

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère d'Enseignement Supérieure et Recherche Scientifique

Université de Blida
Institut d'Aéronautique

Mémoire de fin d'études Au but de l'obtention du diplôme d'étude
Universitaire appliquées en aéronautique (DEUA)

Option : Propulsion

Thème

**MAINTENANCE ET ANALYSE STATISTIQUE
DE DEPOSE MOTEUR
DE TYPE JT8-D**



Présentée par :

BELKACEM Lallia

Promoteur :

M^r - CHEGRANI
Ahmed

Promotion : 2003

| | |
|---|-----------|
| Introduction : | 1 |
| I-Description du réacteur JT-8D..... | 5 |
| I-1 – Généralité | 5 |
| I-2 -Principe de fonctionnement..... | 6 |
| I-3 -Description..... | 7 |
| I-3-1 Circuit de démarrage..... | 7 |
| I-3-1-1 Généralité..... | 7 |
| I-3-1-2Source d'air..... | 7 |
| I-3-2 Circuit d'allumage..... | 8 |
| I-3-2-1 Généralité..... | 8 |
| I-3-2-2 Description..... | 8 |
| I-3-2-3 Commandes..... | 9 |
| I-3-2-4 Fonctionnement..... | 9 |
| I-3-2-4-1 Allumage au démarrage..... | 9 |
| I-3-2-4-2Allumage permanent..... | 9 |
| I-3-3 -système de lubrification..... | 9 |
| I-3-3-1 Rôle de circuit d'huile..... | 9 |
| I-3-4- circuit carburant..... | 12 |
| I-3-4-1- But..... | 12 |
| I-3-4-2- Les élément constituent le circuit carburant..... | 12 |
| I-3-4-3 -Principe de fonctionnement..... | 13 |
| I-3-5 -System Anti Pompage..... | 13 |
| I-3-5-1 –Généralité..... | 13 |
| I-3-5-2 -Description..... | 14 |
| I-3-6 -Systeme de dégivrage..... | 14 |
| I-3-6-1 - Fonctionnement..... | 16 |
| I-3-6 -2 - System de soutirage d'air..... | 16 |
| I-3-6-3- System de soutirage d'air externe..... | 17 |
| I-3-6-4– System de soutirage d'air interne | 17 |
| I-3-7-Inverseurs de Poussée..... | 19 |
| I-3-8-Cycle de thermodynamique..... | 19 |
| I-3-9-Paramètre caractéristique d'un turbo réacteur..... | 19 |

SOMMAIRE :

| | |
|---|-----------|
| Chapitre II -System d'indication..... | |
| II-1- Généralités : | 20 |
| II-2 –Les indicateurs..... | 20 |
| II -2-1- EPR..... | 20 |
| II-2-2 -EGT..... | 21 |
| II-2-3 -RPM..... | 21 |
| II-2-4 -Indicateur de vibration..... | 21 |
| II-2-5 -Indicateur du System Carburant..... | 21 |
| II-2-6- Indicateur du System D'huile..... | |
| Chapitre III : Comportement du matériel | 23 |
| III-1-Etdude du Comportement du matériel..... | 23 |
| III-1-1- Dure de vie de matériel..... | 23 |
| III-1-1-1- Les défaillances catalectiques..... | 23 |
| III-1-1-2- Les défaillances par dérives | 24 |
| III-1-1-3- Exploitation en Maintenance..... | 25 |
| III-1-2- Définition d'une défaillances..... | 25 |
| Chapitre IV Maintenance..... | |
| IV-1- La fonction maintenance..... | 28 |
| IV-2- Définition de la maintenance..... | 28 |
| IV-3 Objectif et mission de la maintenance..... | 28 |
| IV-3-1 Assure la production prévue..... | 28 |
| IV-3-2 Maintenir la qualité du produit fabriqué..... | 29 |
| IV-3-3 Respecté les délais. | 29 |
| IV-3-4- Réduire le coût..... | 29 |
| IV-3-5- Assuré la sécurité du d'emploi..... | 29 |
| IV-3-6- Préserver l'environnement..... | 29 |
| IV- 4- la mission de la maintenance..... | 29 |
| IV –5 Importance de la fonction de la maintenance..... | 29 |
| VI – 5-1-Opérations et organisation de la maintenance..... | 30 |
| IV-5-1-1- L'entretien..... | 31 |
| IV-5-1-2- Remise en état..... | 31 |
| IV-5-1-3 Ravitaillement..... | 31 |
| IV-6 -Organisation de la maintenance..... | 31 |

| | |
|--|-----------|
| IV-7- Les politique de la maintenance..... | 32 |
| IV-7-1- Evolution de la maintenance aéronautique..... | 32 |
| IV-7-2- La maintenance corrective..... | 32 |
| IV-7-3-La maintenance préventive..... | 33 |
| IV-7-4-La maintenance systématique..... | 33 |
| IV-7-5-La maintenance conditionnelle..... | 33 |
| IV-8- Les opération de la maintenance corrective..... | 33 |
| IV-9-1-La Localisation..... | 33 |
| IV-9-2-Le dépannage..... | 33 |
| IV-9-3-La réparation..... | 33 |
| IV-9-4 -La rénovations..... | 33 |
| IV-9-5 -La modification..... | 33 |
| IV-10 -Les Opérations de la maintenance préventive..... | 33 |
| IV-10-1- l'inspection..... | 33 |
| IV-10-2 - Le contrôle..... | 33 |
| IV-10-3 -La visite..... | 33 |
| IV-11- La maintenance Prédictive..... | 34 |
| IV-11-1- Principe..... | 34 |
| IV-11-2 -Les technique de la maintenance prédictive..... | 34 |
| IV-11 -3 -Surveillance de l'état..... | 36 |
| IV-11-3-1 -Surveillance du circuit d'huile..... | 36 |
| IV-11-4 - Contrôle non destructif..... | 36 |
| IV-11-4-1-Contrôle endoscopies..... | 36 |
| IV-11-4-2 -Contrôle par thermographe infrarouge | 37 |
| IV-11-4-3 -Contrôle par rayon x et rayon γ..... | 37 |
| IV-11-5- Surveillance du comportement | 37 |
| IV-11-5-1- Analyse de vibration..... | 37 |
| IV-11-5-2 -Analyse des paramètres de fonctionnement..... | 37 |
| IV-12 - La Stratégie de la maintenance..... | 38 |
| IV-12-1- La Stratégie de la maintenance suivant potentiel..... | 38 |
| IV-12-2 -Stratégie de la maintenance suivant état..... | 39 |
| IV-12-2-1- Avec contrôle de niveau de faibilté..... | 40 |
| IV-12-2-2 -Avec control de paramètre de fonctionnement..... | 41 |

Chapitre V - Maintenance du JT8-D

| | |
|--|----|
| V-1-Généralité..... | 43 |
| V-2 description d moteur JT8-D en tant qu'un objet de maintenance..... | 44 |
| V-3- Maintenance en Ling(moyen de contrôles.)..... | 45 |
| V-3-1- Le niveau A ₁ | 46 |
| a -Point fixes..... | 46 |
| b- visite périodique. | 46 |
| c-endoscopes | 47 |
| V-3-2- Maintenance lourde limitée..... | 47 |
| V-3-3- Les instructions techniques..... | 47 |
| V-4 -Documentation technique | 48 |
| V-4-1- manuecl d'entretien. | 49 |
| V-4-2 -catalogue d'outillage. | 49 |
| V-4-3 -tableau d'outillage. | 49 |
| V-4-4-Tableau de composition illustrée..... | 49 |
| V-4-5- livre moteur | 49 |
| V-5- dépose programmé et dépose non programme..... | 49 |
| V-6- maintenance programmée et non programmée..... | 50 |
| a- les inspections détaillées..... | 50 |
| b- Les inspection de routine..... | 50 |
| c- Examen visuel..... | 51 |
| d- Examen détaillé..... | 51 |
| e- Vérification..... | 51 |
| f- Essais-test | 51 |
| V-6-1 -tableaux de visites..... | 53 |
| a-visite de pré-vol..... | 53 |
| b- visite journalier..... | 54 |
| c- visite transit..... | 55 |
| V-6-2- Etude statistique de dépose moteur JT8-D..... | 56 |
| V-6-2-1- diagramme de dépose programmée st non programmé... | 57 |
| V-6-2-2- Diagramme de cammobert..... | 58 |
| V-6-3 -planning de fonctionnement..... | 59 |

SOMMAIRE :

| | |
|---|----|
| V – 6-3-1 – principe de fonctionnement | 59 |
| V-6-3-2 -tableaux de nombre de moteur immobilisée par mois (RG) | 60 |
| V-6-3-3- Tableaux de nombre des moteurs dépose pour VI par mois..... | 62 |
| V-6- 4 -Tableaux de dépose moteur pour différent panne en(1992-2002)..... | 64 |
| V-6-5 -les principales causes de défaillance | 67 |
| 1- Injection des corps étrangers..... | 67 |
| 2- Les principales causes de défaillances compresseur..... | 67 |
| 3- Les principales causes de défaillances turbine..... | 69 |
| 4- Les principales causes de' défaillances chambre de combustion... | 73 |
| V-6-6- la relation entre ces endommagée..... | 76 |
| V-6-7 -cause de dépose non programmée du compresseur..... | 78 |
| V-6-8-cause de dépose non programmée de la turbine..... | 79 |
| V-6-8- cause de dépose non programmée de la chambre combustion..... | 80 |
| | |
| VI : recherche de panne et procédure de dépannage..... | 80 |
| VI-1- Introduction..... | 80 |
| VI-2 -définition des la pannes | 80 |
| VI-3 -différent type des pannes..... | 80 |
| VI-4 -différant classe des pannes | 81 |
| VI-5-Principe de recherche des pannes | 81 |
| VI-5 –1 -Symptôme observé..... | 82 |
| VI-5-2 -Analyse de l'anomalie..... | 82 |
| VI-6 -Dépannage..... | 82 |
| VI-6-1- Méthodologie de dépannage..... | 82 |
| VI-6-2 -Méthode de dépannage..... | 83 |
| a- Méthode aléatoire..... | 83 |
| b- Méthode globale..... | 83 |
| c- Méthode progressive..... | 83 |
| d- Méthode analytique..... | 83 |
| e- Méthode historique des pannes..... | 84 |
| VI-7- procédure de dépannage..... | 84 |
| 1- exemple des anomalies..... | 84 |
| 2- Pression d'huile bas..... | 85 |

SOMMAIRE :

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 3- Consommation d'huile élevée | 85 |
| 4- Température d'huile élevée..... | 85 |
| 5- Survitesse du régime N1..... | 86 |
| 6- Survitesse du régime N2..... | 87 |
| 7- EGT élève. | 89 |
| Conclusion..... | 92 |
| Bibliographie | |

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

- *A mes très chers parents en témoignage de leur soutiens et leurs aides et encouragements durant mes années d'étude et que dieu les protègent.*
- *Amon mes très chers frères.*
- *Ames très chers sœurs.*
- *A mes grand parents.*
- *A tous ceux que j'aime.*

E a tous ceux qui se feront le plaisir de me lire.



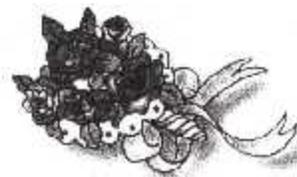
REMERCIEMENTS

*Nous remercions notre dieu qui nous a donner la vie pour
nous puissent arriver a ce moment la.*

*Je voulais aussi exprimer tout mes gratitude a mon frère
Ali pour leur encouragement.*

*Ainsi que je voulais tenais à adresser ma profonde
reconnaissance à mon promoteur Monsieur
«CHEGRANI» pour son aide précieuse et son suivi
remarquable.*

*Je n'oublier pas a remettre ce remerciement a monsieur
Habes pour l'attention bien veillant qu'il a bien voulu
mon manifester.*



ABREVIATIONS

JT : jet

G : Débit d'air

G1 : Débit d'air primaire

G2 : Débit d'air secondaire

F : Poussée inverse

W : Vitesse d'éjection des gaz

V : Vitesse d'entrée d'air

g : La pesanteur $g=9.81 \text{ m/S}^2$

C : Consommations pour une heure

EGT : Température des gaz d'échappement

FOD : Foreign objet dommage

HSI : Hot section inspection

Pv1 : petit visite

RG : Révision général

PRBC : pressure radio bleed control

FCU : Fuel contrôl unité

PS3 : Pression statistique de entrée compresseur haut pression

PS4 : Pression statistique d'entrée de la chambre de combustion

AC : Alternateur circuit

APU : Auxilary power unit = groupe auxiliaire de puissance

EPR : Indicateur du rapport de pression $Pt7/Pt2$

N(1) : constant équipement électronique

N1 : Attelage bas pression

N2 : Attelage haut pression

IGV : les aube de pré rotation

NGV : Les ordres directrices

RPM : Indicateur compte tours N1 et N2.

Introduction

Introduction

L'avion étant un pur produit des technologies de pointe est conçu et construit de manière à permettre aux utilisateurs de l'exploiter dans de larges plages de changements des altitudes et vitesse de vol, et dans diverses conditions climatiques et géographiques avec un niveau très élevé de sécurité de vol.

Ce maximum de sécurité de vol doit être assuré et garanti pendant toute la vie de l'avion qui s'étale de son premier vol jusqu'à sa réforme, et ceci s'obtient par une utilisation efficiente et en assurant une très haute fiabilité de l'avion et de ses systèmes pendant les pires conditions de vol et de fonctionnement et mené près des limites de stabilité, de résistance,

Tous les systèmes et équipements de l'avion ayant une influence sur la sécurité de vol (Réacteur par exemple), doivent assurer leur fonctions sans discontinuité durant toute leur période de fonctionnement imprévisible est non toléré, car ceci peut engendrer une perturbation du régime de vol de l'avion et des incidents regrettables aux conséquences souvent irréparables (avaries d'avions, catastrophes aériennes, ..).

L'utilisation efficiente de l'avion et de ses systèmes, dépend de ses qualités à l'exploitation (maintenabilité, simplicité,...), des possibilités qu'il offre à la découverte des anomalies et pannes et leurs élimination au moment opportun.

Pendant l'exploitation, la fiabilité de l'avion est maintenue et élevée par une utilisation efficiente rigoureuse de celui-ci une maintenance adaptée comportant des actions préventives correctives d'anomalies et de pannes, et une collecte est suivie systématiquement des informations concernant la vie et l'état de celui-ci.

Pour cela, vu l'importance de la maintenance dans l'aviation on connaît actuellement plusieurs stratégies de maintenance scientifiquement élaborées s'accompagnant de leur types spécifiques d'organisation structures et de moyens utilisés.

INTRODUCTION

I-Historique de la compagnie Air Algérie:

La compagnie air Algérie est créée en 1974, dans le but d'exploiter un réseau dense et régulier de lignes aériennes entre l'Algérie et la France.

Seize ans plus tard, en février 1963 à la suite de l'indépendance de l'Algérie, elle devient une compagnie nationale sous le ministère de transports.

Le 26 mars 1971 est une date historique dans la vie de la compagnie venant de Seattle (U.S.A) deux Boeing (727.200) arrivent à Alger des perfectionnements technique et commerciaux.

En février 1972, arrive à Alger, le premier Boeing 737.200 par cette acquisition air Algérie est la première compagnie au monde à utiliser à ce sujet des aéronefs jet.

Et en cette année 1972 et conformément la politique de récupération des ressources nationales, les dernières actions retenues par les sociétés étrangères étaient rachetées (nationalisation le 15-12-1972)

Air Algérie devient une entreprise à 100% algérienne mais cette algérianisation n'a été effectivement définitive réalisée qu'en 1974.

Durant l'année 1980, la flotte est enrichie d'une nouvelle type d'avion.

L'Airbus du type gros porteur, ainsi le nombre d'avions est passé de douze en 1972 à quarante deux en 1990.

Actuellement Air Algérie dispose pour le transport des passagers des avions des différents types: Boeing 767, Boeing 737, Airbus et Fokker. Ces derniers étant en service exclusivement sur les lignes intérieures.

Pour mener bien sa mission, Air Algérie utilise d'énormes moyens humains à savoir: le personnel au sol, le personnel navigant technique et enfin le personnel navigant commercial.

INTRODUCTION

Notre sujet de fin d'étude consiste à élaborer une analyse statistique sur les déposes programmée ou prématurée de moteur (JT8-D) due à des anomalies sur différent partie du moteur, pour cela on a suivi ces éléments suivant :

- Maintenance .
- Maintenance de JT8-D
- Analyse statistique de dépose moteur.
- Recherche de panne et procédure de dépannage

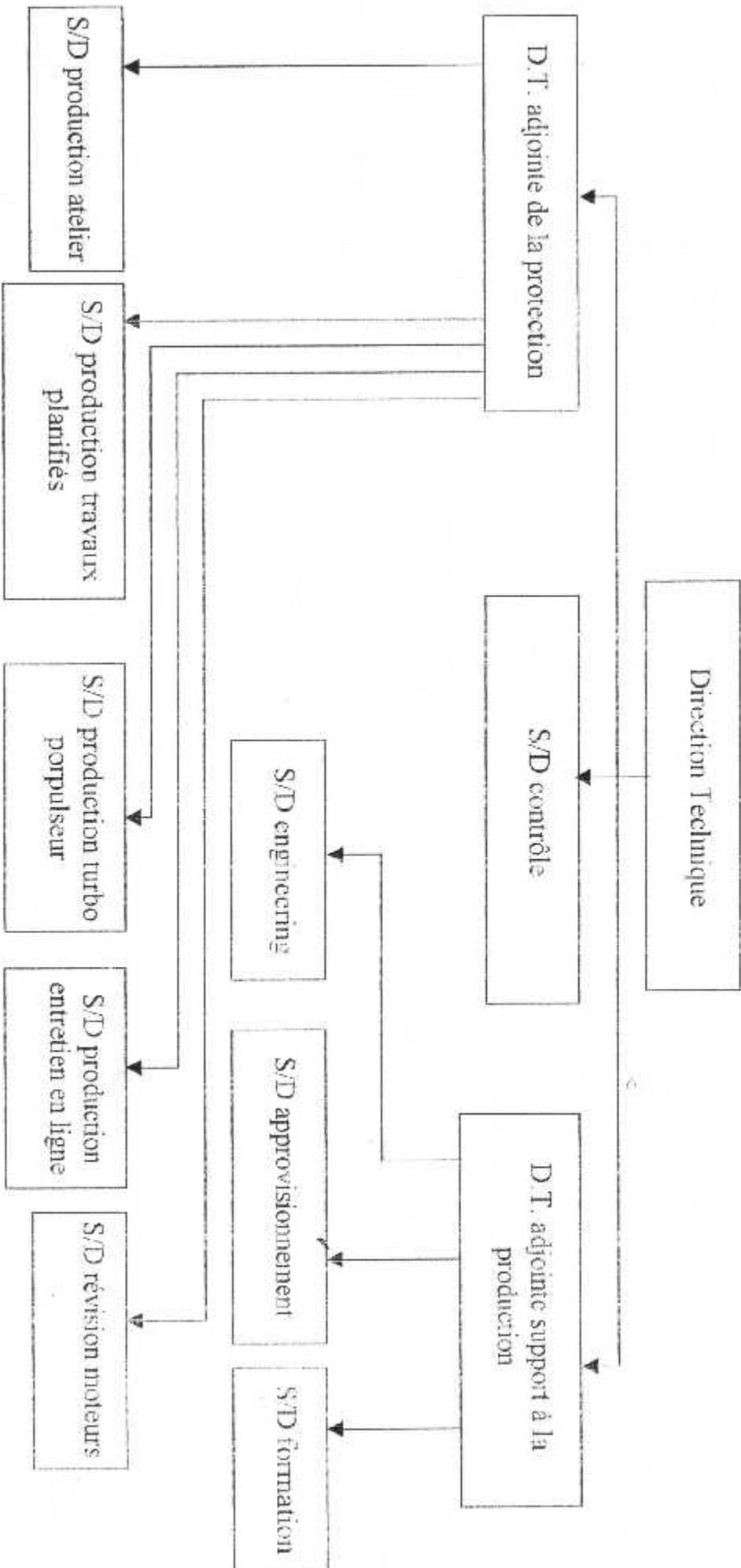


Figure 1 : Organigramme de la direction technique d'Air Algérie

DESCRIPTION DU REACTEUR JT8-D

1.1. Généralités:

L'avion pour accomplir le décollage, la montée en altitude, le vol de croisière, la descente, l'atterrissage et les différentes manœuvres au sol dans les conditions de sécurité et d'économie est équipé d'un système de propulsion complexe.

Le système de propulsion est composé de, ou plusieurs moteurs, des circuits d'alimentation carburant, de lubrification, de commande d'allumage et d'indication. Ce système de production en fonctionnement par commande du pilote fournit la force de poussée nécessaire à l'avion pour effectuer ses différentes phases de vol, pour un turboréacteur, la force de poussée est créée par l'éjection des gaz.

Les turbo-réacteurs sont des moteurs composés d'une entrée d'air, d'un compresseur (double attelages), turbine (double attelage) des chambres de combustion et d'une tuyère d'éjection.

La poussée dans ce type de réacteurs est obtenue par augmentation de l'énergie cinétique des gaz d'éjection et de l'air pour les réacteurs à double flux (flux secondaire), réalisée dans la turbine et la tuyère d'éjection.

- Les avions B737 et B727 équipés des moteurs turbo-fan à double flux JT8D de PRATT et WHITNEY
- Les avions B737 et B727 équipés des moteurs turbo-fan à double flux JT8D de PRATT et WHITNEY.

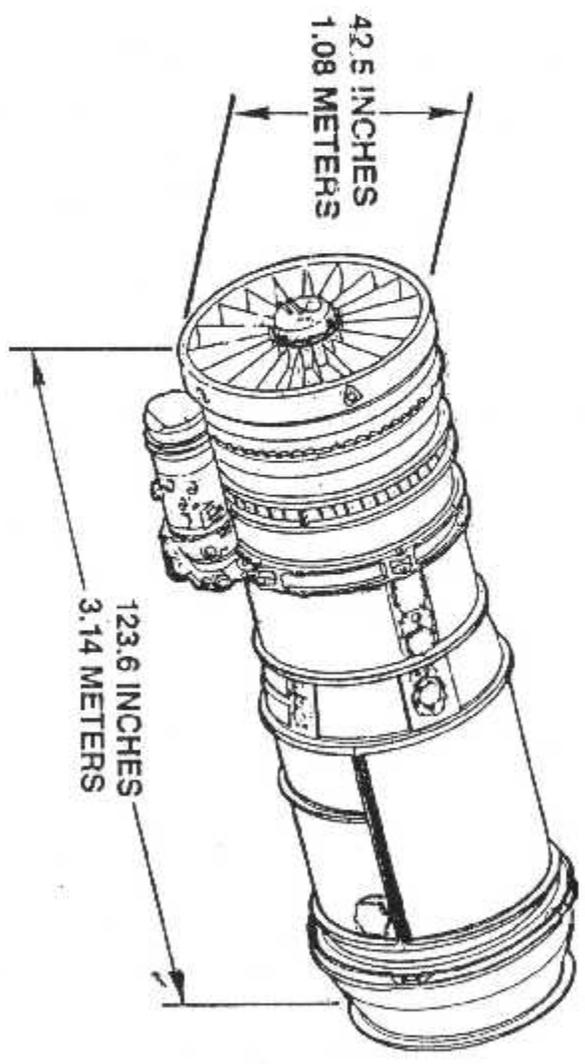
Ces moteurs se composent essentiellement:

- D'une grille d'aubes fixe directrices d'entrée.
- D'un compresseur axial à deux attelages, à treize étages
- Six étages à basse pression
- Sept étages à haute pression

FOR TRAINING PURPOSES ONLY
030 WPSTB-98 (07-20-90)

ENGINE DIMENSIONS

Fig 1-1



CHAPITRE I

- De neuf chambres de combustion du type séparés ou individuels
- D'une turbine axiale à deux attelages, de quatre étages.
 - un étage à haute pression
 - trois étages à basse pression
- un dôme d'entrée et une prise d'air sont montés à l'avant des aubes directrices d'entrée.
- Une tuyère d'éjection et un inverseur de poussée (voir Fig 1-2)

chaque moteur est équipé des systèmes suivants:

- Lubrification
- Alimentation moteur et régulateur de carburant
- Allumage
- Anti givrage moteur
- Anti pompage
- Soutirage d'air
- Inverseur de poussée
- Démarrage

L2. Principe de fonctionnement:

A l'aide d'une source pneumatique, on alimente le réacteur par un moteur auxiliaire appelé A.P.U ou par un groupe au sol. L'air est dirigé vers le démarreur pneumatique qui entraîne le Gear -box.

Le Gear- box est en liaison avec le compresseur haut pression, lié par un pignon d'entraînement d'où on aura la rotation de ce dernier.

Le compresseur aspire de l'air, le comprime et la pression augmente, cet air accède ensuite à la chambre de combustion dans laquelle le carburant est injecté. La combustion dans la chambre étant permanente le mélange air carburant s'enflamme, l'élévation de température provoque expansion des gaz, sous pression constante.

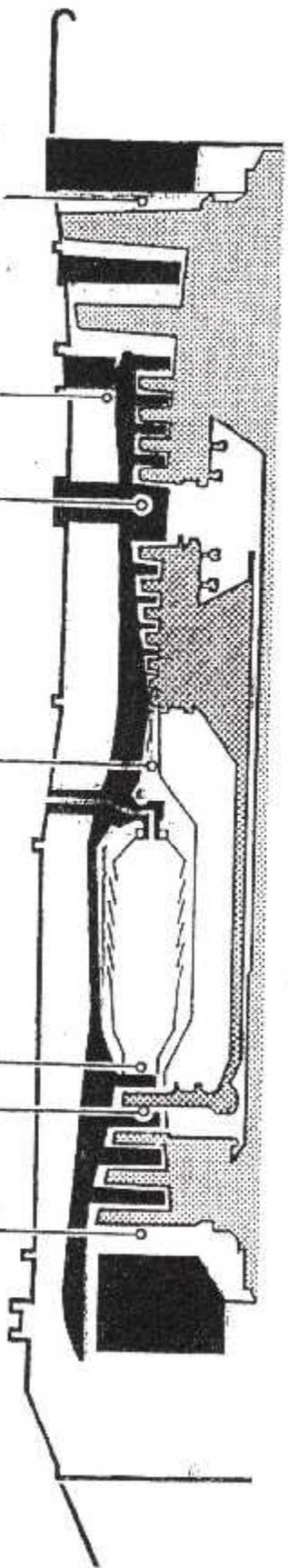
Les gaz ayant acquis le maximum d'énergie sont dirigés sur les turbines

Engine Model: JT8D-15A

Operating at takeoff

Operating Conditions:

Standard Day (Tamb = 15°C = 59°F; Pamb = 29.92 in Hg = 14.7 psi)
 No extraction of power or bleed air for aircraft systems



| | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|-----|------|------|------|
| STATION 2 | 2.5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Pt (psia) | 14.7 | 30.2 | 64.2 | 242 | 226 | 93.8 | 30.9 |
| Tt (°C) | 15 | 98 | 187 | 421 | 1004 | 761 | 525 |

TYPICAL OPERATING PARAMETERS

- N1 94.9% 8160 RPM
- N2 93.6% 11,420 RPM
- EGT 525 °C
- Fuel Flow Rate (Wf) 8737 pph
- EPR 2.09
- Thrust 15,581 lb

OPERATING LIMITS

- N1 redline 102.4% 8800 RPM, N1 at 100% 8589 RPM
- N2 redline 100.04% 12,250 RPM, N2 at 100% 12,245 RPM
- EGT redline 620 °C

Fig. A-2

CT7410.19910410

FOR TRAINING PURPOSES ONLY

PERFORMANCE DATA

Doc WPP37B-900 (03-20-91) Rev.

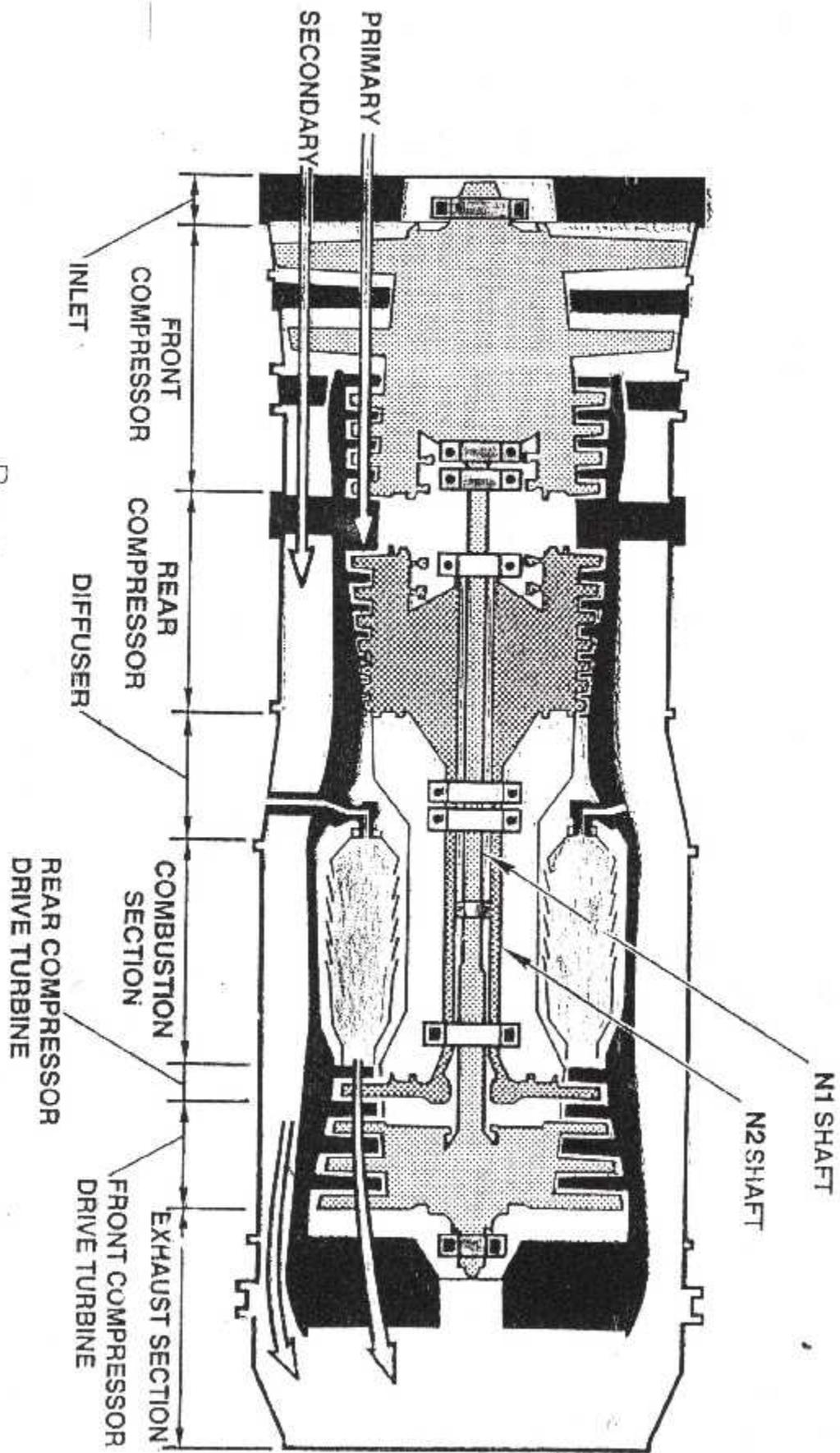


Fig 1-4

CT 7404
6-90

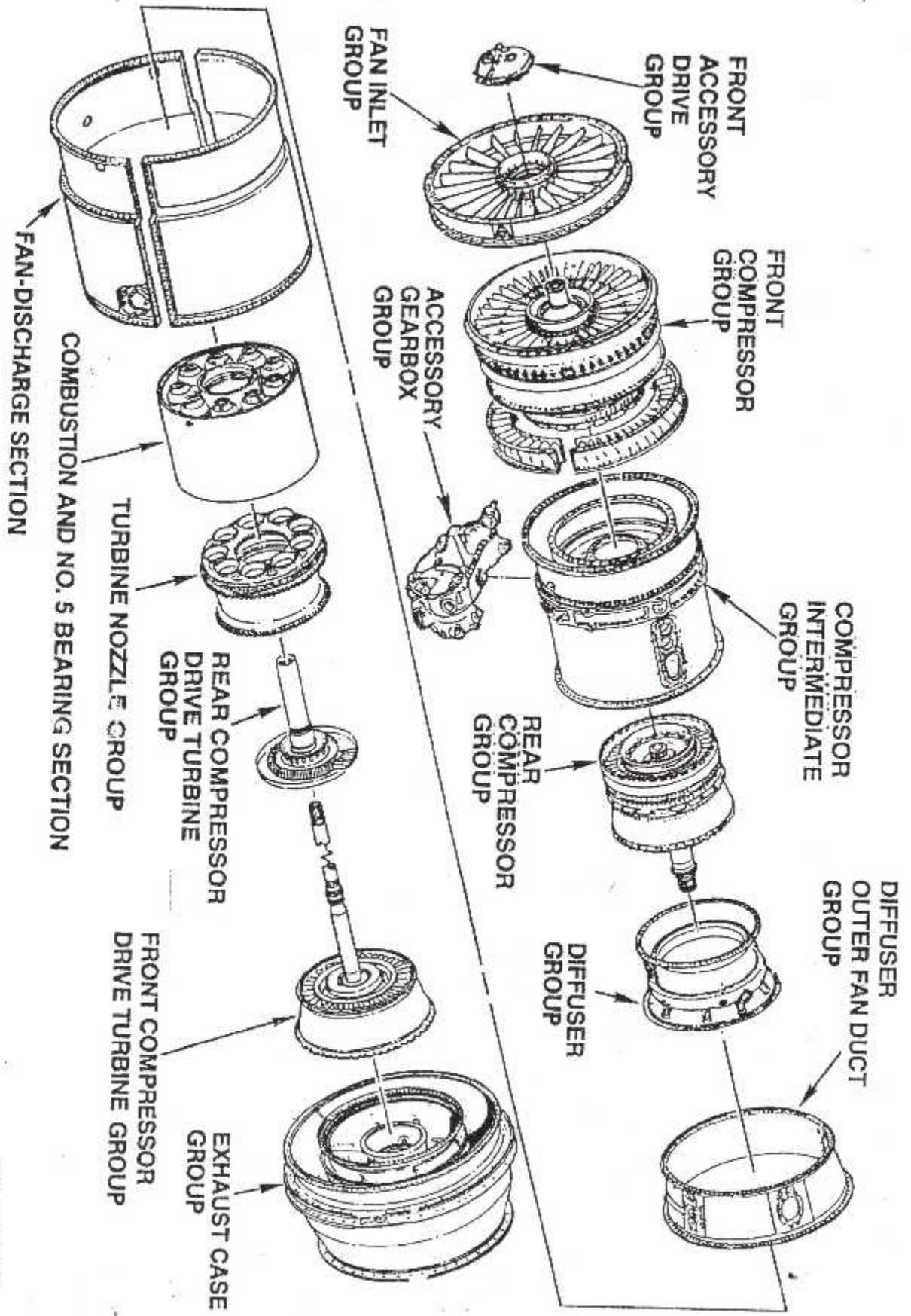
MAJOR JT8D DESIGN FEATURES

FOR TRAINING PURPOSES ONLY

CSB WPPSTB-911 (07-20-90)

BUILD GROUPS AND SECTIONS

Fig. A-5



CT6017.19910325

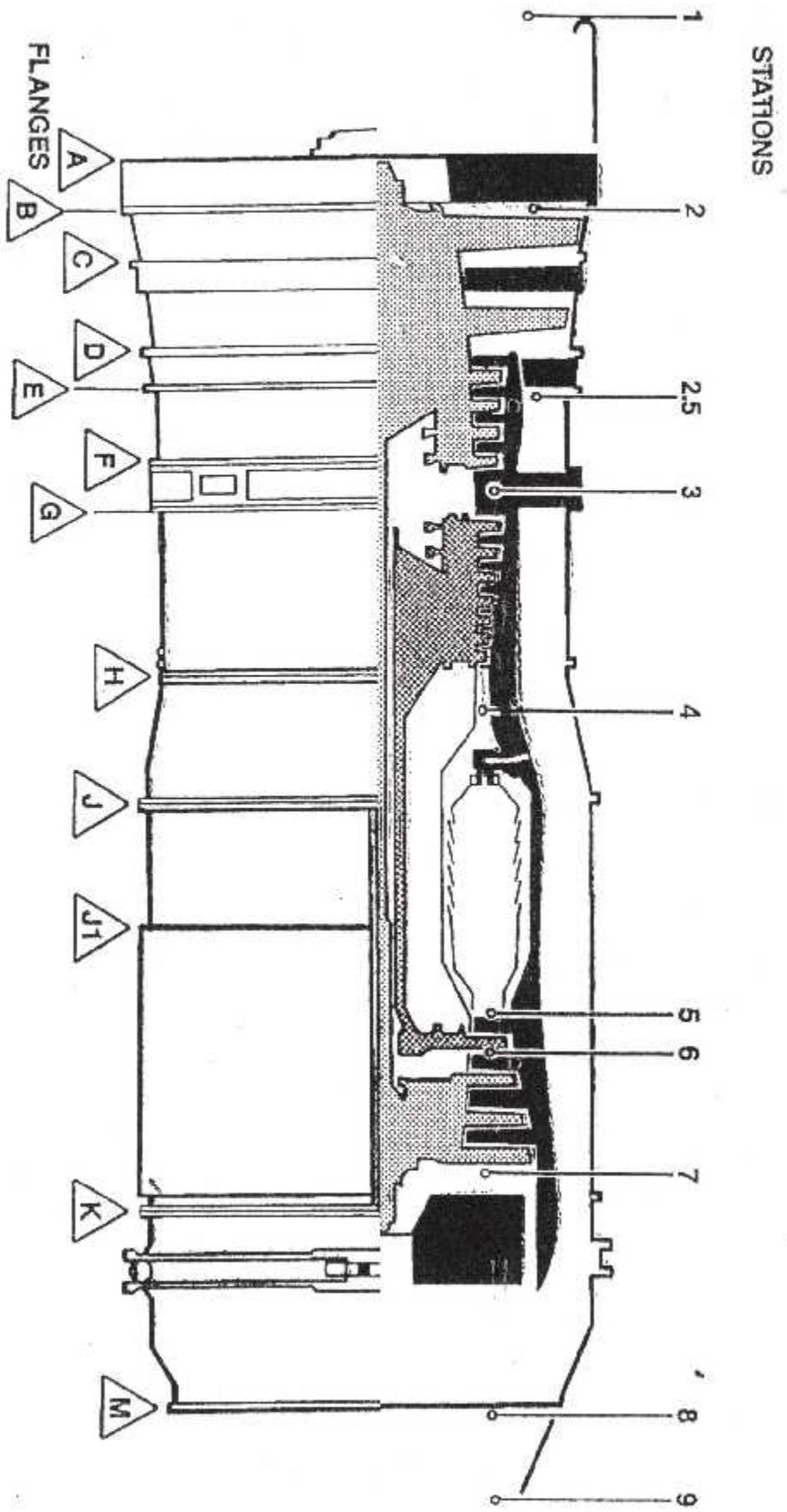


Fig. 1-6

CT7405.19910227

ENGINE FLANGES AND STATIONS
 FOR TRAINING PURPOSES ONLY

030 WPPSTB-981 (03-18-91) Rev.

à travers lesquelles ils se détendent partiellement en cédant l'énergie nécessaire à l'entraînement des compresseurs et de la soufflante.

Ils s'écoulent enfin dans le conduit d'éjection qui transforme leur pression résidentielle en énergie cinétique et ils sont rejetés dans l'atmosphère, cette énergie engendre, par réaction, une force ou poussée appliquée sur les éléments internes du réacteur et qui tend à propulser tout en modifiant le débit dans celui-ci vers l'avant.

Le pilote peut commander le réacteur tout en modifiant le débit de carburant par l'intermédiaire de la manette à gaz

Une modification de ce débit provoque une variation de régime. Il s'ensuit un changement de l'énergie cinétique des gaz (puissance dynamique) et finalement de la poussée.

L3. Description de systèmes JT 8-D:

1.3.1. Circuit de démarrage:

1.3.1.1. Généralités:

Le circuit de démarrage a pour but d'entraîner le compresseur haute pression (H P) et de lui donner une vitesse suffisante pour disposer au niveau des chambres de combustion d'une pression supérieure à une pression minimale d'inflammation, le circuit de démarrage est constitué d'un :

- Démarreur pneumatique
- Une vanne de démarrage
- D'alimentation d'air

1.3.1.2. Sources d'air:

a- Prise de parc:

A l'arrière droit du fuselage une prise permet le branchement d'un groupe de parc sur le collecteur commun conditionnement d'air démarrage.

b- Prélèvement d'air: au 8^{ème} étage du compresseur HP d'un réacteur déjà en fonctionnement à 80% de N2 minimum.

c-Mise en pression du circuit pneumatique: elle se fait

c-1.Par ouverture: - des vannes de soutirage

- des vannes d'intercommunication

- par un interrupteur de démarrage à trois positions.

-**Sol:** ouverture jusqu'à 35-40% de N2

-**Arrêt:** fermeture

-**Vol:** sans action sur la vanne

Commande secours:

- Actions manuelles sur le poussoir du solénoïde

- Actions manuelles sur l'axe du papillon (clé Allen)

1.3.2.Circuit d'allumage:

1.3.2.1.Généralités:

Il assure les fonctions suivantes, à l'aide de deux circuits indépendants:

a-Circuit "Allumage au démarrage" , utilisée pour le démarrage au sol ou le rallumage en vol du réacteur.

b-Circuit "Allumage permanent" utilisé pour soutenir la combustion, en cas de risque d'extinctions du réacteur

1-3-2-2Description :

Une boîte d'allumage, placée sous le réacteur, assure l'allumage par la charge de condensateurs entre les électrodes d'un ou deux allumeur montés dans les tubes à flamme n°4 et 7.

Elle comporte deux circuits séparés,

-L'un alimenté en 28V continu, provenant de la bus-batterie fournit aux deux allumeurs n°4 et 7 une haute énergie (20 joules) pour l'allumage du démarrage.

l'autre, alimenté en 115V alternatif provenant de la bus n°3 fournit un seul allumeur n°7 une basse énergie (4 joules) pour l'allumage permanent.

Le fonctionnement simultané des deux circuits est rendu impossible par des

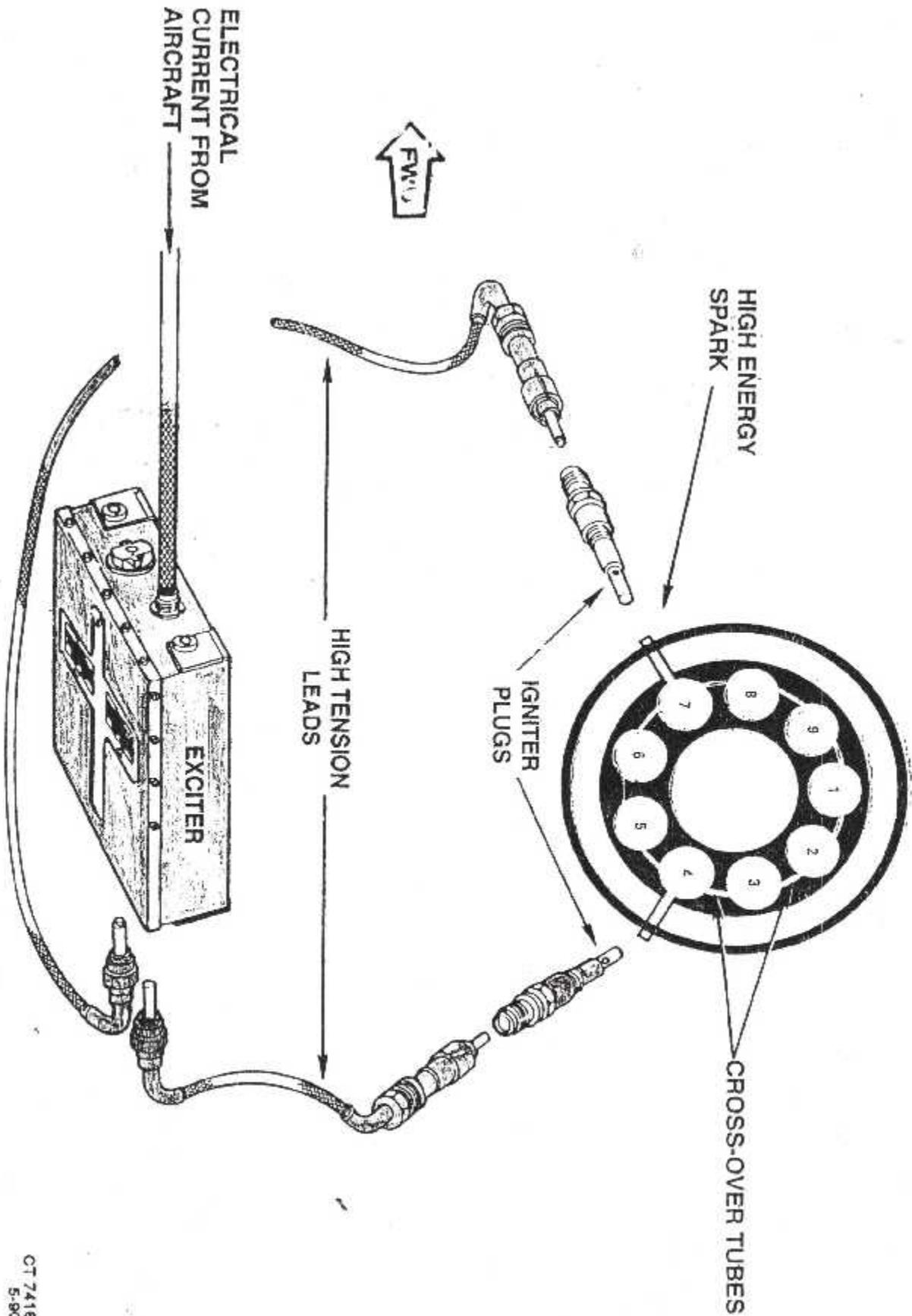


Fig. A.7

FOR TRAINING PURPOSES ONLY
IGNITION SYSTEM ELECTRICAL FLOW

030 WPPTB-904 (03-21-81) Rev.

CT 7416
 5-80

éclateurs qui isolent un circuit quand l'autre est en service.

I-3-2-3- la commande :

- un interrupteur (par réacteur) "Démarrage réacteur" à trois positions: sol-arrêt
-vol
- Une manette de démarrage (par réacteur) à deux positions arrêt-marche
- Un interrupteur (commun aux trois réacteurs) "Allumage permanent" à deux positions arrêt-marche.

I-3-2-4- Fonctionnement:

I-3-2-4-1- Allumage au démarrage:

La boîte d'allumage est alimentées en 28V continu est les allumeurs n^o4 et 7 mis en service quand:

- L'interrupteur de démarrage est sur "sol" ou sur "vol"
- La manette de démarrage est sur "marche"

Nota : les positions de l'interrupteur d'allumage permanent est alors sans influence.

I-3-2-4-2-Allumage permanent:

La boîte d'allumage est alimentée en 115V alternatif et le seul allumeur n^o7 mis en service quand:

- L'interrupteur "Allumage permanent" est sur "marche"
- La manette de démarrage est sur "marche"
- L'interrupteur de démarrage est sur "arrêt"

1.3.3. Système de lubrification:

1.3.3.1. Rôle de circuit d'huile:

Le circuit d'huile a pour rôle:

- a- Lubrifications
- b- Refroidissement
- c- Nettoyage des paliers

OIL SYSTEM OVERVIEW

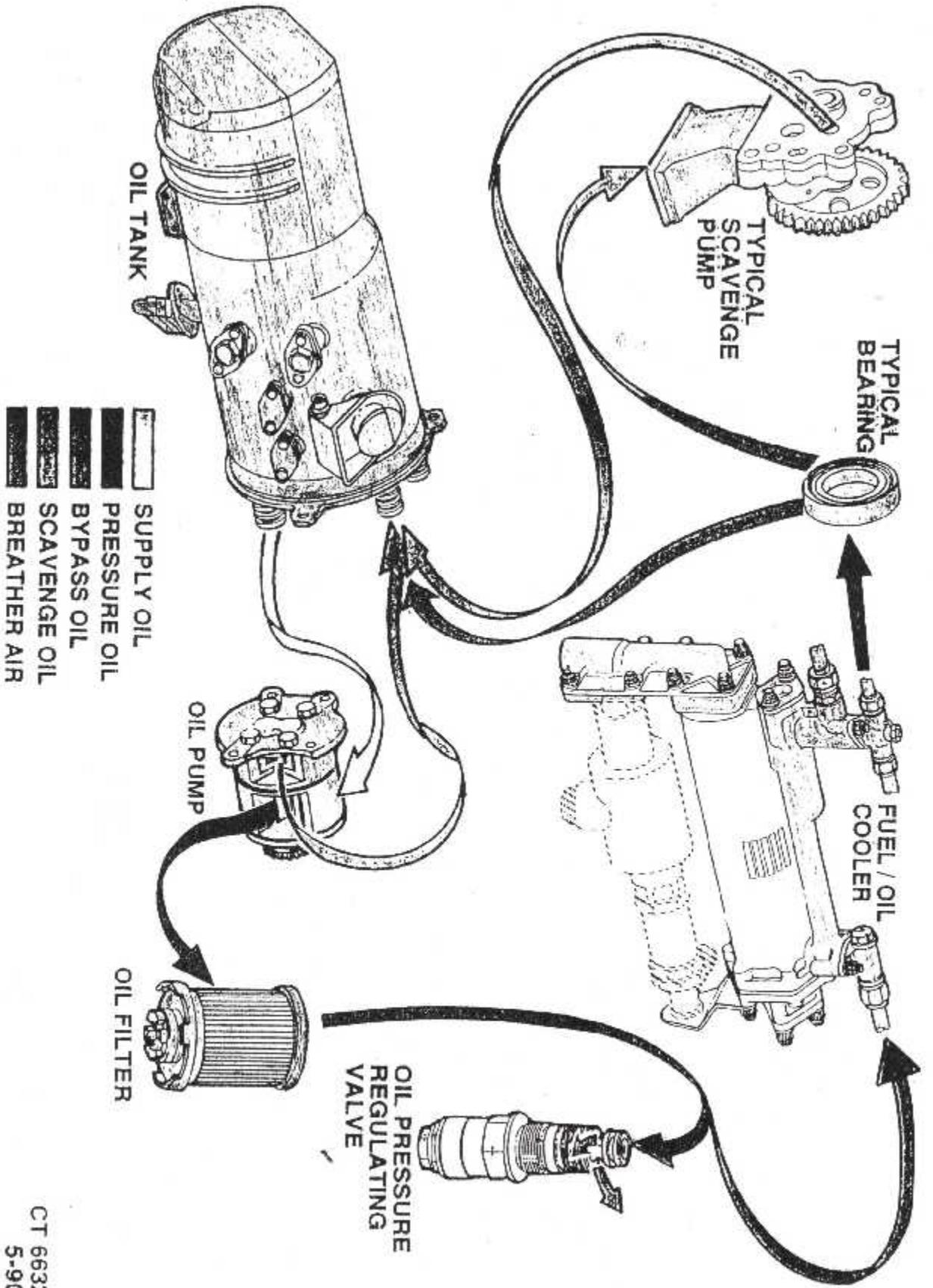


Fig. A-8

CT 6632
5-90

a- La lubrifications:

La lubrification est assurée par un circuit autonome situé à gauche du moteur et comprend:

- Un réservoir d'huile d'une capacité de 4 us (gallons) (15 litres)
- Une pompe de pression à l'intérieur de la Gear-box (pression moyenne 46PSI) dans le système.

Un radiateur refroidi l'échangeur thermique huile/carburant situé au dessus du réservoir

- Sept pompes de récupération d'huile à l'intérieur du moteur, et pompe de récupération principale
- Reniflard centrifuge qui assure la séparation (Air/huile)

- **b-Nettoyage et refroidissement des paliers:**

- **Roulement N° 2:**

Un roulement à double rangée de billes supporte l'arrière du compresseur basse pression N1 et permet à ce compresseur de se dilater vers l'avant, le logement du roulement est supporté par le carter avant.

- **Roulement N° 2:**

Un roulement à double rangée de billes supporte l'arrière du compresseur du compresseur basse pression et reprend les efforts axiaux, qui agissent sur la turbine basse pression, il est supporté par le carter intermédiaire

- **Roulement N° 3:**

Ce roulement à une rangée de billes supporte l'avant du compresseur haute pression N2 et permet la dilatation vers de ce dernier, il est supporté en même temps que le roulement N°2.

- **Roulement N°4:**

Ce roulement à double rangée de billes reprenant les efforts axiaux agissant sur le compresseur haut pression N2 et placé à l'arrière de celui-ci. Il

est supporté par le carter diffuseur.

Les efforts axiaux qui agissent sur la turbine haute pression sont repris aussi par le roulement N4.

- **Roulement N°4 1/2:**

Ce roulement à une rangée de galets est placé entre les autres N1 et N2 et empêche la flexion de ceux-ci.

Nota: l'ouverture de l'une ou l'autre des deux vannes d'intercommunication entraîne automatiquement l'ouverture de la vanne de soutirage du réacteur n°2.

c- Par fermeture:

- Les vannes de régulateur et d'isolement de groupes de conditionnement d'air
- La pression d'air est indiquée par un manomètre double au panneau supérieur mécanicien.

d-Démarreurs:

Sur chacun des réacteur, un démarreur pneumatique à turbine

Emplacement face arrière gauche de la boîte d'entraînement des accessoires N2.

Réduction de vitesse (turbine/arbre de sortie) 23.2/1.

L'arbre de sortie est enclenché en permanence sur l'entraînement N2. la turbine entraîne le réducteur, puis l'arbre de sortie par un dispositif à crochet dont les cliquets sont débrayés par effet centrifuge.

L'arbre de sortie entraîne les masselottes d'un interrupteur de survitesse qui provoque la fermeture automatique de la vanne de démarrage pour un régime N2 compris entre 35 et 40%

- Une réserve d'huile dans le carte du démarreur permet le graissage (plein: 350 cm³).

e-Vannes de démarrage:

Vannes à ouverture pneumatique commandée par un solénoïde elles contrôlent

Commande normale:

au panneau supérieur pilotes.

- Roulement N°5:

Un roulement à une rangée de galets est placé à l'avant de la turbine haute pression et permet la dilations vers l'arrière, il est supporté par la première rangée des aubes directrices de la turbine (NGV), ainsi que par le carter diffuseur (par l'intermédiaire des carters des chambres de combustion).

Roulement N°6:

Ce roulement à une rangée de galets à **contacte** radial supporte l'arrière de la turbine basse pression et permet à cette turbine de se dilater vers l'arrière, il est supporté par le carter d'échappement.

- Les joints d'huile:

Des joints d'huile formant avec la structure du moteur des chambres étanches autour des roulements. Dans ces chambres se fait la lubrification sous pression empêche tout fuite d'huile.

1.3.4. Circuit carburant:**1.3.4.1. But :**

Le circuit d'alimentation carburant a pour but d'amener le carburant des réservoirs jusqu'aux injecteurs avec une pression suffisante. Pour obtenir une bonne pulvérisation dans tous les cas de fonctionnement: ralenti, poussée maximum, altitude élevée.

1.3.4.2. Les éléments constituent le circuit carburant:

L'échangeur thermique (huile/carburant)

- Clapet de décharge et de pressurisation
- Purgeur distributeur.
- Les injecteur carburant
- Régulateur
- Pompe à carburant

CIRCUIT CARBURANT JT 2

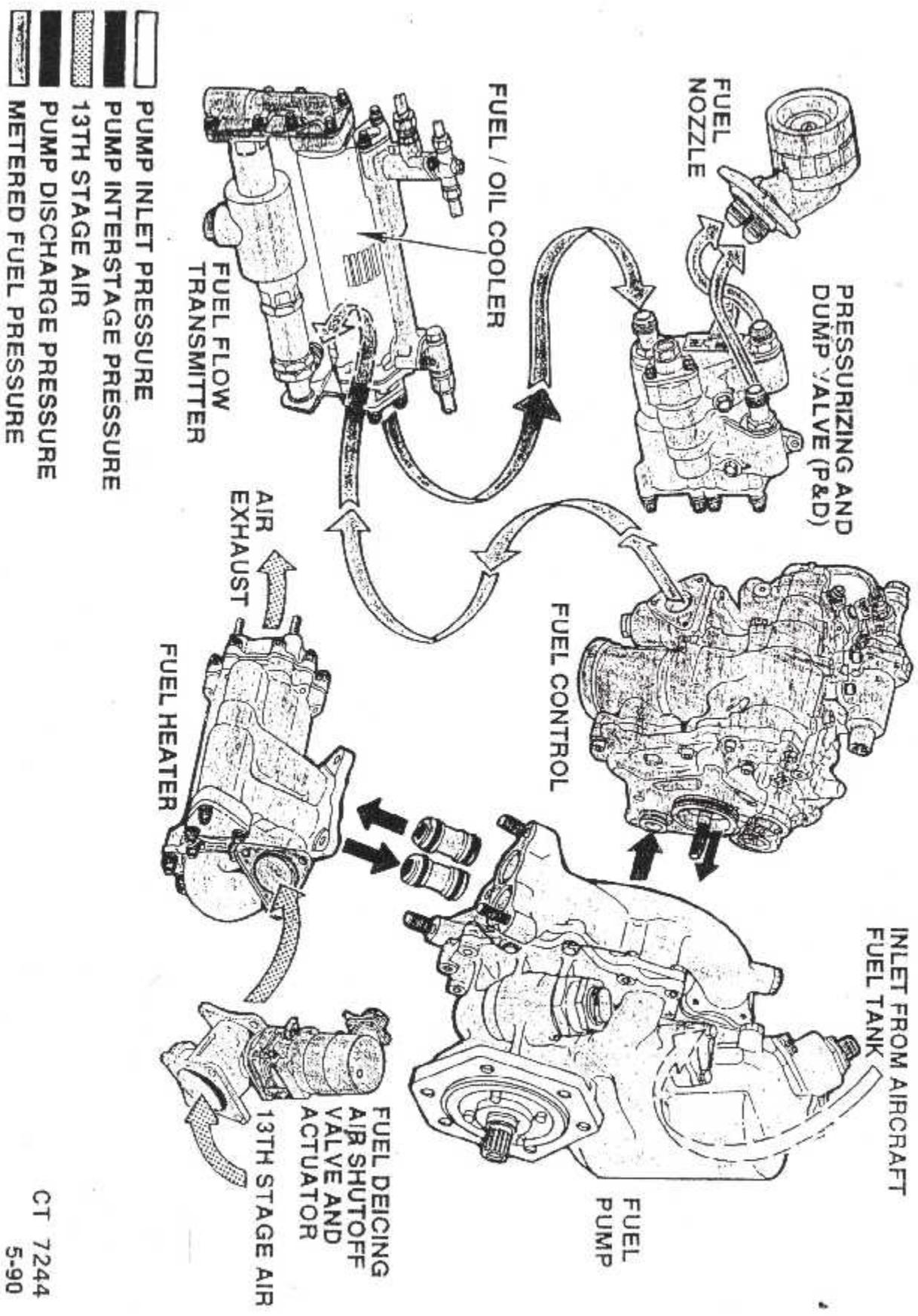


Fig 1-9

FUEL SYSTEM OVERVIEW

CT 7244
5-90

- Vanne de dégivrage carburant
- Réchauffeur carburant

1.3.4.3. Principe de fonctionnement:

Le carburant entre dans la pompe carburant entraînée, par la Gear -box, l'étage primaire, passe ensuite à travers le réchauffeur et le filtre pour entrer dans l'étage secondaire de la pompe, il est alors envoyé au régulateur de carburant (F.C.U) ou la quantité de carburant nécessaire est envoyée au débitmètre, puis de ce dernier le carburant traverse un échangeur « huile carburant » et se dirige ensuite vers un purgeur distributeur, où il sera divisé en deux débits : primaire et secondaire. Enfin, il termine sa course dans les injections qui vont pulvériser dans la chambre de combustion.

1.3.5. Système Anti-pompage:

1.3.5.1. Généralités:

Le système Anti-pompage aide à éviter le pompage moteur durant le démarrage et le régime ralenti, un pompage est un écoulement inverse de l'air causé par un décrochage de l'air au niveau des ailettes provoqué par un bourrage d'air au niveau du compresseur.

Le système Anti-pompage comprend:

Les vannes de décharge

Le (PRBC) « pressure radio bleed control » qui commande la fermeture et l'ouverture des vannes de décharge en fonction de:

-La pression totale de la deuxième station « entrée compresseur basse pression (Pt2)

-La pression statique de la troisième station « entrée compresseur haute pression » (Ps3)

-La pression statique de la quatrième station « entrée chambre de combustion » (Ps4).

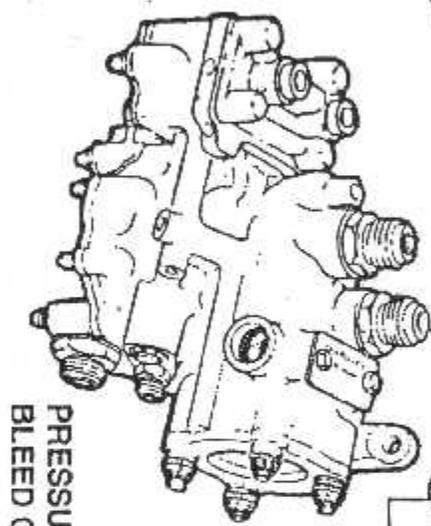
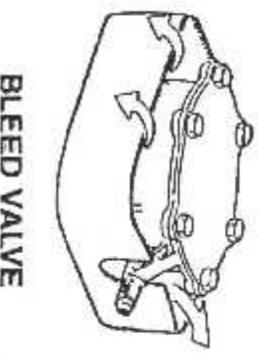
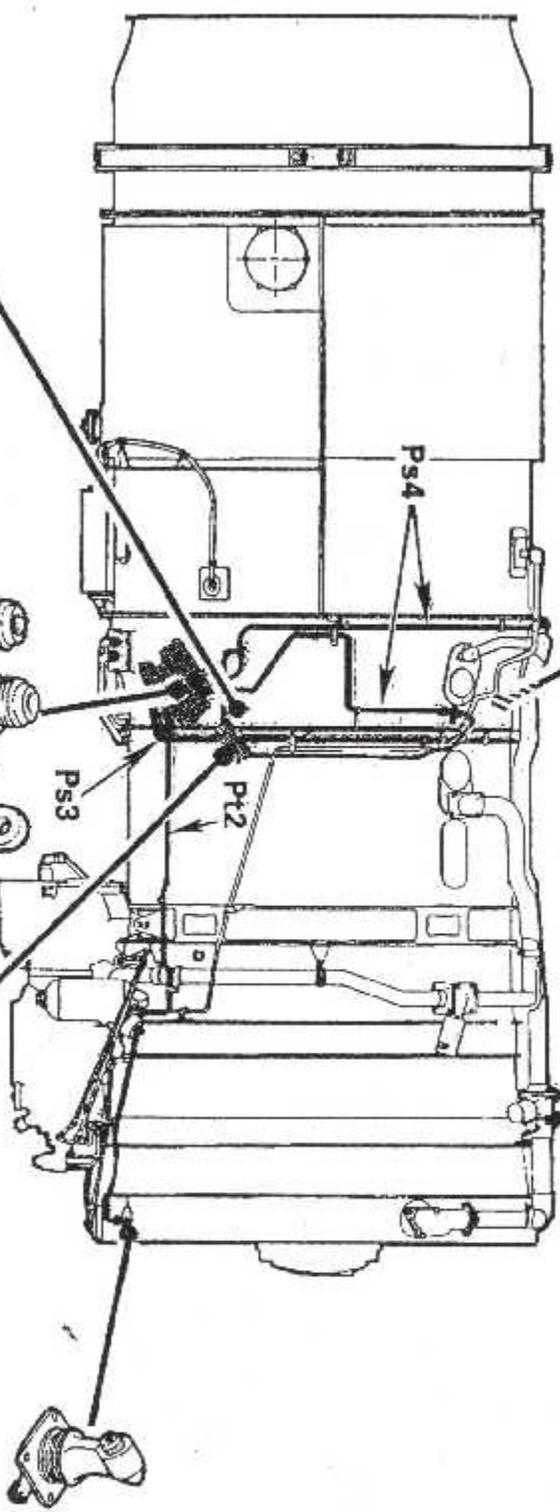
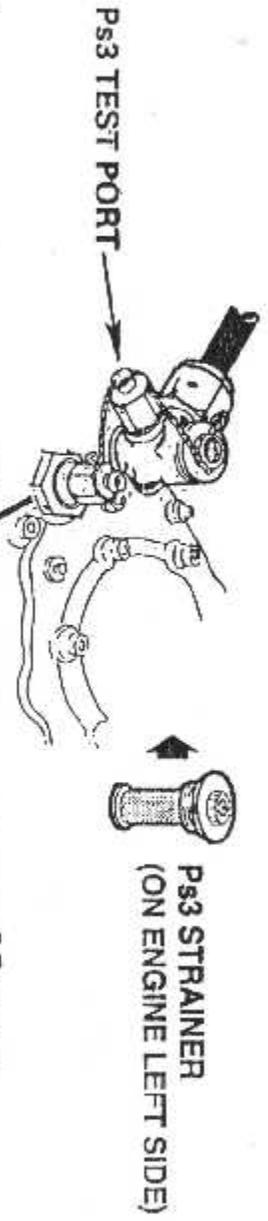


Fig. 1-10

CT6880.19910327

ANTISURGE BLEED SYSTEM

FOR TRAINING PURPOSES ONLY

CS6 WPFBTB-943 (07-24-80)

1-3-5-2- Description:

Pour éviter le pompage on ouvre les vannes de décharge pour évacuer l'exces d'air vers l'extérieur à travers le conduit d'échappement, l'ouverture des vannes de décharge se fait entre 43% et 51% vitesse de compresseur Ni

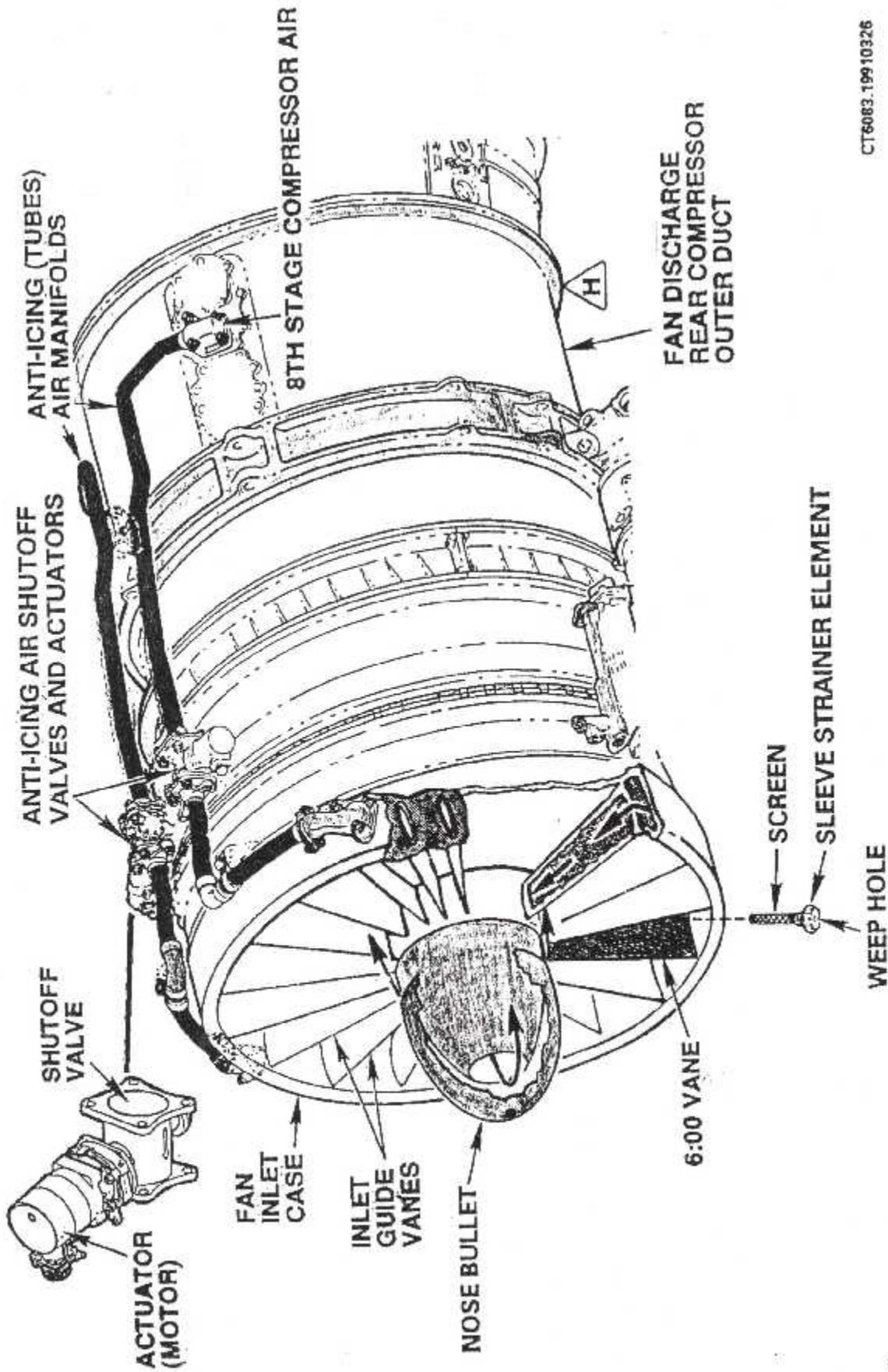
- Les vannes de décharge comportent un piston libre qui se déplace à l'intérieur
- Quand le moteur est en marche, la position du piston est contrôlée par la pression d'air qui pousse contre le piston, si l'air dans la station quatre (P_{s4}) n'est pas envoyé vers les vannes de décharge, l'air du compresseur pousse le piston vers la position d'ouverture, ceci permet à l'aide du compresseur haute pression d'aller rejoindre le flux d'air dans le fan directement.
- Quand l'air dans la station quatre (P_{s4}) est envoyé par le PRBC vers les vannes de décharge, il pousse le piston vers les positions fermés ceci empêche l'air du compresseur haut pression d'aller vers le flux secondaire.
- Au démarrage la pression statique du troisième station (P_{s3}) est inférieur à la pression du ressort et la pression statique du deuxième station (P_{s2}). Ce qui ferme les vannes de décharge dans ce cas la valve fermé à l'air de la quatrième station (P_{s4}), pas de passage vers les vannes de décharge.

A l'accélération la pression statique du troisième station (P_{s3}) augmente, devient supérieur à la pression du ressort et la pression total deuxième station (P_{t2}), ce qui ouvre les vannes de décharge, dans ce cas la muscle valve ouvert à l'air dans la quatrième station de passer vers les vannes de décharge.

1.3.6. Système de dégivrage:

Un système de givrage thermique utilisant l'air de soutirage réacteur pour empêcher la formation de glace sur le carter d'entrée réacteur, le dôme avant, le carter d'entrée compresseur et les aubes directrices.

Le système de dégivrage se compose de trois électrovalves alimentées en (15V).



CT6083.19910326

FIG. A-M

TYPICAL ANTI-ICING CONTROL AND INDICATION

FOR TRAINING PURPOSES ONLY

- a- valve de dégivrage réacteur sur le côté gauche supérieur du réacteur
- b- valve de dégivrage réacteur sur le côté droite supérieur du réacteur
- c- valve de dégivrage carter d'entrée sur le côté avant droit du réacteur

1.3.6.1. Fonctionnement:

Dans les conditions de dégivrage a sonde Pt2 dans le dôme avant se bouche par glace. La pression de l'air retenue entre le dôme et le transmetteur de taux de pression du réacteur est alors ventilée vers le dôme avant, réduisant ainsi le signal Pt2, causant la hausse de l'indicateur du taux de pression du réacteur « EPR »(Pt7/Pt2)

En plaçant le switch dégivrage sur les positions marche, on assure l'ouverture de trois valves de dégivrage (droite) l'air de soutirage du réacteur du 8eme étage compresseur passe à travers des restricteurs, les valves de dégivrage droite et gauche entre ensuite dans le carter et d'entrée compresseur.

L'air de soutirage du réacteur du 13^{eme} étage du compresseur passe à travers la valve de dégivrage carter d'entrée du réacteur, valve régulatrice thermostatique.

Il est déchargé ensuite à travers l'injecteur, mélangé à l'air de soutirage du 1 3^{eme} étage, et se dissipe ensuite dans le capotage du bord d'attaque à travers un tube perforé. L'air est alors déchargé à l'extérieur à travers un orifice dans le carter d'entrée du réacteur.

1.3.6.2. Système de soutirage d'air:

De l'air comprimé est sont différent compresseur Ni et N2 tels que les étages 6/8 /13^{eme}

- a : Refroidir la section chaude du moteur
- b : Pressuriser les joints des roulements
- c : Pressuriser l'intérieur du moteur
- d : Réduire les efforts axiaux sur la butée du roulement N⁰4

1.3.6.3. Soutirage d'air externe:

De l'air est soutiré aux étages qui est utiliser dans différentes systèmes:

- Refroidissement de l'alternateur
- Dégivrage moteur et prise d'air
- Alimentation au réchauffeur carburant
- Protection anit pompage du moteur
- Pressurisation des réservoirs hydrauliques
- Dégivrage des ailes
- Pressurisation et conditionnement d'air
- Démarrage moteur
- Circuit de commande du F.C.U

Mise sous pressions du réservoir d'eau

- Reverse du Boeing 727

1.3.6.4. Soutirage d'air interne:

De l'air est soutiré aux étages 8^{eme}, 9^{eme} et 13^{eme} et est utilisé:

- A la pressurisation des jointes de roulements
- Au refroidissement de la section moteur
- A la pressurisation de l'intérieur du moteur

Etage 1:

Une prise de pression Pt2 est prévue à l'entrée de moteur, elle est raccordée au vérin de commande des vannes de décharge.

1. Etage 2:

L'air soutiré du conduit d'échappement du fan est utilisé:

- Au refroidissement de alternateur. soutirée, s'échappe dans l'atmosphère par une ouverture dans le capot droit
- Au refroidissement au precooler dans le système pneumatique, ce soutirage est pris

à hauteur de chambres de combustion et est amené au dessous du moteur d'où il est refoulé à l'atmosphère à travers le capot gauche

- Au refroidissement au radiateur d'huile , le soutirage est pris à hauteur des chambres de combustions passe dans le radiateur puis refoulé dans l'échappement du fan.

Etage 6:

Ce soutirage sert à la commande des vannes de décharges (Ps3)

Note sur le moteur du Boeing 727 l'air de soutirage du 6^{ème} étage sert pour le dégivrage additionnel de l'entrée d'air.

Etage 8:

L'air soutiré est utilisé:

- Au dégivrage des Ailettes de Pré rotation (IGV) et de la prise Pt2 et le cône de pénétration
- Pour le système pneumatique
- Au démarrage par soutirage d'air
- Au dégivrage moteur

Etage 13:

L'air soutiré à l'arrière du compresseur sert:

- A la protection anti- pompage du compresseur
- Alimenter le réchauffeur carburant
- A la commande de la vanne de décharge
- Comme pression de commande du F.C.U
- A la pressurisation des réservoirs hydrauliques
- Pour le moteur à la pressurisation du réservoir d'eau
- Au dégivrage de l'entrée d'air
- Au système pneumatique lorsque le soutirage d'air du 8^{ème} étage

1.3.7. Inverseur de poussées:

L'inverseur de poussées est fixé sur la buse d'éjection, il est obtenu par la fermeture de deux coquilles .

1-3-8-Cycle thermodynamique:

Le turboréacteur fonctionne suivant un cycle thermodynamique, qui consiste en compression adiabatique de l'air, d'un apport de chaleur isobare et d'une détente adiabatique des gaz, d'où ce cycle fourni une poussée nécessaire, la rotation de l'engin entraîne les accessoires. Ceci fourni une source pneumatique utilisée, pour différents pressurisation)

1-3-9- Paramètres caractéristiques d'un turboréacteur:

- Poussée $p=G(w-v)$
- Poussée spécifique..... $p=pu/G.g$
- Consommation spécifique de carburant $Cs=ch/p$
- Rendement thermique..... $R (w^2-v^2)/2p$
- Turbo réacteur à double flux.
- pousse du circuit d'air primaire..... $P1= G (W1-V)$
- -pousse du circuit d'air secondaire..... $P2= G (W2-V)$
- pousse totale..... $P=p_1+p_2$

CHAPITRE II

II-1-1- Généralités:

Les moteurs JT8-D sont équipés des indicateurs suivants:

- Indicateur de rapport de pression P_{t7}/P_{t2} (EPR)
- Indicateur de température totale des gaz d'échappement (T_{t7})
- Indicateur compte-tours Ni et N2 (RPM)
- Indicateur du système d'huile (quantité d'huile, température)
- Indicateur du système carburant (débit carburant, givrage, filtre)
- Indicateur de vibrations de moteur

Toutes ces instruments sont situés sur la partie centrale du panneau des instruments dans la cabine pilotage

II-1-2. Les indicateurs:

II.2.1. Indicateur E.P.R:

La poussée développée par le moteur pour être exprimée en fonction du rapport P_{t7}/P_{t2}

Les pressions d'impact P_{t2} (entrée du compresseur), et P_{t7} (sortie de la turbine) sont appliquées à un calculateur rapport et transmis par liaison en synchro à un indicateur qui est appelé EPR (engin pression radio).

II.2.2. Indicateur E.G.T:

La température est mesurée par huit thermocouples montés dans le carter d'échappement du moteur. Chaque thermocouple est constitué d'une jonction, chromel (+), alumel (-) et les huit jonctions sont raccordées afin d'obtenir une tension proportionnelle à la moyenne des températures.

L'indicateur est un millivoltmètre gradué de 0 à 850 C⁰, il nous renseigne sur la température totale des gaz de la sortie turbine T_{t7} qui est appelé EGT (Exhaust gas turbine).

FOR TRAINING PURPOSES ONLY

ENGINE PRESSURE RATIO SYSTEM

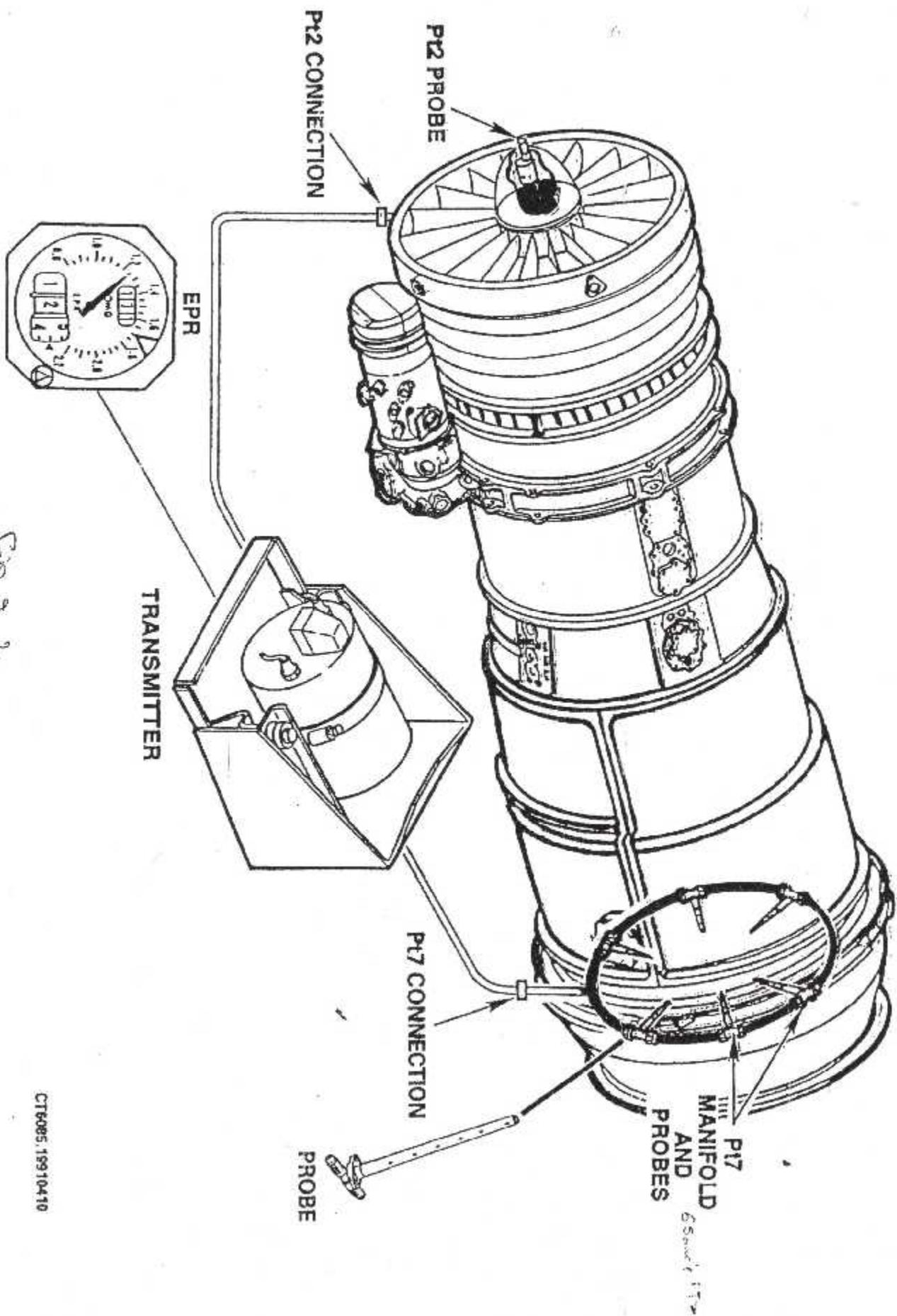


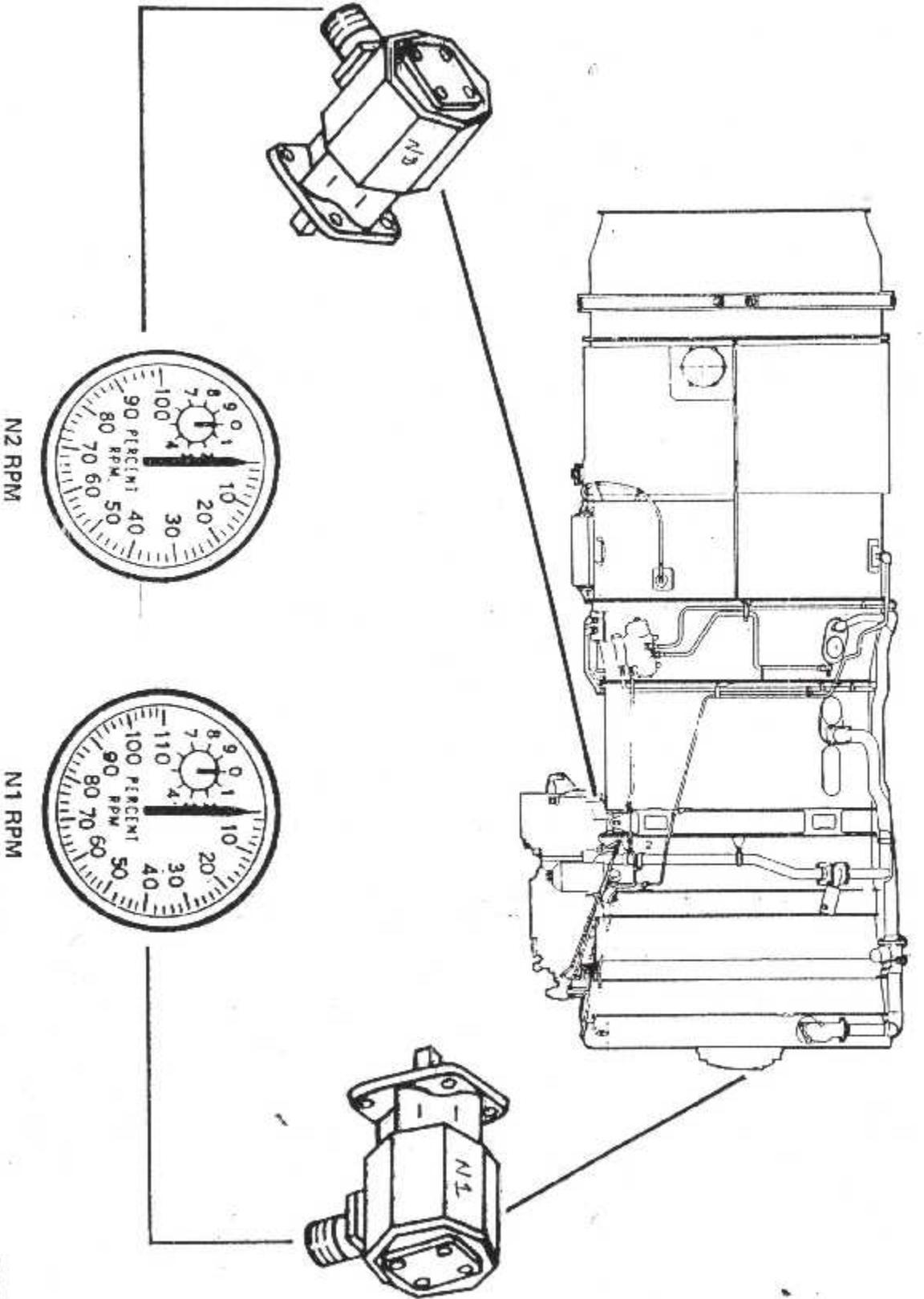
Fig 2-2

CT6085, 15910410

FOR TRAINING PURPOSES ONLY

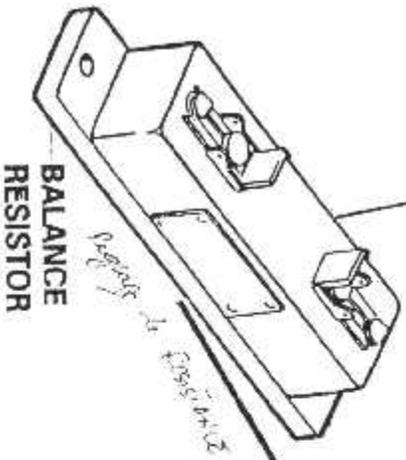
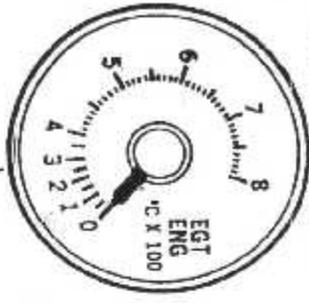
ENGINE RPM INDICATING SYSTEMS

Fig 2-3

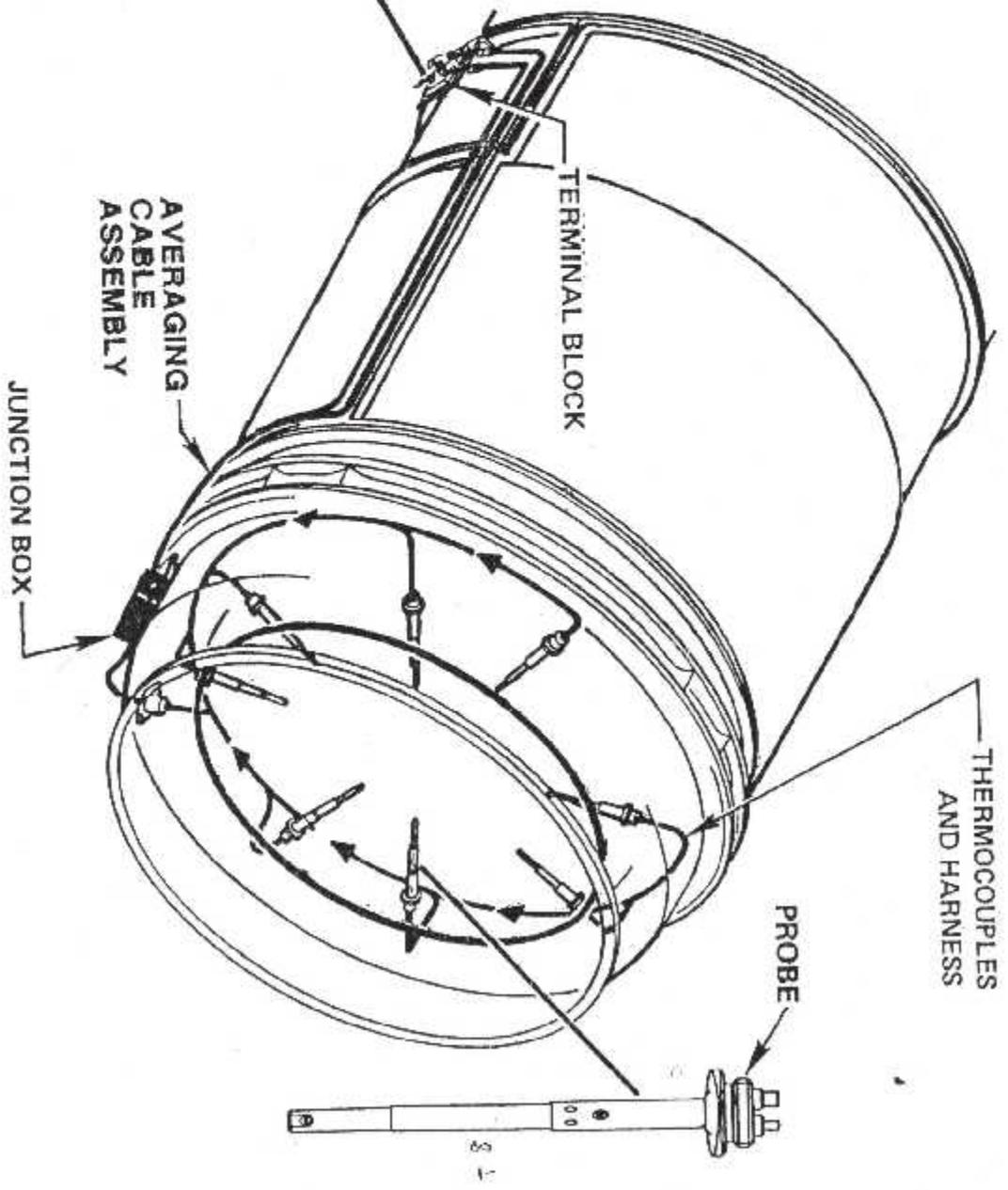


CT 6502
7-89

EGT INDICATOR



BALANCE RESISTOR



THERMOCOUPLES AND HARNESS

TERMINAL BLOCK

AVERAGING CABLE ASSEMBLY

JUNCTION BOX

PROBE

Fig 2-4

EGT INDICATION SYSTEM

FOR TRAINING PURPOSES ONLY

CT6066, 19910408

II.2.3.Indicateur R.P.M:

Le système tachymetrique mesure la vitesse de rotation des compresseurs basse et haut pression du réacteur et donne une indication visuelle dans la cabine de pilotage, pour contrôler son gradués en pourcentage de 0 à 110% tel que la correspondance avec la vitesse des compresseur est la suivante:

100% Ni = 8590 tr / min; 100% N2 tr / min

II.2.4.Indicateur de vibrations moteur:

Le but de ce dispositif est de remettre en évidence des anomalies non décelées par les instruments principaux de contrôle (Tt₇, EPR, débit de carburant, vitesse de rotation) et dont l'évolution risque de provoquer des détériorations plus au moins importantes au réacteur.

II.2.5.Indicateur du système de carburant:

Le jaugeur réservoir indique la quantité de carburant restant utilisable dans le réservoir.

Le débit horaire de carburant est mesuré par un transmetteur localisé sur le côté gauche avant du réacteur qui est un indicateur gradué en Kg/h de 0 à 550 kg/h.

Le colmatage de chaque filtre est renseigné par une étiquette ambre marque « filtre icing »(givrage filtre), lorsque la pression différentielle à travers le filtre atteint 4.4 à 5.8 Psi, le switch se ferme, le voyant s'allume (l'étiquette ombre)

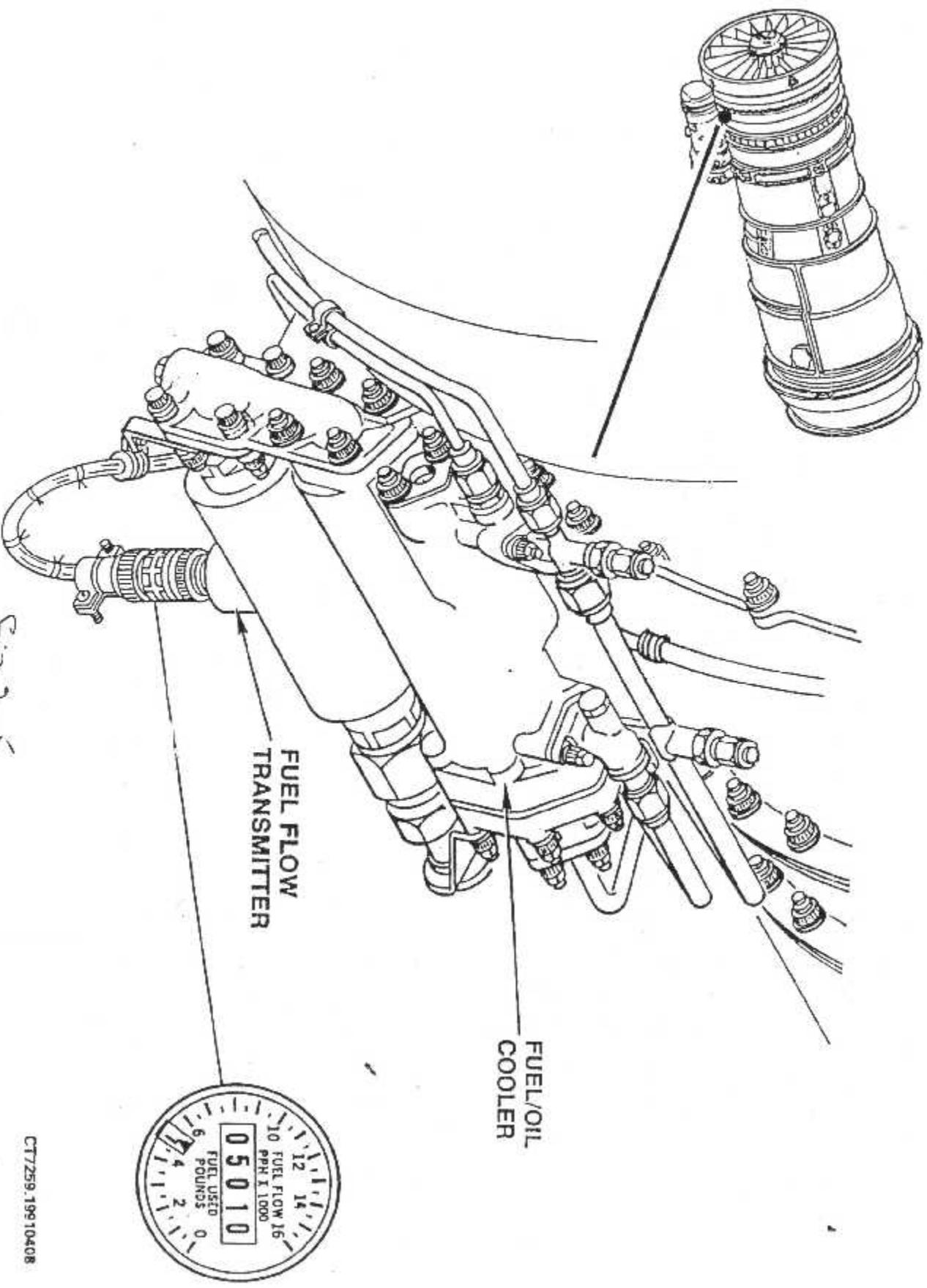
II.2.6.Indicateur du système d'huile:

La quantité d'huile est mesurée par une jauge capacitive montée à la partie inférieure du réservoir, elle est insérée dans un pont de condensateur

FOR TRAINING PURPOSES ONLY

FUEL FLOW INDICATING SYSTEM

Fig 2-5

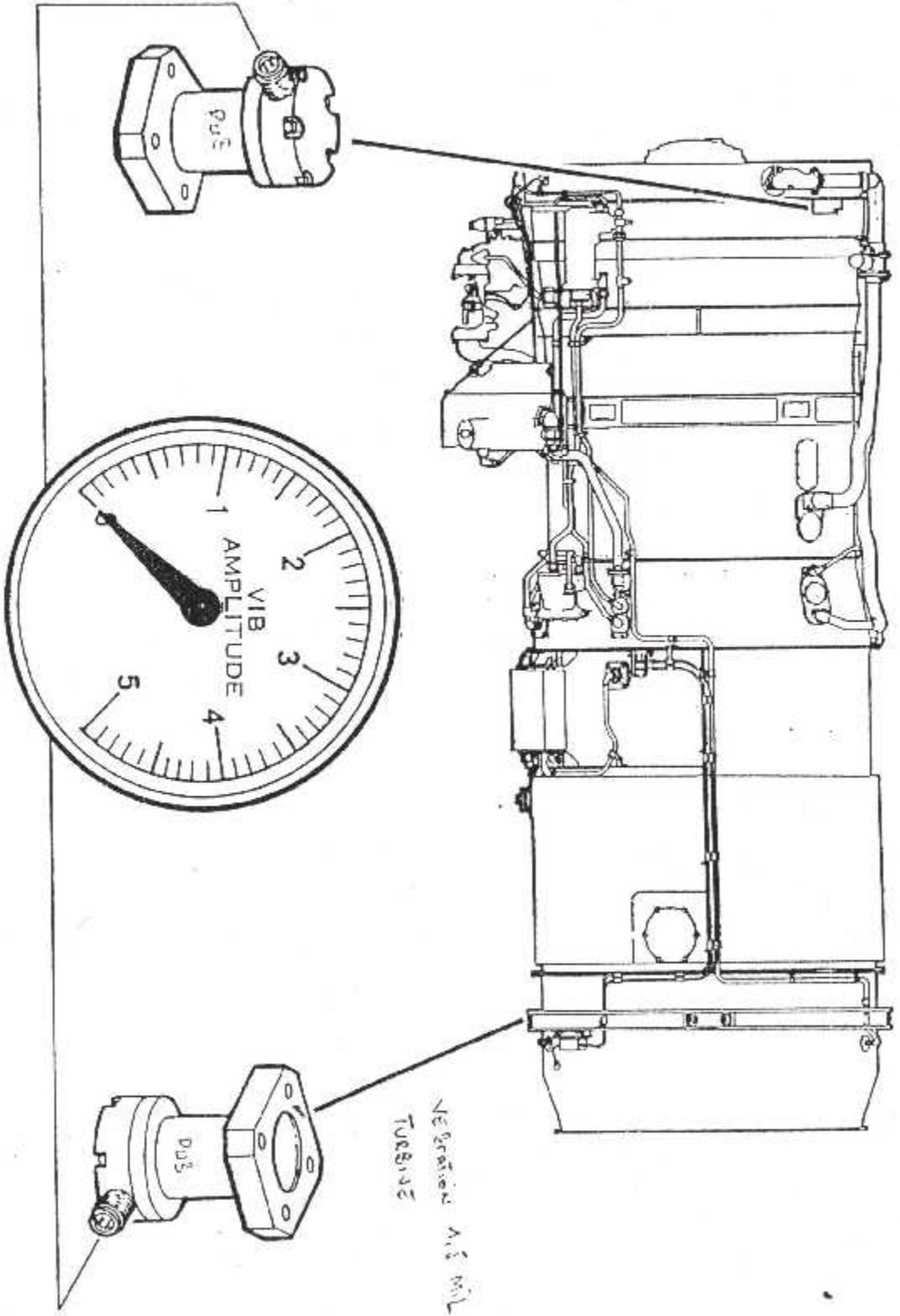


CT7259, 19910408

FOR TRAINING PURPOSES ONLY

VIBRATION INDICATING SYSTEM

Fig 2.6



CT 6500
3-89

X

Tout changement du niveau d'huile crée un déséquilibre au pont et est renseigné à l'indicateur qui est gradué en US gal, de 0 à 5,5.

La pression d'huile est mesurée par un transmetteur situé sur le carter avant le compresseur,

La baisse de pression d'huile est renseigné par une alarme baisse pression d'huile, placée au-dessous du transmetteur de pression d'huile switch détecte la pression d'alimentation il allume une étiquette ambre « low oil pressure » lorsque la pression d'huile devient inférieur à 36PSI.

Le colmatage du filtre huile principale est indiqué par le switch de pression différentielle qui est monté sur le corps de filtre. Lorsque la pression différentielle est supérieure à 36 PSI, le switch allume une étiquette ambre «ou filtre by-pass» placée à côté de l'étiquette baisse pression d'huile.

CHAPITRE III

III-1- Etude du comportement du matériel:**III-1-1- Durée de vie de matériels :**

pour mettre en place une politique de maintenance efficace, il est très important de comprendre les phénomènes de défaillance ou de dégradations du matériels.

D'une manière générale, la classification des défaillances s'établit en deux catégories.

III -1-1-1- Les défaillances catalectiques:

Elles sont complètes et soudaines c'est, par exemple, la rupture brusque d'une pièce mécanique, le court-circuit d'un système électrique ou électronique. Dans ce cas, il est très difficile d'observer la dégradation, par conséquent, il n'est pas possible de mettre en place une maintenance conditionnelle.

III-1-1-2- Les défaillances par dérives:

Ici, on voit progresser la dégradation, ce sont les phénomènes d'usure. En mécanique, l'augmentation du frottement, ou l'augmentation de la valeur de système électronique. Ce type de défaillance se prête particulièrement bien aux techniques de surveillance utilisées en maintenance conditionnelle (ou prédictive), par ailleurs, ce type de défaillance se prête particulièrement bien aux techniques de surveillance utilisées en maintenance d'apparition plus au moins grande tout au long de la vie matériel.(fig.III-1)

On distingue trois grandes périodes:

III-1-1-2-1- Les défaillances de jeunesse:

Caractérisées par un taux de défaillance décroissant en fonction du temps.

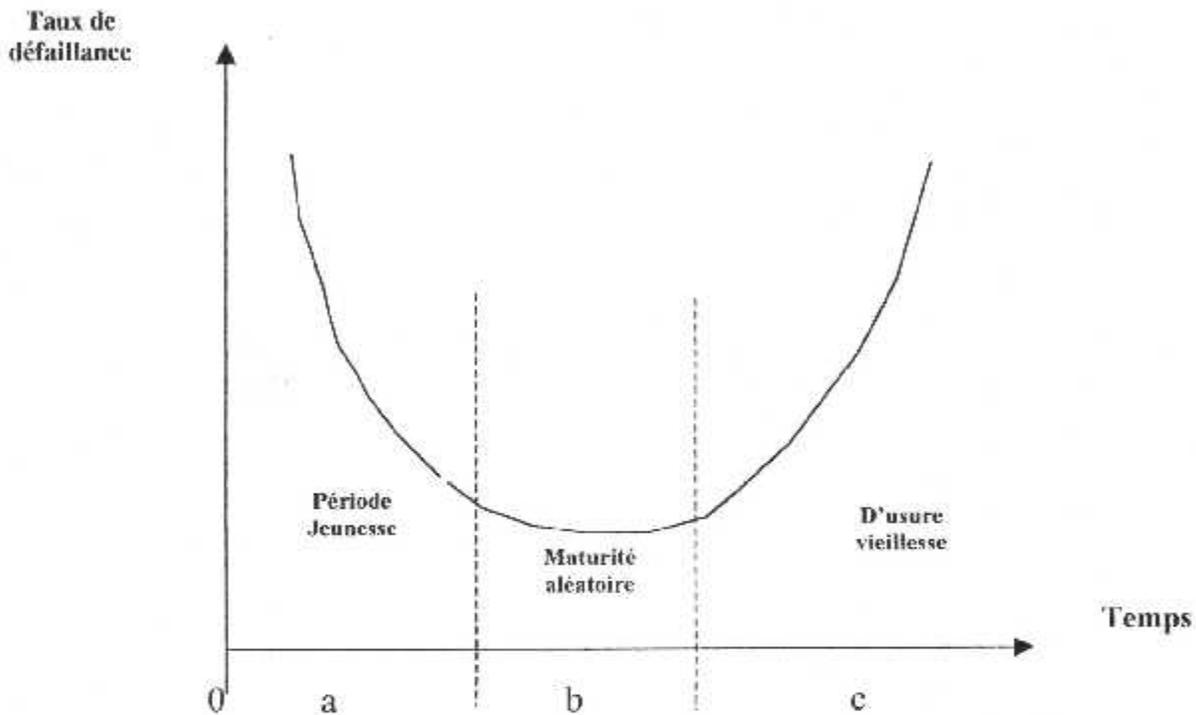
III-1-1-2-2- Les défaillances de maturité:

A taux de défaillance sensiblement constant

III-1-2-2-3- Les défaillances de vieillesse:

Avec taux de défaillance croissant (période d'usure). L'évolution du taux de défaillance $h(t)$ se représente sous la forme d'une courbe en baignoire.

$H(t)$: probabilité d'avoir une défaillance du système ou de l'élément entre les instants t et $(t+dt)$ à condition que le système ait vécu jusqu'à t .



F.G III .1 défaillances par dériver

III-1-1-3- Exploitation en maintenance:

En ce qui concerne la période de jeunesse, le taux de défaillance va diminuant. Ceci s'explique par le fait que certains composants sont mis en fonctionnement alors qu'ils sont au départ, soit un défaut de fabrication.

A titre de prévention, on pratique:

III-1-1-3-1- Un déverminage:

Consistant à mettre en fonctionnement pendant un certain temps (par exemple, 168h), les composants que l'on veut livrer à un client ceci a pour effet d'éliminer ceux qui présentaient des faiblesses et ainsi de ramener le taux de défaillance au niveau de celui de la période de maturité: rodage dans le domaine de l'automobile.

III-1-1-3-2- Des contrôles très renforcés:

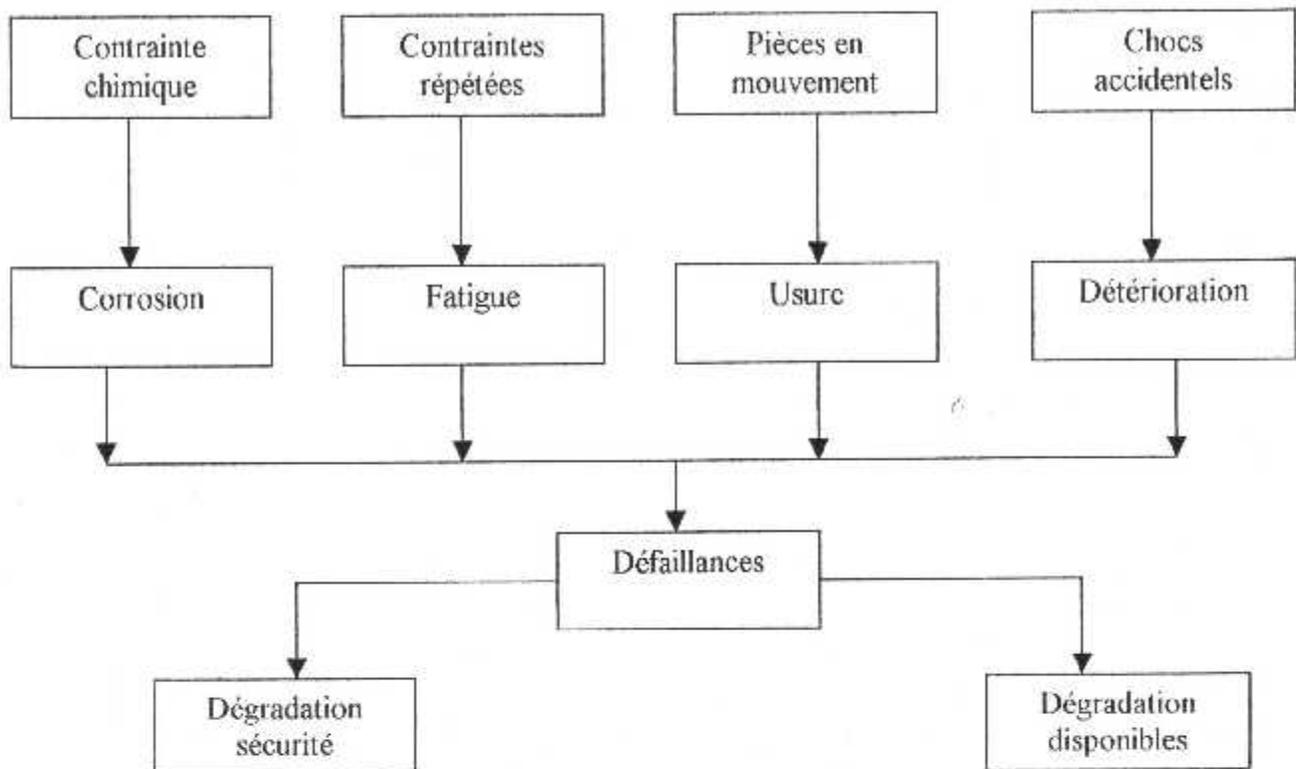
(contrôles non destructifs) La deuxième période ou période de maturité caractérisée par un taux de défaillance sensiblement constant
 $X(t)$: constante, équipement électroniques (pas d'usure)
 $n(t)$: est légèrement croissant pour des équipements mécaniques. Le type de maintenance peut être préventif, systématique ou correctif (défaillance catalectiques)

-la troisième période (vieillesse): présente d'importants phénomènes de dégradation. Le taux de défaillance est croissant (période où il faut surveiller le matériel). Cela correspond aux phénomènes de fatigue, et d'usure en mécanique, ou au problème lié à la dérive des composants en électronique, une maintenance préventive conditionnelle peut être mis en place.

III-2- Définition d'une défaillance :

Une défaillance c'est une inaptitude (momentané ou définitive) d'un élément à remplir la fonction qui lui dévolue selon une plage de paramètres de fonctionnement prédéterminé .

Le schéma ci-dessous représente les principales causes de la défaillance .



Pour empêcher ou bien réparer ce défaillance il y a ce qu'on appelle entretien.

L'entretien est un facteur très important ou la nécessité d'être prise en considération est obligatoire car l'entretien à des conséquences sur :

- Les autres objets
- La sécurité du matériel exploite
- La sécurité des passagers .

CHAPITRE IV

IV-LA FONCTION MAINTENANCE :

Chaque type d'entreprise justifie une organisation de la maintenance correspondant à sa spécifique pour améliorer la fonction maintenance , il est impossible d'isoler cette fonction des autres fonctions de l'entreprise.

Il faut donc intégrer et faire participer à cette fonction qui a moins directement une influence sur la gestion et l'organisation de la maintenance

,donc sur le coûts et son efficacité.

Les fonctions qui ont des objectifs, communs avec la fonction maintenance sont les suivantes :

1. La fonction méthode et fabrication ;
2. La fonction achats
3. Les fonction des stocks de fournitures et des pièces de rechange ;
4. La fonction métrologie ;
5. La fonction normalisation ;
6. La fonction financier ;
7. La fonction gestion des ressources humaines ;
8. La fonction sécurité ;

IV-2 DEFINITION DE LA MAINTENANCE :

La norme NFX 60-010 définit la maintenance comme étant l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans état spécifique ou en mesure d'assurer un service bien déterminé.

La maintenance :

C'est donc l'ensemble d'opération d'entretien préventive et curatif destinées a accroître la fiabilité au pallier les défaillance des biens les maintenir en état de marche économique et dans les délais

IV-4 OBJECTIFES ET MISSION DE LA MAINTENANCE :**Les objectifs de la maintenance :**

La fonction maintenance vise atteindre les objectifs suivants :

IV-3-1- Assurer la production prévue :

L'outil de production doit un fonctionnement maximal pour assurer une production maximal. La fonction maintenance et la fonction production doivent travailler en collaboration pour satisfaire au mieux les tendances des fabrication et les arrêts nécessaires a la maintenance. Il faut donc tenir compte de la disponibilité prévue et de la sécurité de fonctionnement imprévue.

IV-3-2- Maintenir la qualité de production fabriquée :

La qualité des produits fabriqués dépend en grand partie de la qualité de l'outil productif. la maintenance doit préparer ces machines dans un état acceptable et sans et sans défaillance pour assurée une production de qualité.

IV-3-3- Respecter les délais :

Les programmes doivent se faire en collaboration avec la fonction fabrication pour pouvoir contrôlés les délais de fabrication et les délais de maintenance.

Il faut garantir le bon fonctionnement des machines pendant les périodes prévus pour la production.

IV-3-4- Réduire les coûts :

La réduction des coûts est assurée par la minimisation des pertes de production, dues aux défaillances non prévues des machines, par la qualité des produits fabriqués, par les améliorations apportées et par la mise en œuvre de pièces de rechange, en délais d'intervention et en main-d'œuvre d'exécution.

IV-3-5- Assurer la sécurité d'emploi :

La maintenance doit se préoccuper des accidents que ces interventions soient ignorées, la maintenance doit prendre les dispositions nécessaires pour une sécurité d'emploi et de fonctionnement optimal.

IV-3-6- Préserver l'environnement :

Le service maintenance ne s'occupe pas uniquement des machines, il doit entretenir tout ce qui les entoure.

La maintenance incombe souvent la lutte contre les pollutions et les nuisances.

IV-4- Les missions de la maintenance :

La fonction maintenance a pour mission :

1. La mise en œuvre des politiques de maintenance ;
2. L'organisation, la gestion, le contrôle et l'évaluation de l'activité de maintenance ;
3. Le maintien du niveau de maintenance désiré au moindre coût ;
4. La réalisation des modifications et des améliorations nécessaires ;

L'assistance des autres fonctions lors de l'exécution de leurs tâches

IV-5- Importance de la fonction maintenance

Le coût annuel de la maintenance représente généralement de 08 à 10% de la valeur d'acquisition du matériel dans certains secteurs ce coût peut être bien plus élevé. Le coût de la maintenance a tendance à s'accroître en valeur absolue et relative pour atteindre couramment

suivent l'entreprise entre 10 et 30% du prix de revient du produit. A titre d'exemple il représente un taux de 05% du chiffre d'affaires de l'industrie chimique l'augmentation de ce taux est directement fonction du développement de l'automatisation des équipements de production.

La maintenance représente 30 à 40% des effectifs en sidérurgie. En moyenne, les différentes évaluations tous secteurs confondus (mais les différences sont grandes secteur à l'autre), donnent :

1. 06-10% des effectifs de production
2. 10-30% de la valeur ajoutée, selon les branches. Une étude réalisée en France près de 600.000 personnes dont de nombreux cadres travaillent dans des activités de maintenance (en comptant les effectifs des entreprises prestataires de service) soit un chiffre de près de 200 milliards de France.

IV-5-1- Opération et organisation de la maintenance :

Les opérations de maintenance :

La maintenance du matériel technique comprend l'entretien, la remise en état et le ravitaillement.

IV-5-1-1- Entretien :

C'est l'ensemble des opérations à caractère systématique, pour chaque type de matériel destinées à prévenir les altérations ou limiter leur développement de façon à :

- * Maintenir le matériel en service apte à l'emploi ;
- Assurer la conservation du matériel en approvisionnement en deux groupes :
 - a- **La surveillance** : destinée à contrôler l'évolution des altérations connues et à détecter les altérations nouvelles ;
 - b- **Le maintien en état** : destiné à prévenir ou à limiter le développement des altérations et à remédier à leurs conséquences

Suivent la fréquence et l'importance des opérations de faible importance qualitative et de fréquence élevée. Son exécution n'entraîne pas l'indisponibilité du matériel.

- a- **L'entretien élémentaire** : comprend des opérations de faible importance qualitative et de fréquence élevée. Son exécution n'entraîne pas l'indisponibilité du matériel
- b- **L'entretien mineur** : comprend des opérations d'importance qualitative et de fréquence moyenne, entraînant l'immobilisation du matériel qui devient indisponible pour l'emploi.

- c- L'entretien majeur : comprend des opérations de fréquence faible mais d'importance qualitative élevée, dont l'exécution doit être confiée à des organisations de maintenance possédant des installations techniques, s'importance et un personnel hautement qualifié.

IV-5-1-2- Remise en État :

C'est l'ensemble des opérations éventuelles pour but de remédier aux avaries accidentelle ou aux altération d'ont l'évolution brutale entraîner des détériorations importantes risquant d'avoir des conséquences rendant inapte à l'emploi.

Suivent leur importance et leur caractère d'urgence les remises en états sont classées en :

a-Rotouches : remise en état mineure dont l'exécution est possible à l'occasion des immobilisations normalement prévues pour l'entretien du matériel ;

b- Réparation : remise en état importante ou l'exécution

entraîne l'immobilisation immédiate du matériel

c-Révision générale : le matériel peut faire l'objet de révision générale ou sont effectuées des opérations qui lui redonnent une

qualité équivalente à celle du matériel neuf.

IV-5-3- Ravitaillement :

C'est l'ensemble des activités ayant pour but :

- ❖ De commander et de remettre en place les moyens matériels de toute nature (ensembles rechanges, outillages, matières premières...etc.) nécessaires à l'exécution des opérations de en œuvre d'entretien et de remise en état : ou récupérer le ravitaillement comprend :

L'approvisionnement et de réapprovisionnement :

Groupant les opérations destinées à assurer la constitution et le renouvellement des stocks ou des quantités de matériel destinés à couvrir les besoins pendant une période ou pour un travail déterminé

- ❖ **Le magasinage** : C'est la mise et la conservation en magasin des métiers et des matériels approvisionnés

IV-6- Organisation de la maintenance :

La maintenance est organisée en échelons :

- ❖ Un échelon de maintenance : C'est un ensemble de moyens en matériels et en personnels, permettant de faire face à des charges de maintenance qualitativement définies.

Un échelon de maintenance peut assurer simultanément des charge d'entretien de remise en état de ravitaillement.

Les opération de maintenance des matériel techniques sont classée en fonction de leur nature et de leur importance en quatre échelon :

* 1^{er} échelon: comprend les moyen qui permettent aux utilisateurs de satisfaire leurs besoins immédiate, permettant des petites, retouches, mais limitées tant par les moyens d'exécution que par les temps d'immobilisation du matériel ;

*2^{ème} échelon : constitué par les organismes placés normalement au niveau du service de maintenance.

Les charges confiées à cet échelon comprennent l'entretien mineur et les travaux de remise en état compatibles avec les mineurs et les travaux de remise en état compatible avec les moyens d'exécution et les délais d'immobilisation imposés par l'exécution du plan d'entretien de dépannage et de récupération .

- 3^{ème} et 4^{ème} échelon : constitués par des moyens à caractère industriel plus au moins développées qui dépassent de loin les moyens mis a la disposition du service de maintenance

IV-7- LES POLITIQUE DE LA MANINTENANCE :

7-1-LEVOLUTION DE LA POLITIQUE DE MAINTENANCE AERONAUTIQUE :

Dans la politique de maintenance consiste a effectuer des révisions général a potentiel fixe

Avant 1966 : on pratiquait des révision spécifiques des parties froides et chaude des moteurs en introduction la visite intermédiaire.

En 1966 : l'introduction des programmes de fiabilité qui donnent la premier place aux méthode monitoring.

En 1969 : sur nouveaux moteurs on introduite la maintenance modulaire.

En 1972 : les potentiels les fixes (moteurs modules) font place a la notion maintenance selon état.

7-2- LA MAINTENANCE CORRECTIVE :

C'est une opération de maintenance effectuée après détection d'une défaillance , ces opérations sont :

- Analyser la cause de la panne.
- La remise en état.
- Amélioration éventuelle.
- Rapport d'introduction .

7-3- LA MAINTENANCE PREVENTIVE :

C'est une maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien

C'est une intervention de maintenance prévue, préparée et programmée avant la date probable d'apparition d'une défaillance, elle doit permettre d'éviter les pannes en cours d'utilisation, il y a deux type de maintenance préventive.

7-4- LA MAINTENANCE SYSTEMATIQUE :

C'est une maintenance effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage, elle comprend les interventions périodiques (visite intermédiaire révision Générale).

7-5- LA MAINTENANCE CONDITONNELLE :

C'est une maintenance préventive est subordonnée à un type d'événement déterminé (au diagnostique, information d'un capteur mesure d'une usure) cette forme de maintenance permet d'assurer le suivi continu en service.

IV-8- LES OPERATIONS DE MAINTENANCE CORRECTIVE

*- **LA localisation** : action conduisant a recherche précisément le ou les éléments par les quels la défaillance se Manifeste.

*- **Le dépannage** : action effectuée sur un bien sur un bien en panne en vue de la remettre provisoirement en état de fonctionnement avant réparation.

*- **La rénovation**: action d'inspection complète de tous les organes reprise dimensionnelle complète au remplacement des pièces déformés ,vérification des caractéristique, et éventuellement.

*- **La réparation** : action effectuée après panne en vue de la remettre définitivement en état de fonctionnement.

*- **La modification** : opération a caractère sur un bien en vue d'en améliorer le fonctionnement , ou d'en changer les caractéristique d'emploi.

IV-9- Les opérations de maintenance préventive : concernent :

L'inspection : activité de surveillance s'exerçant le cadre d'une mission définie et n'est pas obligatoirement limitée a la comparaison avec des données préétablies.

Le contrôle : vérification de la conformité des données préétablies.

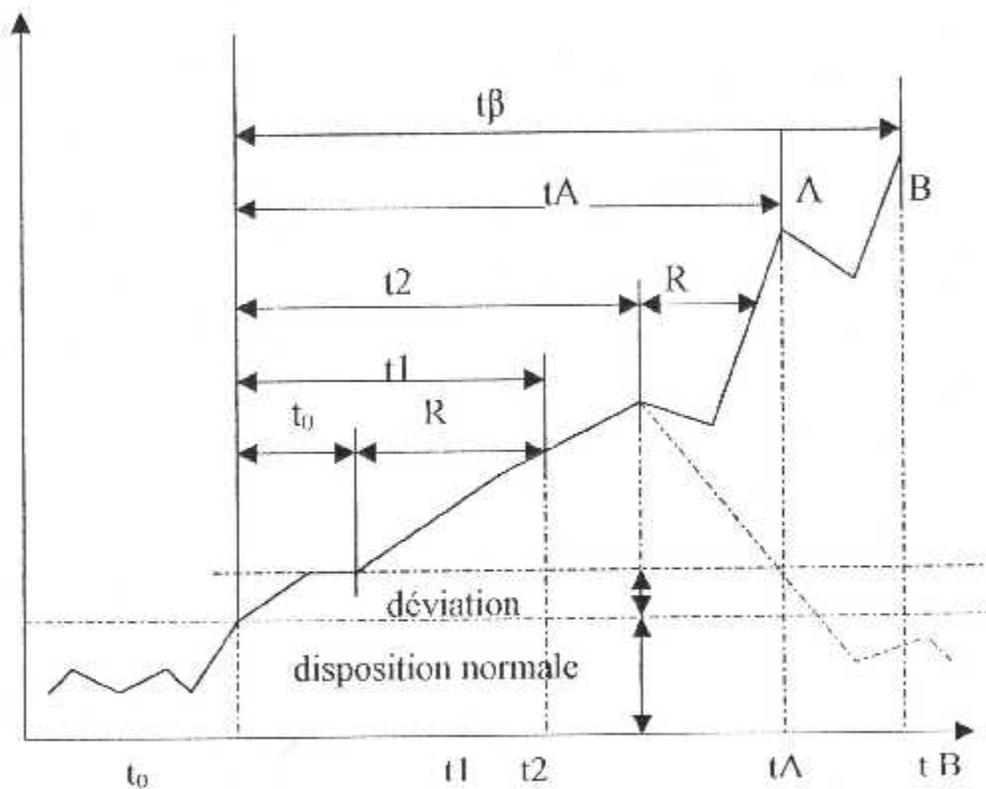
La visite : opération de maintenance préventive consistant en un examen détaillé et prédéterminée de tous (visite générale) ou d'une partie (visite limitée) des éléments du bien, appropriée et défini, avec celle d'un système de référence ou avec un phénomène physique significatif d'une marche correcte.

IV-10- La: maintenance prédictive :

10-1- Principe

Il s'agit d'assurer une surveillance continue des dégradations progressives prévenir l'incident par dépose de l'équipement à un seuil de déviation par l'expérience. Cette méthode suppose que l'incident prend un certain temps pour se développer , permettant ainsi le lancement d'action corrective. avant la phase finale de dégradation , pour confirmer la signature de panne et éventuellement corriger le défaut constaté (fig1) .l'efficacité de cette méthode set assurée par la rapidité leur

Les résultats d'inspections, les actions de maintenance entreprise et les différentes anomalies signalées.



- T0 : apparition anomalie
- T1 : confirmation anomalie.
- T2 : lancement action corrective.
- Ta : application action corrective.
- tB : incident grave en l'absence de mesure corrective.
- R : retard du à la transmission et à l'analyse des données.

Fig. (IV-1) : Allure générale des phénomènes à dégradation progressive.

10-2-les techniques de la maintenance prédictive :

La maintenance prédictive ou conditionnelle comprend les opérations qui ont pour but de déterminer l'état de santé de la machine ou subdivise ces opérations en :

- Celle qui apportent la connaissance de l'état a un instant donné (surveillance de l'état) ;
- Celle qui permettent d'apprécier l'attrition de l'état par référence à la connaissance du comportement (surveillance du comportement).

10-2-1- Surveillance de l'état :

2-1-1- Surveillance du circuit d'huile :

L'état mécanique des parties lubrifiées d'une turbo machine peut être connu avec une bonne précision à partir de l'analyse d'huile ou des particules recueillies sur les filtres ou les bouchons magnétiques. La dégradation des pièces lubrifiées donne deux sortes de particules métalliques, les particules de grandes dimensions et les particules infiniment petites, permettent de déduire l'état de santé de l'ensemble surveillé, la surveillance du circuit d'huile s'exerce par les procédés suivants :

2-1-2- Analyse spectrométrique des huiles :

Les particules libérées par frottement des organes en mouvement polluent l'huile de graissage, l'analyse spectrale de cette huile permet d'établir, par rapport à une huile étalon, la nature des particules et la concentration pour chaque élément. Un guide de signature de panne élaboré à partir de la carte métallurgique d'une turbomachine donnée, permet de déterminer l'urgence de l'intervention et de localiser l'origine de l'anomalie ;

2-1-3- Analyse des particules :

L'analyse des particules recueillies sur les bouchons magnétiques ou sur les filtres amène un complément d'information qui permet de déterminer les éléments défectueux. Cette méthode consiste à effectuer un examen macroscopique et une analyse métallurgique des particules;

2-1-4- Suivi de la consommation horaire d'huile :

Une évolution importante de la consommation horaire d'huile est le symptôme d'une avarie dans le système d'étanchéité ou d'une défection d'un élément du circuit de graissage.

2-1-5- Contrôle non destructif :

Parmi les méthodes de contrôle non destructif connues (endoscopie, ressuage, courants de Foucault, rayons X, rayons gamma, ultrasons, magnétoscope et émission acoustique), la maintenance prédictive des turbomachines s'intéresse surtout aux contrôles par endoscopie, rayons X et rayons gamma.

- **Contrôle endoscopique :**

le contrôle endoscopique consiste à examiner les parties internes d'une turbomachine à l'aide d'un endoscope flexible ou rigide pour la détection des défauts superficiels et des déformations de leurs apparitions ou après une certaine évolution ;

- **Contrôle par rayons X et rayons GAMMA :**

Le contrôle par radiographie X ou gamma est utilisé pour la détection des défauts internes tels que crique, corrosion, et variations d'épaisseur dans les parties chaudes des turbomachines, on fait traverser l'élément à contrôler par un rayonnement électromagnétique de très courte longueur d'onde et on recueille les modulations d'intensité du faisceau sous forme d'une image sur un récepteur approprié, un film dans la plupart des cas ;

- **Contrôle par thermographie infrarouge :**

Le contrôle par thermographie infrarouge consiste à examiner les parties internes d'une turbomachine à l'aide d'une caméra infrarouge pour la détection des défauts de structure par l'analyse des rayonnements émis par un matériau chauffé.

10-3- Surveillance du comportement :

10-3-1-Analyse des vibrations :

Tout ensemble tournant est générateur de vibrations, l'évolution du niveau vibration d'une turbomachine est significative d'une dégradation.

Les signaux vibrations rencontrent sur les machines tournantes ont souvent une structure complexe car ils résultent de la somme d'un nombre parfois important de vibrations élémentaires, difficilement exploitable. Afin de faciliter l'exploitation de ces signaux, il est nécessaire de les décomposer en spectre. L'analyse des vibrations s'effectue de deux façons, par la mesure du niveau globale de vibration à partir de la mesure des vitesses de déplacement à l'aide d'un capteur qui délivre une charge électrique proportionnelle aux efforts qui lui sont appliqués et par l'analyse du niveau vibratoire, le signal transmis par les capteurs de vibration est analysé par rapport à des fréquences de référence afin de déterminer l'organe défectueux.

10-3-2- Surveillance des paramètres de fonctionnement :

Le monitoring des paramètres de fonctionnement est un outil de maintenance très performant, il consiste à faire une surveillance continue des paramètres thermodynamiques et des paramètres mécaniques, dans le but de déclarer tout indice de dégradation progressive pour déclencher les actions correctives adéquates. L'analyse de ces paramètres repose sur la définition d'une turbomachine de référence représentant statistiquement toutes les turbomachines d'un type donné cette définition consiste en un ensemble d'équation, il en résulte des écarts performances (écart de rendement, écart de puissance et écart de consommation spécifique). L'exploitation des écarts obtenus, complétée par la connaissance

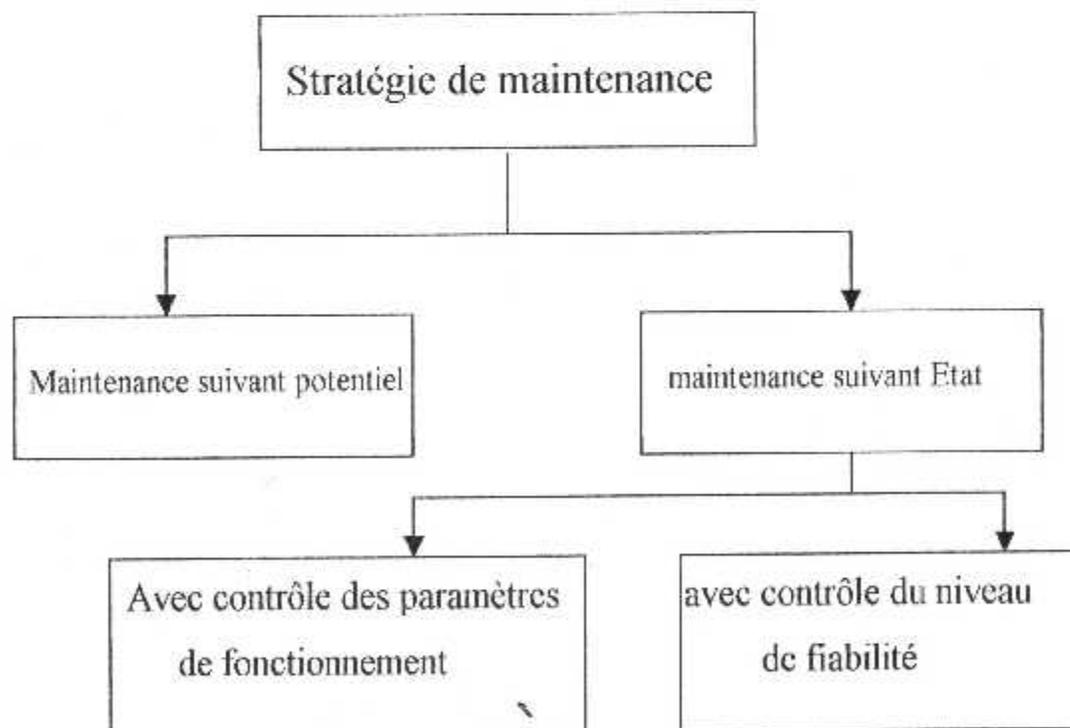
de l'historique de la turbomachine par référence à un guide de panne, permet de formuler un diagnostic sur l'état de la machine à un instant donné. La réussite dans la surveillance des paramètres dépend de la collecte, du traitement et de l'interprétation des données fournies par des équipements spécifiques, le monitoring a évolué de façon à diminuer l'action humaine sur l'analyse et l'expertise des données et cela en la remplaçant par un système expert qui transforme les données recueillies en informations utiles, profitant des progrès technologiques réalisés dans les domaines de l'électronique et de l'informatique.

IV- 11- La stratégie de maintenance :

On appelle stratégie de maintenance, le système des règles et méthodes de gestion et de contrôle de l'état technique du matériel aéronautique (avion, réacteur, système et accessoire...) ou cours de sa maintenance ou révision.

Il existe actuellement trois types de maintenances :

- Maintenance suivant potentiel.
- Maintenance suivant état avec contrôle des paramètres de fonctionnement.
- Maintenance suivant état avec contrôle du niveau de fiabilité.



11-1-Stratégie de maintenance suivant potentiel :

Système de règles et méthodes de gestion et contrôle de l'état technique du matériel, dans le quel, le volume, la nature et la périodicité des opérations de maintenance à effectuer sont déterminé suivant la valeur du temps de fonctionnement réalisée par le matériel désigné, depuis le début de son exploitation ou depuis sa révision.

***Avantage :**

La planification nous permet de planifier le programme de la flotte, le programme de maintenance de flotte, l'approvisionnement divers moyens matériels pour une rentabilité est assurer une disponibilité stable et régularité de la flotte.

-Cette maintenance est préventive (ou cause de ces travaux on prévoit et on éliminé les causes de défaillance qui pourraient être survenus après).

***Inconvénients :**

Beaucoup de travaux se réalisent pour rien puisqu'il y a absence de défaillance ; et l'application de ces travaux induit des coûts élevés et volume de travaux élevés (temps augmenter) , plus incorporation d'anomalies et des pannes de manière inconsciente.

-Nous ne réalisons pas de potentiels individuels des éléments comme remplacement avant terme, après terme.

***Application de cette stratégie :**

Cette stratégie s'applique :

-Deux équipements ayant une très grande importance fonctionnelle.

-Difficulté de prévention de l'état technique avec les moyens d'inspection existant.

11-2-Stratégie de maintenance suivant état :

11-2-1-avec l'aide du contrôle des paramètres de fonctionnement :

C'est le système de règle et méthode de maintenance, dans le quel le volume, la nature et la périodicité de maintenance se déterminent en fonction de la dynamique de variation d'un paramètre, caractérisant le mieux, le bon fonctionnement par conséquent l'état technique du matériel aéronautique désigné. Ce système peut être réalisé soit avec un contrôle continu ou avec un contrôle des paramètres.

N(t) : paramètre caractérisant la machine qui est le paramètre de diagnostic. Le principe de la méthode repose sur la conduite d'une manière continue ou périodique d'un contrôle et mesure des paramètres (conditions monitoring), qui déterminer l'état technique de la machine dans le but de maintenir sa fiabilité, son état de bon fonctionnement au cour de son exploitation et une utilisation plus complète des potentiels des éléments.

11-2-2- Etat technique de la machine :**1/état de bon fonctionnement :**

$N(t) < N1 \longrightarrow$ décision de remise en série

2/état de près défaillance :

$N1 \leq N(t) < N2 \longrightarrow$ décision de réparer ou remplacer.

A l'aide divers équipement de contrôle et de mesure , on évalue les paramètres aux temps de fonctionnement des machines et on remplace ces éléments qu'ayant les valeurs des paramètres. Correspondant à leur état de près défaillance ($N1$). Cela permet aussi de prévoir la variation de ces derniers et la période de remplacement des éléments qu'ils caractérisent.

3/Etat de défaillance :

$N(t) \geq N2$ réparation urgentes ou remplacement.

Le moment de contrôle doit être choisi de telle sorte à ce que

$N1 \leq N(t) < N2$ c'est à dire entre $T1$ et $T2$ pour que la défaillance n'arrive pas en vol et qu'elle sera détecter au sol (le Choix de SN et ST).

***Avantage:**

Maintenant et garantie d'un niveau élevée de fiabilité et de sécurité de vol.

on fait de la détection des défaillances et autres anomalies bien avant leur stade et évolution (dégradation des paramètres) à l'aide de leur contrôle, on peut avoir une très grande probabilité de détection des défaillances en augmentant la marge de prévention SN .

-On arrive à réaliser et consommer d'une manière complète les potentiels. (Temps de vie alloué) de tous les éléments, machines qui subissent ce type de maintenance.

***Inconvénients :**

Coûts élevés de la procédure de contrôle des paramètres de la machine individuellement (équipement sophistiqué, poids de l'avion, qualification du personnel...).

- L'application sur le terrain de cette stratégie induite des difficultés certains à l'organisation, et à la planification de la maintenance.

-Application de cette stratégie :

- Cette stratégie est appliquée :
- Pour les éléments de structure et accessoire ayant une importance sur le plan de la sécurité de vol.

- Pour élément, accessoires, machines disposent d'équipement et moyens techniques de contrôle, mesure et estimation et évolution des paramètres caractérisant l'état technique.

b-avec l'aide du contrôle de fiabilité :

C'est le système de règles et méthodes de gestion de l'état technique ou de maintenance des machines aéronautiques, dans lequel le remplacement des accessoires et élément est déterminé par leur niveau de fiabilité atteint.

Par cette méthode de manigance, on contrôle des indices de fiabilité des machines qui s'exploitent jusqu'à la défaillance sans limiter leur potentiel en révision.

Ici, les travaux de maintenance consistent en l'élimination des conséquences de la défaillance. Pour cela, il est exigé d'avoir l'indication de la panne en vol ou sa détection ou sol ou cours des inspections de la périodiques ou de l'entretien en ligne de l'avion.

***Avantage :**

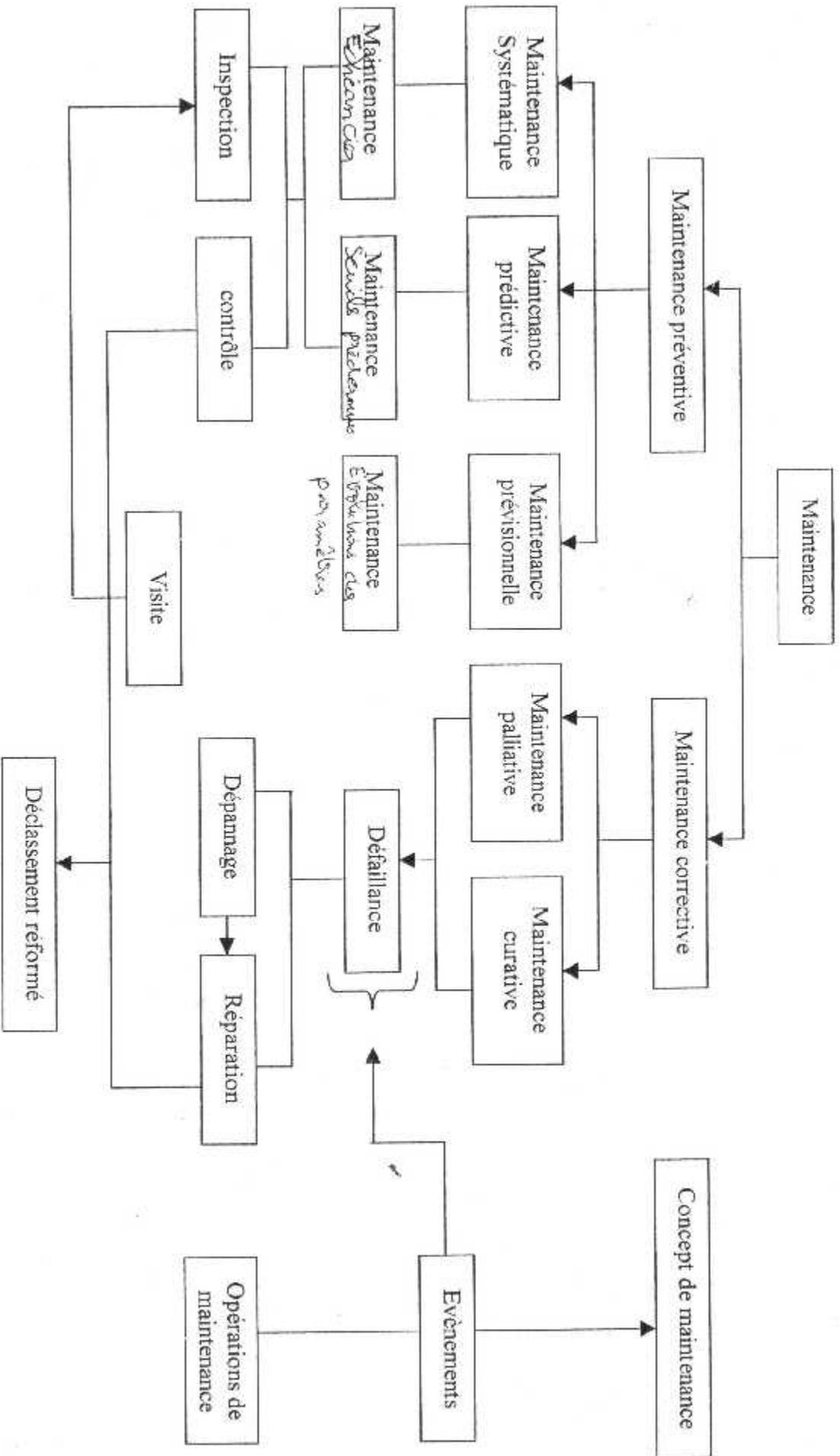
- Intervention jusqu'à l'apparition des défaillances qui minimise les coûts de la maintenance.
- Volume des travaux minimum dans les ateliers.

***Inconvénients :**

-L'apparition de défaillance d'un seul élément peut en gendre un mauvais fonctionnement du système.

- Application sur certains élément mais pas d'autres application.
- Élément n'ayant pas d'importance fonctionnelle.
- Élément de redondance.
- Élément non influant sur la sécurité de vol.

Définitions concepts de maintenance



CHAPITRE V

V - Maintenance du JT-8D

V-1 Généralité :

Le moteur JT-8D du constructeur américaine Pratt & Whitney est de concept classique qui remonte aux 50 années. équipé dans ses trois différentes séries (JT8-D, JT8-D15, JT8-D17), les avions d'air Algérie du type B737 et B727 sont équipés ces moteurs, donc vu sa conception non modulaire le niveau de fiabilité qu'il recèle est relativement inférieur par rapport aux turbo réacteurs de la dernière génération, son équipement est classique (c'est à dire système de contrôle, d'indication des paramètres de fonctionnement et instrument) non sophistiqué toujours comparativement aux réacteurs de conception récente.

Le système de maintenance qui est adapté est la maintenance suivant le potentiel, c'est à dire le turbo réacteur est entretenu en effectuant des visites périodiques et inspections intervenant à l'avance (par le constructeur, ingénierie manuel, standard practices) et réalisées suivant un planning confectionné sur la base des heures et des cycles de fonctionnement des turbo réacteurs de même type équipant équivalent à une année.

En plus des visites périodiques représentant la maintenance lourde des réacteurs et qui interviennent donc après des déposes programmées des moteurs (suivant le planning d'entretien) ;

On procède aussi à des travaux de maintenance hors programmé, il s'agit d'action corrective nécessaire après les déposes prématurées des moteurs pour pannes (donc non programmée) ;

Cela est due aux divers facteurs internes ou externes du moteur, qui font chuter le niveau de fiabilité de ce moteur par ces périodes et qui causent des déposes prématurées, on peut citer les plus importantes :

- Erosion des compresseurs et turbines dues à un environnement contenant de la poussière et des particules abrasives ;
- Ingestion des corps étrangers (exemple ingestion d'oiseaux) le suivre, le planning intervenant à des potentiels déterminés (les disques, les compresseurs)

et les turbines), en effet, ces pièces tournantes sont soumises à des charges mécaniques importantes ;

- La maintenance de ces groupe turbo réacteurs comporte aussi le suivi, le planning de remplacement et le remplacement des pièce à dure de vie limitée intervenant à des potentiels déterminés (les disque, les compresseurs, les turbines) en effet, ces pièces tournante sont soumise à des charge mécanique importantes peuvent entraîner des incidents graves , à leur rupture pour cause du phénomène de fatigue. D'ou leur limitation de vie et leur remplacement avant le temps d'apparition des crique de fatigue

V-2- Description du JT- 8D , en tant qu' un objet de maintenance

Le moteur JT-8D se base sur les résultats d'une étude conduite par le constructeur dans le but de déterminer les méthodes et les échéances de maintenance avec les coûts d'exploitation qui sont minimisées en assurant un maximum de fiabilité du moteur ; il est préconisé a s'adapter à un programme de maintenance composé essentiellement de deux types de visites du moteur dans l'atelier et de diverse autres actions comme suit :

- Le remplacement des pièces à vie limitée doit s'effectuer avant la fin du potentiel requis en heurs ou en cycle, s'assurer que ces pièces n'excèdent pas sur limite de vie dans intervalle entre visite ;
- Programmation d'opérations de lavage à eau des moteurs (avions) dans les intervalles suivant la visite précédant: 1000-2000 heurs : lavage du conduit des gaze (1^{ere} flux) pour éviter des cumuls de poussières ou particule abrasives sur les profils des ailettes 100-200 heurs pour pouvoir la sulfatation des éléments des turbines;
- Lavage des injecteurs du moteur en position avoine toute les 1000 heures ;
- Toute les opérations d'inspections , de dépannages de réglages et de remplacements d'éléments du moteur compris dans les programmes d'inspections d'avion en entretien en ligne ;

V-3- Maintenance en ligne :

le processus de maintenance du coté décrit la complexité et la profondeur des opérations nécessaires sur la machine, qui est regroupée donc en catégories, formant ce qu'on appelle les niveaux de maintenance. Pour le JT-8D, on trouve deux niveaux de maintenance, qui sont donc déterminés et délimités après analyse du constructeur et caractéristique de la maintenance du moteur, ils sont donnés et identifiés par des codes alphanumériques qui sont :

V-3-1 Le niveau A1 : Maintenance en ligne du moteur :

Consiste à des opérations usuelles effectués sur moteur avionnée certaines inspection, servicing (vidange et remplissage en liquides des circuits d'huile) réglage, isolation des pannes (recherche des pannes), remplacement d'accessoire et éléments moteur et les essais après maintenance qu'on appelle points fixes

Un certain recouvrement entre chaque position.

Un secteur gradue peut être installé pour facilité cette progression.

Le contrôle endoscopique implique accoutumance à l'appareil et bien entendu une bonne connaissance du matériel examine

Les manuel d'entretien comporte la description et les critères d'acceptation de ces défauts.

V-3-2 Contrôles :

L'activité de maintenance est aussi caractérisée par de nombreux contrôles fonctionnels, ci après la liste de quelques contrôles type :

- Contrôles de puissance machine.
- Contrôles de puissance moteur.
- Contrôle de la libre rotation (rotation manuelle de l'ensemble tournant).
- Contrôle visuels direct (entre d'air, échappement carters, liaison, freinage, tuyauteries, accessoires).
- Contrôle du temps d'autorisation (temps pour l'arrêt complet de l'ensemble tournant lors de l'arrêt moteur).
- Contrôle de l'érosion compresseur (visuel avec outils Baroscope).
- Contrôle endoscopique (contrôle de l'état des pièces internes).
- Contrôle de vibration.
- Contrôle de fuite.
- Contrôle et détection crique.
- Contrôle fonctionnelles divers (utilisation d'outillage de teste)

Les moyens de contrôles :

a- Points fixe de contrôle :

Il a pour objet le contrôle des performances et l'intégrité mécanique à intervalles réguliers ou après échange d'éléments ou une analyse de panne. Dans certains cas, il est complète par un ou plusieurs vols d'essais.

Pour des raisons économiques, on cherche à réduire le nombre de point fixe.

Lors d'un point fixe, les précautions classiques de mise en œuvre doivent être prise, les différents paramètres sont, par ailleurs relevés sur fiche prévue à cet effet.

b- Visite périodique

Ce sont des visites d'entretien doivent être effectuées à intervalles réguliers.

Elle comprennent un certain nombre d'interventions d'entretien, citons par exemple :

- Inspections visuelles.
- Une visite périodique est généralement complétée par un point fixe.
- Les visites peuvent être réalisées de deux façons :

- **Visites bloquées :**

Les visites dites bloquées, c'est l'exécution de l'ensemble des opérations d'un type de visite à l'échéance indiquée.

- **Visites étalées :**

Ou progressive, l'appareil n'est pas immobilisé à échéance fixe, on profite des périodes de non activité pour effectuer progressivement la totalité des opérations en respectant néon moins, la période pour chaque intervention.

- **Visite pré vol :** (avant chaque vol) :

Qui peut éventuellement être fait l'équipage comme la vérification des pleines d'huile et carburant, de l'état de gonflage des pneumatiques, les freins, les amortisseurs, vérification visuelle de l'absence des fuites... etc.

La visite se fait avant chaque vol.

- **Visite journalière :** (chaque 03 jours) 24 HDV :

Elle comporte en plus des opérations de la visite pré-vol d'autre vérification par exemple : sur l'état des entrées d'air de moteur, la tendance à espacer pour ce type de visite est de 03 jours.

A) Visite transit (A chaque transit) :

Les inspections doivent être accomplies à chaque transit ou autour de l'avion.

- Visite A : intervalle 170 heures +/- 20 heures.
- Visite B : intervalle est limité 500 heures +/- 50 heures.

- Bloc C : intervalle 2000 +/- 100 heures , 52 semaines +/- 2.

C-Endoscopie :

C-1- Principe de l'endoscope :

Il se compose d'une canne munie des fibres optiques qui conduisent la lumière et d'un système de vision constitué de lentilles.

La lumière issue d'un générateur chemine par successives jusqu'à l'extrémité de la canne . Etant donné qu'elle est éloignée de sa source, elle est froide et anti-déflagrante, ce qui permet une observation relativement nette selon un angle de balayage donné.

C-2 Procédure endoscopique :

Pour le contrôle, la canne est introduire par des orifices prévus à cet effet à différent points du moteur.

- le déplacement et l'orientation de la canne permettant l'observation de la pièce complète.

Par exemple, le contrôle d'une pale de turbine nécessite un certain nombre de balayage avec un certain recouvrement entre chaque position.

- Un secteur gradué doit être installé pour facilite cette progression.
- le contrôle endoscopique implique une certaine accoutumance à l'appareil et, bien entendu, une bonne connaissance du matériel examiné.
- les manuels d'entretien comporte la description et les critères d'acceptation de ces défauts.

V-3-3 : Le niveau B1 :Maintenance lourde limitée

On retrouve presque les mém. opération contenus dans le niveau A1 ,mais exécutées sur le moteur déposé dans des condition d'atelier.

V-3-4 : les instructions techniques

Une bonne partie de ces instruction , provient des constructeur mais parfois elle peuvent être exploitées par les organismes des gestion de l'aviation l'O.A.C.I ou VERITAL (assureur d'air Algérie DAC)

Ces instruction qui sont reçue pratiquement chaque jour, doivent être sélectionnées , classées et diffusées par le service documentation .

Elle comportent des opération ,des inspection et des modification à effectuer sur un moteur précis , ou sur les appareils du même type.

- **Bulletin service : (S.B)**

Opération , inspection et modification non obligatoires (facultative) à appliquer.

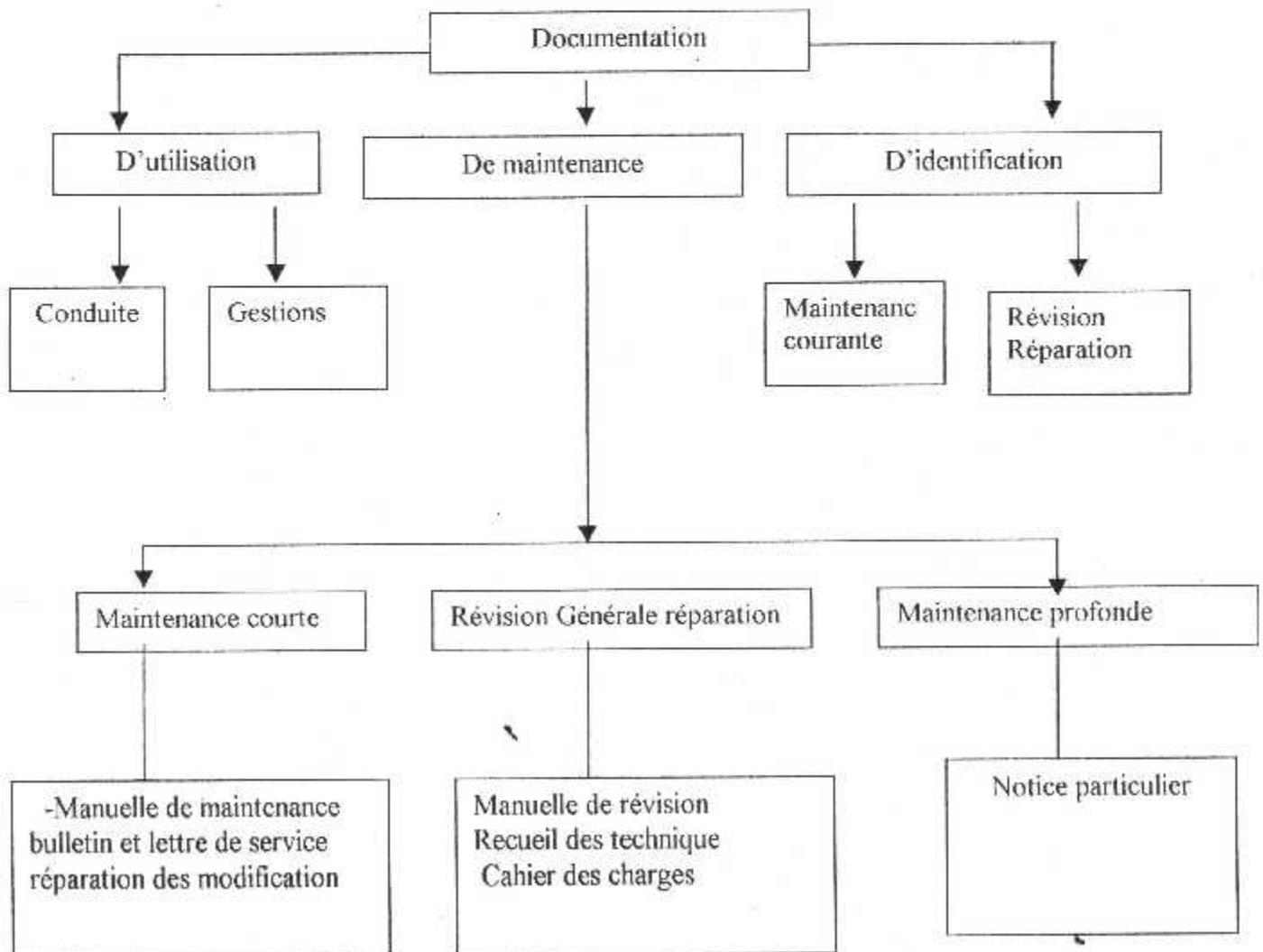
Parfois , le constructeur assure la gratuite de la main d'ouvre et les pièces de rechange nécessaires, si les instructions sont exécutées dans les délais prescrites.

- **Air –worthiness directive :**

Opération, inspection et modification obligatoire (impérative) elles sont rendues nécessaires, suite à des constatations, plaintes et anomalies provenant, des compagnies exploitation du type de réacteur.

V-4 Documentation technique :

On peut distinguer trois familles de documents comme le montre le tableau ci dessous.



V-4-1 Manuel d'entretien :

Il décrit le moteur et ses systèmes et définit toutes les opérations d'entretien

V-4-2 Catalogue de pièce de rechange :

Il donne la liste et les références de toutes les pièces de rechange . le catalogue souvent illustré donne outre les recommandations de prévision de rechange en fonction de la flotte .

V-4-3 Catalogue d'outillage :

Lui aussi illustré , il présente les outillage spéciaux, leurs désignation et leurs références.

V-4-4 Tableau de composition illustré :

C'est un document qui illustre en détaille toute les pièces du moteur et des accessoires, il n'est utilisé que pour la révision générale.

V-4-5 lettre service :

Il s'agit d'un document sous forme de lettre envoyée à l'utilisateur pour informer de certaines disposition intéressant le fonctionnement du matériel.

V-4-6 livre moteur :

Ce document qui suit le groupe, l'état du matériel permet la gestion.

V-5- Déposes programmées et non programmée :**Dépose programmée :**

Le moteur est déposée , lorsque il atteint sont potentiel alloué à 13000 h/v .

les moyenne de contrôle :**A- point fixe de contrôle :**

Il a pour rôle de contrôle des performance et l'intégrité mécanique à intervalles réguliers ou après échange d'éléments ou une analyse de panne, dans certaine cas , il est complète par un ou plusieurs vols d'essais .

Pour des raisons économique, on cherche réduire la durée ou le nombre de points fixe .

Lors d'un points fixe les précautions classique de mise en œuvre doivent être effectuée entre intervalles prise les paramètre sont par ailleurs relevée sur une fiche prévue à cet effet.

B- visite périodique :

Ce sont des visite d'entretien devants être effectuées à intervalles réguliers .

Elle comprend un certain nombre d'intervention d'entretien, citons par exemple inspection visuelles , visite des filtre , bouchons magnétique prélèvements pour analyse une visite périodique est généralement complétée par un point fixé

Les visite peuvent être réalisée de façons(bloquée) ou de façons (étalée)

Les visite dite (bloquées)correspondent à la formule traditionnelle : exécution de l'ensemble des opération d'un type de visite à l'échéance indiquée.

Dans le cas de (visites étalées) (ou progressive) l'appareil n'est pas immobilisé à échéance fixe profite des périodes de nom activité pour effectuer progressivement la totalité des opération en respectant , néanmoins, la période pour chaque intervention .

V-6 Maintenance programmée et non programmée :

V 6-1 maintenance programmée : (Entretien préventif)

C'est un ensemble des inspections programmées durant un temps limite (suivant potentiel), le moteur doit déposé automatiquement lorsque il atteint sont potentiel pour effectuer une révision générale ou une visite intermédiaire.

Définition du programme d'inspection :

C'est un recueil décrit l'ensemble des inspections a effectuer ainsi que leur périodicité d'application

La liste de ses inspections doit être présenter sus une forme directement utilisable par le mécanicien d'entretien, c'est-a-dire dans un ordre logique pour leur exécution et de façon suffisamment explicite.

Une inspection est une opération destinée du matériel en vue de détecter d'éventuellement les défauts et pouvant devenir nuisible à sa navigabilité on distinguera :

- **Les inspections détaillées :** nécessite des démontages et des moyens de contrôle appropriés.
- **Les inspections d'organes :** pour interventions en atelier spécialisé (potentiel)

La liste des inspections effectuer la périodicité qui résulteront notamment des recommandations du constructeur

Pour cela des terminologies sont adaptés en inspection :

- **Inspection de routine :** Consiste en un examen complet d'un sous ensemble d'aéronef autant qu'un désassemblage n'est pas nécessaire.

- **Insertion détaillée** : Consiste en un examen complet d'un sous ensemble avec les désassembles nécessaire, de façon a défectuosités celle qui auraient des conséquences catastrophiques.

- **Examen visuel** : C'est une des composante de l'inspection de routine définie ci-dessus l'action a pour but de s'assurer avec attention du bon état d'un organe visuellement .

Exemple : recherche de crique ou corrosion.

- **Examen détaillée** : c'est de l'inspection détaille telle que définie, il consiste en un examen approfondi organe soit visuellement, après démontages, ou encore en s'aident d'une loupe ou en utilisant d'autre moyens d'investigation (ressuage, magnétoscope, courant de Foucault, etc ...

- **Vérification** : C'est une composante aussi ben de l'inspection de routine que de l'inspection détaillée, c'est une opération par la quelle on doit s'assurer d'une conformité, ou d'un état d'après mesure ou à l'aide d'une instruction de contrôle. Exemple vérification de la tension des câbles de commandes de vol

- **Essai-test** : C'est aussi une des composantes de routine et de l'inspectica détaille suivant le cas. L'opération a pour but de s'assurer du bon .

Trace le tour de l'avion :

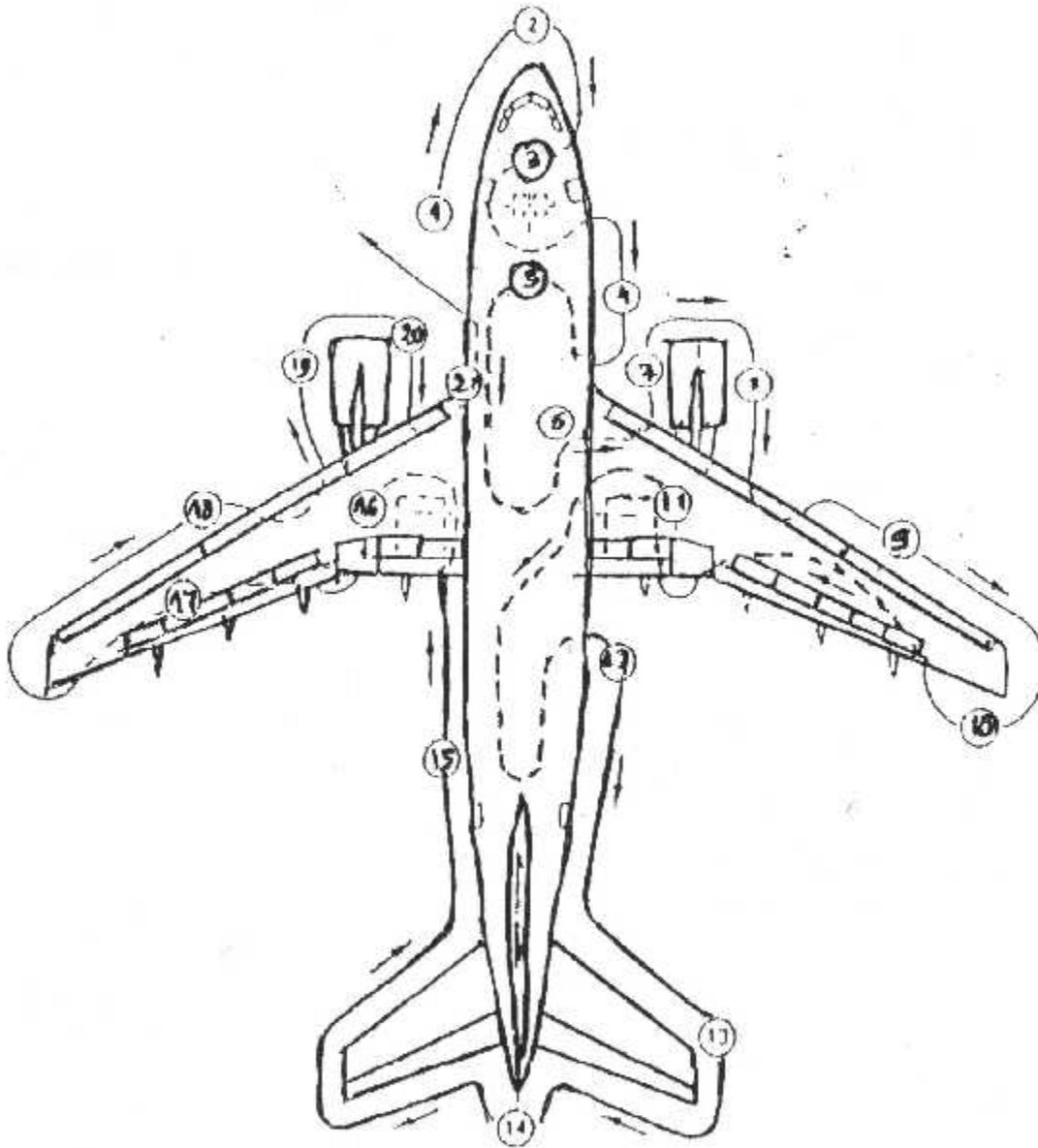


Fig 5-1

V-6-1-2-Tableau des visite :

- **Visite de pré vol :**

| Position | item | Description |
|----------|------|---|
| | | Nota : les items suivants doivent être effectuées avant le premier vol de la journée changement d'équipage |
| Tous | 1-0 | Inspection externe : |
| | 1-1 | En lever tous les caches couvercles de protection |
| | 1-2 | Effectuer le tour de moteur pour recherche de' dommages apparents qui auraient pas se produise la dernier visite journalière <ul style="list-style-type: none"> • Impacts ingestion de corps étrangers (FOD) • Fuites apparents(inspection visite) 1-Carburant 2-Eau 3-Huile |
| | 1-3 | <ul style="list-style-type: none"> • Pièce perdues • Disque de décharge surpression perdus • Vérifier le fan et les vannes d'évacuation |
| 2-0 | 1-4 | Remplissage carburant : |
| | 2-0 | -Prélever un échantillon de carburant sans trace d'eau du camion citerne |
| | 2-1 | avant d'effectuer le remplissage S'assure que les bouchons sont placés soit phases et verrouilles sur les |
| | 2-3 | bouchons de remplissage |
| | 2-4 | Finition : -Noter et signer toutes les action correctives dans le CRM.- -Effectuer le tour final de moteur - S'assurer qui il n'y a pas endommagement causé par l'équipement ou sol |

B- Visite journalière :

| Position | Item | Description |
|----------|------|---|
| | 1-0 | <p>Opération a l'arrivée de l'avion :-Vérifier la quantité d'huile moteur (sur le panneau instruments ou sur l'ECAM/page moteur) dans les 30 minutes après l'arrêt des moteur.</p> <p>-Si l'indicateur lue est de 16 QTS ou inférieur , vérifier le niveau sur le dipstick du réservoir d'huile moteur, compléter si nécessaire avec l'huile Aeroshell turbine 550 et noter la quantité rajoute dans le C.R.M .</p> <p>remplie l' IDG.</p> <p>-Prendre connaissance du C.R.M et effectuer les action correctives nécessaires</p> <p>G.T.R et nacelle :</p> <p>- Inspection visuellement le G.T.R et la nacelle pour état général, y compris :</p> |
| | 1-2 | <ul style="list-style-type: none"> • Les capots : sorties d'air , les panneaux • Les portes reverse fou verrous de sécurité(l'émois rouge nom apparent) |
| | 1-3 | <ul style="list-style-type: none"> • Portes d'accès et de surpression en place, fermées et verrouillées • LE mât de drainage et les drains nacelle nom obstruée et pas de fuite apparent. |
| | 2-0 | <ul style="list-style-type: none"> • Entre d'air réacteur revêtement , Rivets panneaux a acoustique et sonde T1.2 • Dôme et aube du fan : vérifier la libre rotation à la main . • Echappement fan : le graissage acoustique, vanne d'évacuation et biellettes , les portes d'effecteurs de la revers. • Echappement turbine : les aube stators et rotor 4ème étage (LPT) (absence de dommages et de dépôts(métalliques) • Drainage d'eau réservoirs carburant : <p>-Purge l'eau de tous les réservoir carburant aux valvés de drainage d'eau (quand un avion est resté ou parking au moins quartes heures) après la purge , s'assurer les valeurs de drainage sont convenablement en place et qu'il n y a pas de fuit.</p> |

Visite transit :

| Position | Item | Description |
|----------|------|--|
| | 1-0 | Opération a l'arrivée de l'avion : <ul style="list-style-type: none"> - prendre connaissance du C.R.M et effectuer les action correctives demandées - transit effectuer le tour de moteur pour recherche de endommages apparent pouvant s'être produits au cour dernier vol ou durant l'atterrissage et le roulage <ul style="list-style-type: none"> - impactes ingestions de corps étrangers - fuit apparent (carburant, huile, eau hydraulique - pièces désignées ou perdue. - Vérifier les vannes et fan d'évacuation d'air - Supprimé |
| | 3-0 | - Remplissage carburant |
| | 3-1 | - Prélever un échantillon de carburant sans trace et eau du camion citerne avant d'effectuer les remplissage |
| | 3-2 | - Faire le plein carburant de l'avion <ul style="list-style-type: none"> - S'assurer que les bouchons sont places - S'assurer que les dispticks sont rentrés et verrouilles |

| | Type de déposes | somme de déposes | Nombre de déposes |
|----------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Dépose non programmé | Réparation | 118 | 137.20% |
| Dépose programme | Déposes pour RG | 43 | 50% |
| | Déposes pour PVL | 33 | 1.76% |
| | Déposes pour HSI | 73 | 84.88% |
| | Déposes pour VI | 29 | 26.74% |

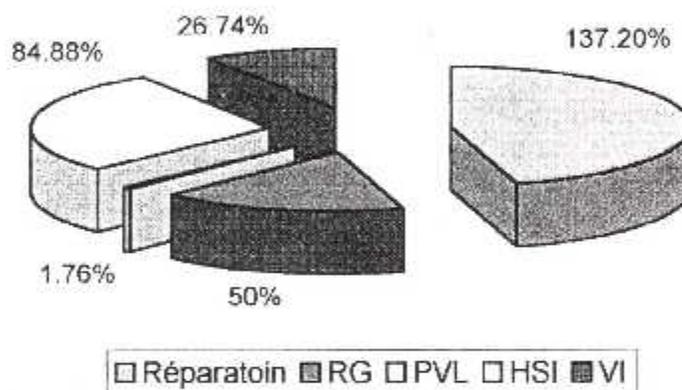


fig . V-2

- D'après se diagramme on remarque que les dépose nom programmées occupent une surface important de cercle (137.20%) ceci est dû ou différent cause (fuite , HPT ,FOD ,DOD)

- Ces dépose nom programmée on un grand effet sur :
- la production ou l'avion peut être immobilisée pour cause de défaillance sur un moteur .
- La panne peut ne pas être réparée dans un délai court a cause de la nécessité d'expédition du moteur pour la sous-traitance , vu la complexité de la réparation, dans ce moteur nécessite a remplacement par moteur de rechange.
- Les coûts de maintenance : les déposes non programmées augmente les coûts de la maintenance pour ce la il faut augmenté :
 - les déposes de main d'œuvre (travailler les Week-end) .

V.6.2 Etude statistique des déposes moteurs JT 8D

V.6.2.1 Liste des équipements : tous les recteur de type JT 8D qui nous avons

2). A fin d'examiner les différents raisons de déposes et le taux de déposes et le taux correspondant, nous avons procédé différents études statistique, sur les déposes des moteurs JT8D

Néanmoins le but essentiel de cette étude est de déterminer le Pourcentage de moteurs qui consomment leur potentiel (HCI) ou leur Révision générale (RG). Déposes effectuer en 1992 -2002

Les raison de dépose moteur peuvent être énumérer dans le tableaux suivant :

| Année | Dépose nom programme | Dépose programmée | | | | |
|-------|----------------------|-------------------|----|----|-----|-----|
| | | convenance | VI | RG | HSI | PVL |
| 1992 | 12 | 4 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| 1993 | 11 | 1 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| 1994 | 12 | 11 | 0 | 2 | 14 | 2 |
| 1995 | 14 | 6 | 0 | 5 | 8 | 2 |
| 1996 | 9 | 7 | 6 | 0 | 2 | 1 |
| 1997 | 11 | 7 | 2 | 14 | 5 | 10 |
| 1998 | 17 | 6 | 5 | 9 | 3 | 10 |
| 1999 | 13 | 6 | 1 | 9 | 5 | 0 |
| 2000 | 9 | 10 | 2 | 4 | 7 | 6 |
| 2001 | 2 | 10 | 7 | 0 | 9 | 0 |
| 2002 | 8 | 2 | 6 | 0 | 9 | 0 |

Voir Fig (V-1)

$(X_h + 3 \times 200)$ est le nombre d'heures de fonctionnement dans le mois M4.

$(X_h + (n-1) 200)$ est le nombre d'heures de fonctionnement dans le mois nm

$(X_h + 1.200)$ est le nombre d'heures de fonctionnement dans le mois $M(n+1)$

lorsque $P_{vi} - (X_h + 200.n) = 0$, il y a une VI dans le mois $M(n+1)$

lorsque $P_{rg} - (X_h + 200.n) = 0$, il y a une RG dans le mois $M(n+1)$

on a M_1 est le mois de Janvier de l'année 92.

$$P_{ry} \in \{ 11000, 13000 \}$$

$$n \in \mathbb{N}$$

$$P_{vi} \in \{ 5500, 6500 \}$$



Le graphe : Montre de déposes (mois)

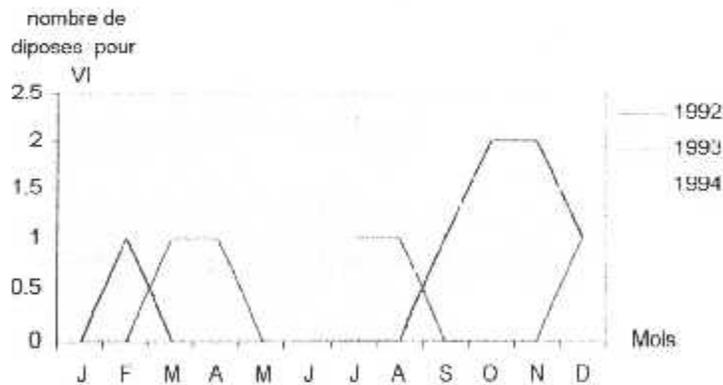
Une fois le tableau est rempli , on établit des diagrammes pour faciliter la lecture du tableau et connaître le nombre de moteurs déposés pour RG et /ou VI par mois.

V-6-3-2- Tableaux de nombre des moteurs immobilisé par mois (RG)

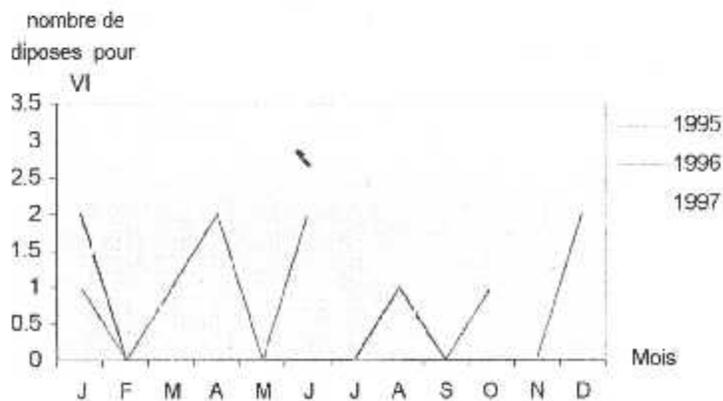
| Les années | J | F | M | A | M | J | J | A | J | A | N | D |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1992 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1993 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1994 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1995 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 1996 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1997 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 1998 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1 | 1 |
| 1999 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 2000 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2001 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2002 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

V-6-3-3 Tableaux de nombre des moteur dépose pour VI par mois :

| Les années | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1992 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| 1993 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1994 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 1995 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1996 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| 1997 | 1 | 3 | 0 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 1998 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1999 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2000 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 3 | 3 | 1 | 3 | 0 |
| 2001 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 2002 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 5 | 2 | 2 | 3 | 0 | 1 |



(fig V-6)



(fig V-7)

1993 :

| Nombre de déposes | Causes des déposes |
|-------------------|---|
| 1 | Arbe N1 bloqué |
| 1 | EGT élevée |
| 1 | Déformation structural de turbine |
| 3 | Métal dans le filtre d'huile |
| 1 | Arbe N2 bloqué |
| 1 | Endommagement de turbine |
| 2 | Consommation d'huile |
| 1 | FOD |
| 1 | Dent (compresseur (6 ^{ème} et 7, 13 ^{ème} étage) |

1994 :

| Nombre de déposes | Causes des déposes |
|-------------------|--|
| 1 | Crique – gear-box |
| 1 | Perd de métal dans le carter turbine |
| 1 | Erosion plusieurs ailettes compresseur |
| 2 | FOD |
| 1 | Pression reniflard 4 Psi + fuel au drain |
| 1 | EGT élevée |
| 2 | Dent en (6 ^{ème} et 7 ^{ème} étage) LPC |
| 2 | Pert total de huile |
| 1 | Vibration au décollage |

1995 :

| Nombre de déposes | Causes des déposes |
|-------------------|---------------------------------------|
| 1 | Vibration compresseur (pompage) |
| 1 | Bouchons de vidange cavité détérioré |
| 1 | Fuite d'huile au palier ≠ 6 |
| 2 | Présence d'huile |
| 1 | Carter fan percé |
| 1 | FOD |
| 2 | Fuite d'huile GBX |
| 2 | Fumée Blanche a l'échappement |
| 1 | Freinage carter intermédiaire décollé |

1996 :

| Nombre de déposes | Causes des déposes |
|-------------------|--|
| 2 | Vibration |
| 2 | Fuite GBX |
| 1 | FOD |
| 1 | Missing matériel en 1 ^{ère} étage HPT |
| 1 | Segment NGV crique |
| 1 | Consommation d'huile |
| 1 | Fuit d'huile |
| 2 | Cooling air hair |

1997 :

| Nombre de déposes | Causes des déposes |
|-------------------|---|
| 1 | Trou refroid apprend sur HPT |
| 2 | FOD |
| 1 | Dent 3 ^{ème} étage compresseur |
| 1 | Vibration |
| 1 | Fuit d'huile GBX |
| 2 | Présence limailles au filtre |
| 2 | Consommation d'huile |
| 1 | EGT élevée |
| 1 | Cooling air hair |
| 1 | Erosion turbine |

1998 :

| Nombre de déposes | Causes des déposes |
|-------------------|-----------------------|
| 1 | Carénage endommagée |
| 4 | Anomalie turbine |
| 3 | Consommation d'huile |
| 1 | Erosion compresseur |
| 1 | EGT élevée |
| 1 | Fuit d'huile |
| 1 | Pert de métal NGV |
| 1 | Trou ref apparaît HPT |
| 3 | Erosion HPT blade |

1999 :

| Nombre de déposes | Causes des déposes |
|-------------------|--------------------------|
| 1 | Carter subi déchire |
| 2 | Missing matériel |
| 1 | Fuit d'huile GBX |
| 1 | Consommation d'huile GBX |
| 1 | Pompage |
| 2 | Fuite d'air PT7 |
| 1 | EGT élève |

2000 :

| Nombre de déposes | Causes des déposes |
|-------------------|--------------------------------------|
| 3 | Fuit d'huile GBX |
| 2 | Fuit d'huile palier 6 |
| 1 | Turbine endommagé |
| 1 | Dent sur ailette fan |
| 1 | Dent sur 7eme e13 ^{eme} HPT |
| 1 | Erosion HPT |
| 1 | Nick LPT |

2001 :

| Nombre de déposes | Causes des déposes |
|-------------------|----------------------------|
| 1 | Crique compresseur |
| 2 | EGT élevée |
| 2 | Fuit d'huile GBX |
| 1 | Crique au niveau de palier |
| 1 | Fuit d'huile externe |

2002 :

| Nombre de déposes | Causes des déposes |
|-------------------|---------------------------|
| 3 | EGT élevée |
| 2 | FOD |
| 1 | Fuit d'huile au palier N1 |
| 2 | Pompage |

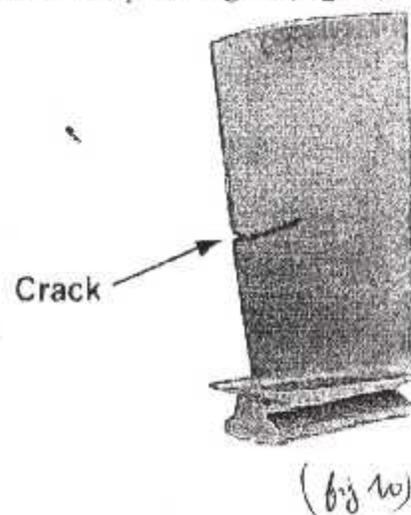
V-6-5- Les déposes sont dus essentiellement aux :**1- Injection des corps étrangers FOD :**

Aux cours des mouvements au sol de l'avion (roulage) ou phases de décollage, monté en altitude, approche et atterrissage, les réacteurs peuvent aspirés des objets qui se trouve sur les aires de roulage et pistes tel que les pierres écrou (boulon, et plus grave encore, ces réacteurs peuvent avalés des oiseaux (mouettes) présente dans l'environnement de l'aérodrome .

Une fois aspirée par le compresseur du moteur, les ailettes de celui -ci sont endommagées suit aux chocs subis avec des objets, aspire, ces chocs les ailettes enregistrent les ruptures, pertes de métal, déformation et criques.

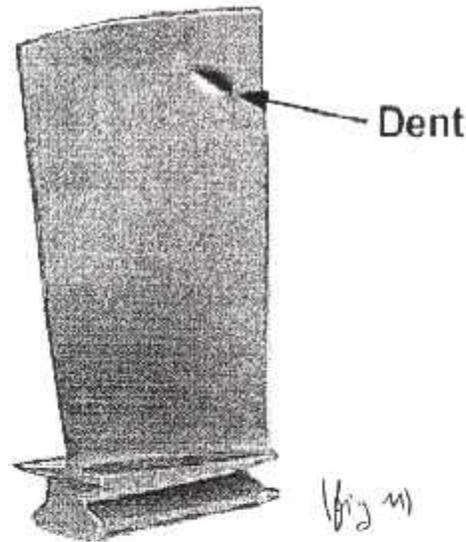
2- Les principale, causes de défaillances compresseur :**• Crique :**

L'environnement provoque une crique ou une fissure qui affectes les ailettes compresseur, provoquent une diminution de leurs résistances mécaniques et dégradation de leur caractéristiques aérodynamiques, plus la fatigue de métal tous ces inconvénients dues a des contrainte mécanique qui provoquent la fatigue du métal en plus les chocs qui sont dues des corps étrangers (fig 10).



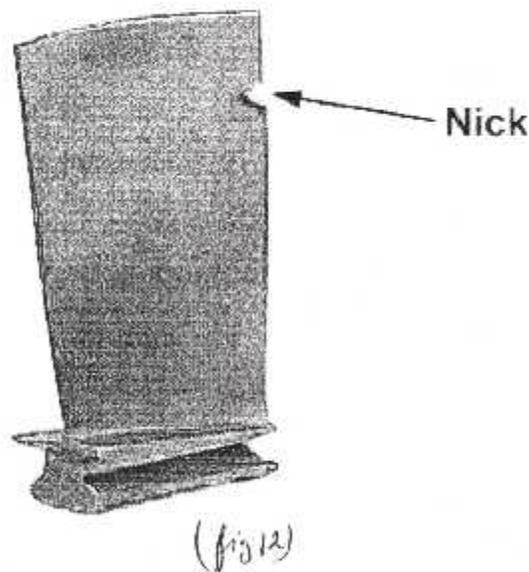
- **Dent :**

C'est une empreinte qui apparaît sur les surfaces des ailettes compresseur qui due souvent a des chocs des corps étranger (fig11).



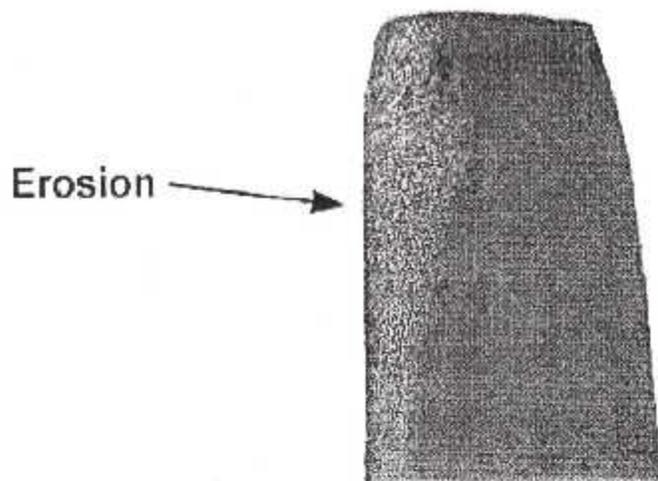
- **Nicke :**

C'est une déchirure qui apparaît sur les extrémité de l'ailette compresseur qui peut se prolonger avec le temps sur toute la largeur de l'ailette. (fig 12).



- **Erosion :**

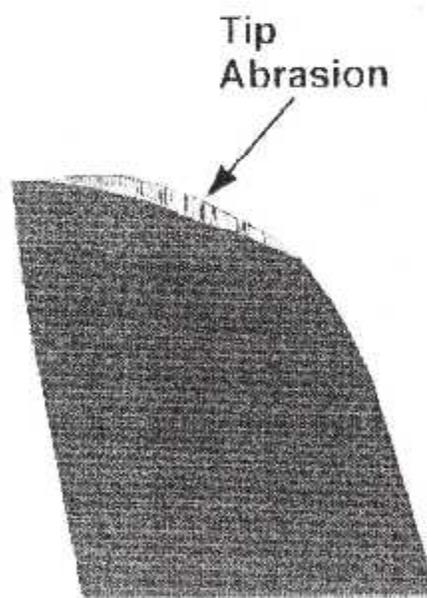
L'environnement provoque une érosion (gaz a grande vitesse) qui affect les ailettes compresseur provoquant une diminution de leurs résistances mécaniques et dégradation de leurs caractéristiques aérodynamiques (due aux changements de la forme géométrique des profils qui peut être aussi due au pénétration d'un corps étranger (fig13).



(fig 13)

Tip Abrasion : (usure des extrémités)

C'est un gommage d'une partie de métal qui apparaît sur les extrémités des ailettes compresseur qui déforme la géométrie du profil. (fig 14).

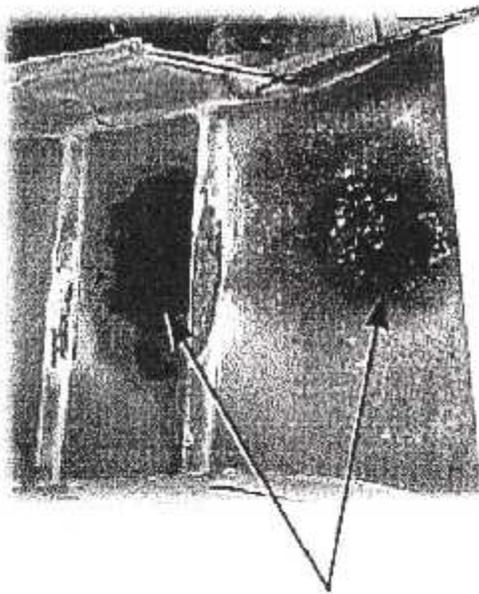


(fig 14)

3) Les types des endommages qui apparaît sur les ailette turbine :

- Les brûleurs :

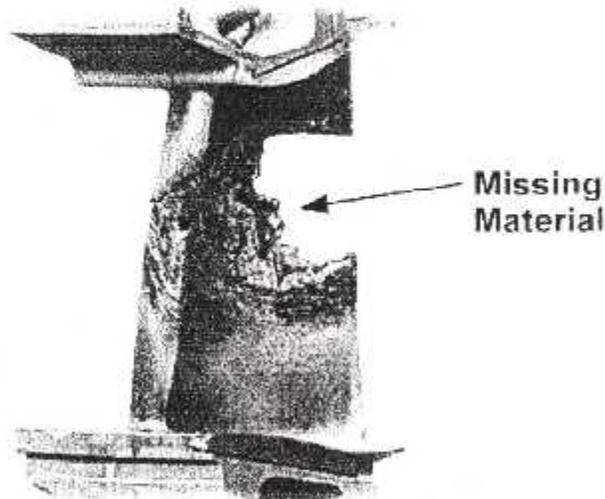
Les gaz chaud qui se déroule dans la turbine provoque des brûleurs sur les surfaces de l'ailette qui apparaît se forme des plaques noires de calamine qui provoque la fatigue de métal puis un arrachement de métal (fig.15).



Burning (fig 15)

• **Missing matériel :**

C'est un arrachement d'une grande partie de métal qui constitue la turbine qui est due essentiellement au développement de leur leur (fig. 16).



(fig 16)

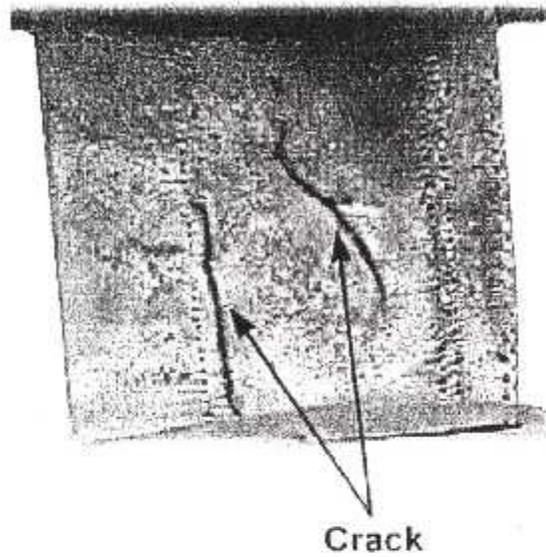
• **Erosion :**

L'environnement provoque une érosion (gaz chaud a grand vitesse) qui affecte les ailette turbine est provoquent une diminution de leur résistance mécanique et la dégradation de leurs caractéristique aérodynamique.

Et quand l'érosion est très dure sur les ailette provoque l'apparition des trous de refroidissement.(fig. 17)

- **Crique :**

C'est une fissure qui affectes les ailettes de la turbine qui due à la fatigue et la élévation de température, érosion etc. (fig.18)

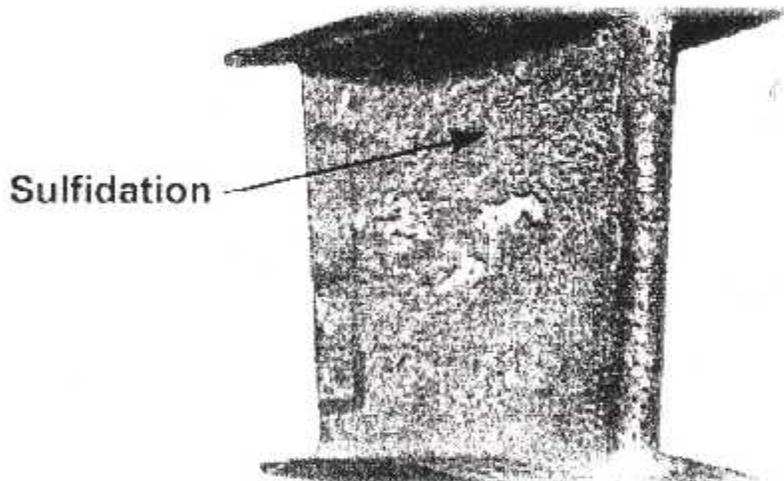


(fig 18)

• **Sulfidations :**

C'est la haute érosion qui est due à des produits chimiques (combinaisons de la sulphur + sel a très grand température de gaz ou autrement dit lorsque il y a une très grand température plus la présence des produits chimiques (le sel et le sulphure) provoquant le phénomène de la sulfidation (fig 19).

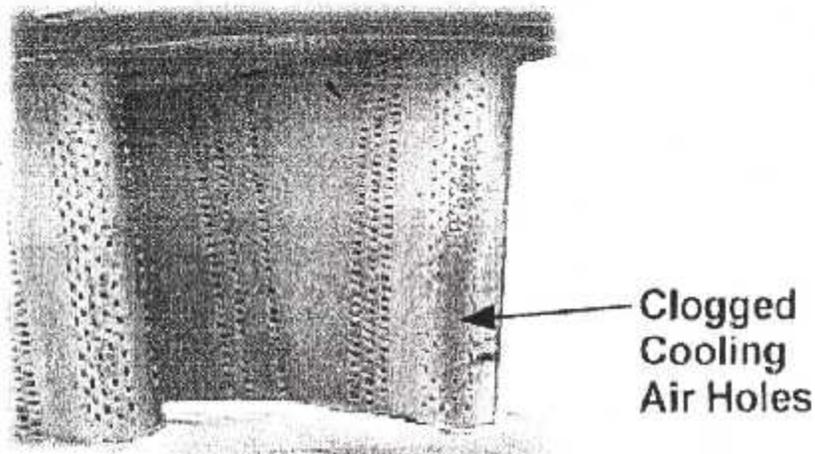
- au début de la phase de ce phénomène ou il y a une basse de température la couleur de la surface de toucher doivent vert ou bleu .
- a la fin de cette phase la couleur devient être noire et qui peut se prolonger avec le temps autour de la surface de turbine.



• **Clogging :**

(fig 19)

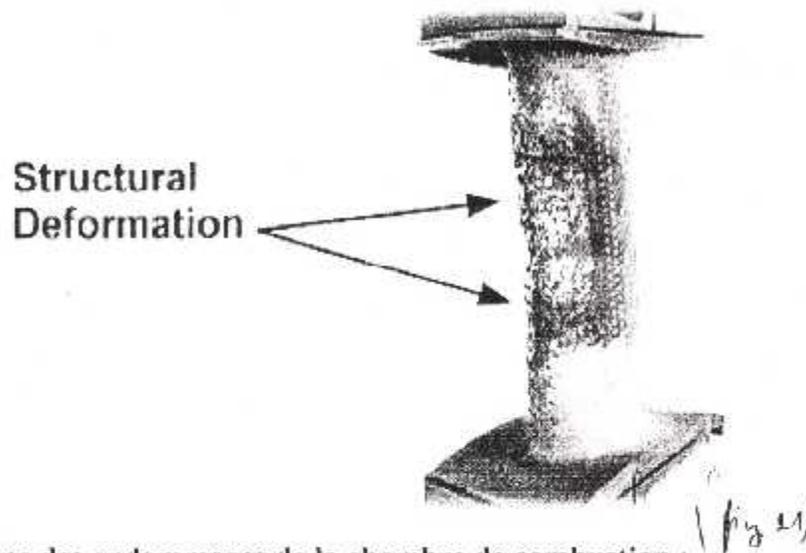
L'orsque il y a très grand pression des gaz qui due a la combustion, les trous de refroidissement sont endommagés ou boucher qui provoque une diminution de la quantité de l'air froid qui refroidi l'ailette turbine engendre le chauffage de ailette . fig (20)



(fig 20)

- **Fluage a chaud :**

C'est la dilatation de l'ailette turbine a cause de la force centrifuge et l'élévation de la température, qui provoque un frottement entre l'ailette turbine et le carter permet la déformation de sa géométrie (fig.21)



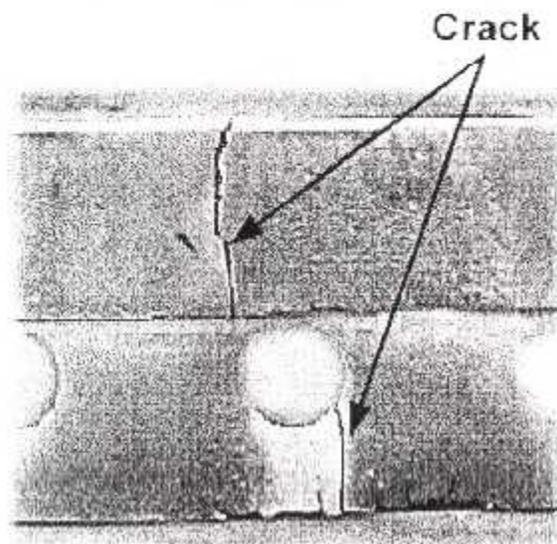
4) Les type des endommages de la chambre de combustion :

- **Crique :**

C'est une fissure apparaît sur la surface de la chambre de combustion a cause de grand température plus les réactions chimiques. (due a la combustion)

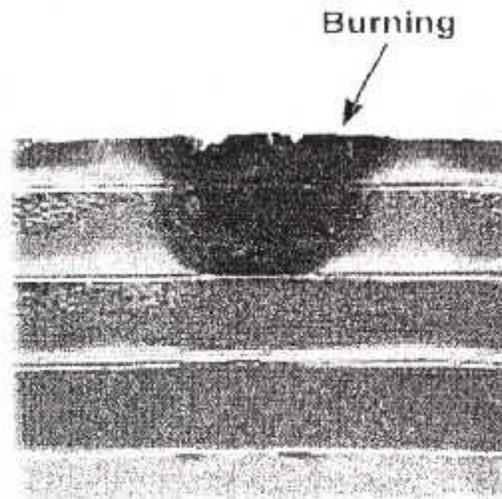
La longueur et la direction de la fissure est très important et se détermine :

- L'intervalle de l'inspections suivant
- Si le moteur doit être déposés et réparé (fig 22)



- **Brûlures :**

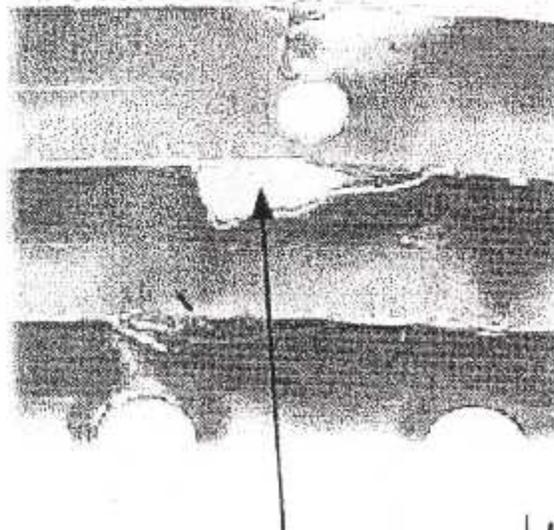
A cause de la grande température des gaz de combustion plus les réactions chimique qui se déroule dans la chambre de combustion se provoquent un débit de fusion des parois de la chambre de combustion qui cause des fissures (craque) ou l'arrachement des sections de la chambre (fig 23).



(fig 23)

- **Missing matérielle :**

A cause de la fusion des parois de la chambre de combustion qui se provoquent l'arrachement des sections de la chambre c'est le phénomène de missing matérielle (fig 24).

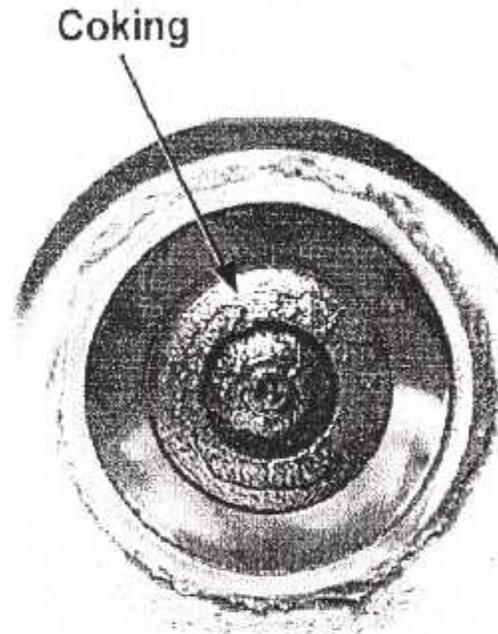


Missing Material

(fig 24)

- **Coking :**

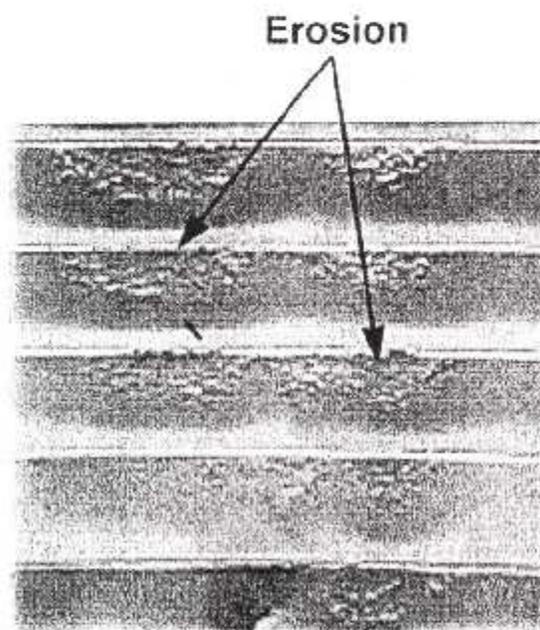
C'est le colmatage des injecteurs qui se trouve dans la chambre de combustions(fig. 25)



(fig 25)

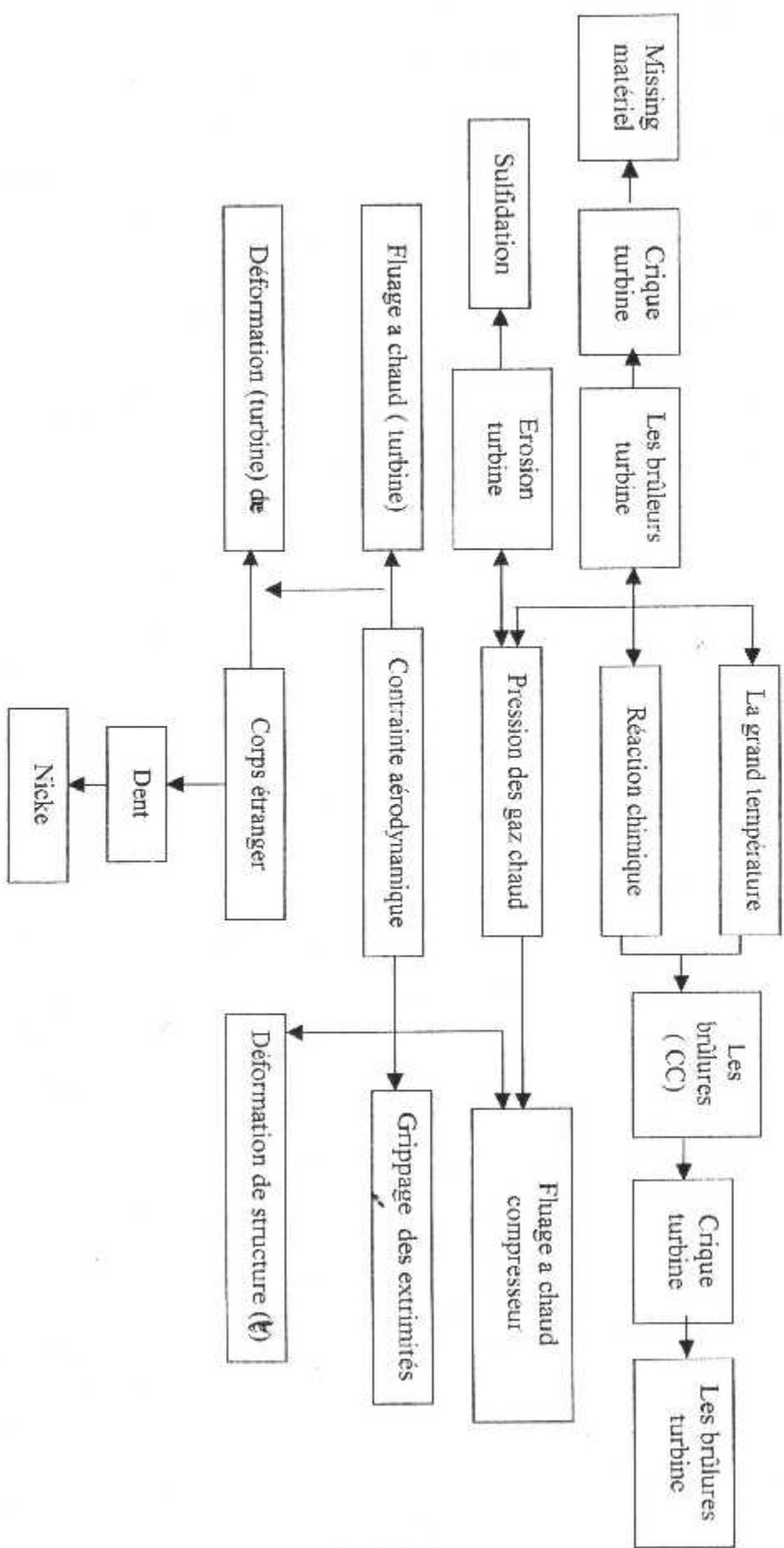
- **Erosion :**

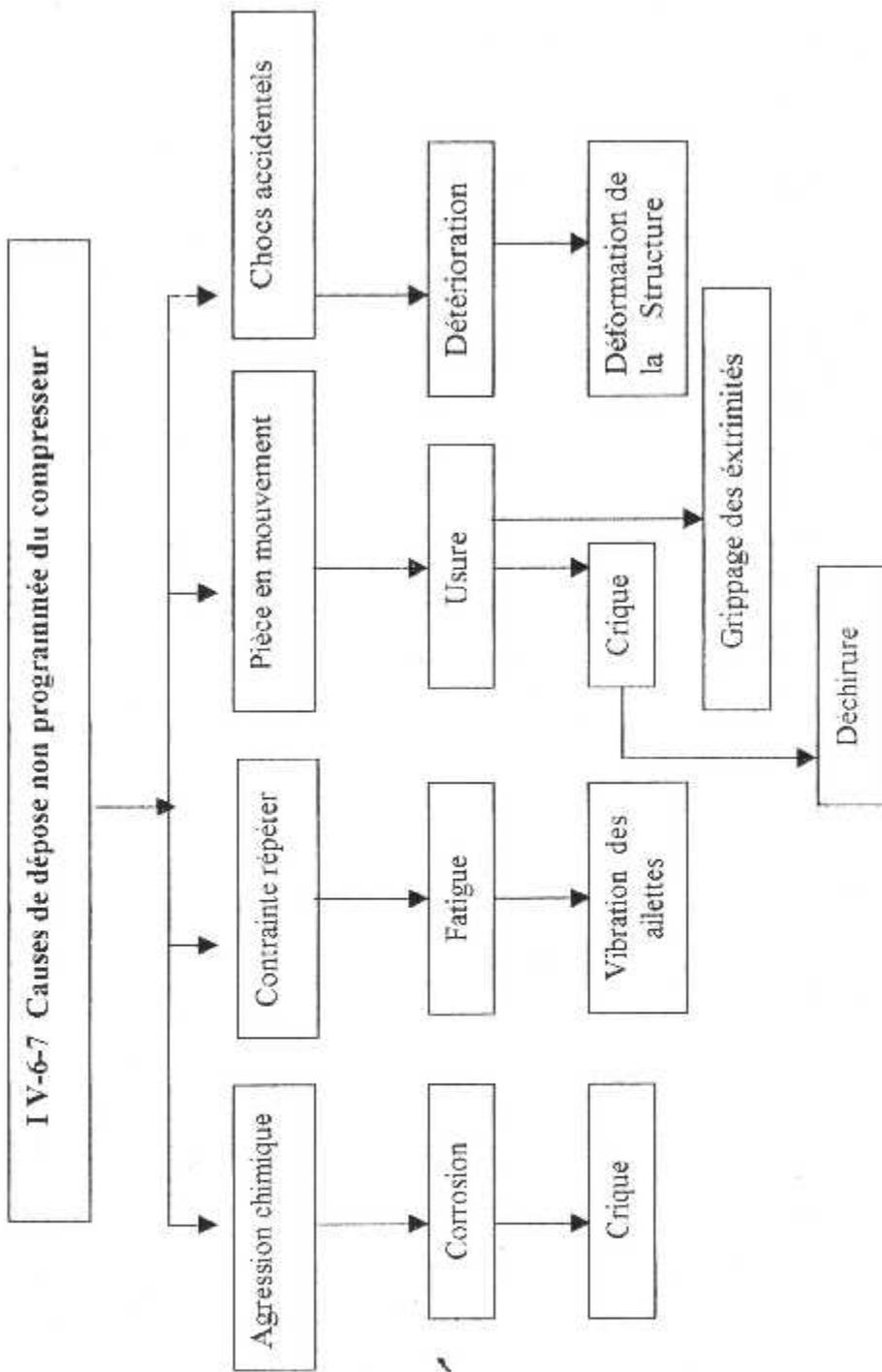
L'environnement provoque une érosion (gaz a grande vitesse qui affecte surtout les sections de la chambre de combustion , qui provoque une diminution de leur résistance mécanique et dégradation de leurs caractéristiques aérodynamiques. (fig 26)

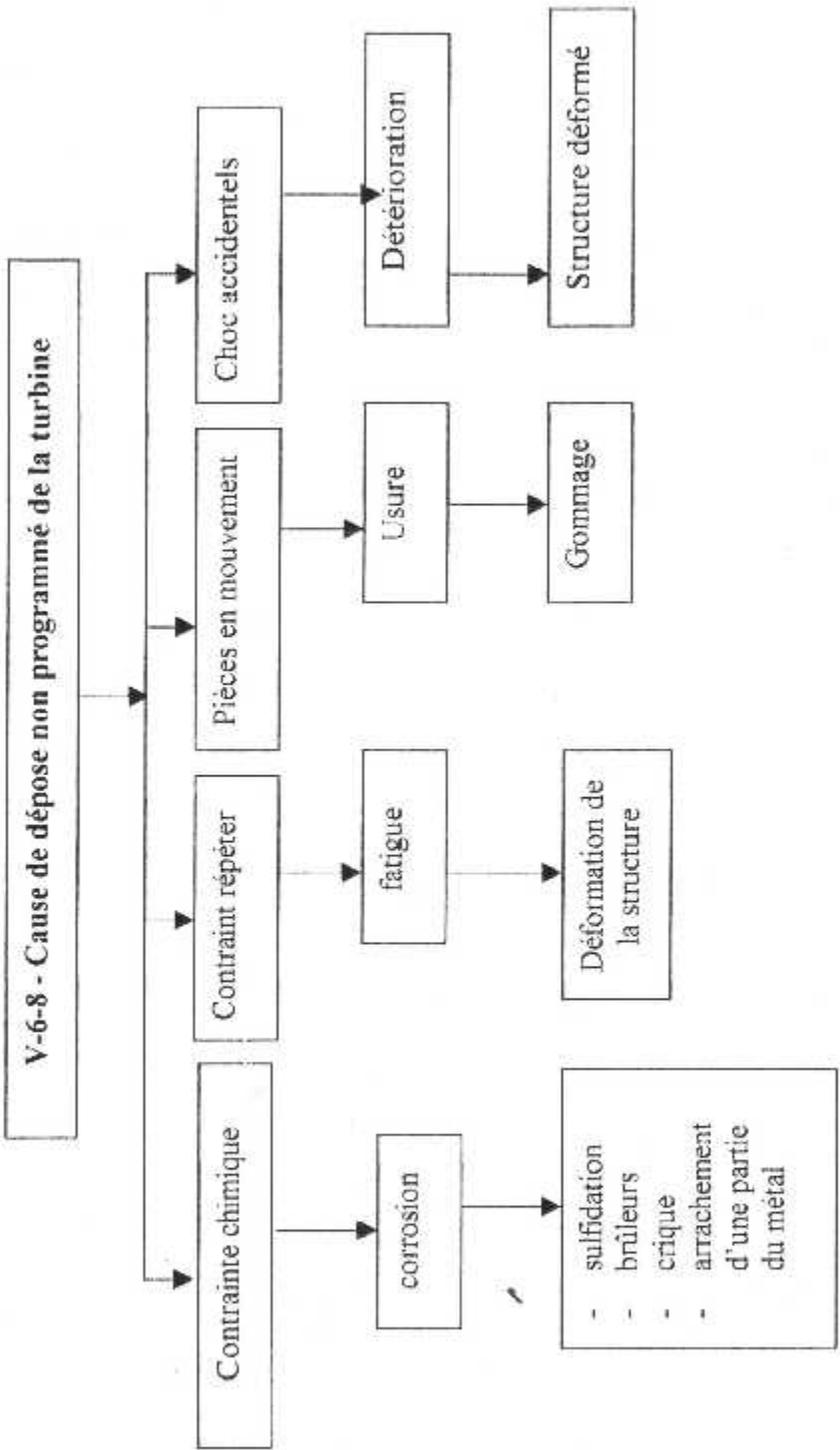


(fig 26)

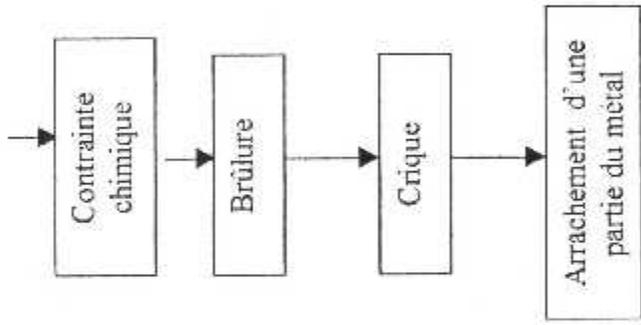
V-6-6 La relation entre ces endommagements







V-6-9 Causes de dépose non programmé de la chambre de combustion



CHAPITRE VI

Chapitre VI : Recherche des panne et procédure de dépannage**VI-1- Introduction :**

Les pannes coûtent chère, il est intéressant de bien les étudiés de les réduire par conséquent, il faut mettre en place des moyens et des méthodes permettant de tronccés les vraies causes.

VI-2- Définition de la panne :

Il y a une panne dés qu'un défaut apparié, c'est des essais entre ce qui devrait être et ce qui est, mais en fait ce que l'on a constaté est un symptôme.

Souvent le dépanneur cherche à supprimé la panne sans cherché les causes premières, si l'on veut réellement que la panne ne se reproduise pas, il faut remonter à la cause première, d'ou la nécessité détaillé la chaîne des causes c'est à dire la recherche des pannes.

VI-3- Les différents types des pannes :

- Pannes simples activé (ou panne franche)

Ex : Blocage d'une commande

- Court circuit

- Panne passives (ou panne cachée/dormante) :

- panne dont la présence n'est pas immédiatement détachée

Ex : - perte d'une surveillance.

- perte d'une protection.

- Panne en cascades : une panne simple, pas de critique en elle- même entraîne des séries d'autres pannes.

Ex : mauvais verrouillage (posete)

- Erreur de conception

- Mauvaise installations

- Logiciel

- Erreur de fabrications

- Contrôle qualité

- Facteurs humaines

- Erreur de maintenance

- Montage incorrecte

- Oublie outils

VI-4- Les différentes classes des pannes :

Toutes les pannes n'affectant pas la sécurité de l'avion de la même façon, on distingue donc différent type de panne en fonction de leur conséquence qui sont :

Les pannes de class 1 :

Elles nécessitent d'être portées à la connaissance de l'équipage parce qu'elles provoquent des conséquences opérationnelles elle nécessitent obligatoirement une action du pilote.

Les pannes de class 2 :

Elle n'ont pas conséquences en cour de vol, et pour les prochain vol, elle ne sont pas directement portées à la connaissance de l'équipage.

Les pannes de class 3 :

Elle ne sont pas indiquées à l'équipage car elle n'ont pas des conséquences opérationnelles, et n'affectent en rien la sécurité de l'avion.

Les pannes pouvant être :

NO-GO : C'est à dire qu'elles doivent impérativement être réparées .

GO-IF : C'est à dire qu'elles n'ont pas lésion d'être réparées en prenant compte certaines précautions.

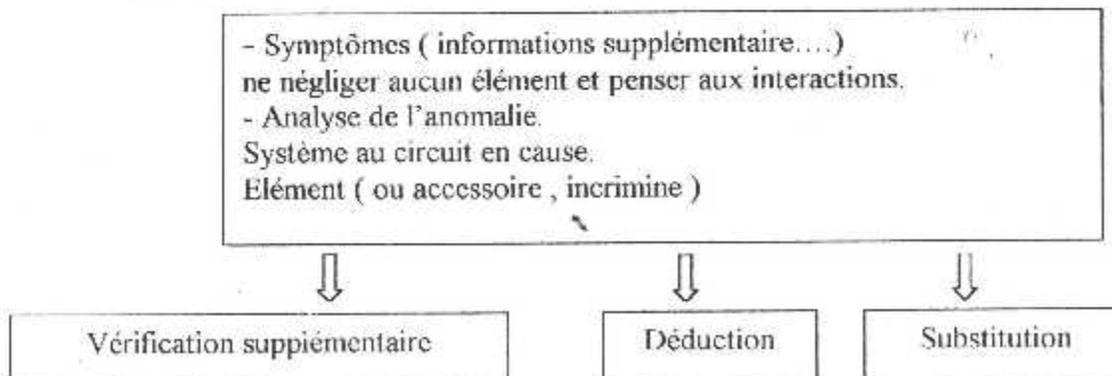
GO : Sans conditions car elle n'ont pas faisions d'être réparés.

Problème de système d'allumage.

Problème anti-givrage.

VI-5- Principe de recherche de panne :

Le principe consiste à définir clairement le symptôme, à l'interpréter, à procéder au diagnostique de façon logique et à choisir et appliquer le remède permettant le dépannage.



VI-5-1- Symptôme observé :

Le définir clairement et si lésion est vérifier à nouveau. En effet, il s'agit le plus souvent de paramètres mesurés et il faut d'assurer de l'exactitude de l'indication de puis, rechercher les informations supplémentaire susceptible de faciliter le diagnostique (condition dans les quelles la panne s'est produite.....).

Par ailleurs, rechercher s'il y a des antécédents et si la symptôme est logique compte tenu des heurs de fonctionnement par exemple.

Système :**VI-5-2- Analyse de l'anomalie :**

Un raisonnement logique doit permettre de trouver directement la cause, soit de trouver le système défectueux dans le système, outre la déduction, on peut avoir recours à des vérifications supplémentaires, des essais ou la substitution d'éléments.

Lorsque l'élément défectueuse est isolé, il convient alors de choisir le remède à mettre en œuvre (soit le dépannage proprement dit).

VI-6- Dépannage :

Le dépannage si par exemple ; réglée nettoyée , changée après le dépannage, vérifier le fonctionnement.

VI-6-1- Méthodologie de dépannage :

Optimisation des procédures de dépannage est destinée à :

- Réduire les temps des procédures de dépannages
- Diminuer les déposes injustifiées.

Plusieurs études effectuées par les compagnies aériennes ont démontré que les causes des déposes injustifiées pouvant se classer de la façon suivante :

- Inefficacité des dispositifs automatiques de recherche dépanne qui fournissent des informations incomplètes au ambigües.
- Absence ou inefficacité au standard incorrect des banc de test requis pour aider le diagnostique.
- Inefficacité du support de personnel de piste, en effet bon nombre d'anomalie telle que documentation nécessaire.
- Non suivie des procédures de dépannage déjà établies, le savoir faire et dans son habilité.
- Compétence insuffisante du personnel de piste.
- Temps a louer à la recherche de panne .

VI-6-2- Méthodes de dépannage :**a- Méthode aléatoire :**

Lorsque les règles d'exclusions en se qui concerne les systèmes ou des sous systèmes ne peuvent s'appliquer, sans une analyse complexe et longue, les deux méthodes aléatoires suivantes peuvent être appliquées.

b- Méthode globale :

Cette méthode consiste à remplacer tous les éléments de la fonction incriminée.

Avantage :

Sauvegarde la ponctualité.

Inconvénient :

Nécessite de disposer en magasin de tous les éléments constitutifs de la fonction.

Beaucoup de déposes non justifiées.

Manipulation excessive des équipements dont la fiabilité décroitra

c- Méthode progressive :

Cette méthode consiste à remplacer successivement les équipement de la fonction incriminée et sans analyse approfondie.

Une fois l'équipement remplacer, on procède à un essai qui permet de vérifier si le fonctionnement à été restauré. Dans le cas contraire on remonte l'ancien équipement et on procède au remplacement du suivant et ainsi de suite jusqu'au dépannage complet de la fonction du système.

Avantage :

90% des pannes peuvent être résolues par ce processus qui fait intervenir une analyse simple permettant d'agir en priorité sur les causes les plus probables.

Inconvénient :

Déposes injustifiées (répétition des plaintes, retard, coûts engendrés)

d- Méthode analytique :

La méthode analytique permet d'affiner la méthode par exclusion et d'incriminer à coup sur l'élément cause, cette méthode nécessite des spécialistes ayant une bonne connaissance des systèmes.

La marche à suivre est de le faire à l'aide des schémas de principe la liste de toutes les causes possibles et construire l'arbre de défaillance qui permettra d'éliminé les causes par :

- la prise en considération des informations recueillis sur avion (observations de l'équipage, alarmes, indicateurs).

- L'exécution des testes et des mesures.

c- La méthode historique des pannes :

Cette méthode à pour but de déterminer la panne dès les plus profond analogie, suivant les procédures du constructeur , à partir des tableaux d'historique de pannes cette méthode est élaborée par le constructeur qui va être suivi par le mécanicien, suite à la compétences de celui-ci.

Avantages :

La majorité des pannes peuvent être résolue par cette méthode.

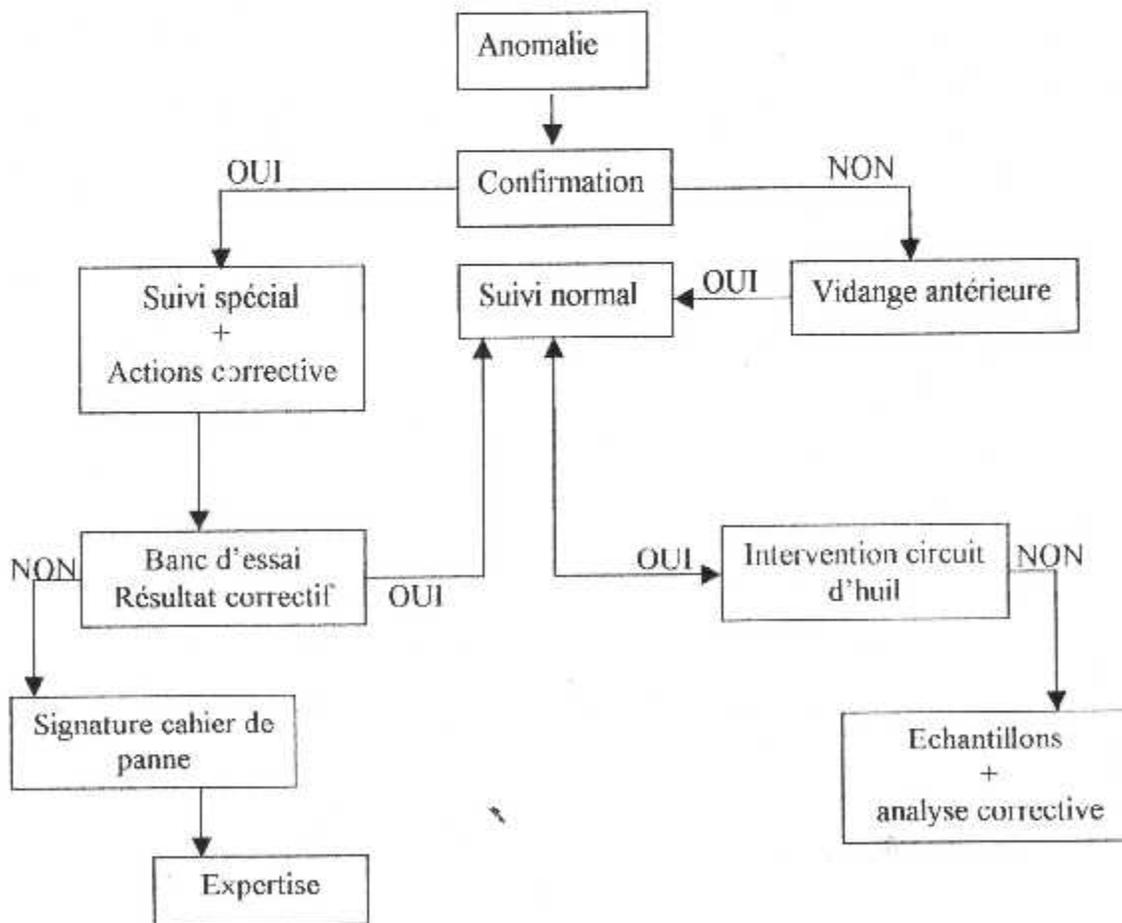
Cette méthode ne prendra pas beaucoup de temps.

Inconvénients :

Mauvais applications d'historique des pannes par le mécanicien.

Il y a manque d'historique des pannes.

Procédure de dépannage : (exemple) *Analyse Spectrométrique*



2) Pression de huile bas :

| Causes probable | Procédure de recherche de panne | Actions corrective |
|---|---|---|
| 1. Indicateur de pression d'effectuer | permittation de l'indicateur | Remplacement réparé l'indicateur |
| 2. Transmetteur de pression d'effect | Vérifier le cabalage de transmetteur + le capteur de pression | Remplace l'équipement |
| 3. Fuit extérieur | Vérifier les tuyauterie est les connexions | Change les tuyauterie |
| 4. Pompe principal de huile d'effectuée | Vérifier la pompe on bond d'essai et débranché le tuyau avant | Remplacé la pompe et vérifier le défaut de la pompe d'effectuer |
| 5. niveaux de huile | Vérifier le niveaux de huile | Faire le plein de huile |

3) Consommations d'huile excive :

| Causes probable | Procédure de recherche de panne | Actions corrective |
|--|---------------------------------------|-----------------------------|
| Fuite extérieure plus fuite intérieure | Vérifier les tuyaux | Changer les tuyaux |
| Pompe de récupérations | Vérifier les 4 pompes de récupération | Changé la pompe d'effectuée |

4) Température d'huile élevée :

| Causes probable | Procédure de recherche | Action corrective |
|--|--|----------------------------------|
| 1. échangeur de chaleur | Vérifier l'échangeur | Remplace l'échangeur |
| 2. Fuite | Vérifier la tuyauterie | Remplacé au réparer les tuyaux |
| 3. niveaux d'huile est bas dans le réservoir | Vérifier le niveau d'huile | Faire le plein |
| 4. roulement filet est usurée | Rechercher des particules métallique au filtre principal | Dépose moteur réparer l'anomalie |

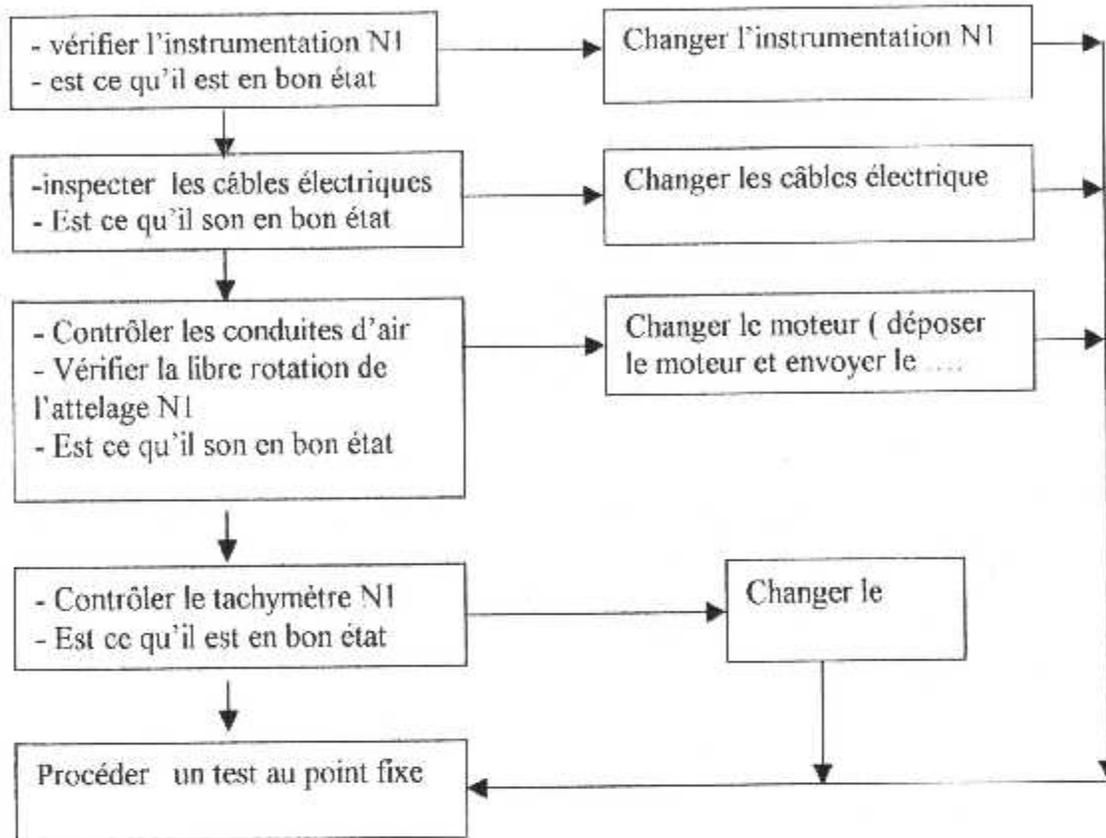
5) Survitesse du régime N1 :

l'indicateur affiche une indication non tolérer

- N1 max : 102.4%
- N1 min : 100%

5-a- Organigramme de dépannage de la survitesse du régime N1 :

L'indicateur de l'attelage N1 soit limité ou no limité .

**5-b- Méthode de dépannage :****1) Savoir faire du mécanicien :**

- Quand l'avion au sol le commandant de bord transmet le C.R.M au mécanicien .
- Le C.R.M indique qu'il y a une anomalie de survitesse de l'attelage basse pression (N1).
- Le mécanicien procède à un test de l'indicateur par un boulon recette pour le bon fonctionnement de celui-ci sur le panneau central du cabine de pilotage .
- Lorsque l'indicateur est endommagé on procède du changement de celui-ci
- Le test se fait par un point fixe pour assure le bon fonctionnement de l'attelage N1 du moteur .

2) Méthode historique des pannes :

Ce tableau montre toutes les pannes survitesse de l'attelage basse pression du régime N1 durant 10 ans (1992 – 2002)

| Année / Equipement | Attelage Basse pression | Conduit d'air | Capteur | Câblage | Indicateur N1 |
|--------------------|-------------------------|---------------|---------|---------|---------------|
| 1992 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 |
| 1993 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 1994 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 1995 | 6 | 0 | 0 | 1 | 12 |
| 1996 | 4 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 1997 | 6 | 0 | 0 | 1 | 6 |
| 1998 | 11 | 1 | 0 | 0 | 7 |
| 1999 | 9 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| 2000 | 0 | 0 | 0 | 1 | 17 |
| 2001 | 10 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 2002 | 7 | 0 | 0 | 1 | 18 |
| Total | 57.24% | 2.12% | 0% | 5.3% | 124.02% |

Disque de pourcentage :

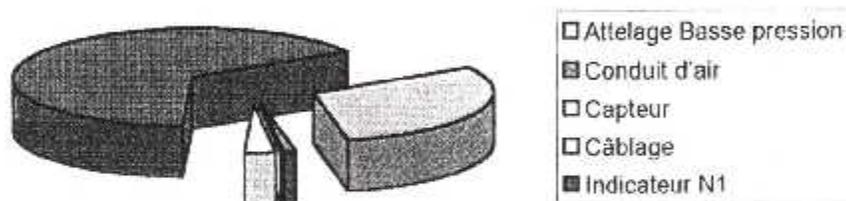


Fig (V-2)

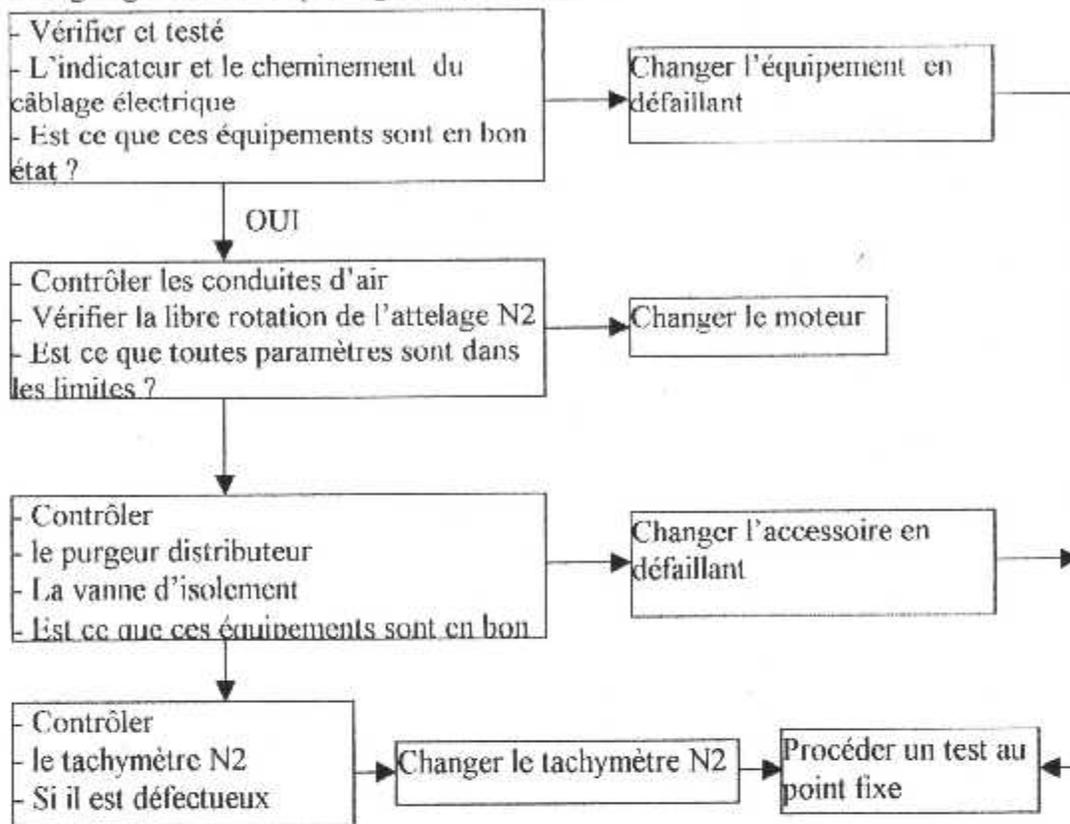
D'après ce disque on conclue que l'endommagée de l'attelage basse pression N1 se produit de mauvais fonctionnement de l'indicateur N1 durons chaque année donc on a obligé du changée l'indicateur avant tout.

6) Survitesse du régime N2 :

L'indicateur de l'attelage haut pression (N2) sont limité ou non limité

- N2 max : 102.4%
- N2 min : 100%

6.6 Organigramme de dépannage de survitesse N2



6.6.1 Dépannage par la méthode de savoir le mécanicien :

- Quand l'avion au sol le commandant de bord transmet le C.R.M au mécanicien .
- Le C.R.M indique qu'il y a une anomalie de survitesse de l'attelage haute pression (N2).
- Le mécanicien procède à un test de l'indicateur par un boulon recette pour le bon fonctionnement de celui-ci sur le panneau central du cabine de pilotage.
- Lorsque l'indicateur est endommagé on procède du changement de celui-ci.
- Le test se fait par un point fixe pour assure le bon fonctionnement de l'attelage N2 du moteur .

6.6.2 Méthode historique des pannes :

Ce tableau montre toutes les pannes survitesse de l'attelage passe pression du régime N2 durant 10 ans (1992 – 2002)

| Année Equipement | Attelage Basse pression | Capteur | Câblage | Purgeur distributeur | La vanne d'isolement | Indicateur N1 |
|---------------------|-------------------------------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| 1992 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 1993 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1994 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 1995 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 1996 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 1997 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1998 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 1999 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| 2000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 2002 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Total | 14.28% | 14.28% | 7.14% | % | % | 142.8% |

Disque de pourcentage :

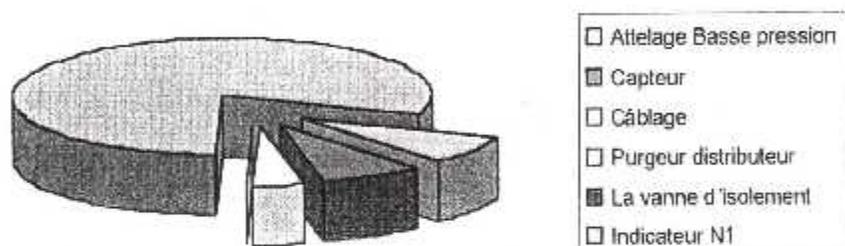


Figure (VI3-)

Le mauvais fonctionnement de l'indicateur N2 provoque une endommagée de l'attelage haute pression .

7) EGT élevée :

Tableau montre l'évolution de tout les pannes « EGT élevée » pendant 10 ans depuis 1992-2002.

| Année Equipement | Indicateur EGT | Thermo couples | Boite de Fonction | Câblage | Turbine haut pression |
|---------------------|-------------------|-------------------|----------------------|---------|--------------------------|
| 1992 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1993 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 1994 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1995 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1996 | 3 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1997 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 1998 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 |
| 1999 | 2 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 2000 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 2001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2002 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Total % | 36.32% | 15.89% | 9.08% | 4.54% | 38.20% |

Disque pourcentage

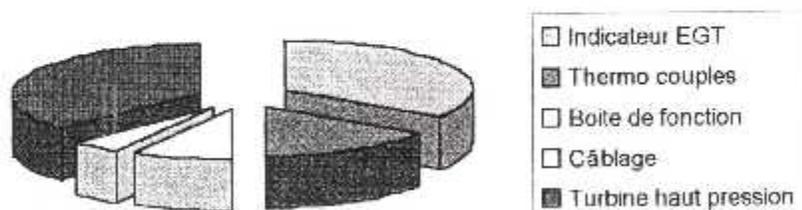


fig (VI.2)

La température élevée est due au mauvais fonctionnement de la attelage haut pression.

7-a- Le dépannage par la méthode de s'avoir faire le mécanicien :

Le premier élément qui doit le mécanicien test l'indicateur EGT si celui ci est bon état alors le mécanicien tester les thermocouples en cas de bon fonctionnement, il est la boite de jonctions qui a pour rôle de recevoir les signaux des son des thermocouples qui va être en voyer au cabine de pilotage vers l'indicateur.

Donc le responsable procède a un baroscope au niveau de la partie chaudes (injecteur, chambres des combustion, turbine haut pression).

La plupart de temps le surchauffe est causée par l'endommagement de la turbine haute pression.

Donc il y a dépose moteur est envoyer vers ateliers moteurs pour démontage pour ouverture de la section de la turbine.

7-b- Dépannage par la méthode analytique :

- Le pilote donne le C.R.M au mécanicien.
- Le mécanicien commence son travail par consultation du manuel de recherche des pannes.

Conclusion

Conclusion :

Ce mémoire ma permis de prendre connaissance du fonctionnement, d'un réacteur de type JT8-D de manière à fournir la poussée nécessaire à l'avion pour effectuer ses différents phases de vol tout en garantissant l'état de bon fonctionnement.

Dans ce mémoire nous avons tenté de donner une analyse statistique de dépose moteur soit pour une visite programmée (RG-HSI) ou pour une visite non programmée avec une aide générale sur les différents endommagée qui apparaît souvent sur les partie nécessaire du moteur (ailette compresseur ou turbine, la chambre de combustion) plus une analyse modeste du systeme de maintenance de ce type de réacteur, qui nécessite beaucoup des moyens tant que humains, de façon a obtenir un équilibre entre la sécurité et la disponibilité et application de certain technique et le savoir faire le mécanicien dans ces secteur va apporter une impulsion forte pour leur développement.

Bibliographie

- JT8-D (9, 15, 17) training guid P8 W a Januray 1968.
- JT8-D Engine maintenance managent planing guillenes PWA March 30/1980.
- JT8-D Trouble shooting training guide -de part N° 757417 P8W Aircraft .
- Mémoire de fin d'étude Maintenance en opération d'un Turbo réacteur (GT8-D)
- Entretien des Aéronefs
- JT8-D Propulseur (système).