Enlever l'écrou de retenue et le circlips du roulement de l'arbre de la HPT.
- ❖ Enlever l'écrou de retenue du logement du joint et déposer le logement.
- ❖ Extraire la bague externe du roulement 4 ½.

9) Déposer du groupe turbine HP d'entraînement compresseur arrière :

- ❖ Relever drop check.
- ❖ Supporter (maintenir) le moteur en plus au niveau du capter d'entrée fan avec un piédestal additionnel ou sur le chariot avec le couple et l'adaptateur approprié.

- ❖ Déposer le carter externe des chambres de combustion.
- ❖ Décrocher le groupe distributeur et le déplacer vers l'avant.
- ❖ Décrocher le support d'un joint du roulement 5 et déposer le rotor turbine.

Installer la fourche et positionner le groupe turbine sur son chariot, le côté AR vers le bas.

- ❖ Extraire de déposer du carter le joint d'air de sortie 1^{er} étage turbine.

10) Dépose du group distributeur turbine :

- ❖ Déposer les groupes distributeur turbine.
- ❖ Positionner le group sur le stand de travail coté arrière vers le bas.
- ❖ Déposer le logement et la bague extérieur du roulement 5 pour le moteur CFM.

11) Dépose du carter intermédiaire des chambres de combustion :

- ❖ Desserrer et enlever les boulons d'attache à la triode arrière du carter Diffuseur.
- ❖ Déposer les barrette ou entretoises.
- ❖ Déposer le carter intermédiaire des chambres de combustion.

12) Dépose de l'ensemble pare –feu extérieur des paliers 4 et 5 :

- ❖ Enlever les boulons de fixation. Couper le fil de freinage autour de la chambre de combustion du palier 4.
- ❖ Déposer l'élément pare –feu extérieur. De la bride arrière du logement du roulement 4.

13) Dépose de l'ensemble pare- feu intérieur, des paliers 4 et 5 :

- ❖ Déposer l'ensemble gicleur d'huile de roulement 5.
- ❖ Déposer l'élément pare- feu intérieur de la bride arrière du logement du palier 4.

14) Dépose de la pompe de récupération d'huile des paliers 4 et 5 :

- ❖ Déposer le tube de récupération d'huile à partir du bossage de la pompe.
- ❖ Desserrer les boulons de fixation et déposer la pompe à partir du logement du palier 4.
- ❖ Déposer à partir de la pompe le tube de récupération d'huile du palier 5.

IV.2.5. Désemballage

A/ Equipement et matériel utilisé :

PWA 3755 -Pompe.

PWA 6580 -La sangle –élingue.

PWA 9726 -Le jet.

PWA 10125 -Chariot.

PWA 12363 -Clé.

PWA 12400 -Extracteur.

PWA 12443 -Adaptateur.

PWA 14117 -Gabarit- support du moteur

PWA 14269 -Extracteur.

PWA 14335 -Anneau.

PWA 14336 -Guide de moteur.

PWA 14337 -Poussoir.

PWA 17627 -Gabarit support.

PWA 18872 -Clé (remplace par PWA 33732).

PWA 29389 -pompe (remplace par PWA 3755).

PWA 32061 -clé.

PWA 32548 - Support.

PWA 33257 - Extracteur.

PWA 33287 - Gabarit- support du moteur.

PWA 33302 - Guide de moteur.

PWA 33732 - Clé (remplacer PWA18872).

PWA 46276 - Extracteur (arracheur).

PWA 46382 -.Extracteur.

PWA 47636 -. Extracteur (remplacer PWA 14269).

PWA 47037 - Support.

PWA 75 135 - Crochet de sécurité.

PWA 76154 - Adaptateur.

PWA 77438 - Extracteur.

On utilise uniquement les parties nécessaires de fixateur PWA 17629 pour enlever les ailettes du disque de la turbine et l'arbre.

L'injection d'huile peut se faire à n'importe quel moment avant le désailetteage.

Utilisons avec précaution extrême quand les griffes de l'extracteur sont engagées, le résultat peut endommager le joint de carbone.

Pendant l'extraction des ailettes il faut assurer que toutes les ailettes soient simultanément rétractées.

B/ Désassemblage De La Turbine :

1- Dépose Du Palier #5 Et L'ensemble Du Support Et La Bague Interne Du Palier #5 Et Le Siège Du Joint Comme Suit :

❖ Attacher le support PWA14117 pour CFM 56-7B incorporant SB5584 15A.17. 17A. 17R et 17AR sur un établi approprié.

❖ En utilisant le support PWA6580 la sangle. Deux adaptateurs PWA76154 crochet de sécurité PWA6580 et le palan. Positionner la turbine face arrière vers le bas de sorte que le guide soit placé à l'intérieur du disque.

❖ Positionner la turbine sur travail PWA14117 ou 3329(SB55584) valable pour les autres moteurs.

2- Dépose De L'ensemble Palier #5 :

➤ Desserrer et enlever les deux vis de l'écrou de retenue de la bague intérieure sur l'arbre.

➤ En utilisant PWA12363 pour desserrer l'écrou de retenu.

➤ En utilisant PWA12443, PWA 33732 et PWA 32062 pour déposer l'écrou de retenu.

➤ Déposer le bearing spacer à l'aide d'extracteur PWA46382 (SB 5945) ou PWA 77438 (SBG 5945).

✓ Positionner Les Cannelures De L'adaptateur PWA 12443 A L'intérieur De L'arbre.

✓ Attacher Les Pattes D'entraînement De La Clé A La Clé PWA 32062 Avec Les Dents De La Clé :

❖ Engager dans les entailles de l'écrou de retenu de la bague interne du palier#5.

❖ Activer les clés hydraulique pour desserrer l'écrou de retenu comme il est exigé.

- ❖ Déposer l'écrou de recteur.
- ❖ Positionner les cannelures mâles sur l'extrémité opposée de l'adaptateur pour engager les cannelures femelles de la clé PWA-33732-(calibre PWA 18872).

Attacher l'extracteur PWA 14269 sur l'extracteur PWA 47036 comme suit :

- Positionner l'extracteur PWA 14209 avec le vérin hydraulique dans la position rétractée.
- Engager les griffes dans les rainures du joint d'étanchéité.
- Attacher les griffes avec le ciclips (bague de blocage) et engager le guide (extracteur) sur l'extrémité de l'arbre.

En utilisant la pompe PWA 29389(anciennement PWA3755) :

- ❖ Appliquer la pression hydraulique au vérin.
- ❖ Déposer le siège et la bague.

Le dépose de l'entretoise et comme suit :

- Mettre le guide sur l'extrémité de l'arbre de la turbine.
- Installer et serrer tous les composants de l'extracteur.
- Tourner la vis sans fin pour déposer l'entretoise du palier.
- Déposer le joint du palier #5 et l'ensemble support de l'arbre de turbine.
- Déposer le joint d'air de la même manière.

3- Utiliser Le Crochet Et La Sangle-Elingue

- ❖ Enlever la turbine du support et installer dans le chariot PWA 10125.

4- Déposer l'entretoise de l'arbre turbine comme suite :

- Les griffes de l'extracteur PWA12400 à l'intérieur de l'extrémité avant l'arbre en tournant l'écrou molette puis écarter les griffes en tournant au sens horaire juste qu'il prend le contact avec le diamètre interne des lèvres d'extraction de l'entretoise pour engager l'extrémité arrière de l'entretoise.
- Fixer l'extracteur manuellement, actionner la masse coulissante pour extraire l'entretoise en dehors de l'arbre.

5- Déposer les ailettes du 1^{er} étage comme suit :

- ❖ Installer le segment PWA 14335 sur la base de PWA17629.
- ❖ Positionner la turbine de façon que l'évasion des rivets en face sur le segment PWA14335 en alignant le diamètre intérieur du disque avec (PWA14336).

6- Enlever Les Rivets De Fixation Des Ailettes Du 1^{er} Etage Turbine Comme**Suit :**

- ✓ Utiliser le pointeur pour arracher le rivet, chasser l'extrémité.
 - ✓ Suivre avec un petit jet pour ne pas en dommage le disque et le rivet.
 - ✓ Enlever la rondelle.
 - ✓ Enlever le reste du rivet et les rondelles de la même façon (et les plaque latérales pour le CFM56-7B.
 - ✓ Injecter l'huile sur les racines des pieds des ailettes pendant 10 mm.
 - ✓ Positionner le poussoir PWA 14337 la petite extrémité vers le bas dans l'extrémité de l'arbre de la turbine.
 - ✓ Installer la partie de la tige dans le centre de support de base.
 - ✓ Installer le vérin à travers la tige sur le poussoir et serrer avec l'écrou de serrage.
- Attacher la pompe au vérin PWA 29989 (calibre PWA3755) :
 - ❖ Enlever les ailettes par pression hydraulique (pompe).
 - Désassembler les pièces et les outils.

7- Prélever Le Guide Et Le Disque A Travers Les Anneaux De Levage Utilisant.**8- Enlever La Tête Du Rivet.**

- ❖ Enlever les contre poids de la range arrière.

IV.3. Inspection :**Généralité :**

Elle est pour but d'accomplir les inspections nécessaire incluses dans la section désassemblais, il n'est pas de démonter les pièces à moins que l'inspection relève un désassemblais 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 accepté par la tolérance à l'inspection doivent être réparées conformément avec la section préconisée par la manuelle maintenance.

IV.3.1. Le Contrôle Du Rotor :

Pour contrôler le rotor il faut connaître les défauts et l'élément inspecter :

Elément inspecté	Les défauts ont inspecté
Les ailettes de la turbine	-les surfaces de contact des plates-formes des ailettes avec la couronne du rotor - les endommagements et les usures des plates-formes -l'inspection de l'érosion du bord d'attaque et les déformations des ailettes
L'arbre de la turbine	Inspecter le siège de la bague intérieur du palier#5 et le logement du joint de carbone, les rainures de l'arbre et le siège de l'extérieur du palier #4 ½
Disque de la turbine	-inspecter la surface du joint d'air pour l'usure -inspecter les trous du disque pour les entrailles de frottement et l'écorchure
Palier#5	-inspecter l'état des roulements

Tableau. IV.1

IV.3.2. Les Types De L'inspection:

On a deux types d'inspection par SPOP que chaque inspection comprenne des éléments à inspection au propos de leur fonctionnement.

A- L'inspection PFI :

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

La révélation à deux fonctions essentielles:

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

***MÉTHODE "A" (WATER WASHABLE):**

Spop 82

Haute sensibilité

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

Tableau .IV.2*** 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'effectué par pulvérisation ou par immersion	ZL27A	30min	9D4A	10min

Tableau (IV-3)

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 à la 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 à la 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(Procédure 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 violette.

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(Procédure 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 faire 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 contrôle non destructif:

IV. 4.1. Généralité:

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.

IV.4.2. Les Principaux Dommages Recherches:

- ❖ Fissure.
- ❖ Défaut d'assemblage (soudure, collage).
- ❖ Inclusion.
- ❖ Délaminage.
- ❖ Porosités.
- ❖ Défaut métallurgique.

IV.4.3. Les Différentes Méthodes:-

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

IV.5. Contrôle par ultrasons: (Fig. IV.5)

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

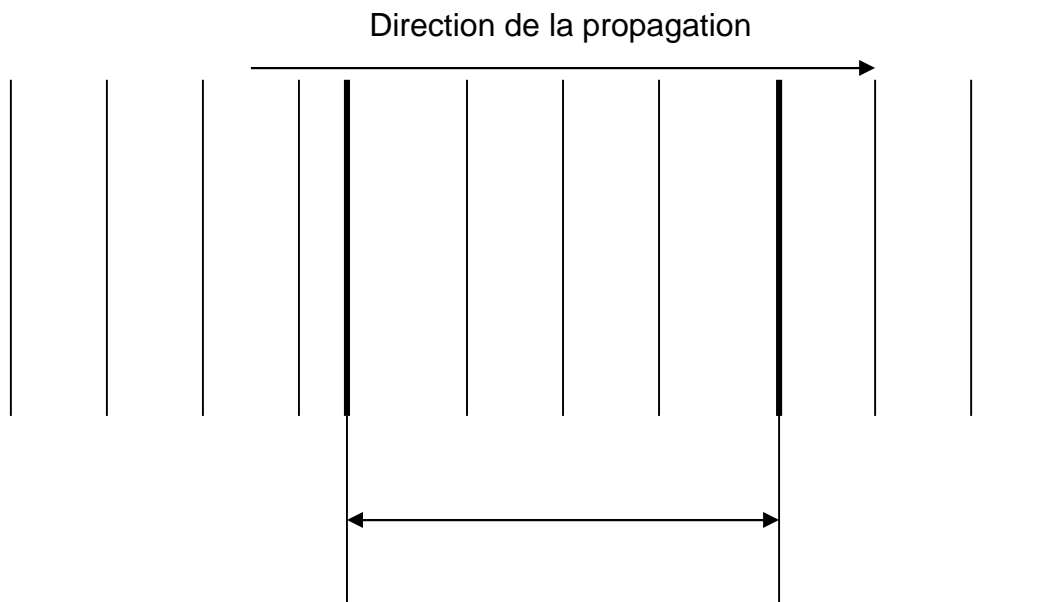


Fig. IV.5. Contrôle Par Ultrason.

IV.5.1. Définition Des Ultrasons (Fig.IV.6) :

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

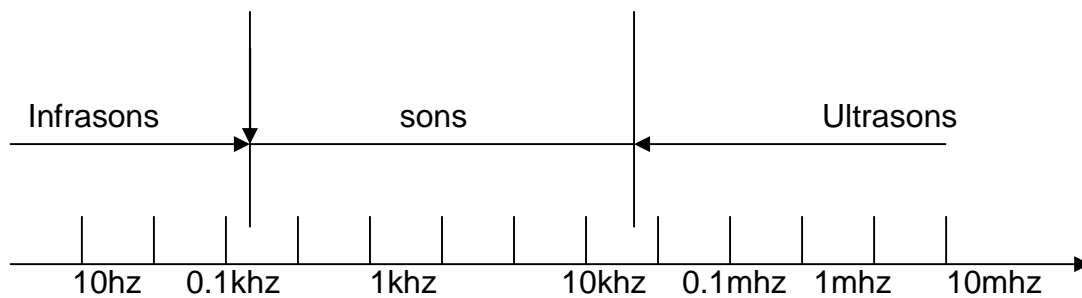


Fig. IV.6. Les Fréquences De Utilisent Pour Calcul Ultrasons.

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.

IV.5.2. Différentes 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 elliptiques, 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

IV.5.3. Résonance: Fig. (IV-7)

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.

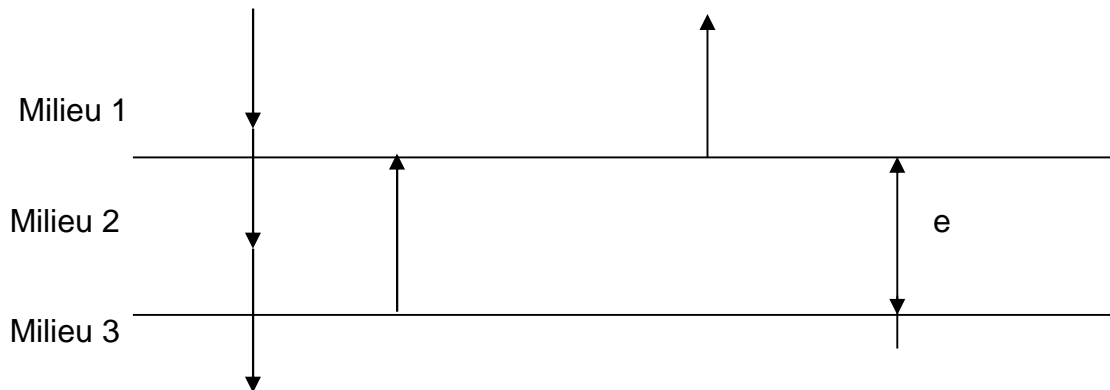


Fig. IV.7. Milieu De Résonance

La multiple flexion à l'intérieur du milieu 2, conduit 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

IV.5.4. Atténuation Du Son Dans Les Matériaux:

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.

	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

Tableau (IV-4)

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 longitudinal $e \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$	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
	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 à8.86			3.12à4.04

Tableau (IV-5)

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

IV.5.5. Le principe du contrôle par ultrasons:

A/ CONTROLE PAR ECHOGRAPHIE EN REFLEXION: (Fig. (IV-7)) « A » Et « B ».

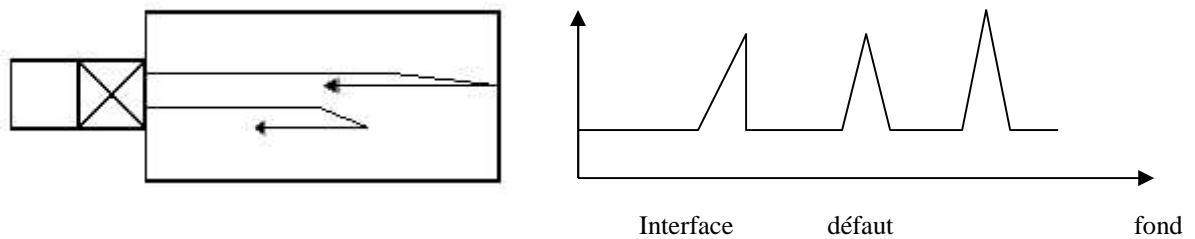


Fig. IV.8. Method de échographie en réflexion.

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

B/ contrôle 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- contrôle 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.

IV.5.6. Avantages :

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

IV.5.7. Inconvénient:

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

- obligatoire de couplage.

IV.6.Courant de Foucault :

IV.6.1.Principe (Fig. IV.9):

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.

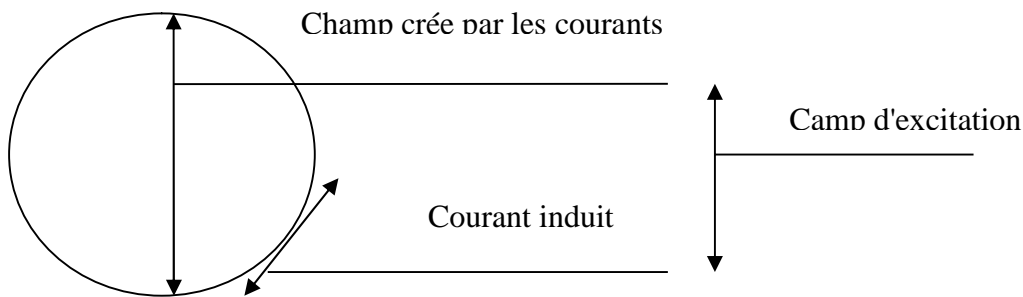


Fig. IV.9.Méthode de courant de Foucault

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.

IV.6.2. Contrôle Par Courant De Foucault:

Les courants de Foucault peuvent être utilisés pour différent contrôle:

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

IV.6.3. Principe De Contrôle:

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.

IV.6.4. Mesure Des Propriétés Des Matériaux:

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.

IV.6.5. Détection Des Défauts 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.

$$\boxed{= 1/ .F.\mu}$$

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

IV.6.6. Avantages:

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

IV.6.7. Inconvénients:

- 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:

IV.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.

IV.7.2. Application Du Pénétrant:

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.

IV.7.3. Temps De Pénétrant:

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.

IV.7.4. Température:

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°

IV.7.5. Défaut 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.

IV.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)

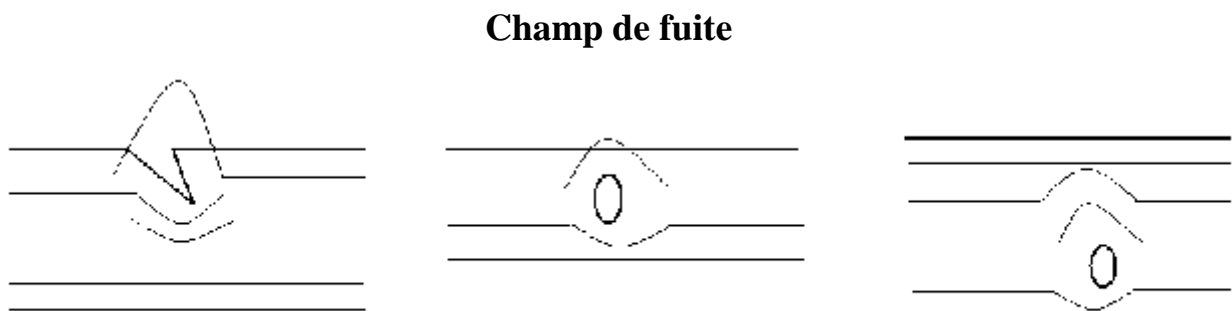
Les pénétrants s'éliminent:

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

IV.7.7.La Classification De Ces Produits:

Selon (MIL.125.135)

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



**Fig. IV.10. Modification des lignes de champs en fonction
De la profondeur du défaut**

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

L'orientation du défaut a aussi une grande importance.

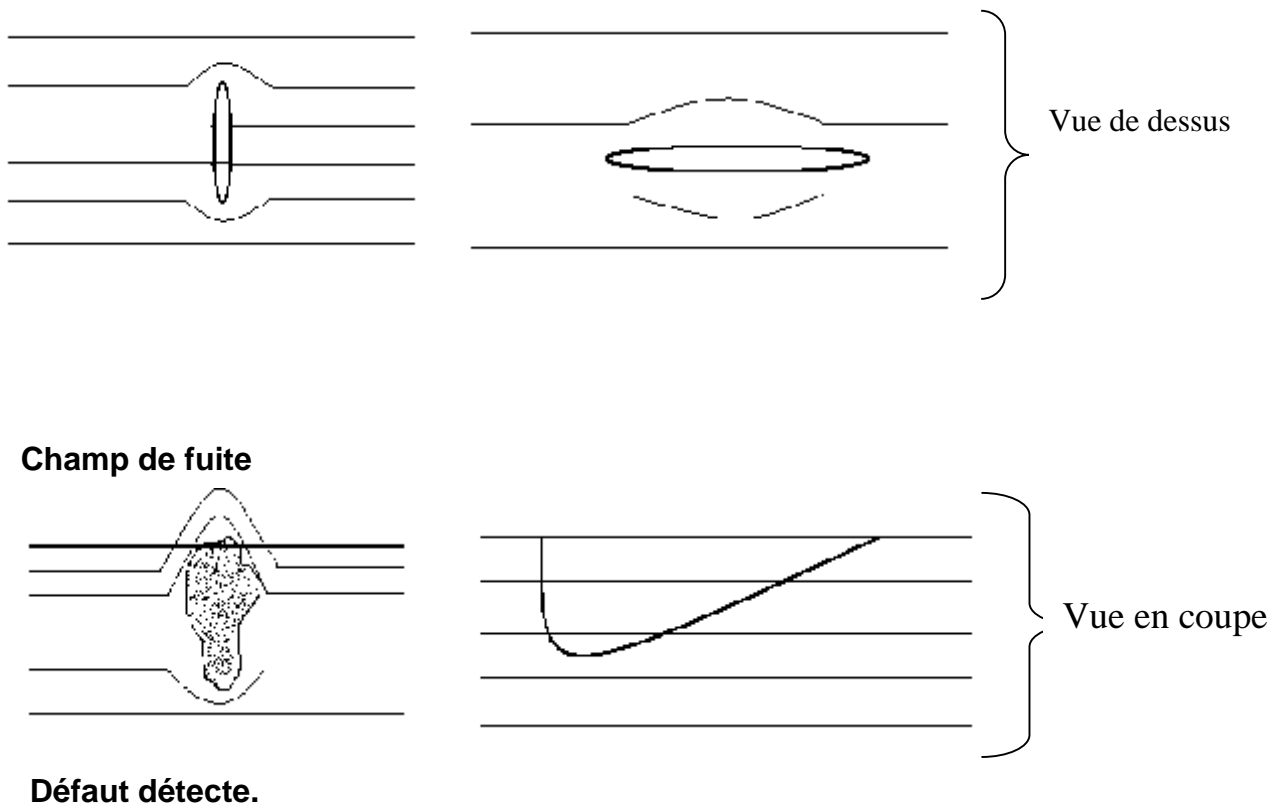


Fig. IV.11.Méthode de champ

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

IV.7.8. Avantage:

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

IV.7.9. Inconvénients:

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

IV.8. MAGNETOSCOPIE:

IV.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.

IV.8.2. Principaux Du Contrôle Magnétoscopique (Fig. IV.10 Et IV.11) :

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 importante, plus la détection du défaut 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.

IV.8.3.Type De Magnétisation:

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 Ferme:

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 Ferme:

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

IV.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	$I_f=0.7I_c$	$I_m=0.64I_c$

Tableau .IV.6

➤ **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 a un champ continue, la détection en profondeur est plus faible (profondeur <5mm) par contre les petits défauts de surface sont plus difficile a détecte.

➤ **Le Courant Redresse Une Alternance:**

Il présente des caractéristiques intermédiaires.

IV.8.5 .Le Révélateur:

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

A- Poudre Sèches:

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.

IV.8.6. Contrôle 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- Contrôle 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).

IV.8.7. Avantages:

- ❖ faible coût.
- ❖ méthode rapide.

IV.8.8. Inconvénients:

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

IV.9.LA RADIOGRAPHIE:**IV.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 continu de rayonnement X.

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

IV.9.2.Tube Radio Gene (Fig. IV.12):

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 au tube radio gènes sont définies par les normes suivantes:

-NF C 74 100ET AD 1.

-NF C 15 160.

Les différents types de tube radio gène:

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

IV.9.3. Application Aéronautique Des Rayonnements Ionisants:

L'utilisation de la radiographique 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.

IV.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).

IV.9.5. Inconvénient:

- 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.

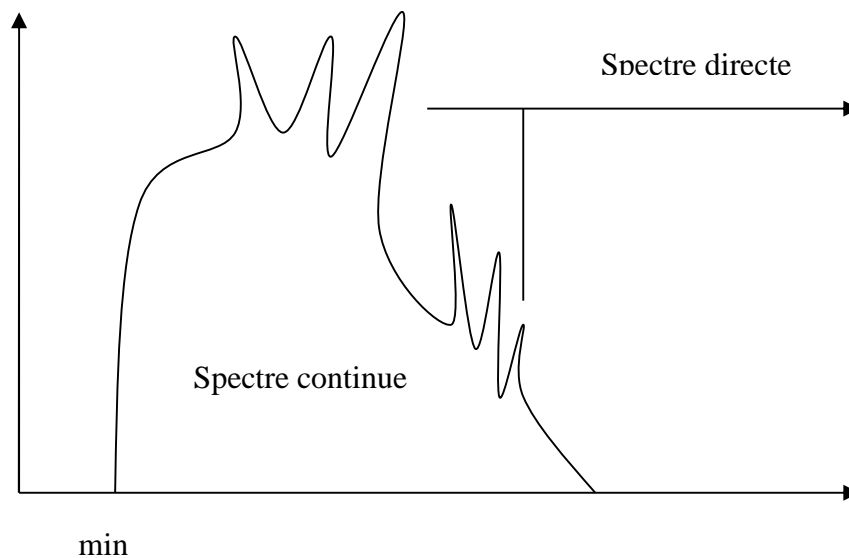


Fig.IV.12. tube radio gene

IV.10. CONTROLE VISUEL: (ENDOSCOPIE)

IV.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.

IV.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- Pièces Mécanique:

les pièces usinées ne doivent pas comporter;

- ❖ D'irrégularité d'usinage.
- ❖ De présence de bavures.
- ❖ De traces d'oxydation.
- ❖ De chics. Rayure.

- ❖ D'angles vifs au raccordement d'usinage.
- ❖ La vérification des filetages (usiné ou roulé), doit être effectuée.

B- Tôle Et Leur Revêtement:

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.

IV.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.

IV.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.

IV.11. ASSEMBLAGE FINAL D'UN TURBO REACTEUR APRES REPARATION :**IV.11.1. Assemblage final du moteur :**

L'assemblage final du turbo réacteur est le stade le plus délicat de la fabrication. Ses modalités dépendent de la construction du moteur. Les conditions générales applicables à l'assemblage final de toute machine sont les suivantes :

1. veillez à la position relative correcte des pièces et ensembles voisins surtout lorsque ceux-ci entêtent équilibre et soumis à un démontage partiel. Au cours de l'assemblage final, rétablir l'état d'équilibre parfait.
2. assurer un bon alignement des arbres, axes et paliers.
3. respecter tous les jeux fonctionnels et radiaux.
4. tout assemblage fileté d'importance doit être serré bien uniformément, avec un effort détermine, en respectant l'ordre établi :

Les boulons centrage d'abord, les autres boulons ensuite

5. veillez à la bonne étanchéité des jonctions de toutes les conduites de combustible et d'huile, de tous les organes, bouchons, olurateurs, etc.

L'assemblage final consiste à réunir les organes préalablement montrer et les pièces panées, de manière à constituer le turbo réacteur, à l'état fini qui satisfasse à toutes les exigences formulées dans la charge. Il est très important

que l'assemblage final soit bienfait, car la qualité du moteur en dépend dans une large mesure.

Quel que soit le genre de fabrication, on commence par choisir un élément de base, qui constitue le joint de départ de l'assemblage le plus souvent, c'est la surface d'une pièce porteuse sur laquelle on monte tous les autres ensembles de pièce :

Selon que les travaux de retouche constituent une fraction plus ou moins grande de l'ensemble des travaux de montage, on distingue plusieurs genres d'assemblage final (les mêmes d'ailleurs que pour le montage partiel).

L'assemblage avec retouche de chaque pièce est généralement réservé à la fabrication unitaire.

IV.11.2. Contrôle du montage, essais en couleur et emballage :

1. Notions générales sur le contrôle à l'atelier de montage :

Le contrôle effectué à l'atelier de montage a pour but de vérifier que les organes et pièces sont correctement montés et fonctionnent sans à-coups, de même que le turbo réacteur dans son ensemble (avion) les exigences imposées au cours du contrôle doivent correspondre à celles de récupération des machines, pièces et organes finis.

À la suite du contrôle définitif du moteur assemblé on procède au réglage et aux essais. On distingue les essais de réception, les contre-essais et les épreuves spéciales.

Les essais de réception sont organisés afin de mettre en évidence le bon fonctionnement de telle ou telle pièce, la qualité de fabrication, le rendement de la machine, la consommation de combustible, d'huile etc... la surconsommation, l'échauffement des roulements, l'usure autorail des pièces sont les indices, du mauvais fonctionnement.

Les contre-essais sont organisés lorsque le moteur a failli aux essais de réception à la suite d'une défectuosité quelconque. Les défectuosités supprimées, on soumet le turbo réacteur à contre-essais.

Les épreuves spéciales : sont faites pour contrôler le fonctionnement d'un turbo réacteur neuf, de ses organes, ainsi que pour vérifier l'assurance des principaux éléments.

On place l'organe en question sur le moteur tout entier sur un banc d'essais spécial pour effectuer tous les réglages nécessaires appareils, freins d'absorption, conduites d'alimentation en combustible gazeux ou liquide, etc...

Les essais se font d'abord à vide, puis charge.

2. Essais à vide :

On contrôle le bon fonctionnement des éléments des machines de rodage des surfaces frottantes. On place le moteur sur le banc d'essai et on le fait tourner d'abord au ralenti, tout en surveillent les mouvements des organes, le fonctionnement du système de graissage, l'état des surfaces frottantes : paliers, glissières, engrenage, etc.... puis on élève la vitesse jusqu'au, maximum autorisé et on laisse tourner le moteur à cette vitesse (plein gaz) pendant une durée spécifiée dans les normes d'essai. On termine l'essai après être assuré que tout marche bien.

3. Essai en charge :

Cet essai permet de contrôler les performances du moteur. Les modalités et la durée des essais sont présentées par la fiche d'essai. Au cours de l'essai, on surveille la température de l'eau d'arrosage, la pression d'huile, la consommation du combustible, etc. le couple résistant est varié au moyen d'un frein d'absorption.

4. Mise en couleur et emballage :

Le moteur qui a subi les essais reçoit un traitement final, dernière opération de la gamme, qui se réduit le plus souvent à une simple à une simple mise en couleur de repérage.

Après la mise en couleur et le traitement de stockage, le turboréacteur est emballé, afin d'éviter des déterminations mécaniques.

IV.11.3.sécurité du travail au cours des travaux de montage :

Les consignes de sécurité à observer pendant les travaux de montage sont les suivantes :

1. Mettre des échelles, des passerelles, des échaudages pour le montage d'une disposition en comburant on situé à une hauteur considérables, pour le travail sur des sols de pierre et sur des planches métalliques des dispositifs de protection particuliers doivent être prévus pour empêcher la haute de menues pièces, écrous, etc.... les échafaudages métalliques installés en vus des travaux avec des instruments électrique seront mis à la terre. L'installation des échafaudages ne sera confiée qu'à des ouvriers qualifiés.
2. Si les travaux ont lieu à proximité d'une ligne on d'une installation électrique, on exige que le courant soit coupé, à défaut, on travaille sons surveillance du contremaitre. Tous les endroits, dangereux seront clôturés : les ouvriers munis d'effet de protection : bottes et grands de caoutchoute, tapis isolant, etc.

1) Sécurité du travail au cours des essais du turboréacteur et des organes séparés :

Pendant les essais du moteur on organes du turboréacteur, on doit respecter les règles de sécurité suivante :

1/ avant de commencer l'essai, vérifier qu'aucun outil, pièces fortuite, chiffon d'essuyage n'a été laissé par mégarde dans le moteur : un accident ou une panne de la machine pourraient s'ensuivre au cours de l'essai.

2/ s'assure que le moteur (organe) est en bon état. Sa mise en marche ne présent de changer à personne on donne le signal de commencer l'essai.

3/ Sul le contremaître peut donner l'ordre de mettre en marche ou d'arrêter le moteur.

4/ L'essai doit être dirigé par le contremaître ou le chef d'équipe. Il est indict d'exécuter les ordres des personnes qui n'ont pas la responsabilité du déroulement de l'essai.

5/ Aucune personne étrangère aux essais ne sera admise sur le chantier ou près de banc d'essai.

6/ il est défendu de régler ou dégraisser le moteur en mise en marche : on pensera à faire ces opérations soit avant la mise en marche, soit après l'arrêt du moteur.

7/ tous les éléments tournants du turboréacteur seront entouré par des couvercles protecteurs ; lequel ne seront enlevés qu'à l'arrêt définitif.

8/au cours de l'essai, on doit s'en tenir sottement au programme établi.

9/ L'essai terminé, avant de passer l'examen à l'élimination des défauts révélés, on doit obligatoirement couper l'électricité aux organes d'enraiment.

IV.11.4 Assemblage :

Equipement et matériel utilisé :

Equipement de support :

PWA6320	Support
PWA6580	Elingue
PWA8065	Riveteuse
PWA8170-21	Logement
PWA8170-31	Logement
PWA8353	Enclume
PWA9134	Protecteur
PWA9598	Extracteur
PWA9749	Riveteuse
PWA10125	Chariot

PWA10931	Riveteuse (main)
PWA11224	Carénage barre
PWA11334	Support
PWA11338	Poussoir
PWA11339	Ceinture
PWA12099	Jet
PWA12363	Clé
PWA12443	Adapteur
PWA12447	Courroie
PWA12789	Pointeau
PWA12790	Pointeau
PWA12799	Pointeau
PWA14117	Support
PWA14336	Guide
PWA14338	Manche
PWA14896	Pointeau
PWA14897	Pointeau
PWA17409	Riveteuse
PWA17477	Enclume
PWA17629	Support
PWA18872	Clé
PWA21350-22	Palier
PWA21350-31	Palier
PWA22634	Machine
PWA24402	Adapteur
PWA24480	Montage de repos
PWA26801	Adapteur
PWA32062	Clé
PWA32161	Crochet
PWA32527	Enclume
PWA32528	Enclume
PWA32548	Crochet
PWA32625	Riveteuse
PWA33196	Entretoise
PWA33218	Extracteur
PWA33287	Support

REPOSE DE LA HP TURBINE EN VERTICALE :**1) Repose du groupe distributeur turbine.**

- Insérer le logement (housing) du roulement palier 5, après avoir positionné le groupe distributeur sur le stand de travail (le côté arrière vers le bas).
- Installer un nouveau joint (spiral wound gasket) sans lubrifiant, aux gorges de la face arrière de l'ensemble pare-feu int. (se réferez au manuel pour une position optimale).
- Installer sur le moteur le group du roulement 5 sur la flange arrière du carter ext. Des CC et sur l'ensemble pare-feu int. Des paliers 4 et 5.
- Installer le ring spacer PWA 77509 sur le logement avec les trous des bolts alignés.
- Appliquer du PWA 521 oil sur le filetage avant d'installer les écrous afin d'éviter une mauvaise installations.
- Installer les boulons de travail (work bolts) et torquer a 45-55 lb/in la
- Torquer les boulons à 145 – 155 lb/in à la même séquence.
- Serrer les trois vis de fixation du housing à 22 – 23 ib/in.
- Desserrer les boulons à la même séquence puis les enlever.
- Déposer le ring spacer PWA77509 du logement.
- Installer la bague ext. Du roulement ainsi que l'amortisseur (damper) dans le logement du roulement 5.

2) Repose du groupe turbine HP d'entraînement du compresseur arrière :**a) Procédure d'essai du Runout du coussinet palier 5 :**

- Installer le joint froid dans la rainure du support joint du palier 5.
- Installer entretoise, attacher l'élingue et hisser l'ensemble du chariot.
- Lubrifier les filets, installer l'accouplement dans l'arbre et serrer manuellement.
- Installer un comparateur sur le coussinet du palier 5, tourner le rotor et prendre la mesure du runout (concentricité).
- Le runout doit êtres de 0.002 max.
- Si le runout est hors tolérances désaccoupler, et faire tourner le rotor pour trouver la position optimale, répéter cette option jusqu'à avoir le runout dans les limites.
- Mettre un comparateur sur le diamètre int du disque turbine 1^{er} étage.
- Tourner le rotor puis mesurer le runout sur cette surface.
- Le runout doit êtres de 0.005" (0.127mm) au max.
- Répéter la position du rotor et déposer ce dernier du moteur.

b) Repose du groupe turbine HP :

- Installer entretoise, attacher l'élingue et hisser l'ensemble du chariot, positionner les galets du palier 5 et maintenir en position.
- Avec de la vaseline, lubrifier les cannelures int de l'arbre.
- Installer le joint froid dans la rainure du support joint du palier 5.
- Positionner l'ensemble rotor turbine derrière le compresseur et le diffuseur.
- Lubrifier les, installer l'accouplement dans l'arbre.
- Serrer le plus possible manuellement puis torquer à 1500.
- Fixer temporairement le carter ext des chambres de combustion.

Déterminer la running position axiale du rotor puis vérifier la distance des plateformes (outer shroud) en 04 points des ailettes. (DROP CHECK).

- Si la distance est hors tolérance, remplacer l'entretoise, remonter, le rotor et répéter ma mesure de position.
- Installer un nouveau joint sans lubrifier aux gorges de la flasque de support du joint du roulement 5. (se referer au manuel pour une position optimale).
- Marquer la top position qui sera le N°1 des écrous de fixation.
- Positionner le rotor turbine derrière le compresseur arrière et diffuseur (aligner la HPT avec le point de repère pris lors de la dépose) et installer.
- Lubrifier le filetage des écrous de fixation, installer ces derniers et serrer manuellement.
- Torquer à 1500 lb/in et ajouter un angle de 18° à 22°.
- Fixer le support du joint du palier 5 en installant les boulons de travail (work bolts) et les torquer à 45 – 55 lb/in.
- Torquer les boulons à 145 – 155lb/in suivant la même sequence.
- Desserrer de ½ tour les boulons à la même sequence se serrage puis les enlever et les remplacer par les boulons du moteur à la même sequence en torquant 10-15lb/in.
- Torquer les écrous à 45-55lb/in à la même sequence.
- Retorquer à 95-100lb/in à la même sequence.
- Répéter le torquage à 95-100lb/in après 30mn.
- Effectuer test de débit d'air à 10 psi du gicleur d'huile des paliers 4 et 5.
- Effectuer essai d'étanchéité du compartiment 4 et 5.
- Repositionner et fixer le support arrière des CC et le support des stators turbine.
- Installer les CC et fixer le carter ext de ces dernières.

3) Repose de la bague extérieur et le logement joint du palier 4 ½.

- Installer la bague ext du palier.
 - Remonter le logement joint et remettre l'écrou de retenue.
 - Remonter le circlips du roulement et son écrou de retenue sur l'arbre de la HPT.
 - Torquer à 2000lb/in le pas à gauche !
 - Desserrer puis retorquer à la même valeur (03fois).
 - Rajouter un angle de 40° -45°.
 - Repose de la bague intérieur et les joints du roulement du palier 4 ½.
 - Installer les joints et les separateurs de palier 4 ½ .
 - Remonter le roulement (bague int et rouleaux) 4 ½ sur l'arbre turbine BP après les avoir mis dans de l'huile chaude pendant 5mn.
 - Remettre le circlips et l'écrou de retenue du roulement.
 - Serrer manuellement puis torquer à 2000lb/in en utilisant la clé PWA 12270 et la barre antirotation PWA 33468.
 - Rajouter un angle de 14° - 19° puis détorquer.
 - Retorquer à 2000lb/in.
- a) répéter la position de l'écrou avec la surface en contact.
- b) Rajouter un angle de 14° - 19°.
- c) Detorquer à 0lb/in puis retorquer à 2000 lb/in.
- d) Si le repère coincide avec le repère de surface en contact ou la dépasse de 0.05 max, rajouter un angle de 14°-19°.

Si les repères ne sont pas dans les limites, repère les opération a, bet c jusqu'à avoir d.

4) Repose des chambres de combustion :

- Placer le guide à l'arrière de cc.
- Installer les intercomes (crossover tubes) sur les cc.
- Placer toutes les cc à l'Int du carter diffuseur entre les fuels nozzles.
- Commencer par la cc N°6, insérer l'arrière de la chambre à l'Int du support arrière ,et l'avant au dessus des injecteurs.
- Apres assemblage de tous les ccs, installer les boulons sur les intercomes.
- Installer les pins de maintien.
- Glisser le guide arrière dans sa position et le fixer au support arrière.
- Torquer à 150-170 lb/in, puis freiner.

- Installer le carter Ext des cc alignant les fuels manifold bracket avec les boulons de la flange.

- Fixer les brides avant et arrière du carter Ext et boulonner les jackscrews.

5) Repose de l'ensemble haute pression (turbine et compresseur) :

- Installer l'adaptateur PWA 12944 et à l'aide d'élingue et palan, hisser l'ensemble HP.

- Installer les seal ring et poser l'ensemble sur la section compresseur arrière.

❖ Repose du carter diffuseur fan :

- reposer le carter Ext du diffuseur fan et le segment du carter int fan.

- installer la vanne de soutirage et tuyauterie palier#4.

- installer la tuyauterie de soutirage d'air, l'ensemble carénage et les tubes Int de détection de pression.

❖ Repose des accessoires Ext et tubes du carter diffuseur :

- Reposer les accessoires Ext et les tubes du carter diffuseur.

6) Remise du moteur à la position horizontale :

- A l'aide d'adaptateurs PWA 12329 et 12495, dégager le moteur de la position verticale sur stand PWA10860 et le mettre en horizontale.

7) Repose du groupe turbine LPT d'entraînement du compresseur avant :

- Contrôler les faces de l'entretoise pour parallélisme.

- Installer l'entretoise sur l'arbre turbine et vérifier à l'aide d'un cale son positionnement sur l'arbre.

- Lubrifier à l'huile les filets Int et graisser les galet du palier#4 ½ .

- A l'aide d'un outil jouant le rôle d'entretoise du palier#4 ½ (fabriqué localement ou vieille pièce récupérée), centrer les joints carbone en les faisant glisser au dessus du roulement#4 ½.

- A l'aide d'un outil nécessaires, maintenir et soulever l'ensemble turbine rotor/stator et commencer à enquiller l'arbre turbine à l'int du moteur après avoir inspecté les galets du brg #4 ½ ,pour s'assurer qu'ils sont tous positionnés radialement vers l'int.

- Insérer doucement l'ensemble turbine dans le rotor turbine HP.

- Torquer l'accouplement à 625 lb/in et fixe les brides du carter arrière et avant turbine à l'aide des 16 écrous.

- Mesurer la position du rotor et de l'entretoise (hauteur entre la face du carter turbine et la face arrière du disque 4^{eme} étage).
- Si la position n'est pas dans les tolérances requises, des accoupler et déposer l'ensemble turbine, puis installer une entretoise de dimensions appropriées et réinstaller l'ensemble turbine, ensuite répéter la mesure du drop check.
- Rétorquer l'accouplement à 1250 lb/in ensuite rajouter un angle de 6° à 18°.
- Retirer les outils de la partie avant du moteur, installer l'écrou de retenu de la cage intérieure du palier#1.
- Torquer à 2000 ib/in et rajouter un angle de 14° à 17°.
- Installer le rivet de l'écrou.
- Enlever l'arrêtoir de la bride arrière du carter turbine.

8) Repose du groupe d'entraînement avant :

- Installer les tubes de transfert du roulement#1.
- Installer le joint « O ring » et monter le support d'entraînement accessoire avant.

9) Repose de la bague extérieure du roulement#6 :

- Remonter la bague extérieure du roulement#6, l'entretoise de retenue et les cerceaux du joint de la bague.
- Remonter les joints du roule #6 et les séparateurs en rassemblant le paquet de joints.

10) Repose de la bague intérieure et des joints de roulement#6 :

- Remonter la bague intérieure et les joints du roulement#6 sur le moyeu après les avoir réchauffé dans un bain d'huile.
- Remonter l'arbre pignon d'entraînement de pompe de récupération d'huile palier#6.

❖ Repose du groupe de la section carter d'échappement :

- Installer l'outil à œil PWA 33247, les adaptateurs PWA26147 sur le carter d'échappement.
- Hisser l'ensemble l'installer à l'arrière du moteur en l'alignant avec la center line de celui-ci et fixer avec les colliers de montage.
- Dépose l'outil à œil, les brackets et les adaptateurs.
- Maintenir le moteur au niveau du carter turbine section étranglée à l'aide d'un treuil et d'une élingue PWA25757.

- Déplacer les piédestaux de la bride arrière du conduit fan du carter diffuseur vers la bride du carter d'choppement fan.
- Reposer les carnages Int avant et arrière de la section turbine et échappement de décharge fan.

11) Repose des deux demi carters fan (section combustion et turbine) :

- Reposer les demi-carters hauts.
- Reposer les demi-carters bas.
- Reposer les équipements extérieurs

12) Repose de la pompe de récupération d'huile du palier#6 :

- Installer l'arbre pignon, la pompe d'huile et le tube de pression d'huile.
- Installer le couvercle et le dispositif de protection thermique d'huile.
- Connecter les parties Ext et Int du tube pression d'huile interne sur le carter d'échappement turbine à la position 12h.
- Installer les deux segments (inf. et sup) du conduit Int d'échappement fan.
- Effectuer un essai de pression (air flow chek) du compartiment palier#6.

13) Transfert du moteur des piédestaux sur chariot :

- Attacher les élingues du moteur et le treuil élingues PWA 33824.
- Soulever le moteur des piédestaux.
- Déposer les supports des piédestaux PWA 32791,32789.
- Déposer le moteur sur le chariot de transport.

Conclusion

Nous avons effectué est basée essentiellement sur la turbine de turboréacteur CFM56-7B de Snecma. comme cette turbine constitue l'élément principal du moteur, elle attire le plus grand intérêt des études qui englobent les différentes défaillances qui diminuent les performances des ailettes turbine, parmi ces défaillances nous avons étudié les plus fréquemment survenues sur la turbine : l'érosion, la corrosion ainsi que la rupture turbine.

La turbine réclame des soins très particulière caractérisée par la rénovation et le développement des matériaux existant.

BIBLIOGRAPHIE

- ❖ Technologie De Turboréacteur.
- ❖ Guide De Maintenance (AMM).
- ❖ La pratique du turbofan.
- ❖ Les sites internes : www.google.fr

www.lycos.fr

www.Snecma.com

<http://wikipedia.org/wiki/turboreacteur>