

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT D'AERONAUTIQUE DE BLIDA



PROJET DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
DES ETUDES UNIVERSITAIRES APPLIQUEES EN AERONAUTIQUE
(DEUA)

Option : propulsion

THEME

**ETUDE ET MAINTENANCE DU CIRCUIT DE
DEMARRAGE ET ALLUMAGE DU MOTEUR CF6-80-E1
EQUIPANT L'AIRBUS A330-200**

Entreprise d'accueil Air Algérie

Réalisé par :

Mr: BEN MAATI ZAKARIA

Proposé par :

Mr: BEN OMAR

Promotion : 2007-2008

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENT

On tient à remercier le bon Dieu de nous avoir donné le courage, la patience et la capacité de mener ce travail a terme.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre promoteur Mr BEN OMAR, et mon cher amis BEHLOUL NABIL.

Mon cher PÈRE et ma très chère MÈRE mes tantes MALIKA et WAHIBA est que j'aime énormément et je leurs présentent tout le remerciement pour leurs conseils «que dieu me les gardent a jamais ».

Pour leurs contributions à tout instant à la réalisation de ce travail, nous les adressons également à tous les enseignants de l'institut d'aéronautique et à tous les gens qui ont contribués de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Que tous les membres du jury trouvent ici l'expression de nos remerciements les plus chaleureux pour avoir acceptés la charge d'évaluer le présent travail.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

HISTORIQUE DE LA COMPAGNIE AIR ALGERIE

<i>1.1 LA COMPAGNIE AIR ALGERIE</i>	1
<i>1.2 MISSIONS DE LA COMPAGNIE</i>	4
<i>1.3 LA DIRECTION TECHNIQUE</i>	6
<i>1.4 HISTORIQUE DE L'A330-200</i>	7

CHAPITRE I

DESCRIPTION DU CF6-80-E1

<i>1.1 DESCRIPTION DU MOTEUR CF6-80-E1</i>	10
<i>1.1.1 MODULE FAN</i>	11
<i>1.1.2 MODULE CORE</i>	13
<i>1.1.3 MODULE TURBINE HAUTE PRESSION</i>	14
<i>1.1.4 MODULE TURBINE BASSE PRESSION</i>	16
<i>1.1.5 MODULE BOITE D'ENTRAINEMENT DES ACCESSOIRES</i>	17
<i>1.2 CARACTERESTIQUE PRINCIPALES DU MOTEUR CF6-80-E1</i>	19
<i>1.3 REPARAGE DE DIFERENTS STATION DU MOTEUR</i>	20

CHAPITRE II

LES CIRCUITS DU MOTEUR CF6-80-E1

<i>II.1 LES DIFFERENTS CIRCUITS DU MOTEUR CF6-80-E1</i>	21
<i>II.1.1 CIRCUIT CARBURANT</i>	21
<i>II.1.1.1 COMPOSITION DU CIRCUIT CARBURANT</i>	21

<i>II.1.1.2 CONTROL DU CIRCUIT CARBURANT</i>	21
<i>II.1.2 CIRCUIT DE GRAISSAGE</i>	22
<i>II.1.2.1 COMPOSITION DU CIRCUIT DE GRAISSAGE</i>	23
<i>II.1.2.2 CONTROL DU CIRCUIT DE GRAISSAGE</i>	23
<i>II.1.3 CIRCUIT DE CONTROLE</i>	25

CHAPITRE III

CIRCUIT DE DEMARAGE ET D'ALLUMAGE

<i>III.1 CIRCUIT DE DEMARAGE ET D'ALLUMAGE</i>	30
<i>III.1.1 DEMARRAGE MOTEUR</i>	30
<i>III.1.1.1 DIFFERENTS COMPOSANTS DU CIRCUIT DE DEMARRAGE</i>	31
<i>III.1.2 ALLUMAGE MOTEUR</i>	33
<i>III.1.2.1 DIFFERENTS COMPOSENTS DU CIRCUIT D'ALLUMAGE</i>	34
<i>III.1.3 PANNEAU DE COMMANDE DU CIRCUIT DE DEMARRAGE ET ALLUMAGE</i>	36
<i>III.1.4 LE SYSTEME DE CONTROLE</i>	37
<i>III.1.4.1 DEMARRAGE MOTEUR EN MODE AUTOMATIQUE</i>	37
<i>III.1.4.2 DEMARRAGE MANUEL AU SOL</i>	41
<i>III.1.4.3 REALLUMAGE EN VOL</i>	43
<i>III.1.5 LE SYSTEME D'INDICATION</i>	45
<i>III.1.6 LA VENTILATION</i>	47
<i>III.1.6.1 LA VENTILATION SECHE</i>	47
<i>III.1.6.2 LA VENTILATION HUMIDE</i>	48

CHAPITRE IV
LA MAINTENANCE

<i>IV.1 MAINTENANCE</i>	50
<i>IV.1 DEFINITION DE LA MAINTENANCE</i>	50
<i>IV.2 OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE</i>	50
<i>IV.3 LES DIFFERENTES POLITIQUES DE MAINTENANCE</i>	51
<i>IV.4 DIFFERENTS TYPES DE MAINTENANCES</i>	53
<i>IV.5 DIFFERENTS NIVEAUX DE MAINTENANCE</i>	56
<i>IV.6 LES DOCUMENTS UTILISENT DANS LA MAINTENANCE</i>	56
<i>IV.7 RECHERCHE DE PANNES</i>	59
<i>IV.7.1 DIFFERENTES CLASSES DE PANNES</i>	59
<i>IV.7.2 LES ETAPES DE DEPANNAGE</i>	60
<i>IV.8 STRATEGIE DE LA MAINTENANCE DU CF6-80 - E1</i>	61
<i>IV.8.1 ENTRETIEN EN LIGNE</i>	61
<i>IV.8.1.1 INSPECTION JOURNALIERE</i>	61
<i>IV.8.1.2 INSPECTION HEBDOMADAIRE</i>	62
<i>IV.8.1.3 INSPECTION 1/2 CHECK A</i>	62
<i>IV.8.1.4 INSPECTION CHECK A</i>	62
<i>IV.8.1.5 INSPECTION BOROSCOPIQUE</i>	62
<i>IV.8.2 ENTRETIEN EN ATELIER</i>	64
<i>IV.8.2.1 PROTOCOLE D'INSPECTION PRELIMINAIRE</i>	64
<i>IV.8.2.2 PROTOCOLE D'INSPECTION BOROSCOPIQUE</i>	65
<i>IV.8.3 ATELIER DES ACCESSOIRES</i>	66
<i>IV.8.3.1 ATELIER ELECTRICITE</i>	66

CONCLUSION

ANNEXES

BOBLIOGRAPHIE

Liste des Figures

Figure 1.1 : organigramme de l'entreprise.....	5
Figure 1.2 : organigramme de la direction technique.....	7
Figure 1.3 : dimension de l'avion A330-200.....	8
Figure 1.4 : vue de profil de l'avion A330-200.....	8
Figure 1.5 : vue de face de l'avion A330-200.....	8
Figure 1.1 : les modules du CF6-80-E1.....	10
Figure 1.2 : Module fan.....	11
Figure 1.3 : Fan rotor.....	12
Figure 1.4: Fan stator.....	12
Figure 1.5: Fan support.....	12
Figure 1.6 : Module core.....	13
Figure 1.7 : turbine haut pression.....	15
Figure 1.8 : turbine basse pression.....	16
Figure 1.9 : turbine basse pression.....	17
Figure 1.10: Module boîte d'entraînement d'accessoires.....	18
Figure 1.11 : Station Aérodynamique.....	20
Figure II.1 : système de contrôle du circuit carburant.....	22
Figure II.2 : circuit du graissage.....	24
Figure II.4 : les indicateurs de circuit d'huile.....	26
Figure II.3: l'indicateur de filtre du carburant.....	26
Figure II.5 : Unité Electronique de Contrôle Moteur (ECU).....	28
Figure III.1 : circuit de démarrage d'allumage.....	31
Figure III.2 : la valve de démarrage.....	32
Figure III.3 : le démarreur (starter).....	32
Figure III.4 : Le fonctionnement de circuit de démarrage.....	33
Figure III.5 : Boîtiers d'allumage.....	34
Figure III.6 : Les allumeurs.....	35
Figure III.7 : Le fonctionnement du circuit d'allumage.....	36

<i>Figure III.9 : panneau de commande de circuit de démarrage</i>	37
<i>Figure III.10 : démarrage automatique</i>	40
<i>Figure III.11 : démarrage manuel</i>	42
<i>Figure III.12 : L'écran EWD</i>	46
<i>Figure III.13: L'écran S</i>	46
<i>Figure III.14 : la ventilation</i>	48
<i>Figure IV.1 : objectifs de la maintenance</i>	50
<i>Figure IV.3 : Différents types de maintenances</i>	53
<i>Figure IV.4 : Utilisation des documents dans la maintenance</i>	58
<i>Figure IV.5 : Organigramme des étapes de dépannage</i>	60

INTRODUCTION

Introduction

Pour que le moteur fonctionne bien, le constructeur a mis des différents systèmes.

Les systèmes de démarrage et allumage sont parmi les systèmes les plus importants dans le moteur, du fait qu'ils assurent la mise en marche du moteur et l'inflammation du mélange air /carburant lors du démarrage.

Dans notre travail sur le moteur **CF6-80E1** de **GE**, on à procédé quatre chapitre :

Chapitre I : description du moteur **CF6-80 E1**

Chapitre II : les différents systèmes du moteur **CF6-80 E1**

Chapitre III : circuit de démarrage et allumage du moteur **CF6-80E1**.

Chapitre IV : la maintenance .

HISTORIQUE DE LA COMPAGNIE AIR ALGERIE

1.1 LA COMPAGNIE AIR ALGERIE

Le transport aérien constitue le moyen le plus rapide permettant la réalisation d'opérations dans le territoire national ou vers les coins les plus lointains.

C'est à ce titre que dès l'indépendance la compagnie Air Algérie avait été considérée par les pouvoirs publics comme un instrument privilégié de l'exercice de la politique économique de l'Algérie pouvant lui permettre de développer, de réaffirmer la coopération commerciale et culturelle avec ses partenaires.

Sur le plan national, la préoccupation majeure des autorités publiques consistait à promouvoir le transport aérien, et par conséquent l'avion, dans le but de répondre aux exigences du développement qui s'imposent dans les domaines économiques, touristiques et culturels.

À titre de rappel, il est à noter que la compagnie a été créée en 1947 dans le but d'exploiter un réseau régulier de lignes aériennes entre l'Algérie et la France.

Suite à la fusion de deux organismes qui existaient auparavant, la compagnie de transport aérien Air Algérie entra officiellement en activité le 23 Mai 1953.

Après l'indépendance, elle devient à la date du 18 Février 1963 une compagnie nationale sous tutelle du ministère des transports.

En 1973, le taux de participation de l'état Algérien dans le capital de la compagnie AIR ALGERIE passe à 83% avec le rachat, notamment des actions détenues par des sociétés étrangères autres que AIR France.

Le 26 Mars 1971 est une date historique dans la vie de la compagnie par l'acquisition de deux Boeing 727-200 venant de Seattle (USA), Air Algérie devient la première compagnie en Afrique à utiliser des aéronefs JET.

En 1972 et conformément à la politique de récupération des ressources nationales initiée par les pouvoirs publics « nationalisation à la date du 15 Février 1972 ».

Les dernières actions furent achetées par l'entreprise dont l'algérienisation total du capital (100%) est devenu effectif et définitif à partir de 1974.

En février 1979, la compagnie Air Algérie reprit les activités de la Société de Travail Aérien (STA) et pris la dénomination de Société Nationale de Transport et de Travail Aérien.

En 1983 Air Algérie fut restructurée en deux entreprises :

- Air Algérie chargée du transport aérien international à laquelle a été rattachée la gestion des quatre grandes aéroports du nord.
- Inter Air Services (IAS) chargée du transport aérien domestique, du travail aérien et de la gestion des aéroports du sud.

En 1984, l'IAS a été dissoute et ses activités ont été intégrées à Air Algérie qui se réorganisa en trois directions générales:

- lignes internationales.
- lignes domestiques.
- gestion des aéroports.

En 1987, les aérogares lui furent retirées et les entités internationales domestiques ont été fusionnées pour reconstituer l'ancienne société de travail aérien.

Dans le cadre de la restauration des entreprises opérée à partir de 1989 "loi portant sur la suppression des monopoles, AIR ALGERIE a accédé à l'autonomie en date du 17 février 1997 et a finalement le statut d'une entreprise publique économique " EPE".

La structure d'accueil de la compagnie AIR ALGERIE se situe à DAR EL BEIDA au niveau de l'aérodrome, distant d'une vingtaine de kilomètres environ à l'est de la capitale l'aérodrome s'étend sur une superficie de 2400 Ha, le personnel employé est d'environ 2500 agents; AIR ALGERIE est structurée de deux aérogares desservant le réseau national et international.

Les investissements réalisés ont permis d'allonger la piste Est-Ouest. Les deux pistes peuvent désormais assurer simultanément le décollage et l'atterrissage de plusieurs et différents types d'avions et ont porté également sur la réalisation d'une voie de circulation et de huit pistes de stationnement.

Les aires d'entretien s'étendent sur une surface de 63070 m², les hangars d'entretien couvrent une superficie de 37080 m² dans lesquels sont assurés l'entretien et la maintenance de toute la flotte.

1.2 MISSIONS DE LA COMPAGNIE

L'entreprise de transport et de travail aérien telle définie dans le décret 84.347.

Du 24/11/1984 est un organisme public à caractère économique et commercial dont la mission principale est le transport aérien de passagers, bagages, fret et post dans les conditions optimales de confort, de sécurité et de régularité.

De cette mission principale découle les missions suivantes :

➤ L'exploitation des lignes aériennes internationales dans le cadre des conventions et accords internationaux.

➤ L'exploitation des lignes aériennes intérieures en vue de garantir les transports publics réguliers et non réguliers de personnes, de bagages, de fret et de poste.

➤ L'offre de prestation de services à des fins commerciales, éducatifs et scientifiques pour les besoins de l'agriculture, de la protection civile, de l'hygiène publique, de l'action sanitaires et de transport de personnes et de marchandises à la demande sans préjudice aux attributions d'autres organismes.

➤ La vente et l'émission de titres de transport pour son compte ou pour le compte d'autres entreprises de transport.

➤ L'achat, la vente, l'affrètement et le transport de voyageurs entre les aéroports et les centres urbains le cas échéant.

➤ Le transit, les commissions, les consignations, la prestation et l'assistance commerciale et toute prestation en rapport avec son objet

➤ L'avitaillement des avions dans des conditions fixées par le ministère de tutelle.

1.3 LA DIRECTION TECHNIQUE

Son rôle est de faire face à l'impératif de sécurité et de faire prolonger la durée de vie et d'exploitation des appareils de la flotte.

Elle est divisée en sous direction, qui est présentés sur l'organigramme ci dessous :

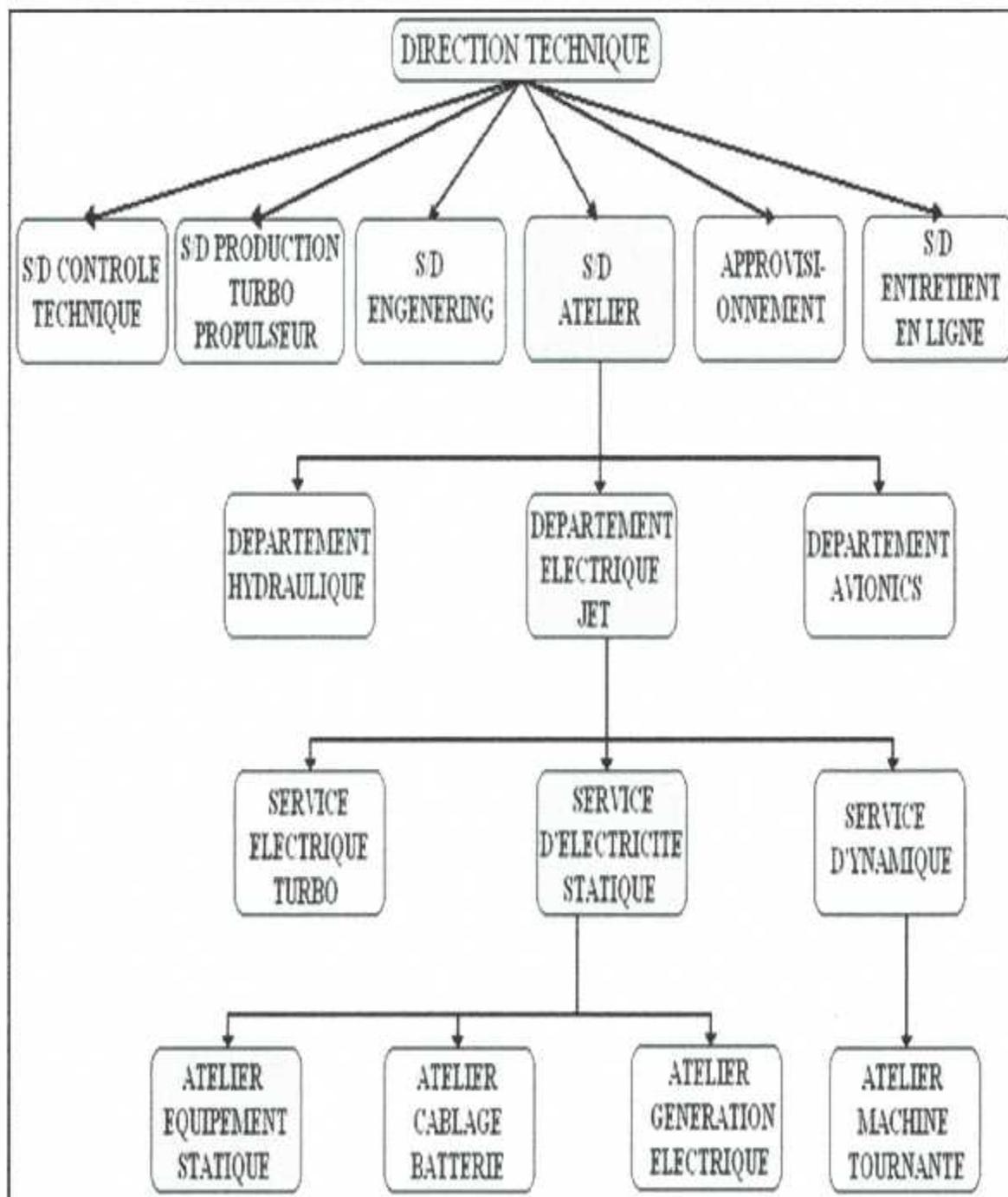


Figure 1.2 : organigramme de la direction technique

1.4 HISTORIQUE DE L'A330-200 :

L'**Airbus A330-200** fut baptisé ainsi le 27 janvier 1986 (son nom de fabrication étant TA-9). C'est un long courrier. Le premier vol a été réalisé durant le mois de novembre 1992 après avoir été présenté au public le 31 mars.

L'A330 peut parcourir au maximum 10 400 km. C'est le premier appareil biréacteur de la famille A330/A340, il a été conçu pour faire ce que les biréacteurs font de mieux. Hautement performant pour moyen/long-courrier, il s'inscrit comme la solution au problème autonomie/coût. Pour finir sa capacité d'emport de fret est supérieure à celle d'un Boeing B747 malgré le volume du compartiment passagers et des bagages.

L'avion était propulsé par deux réacteurs CF6-80-E1 fournis par General Electric. Dès ce premier jour, il atteint un plafond de 12 500m.

Les caractéristiques techniques de cet appareil sont les suivantes :

- longueur : 63.6m
- envergure : 60.3m
- masse à vide maximal : 175t
- masse maximale au décollage : 233t
- nombre de passagers (configuration bi classe) : 335
- motorisation :
 - Deux moteurs General Electric CF6-80E1
 - Deux moteurs Pratt & Whitney PW 4000
 - Deux moteurs Rolls-Royce RR Trent 700

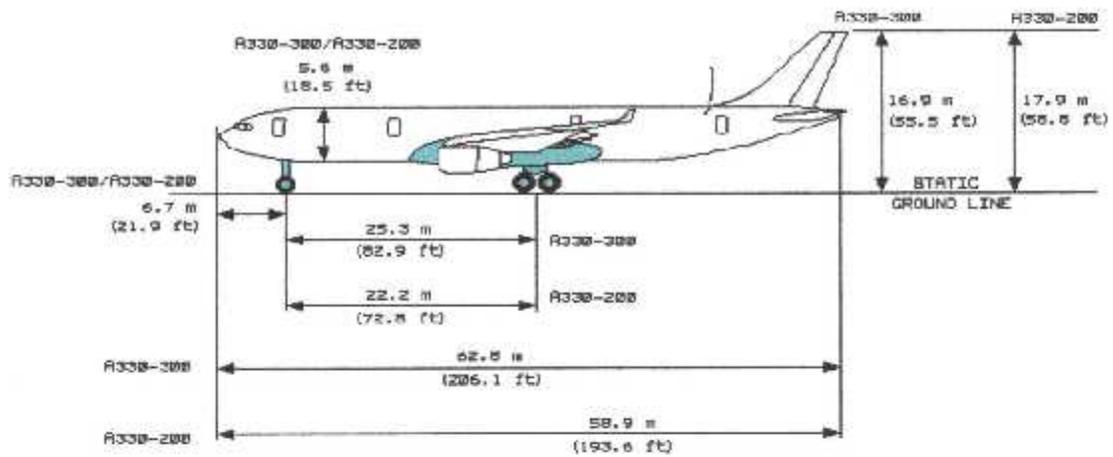


Figure 1.3 : dimension de l'avion A330-200

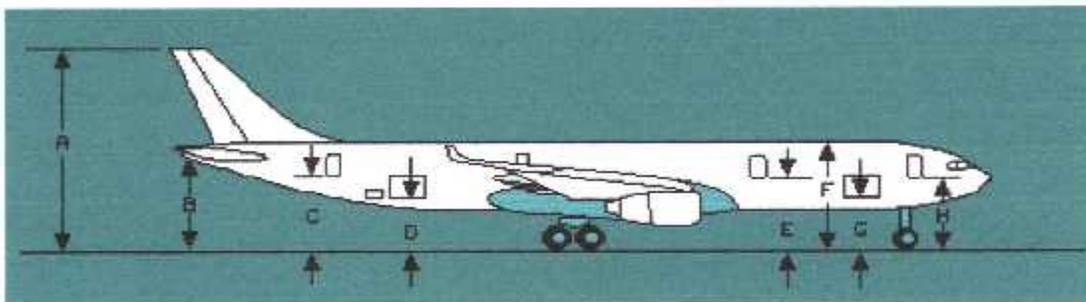


Figure 1.4 : vue de profil de l'avion A330-200



Figure 1.5 : vue de face de l'avion A330-200

Le tableau ci-dessous est une traduction des deux figures précédentes :

	Le poids fonctionnel de l'avion à vide		Le poids fonctionnel de l'avion en charge	
	Mètres (m)	Pieds (ft)	Mètres (m)	Pieds (ft)
A	17,2	56,4	16,7	54,9
B	7,5	24,5	7,0	23,0
C	57,8	18,9	5,4	17,8
D	3,4	11,3	3,1	10,3
E	4,8	15,8	4,7	15,5
F	7,7	25,4	7,6	25,2
G	2,7	8,9	2,7	8,7
H	4,6	14,9	4,6	14,9
I	6,5	21,2	6,1	19,9
J1 (GE)	0,77	2,5	0,55	1,80
J2 (PW)	0,73	2,4	0,55	1,80
J3 (RR)	0,67	2,2	0,55	1,80
K	8,3	27,3	7,9	25,9
L	8,0	26,4	7,6	24,9

Tableau 1.1 : dimension de l'avion A330-200

CHAPITRE I

DESCRIPTION DU CF6-80-E1

CHAPITRE I

DESCRIPTION DU MOTEUR CF6-80-E1

I.1 DESCRIPTION DU MOTEUR CF6-80-E1 :

Le réacteur **GENERAL ELECTRIC** CF6-80-E1 équipe L'AIRBUS A330-200.

C'est un moteur double Corp., double flux et à taux de dilution élevé.

Le CF6-80-E1 FADEC est composé de cinq (05) modules principaux :

- Module Fan.
- Module Core.
- Module turbine haute pression.
- Module turbine basse pression.
- Module boîte d'entraînement des accessoires.

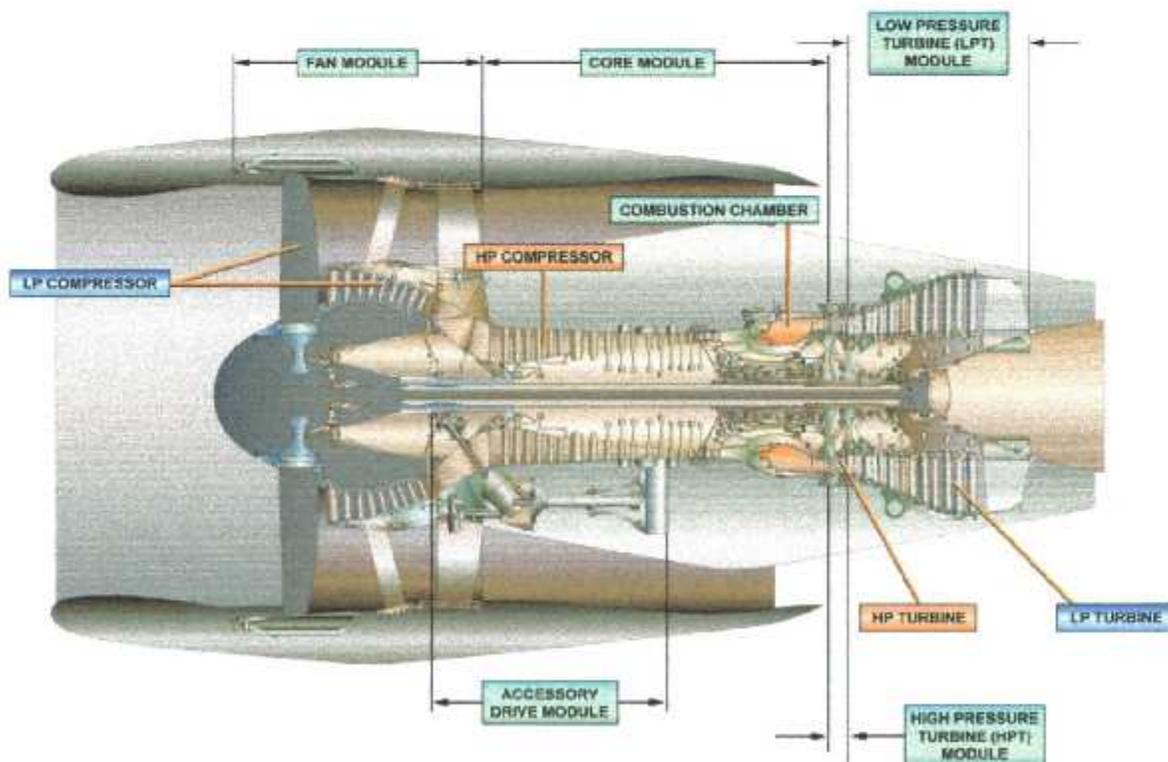


Figure I.1 : les modules du CF6-80-E1

1.1.1 Module FAN :

Ce module est constitué de cinq (05) étages compresseur basse pression dont le premier étage constitue le fan. Le FAN engendre à lui seul le flux secondaire.

Le module FAN est entraîné par la turbine basse pression.

	ROTOR	STATOR	O GV	Matériaux utilisés	
				ROTOR	STATOR
FAN	34	96	80	Titane	Titane
2 ^{eme} étage	62	130		Titane	Titane
3 ^{eme} étage	71	130		Titane	Titane
4 ^{eme} étage	80	140		Titane	Titane
5 ^{eme} étage	71	108		Titane	Titane

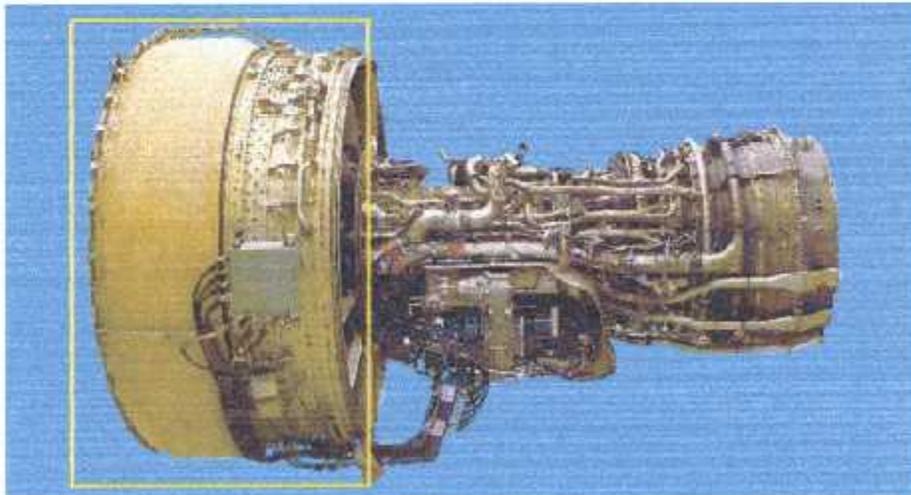


Figure I.2 : Module FAN

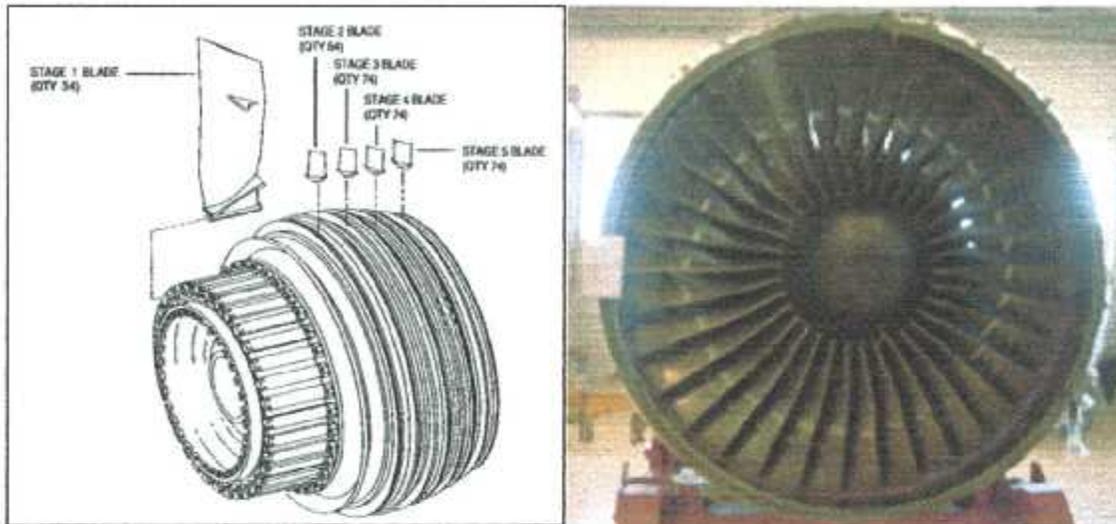


Figure I.3 : FAN ROTOR

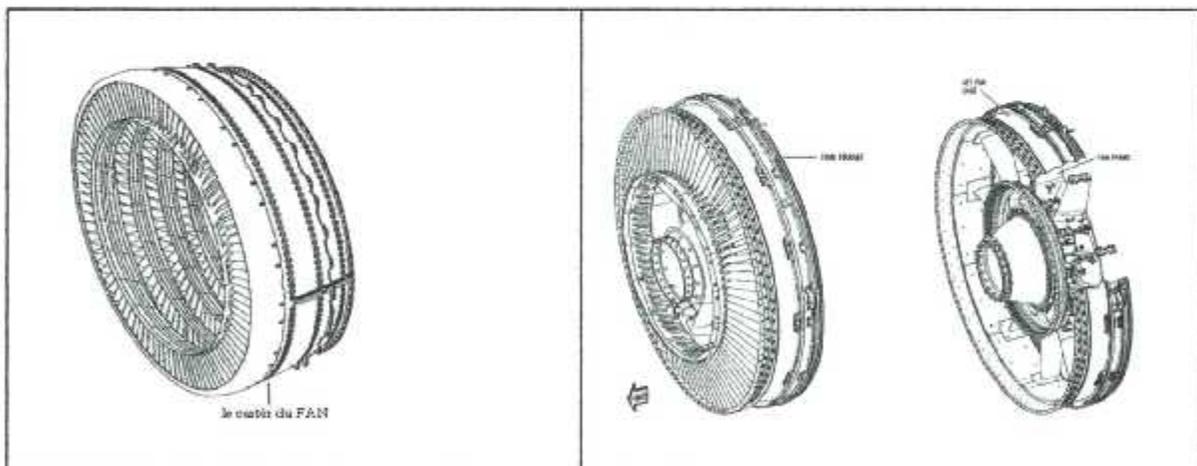


Figure I.4: Fan stator

Figure I.5: Fan support

1.1.2 Module CORE :

Ce module est constitué d'un compresseur haute pression à (14) quatorze étages, d'une chambre de combustion de type annulaire équipée de (30) trente injecteurs et de deux (02) allumeurs à haute tension position 3h30 et 5h30.

L'entrée d'air du compresseur haute pression est équipée de trente quatre (34) aubes de pré-rotation à calage variable.

Les cinq (05) premiers étages du compresseur haute pression comportent des aubes de stator à calage variable.

L'ensemble des aubes de pré-rotation et des stators à calage variable constitue le dispositif anti pompage du compresseur haute pression.

Le compresseur haute pression est entraîné par la turbine haute pression.

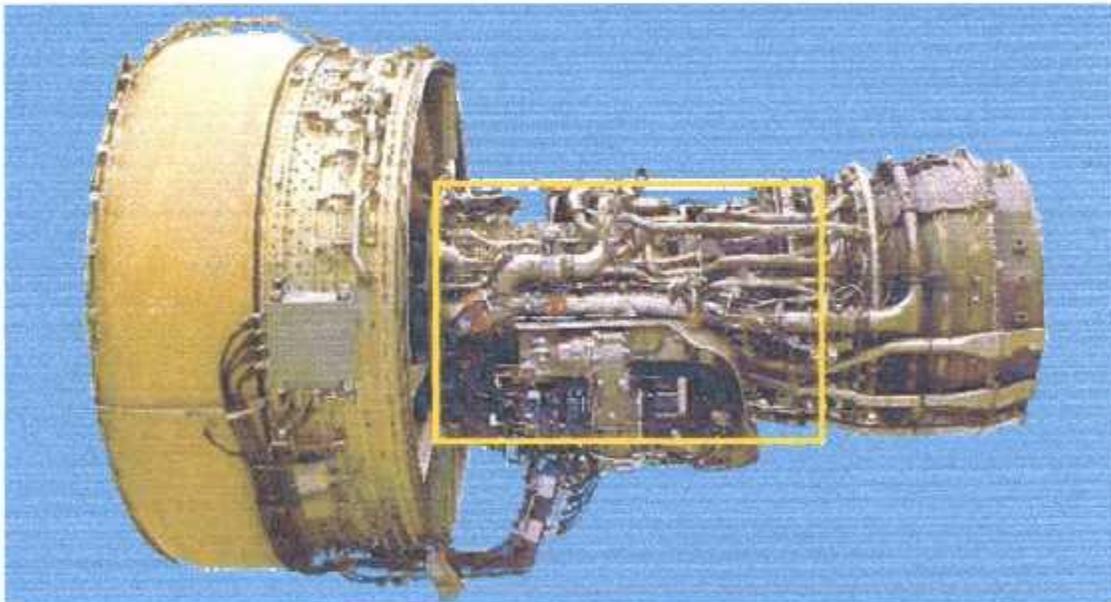


Figure I.6 : Module CORE

	ROTOR	STATOR	Matériaux utilisées	
			ROTOR	STATOR
1er étage	36	36	Titane	A-286
2ème étage	26	40	Titane	A-286
3ème étage	42	46	Titane	A-286
4ème étage	45	50	Titane	A-286
5ème étage	48	58	Titane	A-286
6ème étage	54	64	Titane	A-286
7ème étage	56	72	Titane	A-286
8ème étage	64	68	Titane	A-286
9ème étage	66	76	Titane	A-286
10ème étage	66	80	Titane	A-286
11ème étage	76	80	INCONEL 718	A-286
12ème étage	76	84	INCONEL 718	A-286
13ème étage	76	80	INCONEL 718	A-286
14ème étage	76	112	INCONEL 718	A-286

1.1.3 Module turbine haute pression :

Ce module est constitué de deux (02) étages. La turbine haute pression entraîne le compresseur haute pression et la boîte d'entraînement des accessoires.

	ROTOR	STATOR	Matériaux utilisées	
			ROTOR	STATOR
1 ^{er} étage	46	80	x-40	RENE 80
2 ^{ème} étage	48	74	RENE 80	RENE 80

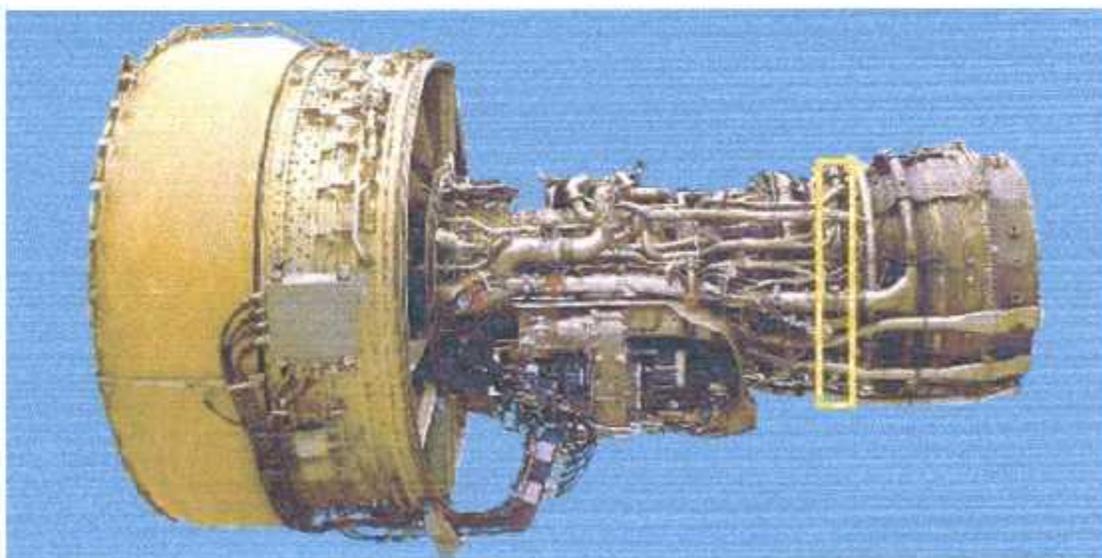
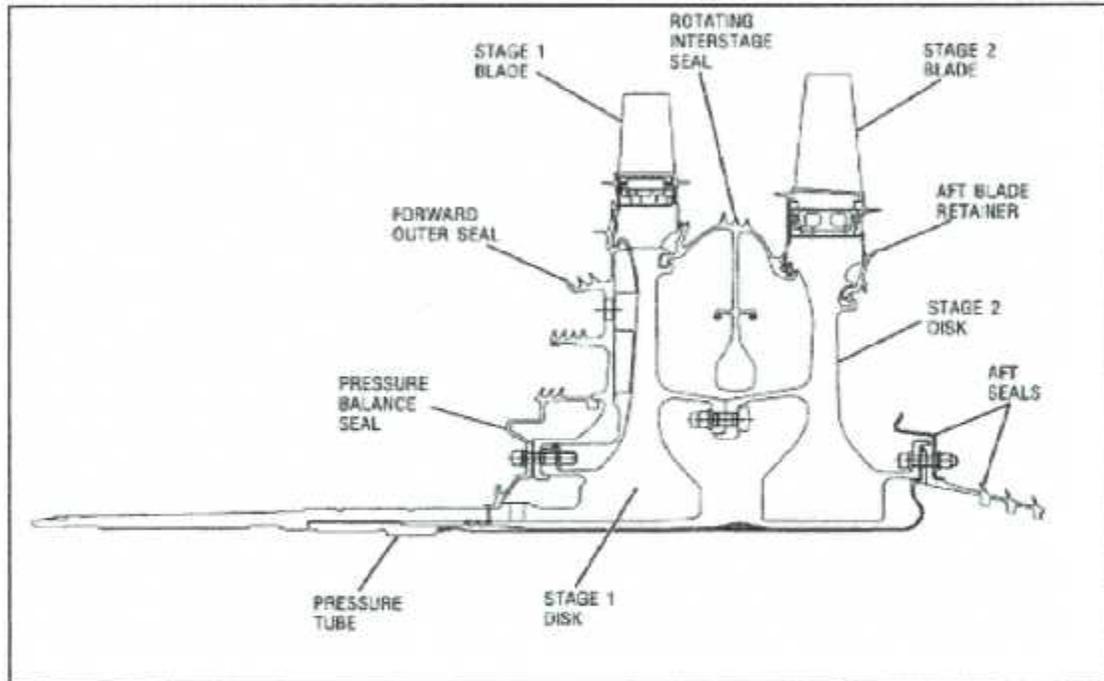


Figure I.7 : turbine haut pression

1.1.4 Module turbine basse pression :

Ce module est constitué de cinq (05) étages. La turbine basse pression entraîne le compresseur basse pression.

	ROTOR	STATOR	Matériaux utilisées	
			ROTOR	STATOR
1^{er} étage	54	118	INCONEL 718	RENE 77
2^{ème} étage	96	124	INCONEL 718	RENE 77
3^{ème} étage	120	88	INCONEL 718	RENE 77
4^{ème} étage	126	88	INCONEL 718	RENE 77
5^{ème} étage	144	98	INCONEL 718	RENE 77

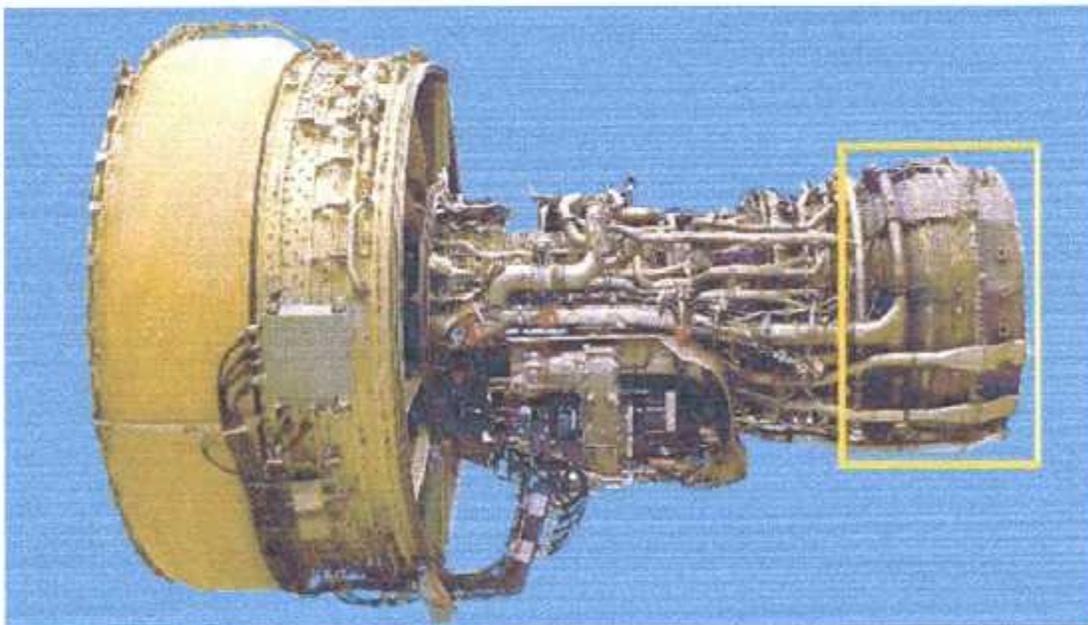


Figure I.8 : turbine basse pression

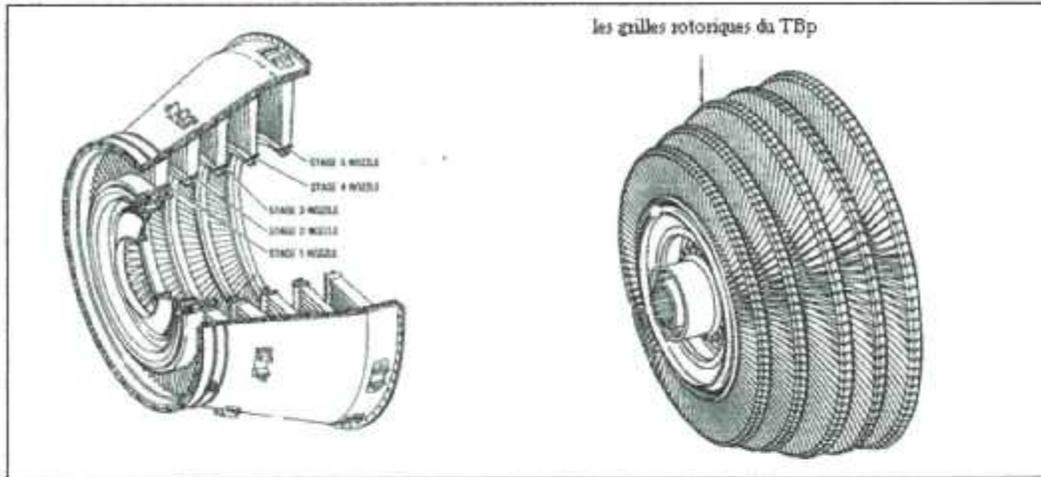


Figure 1.9 : turbine basse pression

1.1.5 Module boîte d'entraînement des accessoires :

L'attelage haute pression entraîne le boîtier des accessoires et reçoit le mouvement du démarreur par l'intermédiaire d'une prise de mouvement et d'une boîte de transfert. Le boîtier des accessoires est fixé à la partie inférieure du carter stator compresseur.

Les différents accessoires qui équipent le boîtier sont :

➤ sur la face avant :

- un (01) régulateur carburant **HMU**.
- Une (01) pompe de pression et cinq (05) pompes de récupération d'huile.
- Deux (02) pompes hydrauliques.
- Un (01) tachymètre.
- Un (01) alternateur (pour l'alimentation de l'**ECU**).

➤ *Sur la face arrière :*

- Une (01) pompe carburant haute pression.
- Un (01) démarreur.
- Un (01) alternateur (IDG).

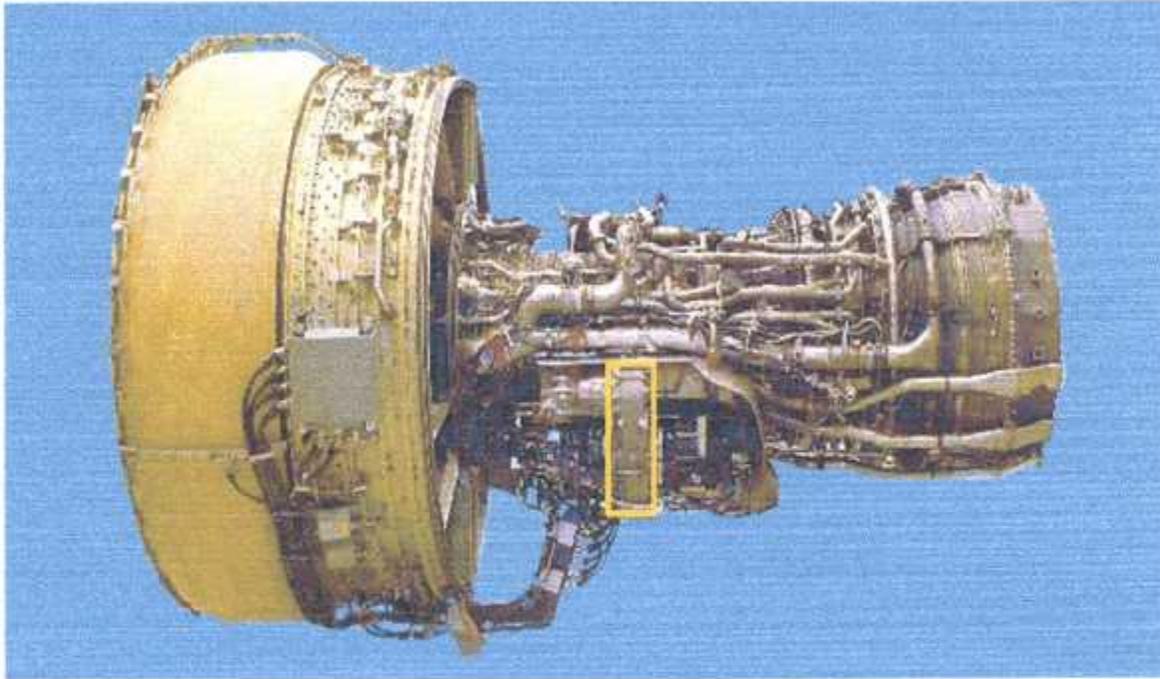


Figure I.10: Module boîte d'entraînement d'accessoires

I.2 CARACTERESTIQUE PRINCIPALES DU MOTEUR CF6-80-E1 :

Le CF6-80-E1 présente les caractéristiques suivantes :

- ✓ Poussée statique maximale : (F)
 $F = 67000 \text{ a } 72000 \text{ lbs (30000 a 32700 kg)}$
 $Z = 0 \text{ température ambiante } < 32,2^{\circ}\text{c.}$
- ✓ Poussée assuré par le flux primaire : 20% de la poussée totale.
- ✓ Poussée assurée par le flux secondaire : 80% de la poussée totale.
- ✓ Poussée inverse : 40% de la poussée directe du fan.
- ✓ Masse du réacteur nu : 5100kg.
- ✓ Diamètre de l'entrée d'air : 3,03m.
- ✓ Longueur du moteur : 7,33m.
- ✓ Taux de dilution : 5,1/1.
- ✓ Rapport manométrique de compression : 34,8/1.

Capotage:

Capot FAN.

Capot reverse.

Capot Core.

Régime N1:

100% = 3220,6 tr/min

120% = 3984,7 tr/min (max).

REGIME N2 :

100% = 3320,6 tr/min.

120% = 3984,7 tr / min (max).

EGT MAXIMUM : 975°c.

EGT MAXIMUM AU DEMARAGE : 750°c.

1.3 REPERAGE DE DIFERENTS STATIONS DU MOTEUR CF6-80-E1 :

- Station 0 : conditions ambiantes.
- Station 1,2 : entré d'air.

1. FLUX PRIMAIRE :

- Station 1.2 : entrée du compresseur basse pression.
- Station 2,5 : entrée du compresseur haute pression.
- Station 3 : sortie du compresseur haute pression.
- Station 4 : entrée turbine haute pression.
- Station 4,9 : entrée turbine basse pression.
- Station 5 : sortie ensemble basse pression.

2. FLUX SECONDAIRE :

- Station 1,2 : entrée FAN.
- Station 1,4 : sortie stator FAN.

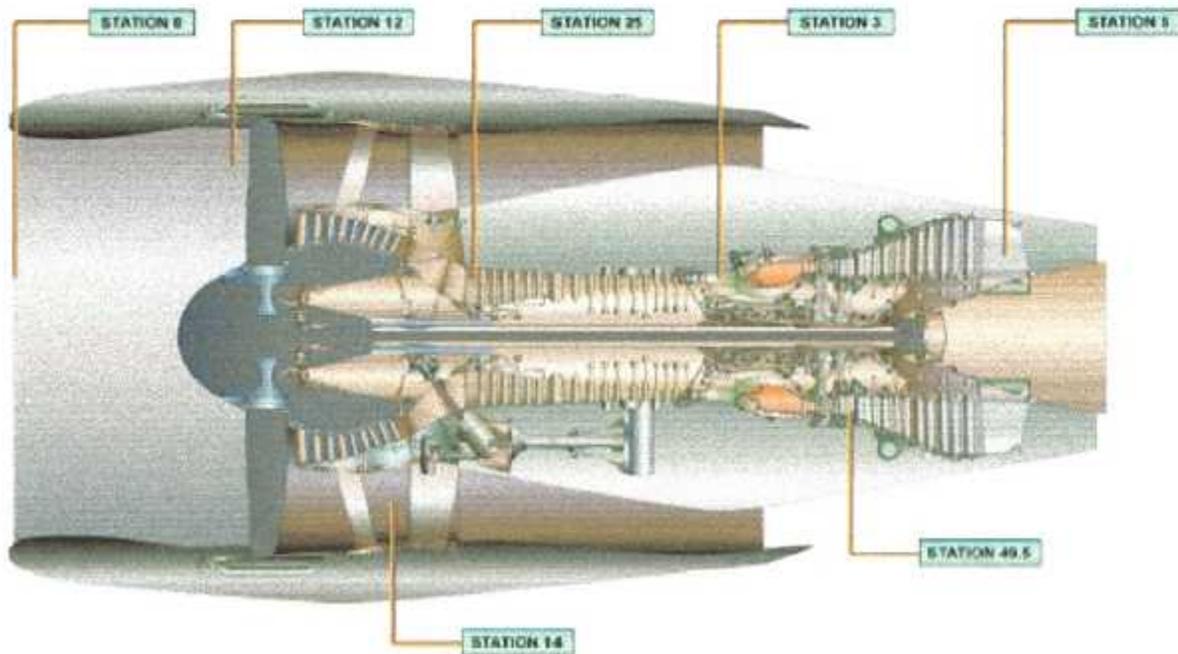


Figure I.11 : Station Aérodynamique

CHAPITRE II

LES CIRCUITS DU MOTEUR CF6-80-E1

CHAPITRE II

LES CIRCUITS DU MOTEUR CF6-80-E1

II.1 LES CIRCUITS DU MOTEUR CF6-80-E1:

II.1.1 CIRCUIT CARBURANT :

Le rôle du circuit carburant est d assurer :

- l'alimentation des trente (30) injecteurs de la chambre de combustion.
- La régulation du débit carburant à tous les régimes moteur.
- l'alimentation des deux vérins des vannes de décharge (VBV).
- L'alimentation des deux vérins des stators à calage variable(VSV).
- L'alimentation de la vanne de refroidissement du carter turbine haute pression.
- L'alimentation de la vanne de refroidissement du carter turbine basse pression.
- Le refroidissement de l'huile de graissage moteur.
- Le refroidissement de l'huile de graissage de l'alternateur (IDG).

II.1.1.1 composition du circuit carburant :

Le circuit carburant est entièrement intégré dans la nacelle réacteur il comprend :

- Une (1) pompe carburant haute pression.
- Un (1) échangeur thermique principal (carburant/ huile) réacteur.
- Un (1) filtre principal.
- Un (1) régulateur carburant principal (HMU).
- Un (1) servo-fuel heater.
- Un (1) transmetteur de débit carburant.

- Un (1) échangeur thermique secondaire (carburant/ huile) alternateur (IDG).
- Une (1) rampe d'injection carburant.
- Trente (30) injecteurs.

II.1.1.2 control du circuit carburant :

La surveillance du circuit carburant est réalisée à partir :

- D'un indicateur de débit carburant.
- Colmatage filtre carburant.
- D'une indication de pression carburant.

Toutes ces indications apparaissent sur l'ECAM

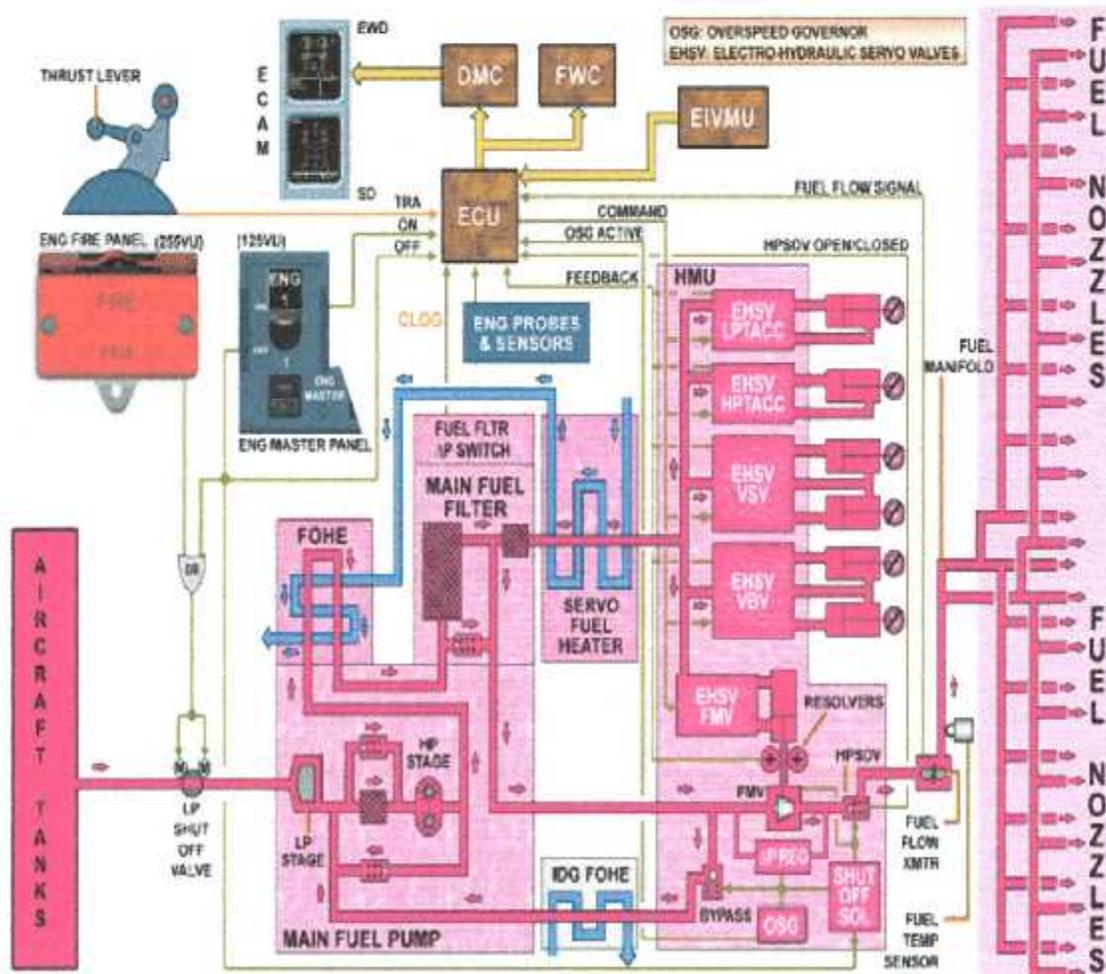


Figure II.1 : système de contrôle du circuit carburant

II.1.2 CIRCUIT DE GRAISSAGE :

Le rôle du circuit de graissage est de :

Lubrifier, Refroidir et Nettoyer les sept (07) paliers, est le boîtier des accessoires.

Ce circuit assure :

- La lubrification par gicleur de tous les roulements, pignons, les cannelures du réacteur et des boîtiers de transmission.
- Le refroidissement des puisards et des boîtiers de transmission.
- Le drainage des impuretés vers les filtres.
- Le réchauffage du carburant.

II.1.2.1 composition du circuit de graissage :

Le circuit est entièrement intégré dans la nacelle réacteur il comprend :

- Un (1) réservoir.
- Une (1) pompe de pression.
- Cinq(5) pompes de récupération.
- Un (1) filtre principal équipé d'une **BY-PASS**.
- Un (1) transmetteur de pression d'huile.
- Un (1) manocontact de basse pression d'huile.
- Un (1) détecteur magnétique principal de limaille.
- Une (1) sonde de température d'huile de récupération.
- Un (1) filtre de récupération équipé de **BY-PASS**.
- Un (1) manocontact détecteur de colmatage.

II.1.2.2 control du circuit de graissage :

La surveillance du circuit de graissage est réalisé à partir de :

- Un(01) transmetteur de pression d'huile.
- Un (01) transmetteur de quantité d'huile.
- Une(01) sonde de température d'huile.

- Un(01) manoccontact de baisse de pression d'huile.
- Un(01) manoccontact de colmatage filtre.

Toutes les indications de circuit de graissage apparaissent sur l'ECAM.

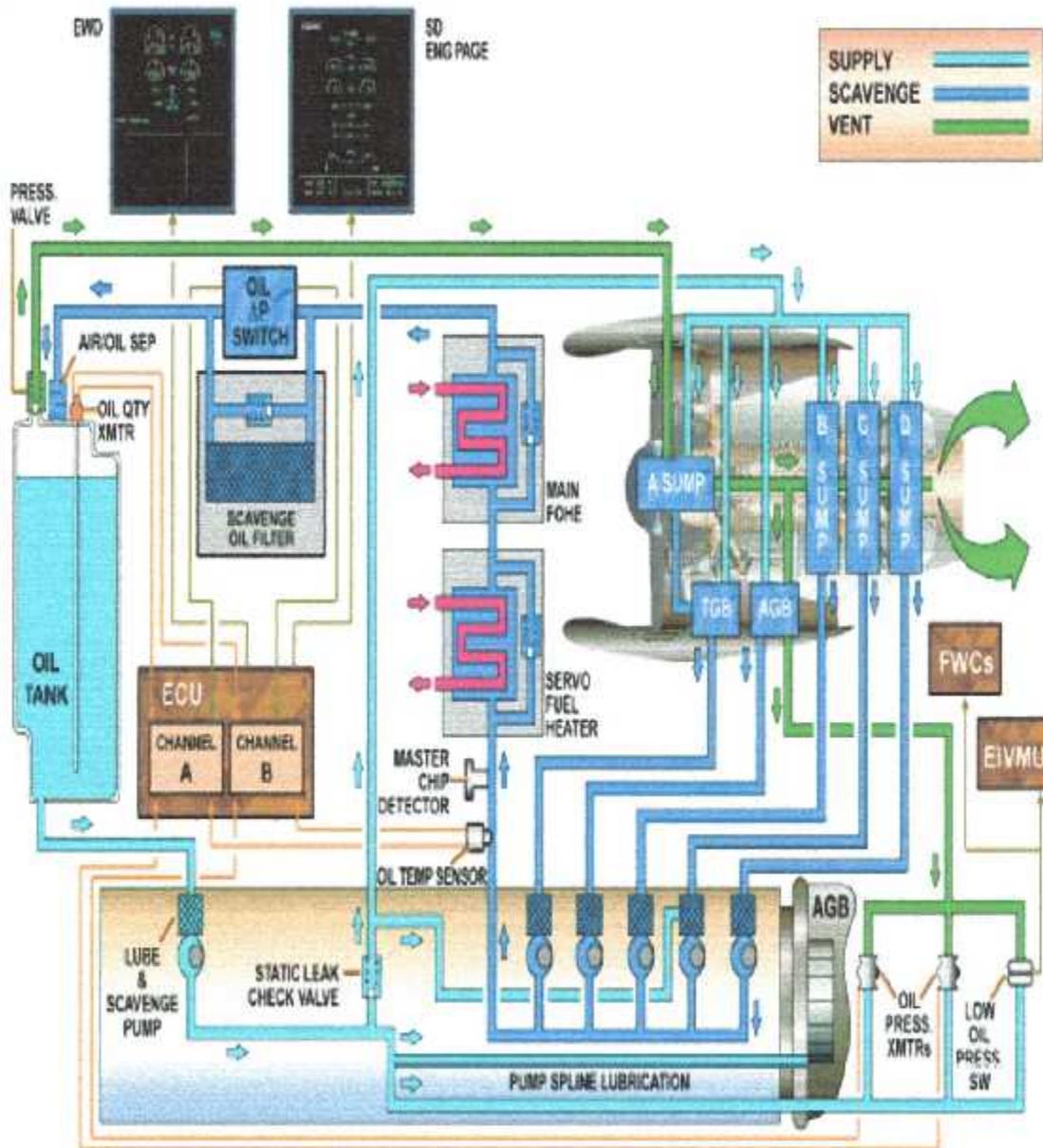


Figure II.2 : circuit du graissage

II.1.3 CIRCUIT DE CONTROLE :

Généralité :

La surveillance du fonctionnement des réacteurs est effectuée à partir des indications **N1**, **EGT**, **N2**, mesure le débit carburant, paramètre de l'huile (pression, température et quantité) la température nacelle, le totaliseur et les vibrations N1 et N2, toute ces indications apparaissent sur **L'ECAM**.

a- Tachymètre :

Cet équipement assure une indication du régime N1 et N2 sur **ECAM**.

b- Indication EGT :

Cet équipement assure une indication de température entre les turbines haute pression et basse pression.

c- Capteur de vibration :

L'indication de vibration permet de mettre en évidence une dégradation interne du réacteur. Chaque moteur est équipé de deux (02) accéléromètres pour détecter les vibrations.

L'un dans la zone du fan au palier N°1 qui détecte les vibrations de l'attelage basse pression, l'autre fixé sur le carter réacteur à l'arrière de compresseur haute pression qui détecte les vibration de l'attelage haute pression.

L'indication de vibration apparaît sur **ECAM**, le niveau de vibration est donné entre 0 et 10 pour chaque moteur.

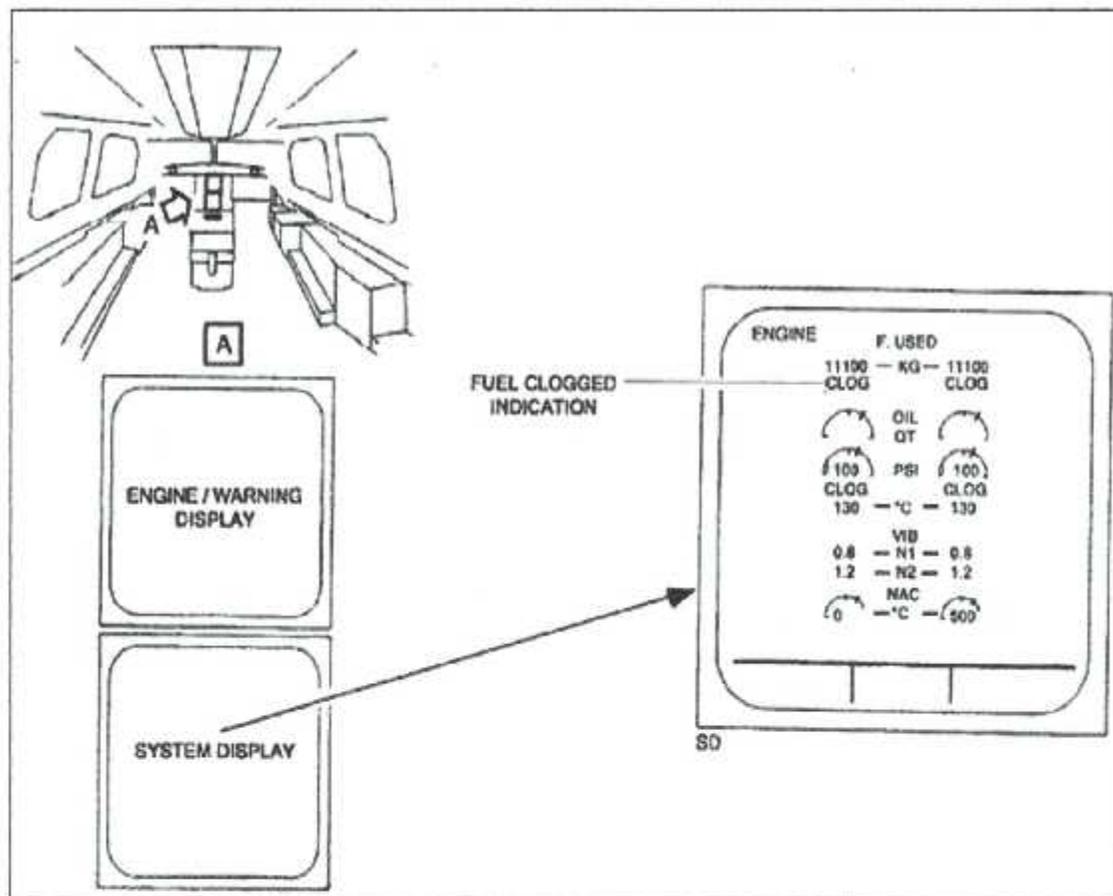


Figure II.3: l'indicateur de filtre du carburant

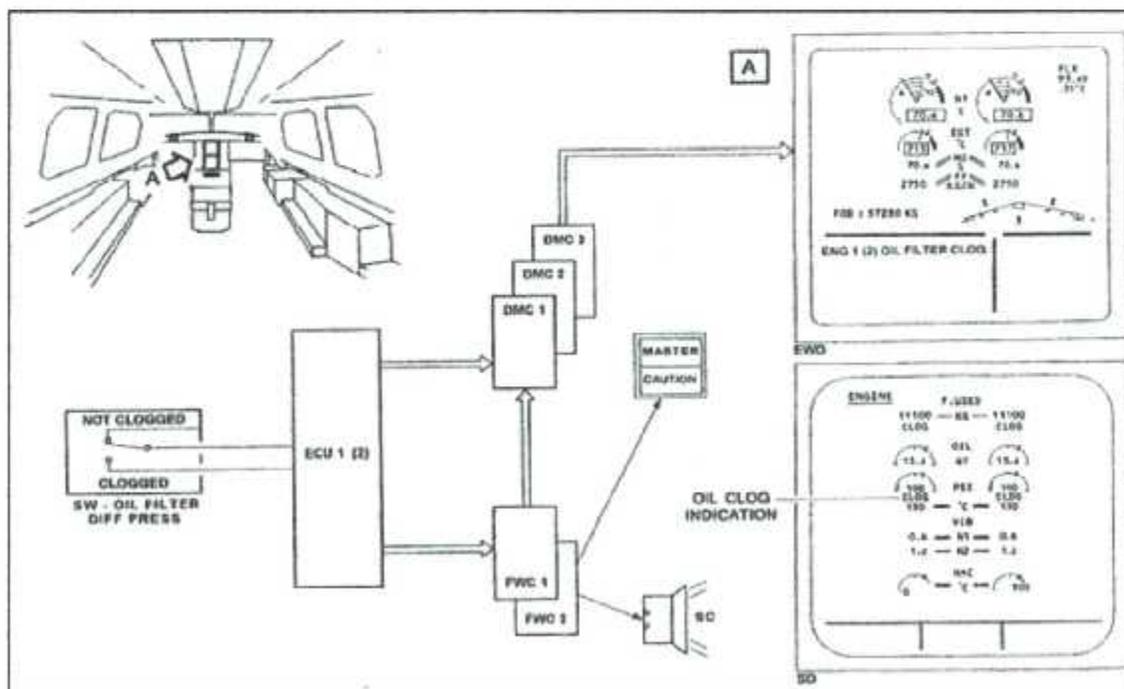


Figure II.4 : les indicateurs de circuit d'huile

d - système ECAM :

La surveillance du fonctionnement des réacteurs est effectuée à partir d'un système électronique sophistiqué appelé ECAM (engin centralized aircraft monitoring).

Ce système facilite la tâche aux pilotes et au personnel de la maintenance.

Cette assistance opérationnelle est apportée par des messages et des données visualisées sur deux tubes cathodiques.

Le traitement des données est entièrement automatique et tant que tel ne demande aucune action ou sélection particulière de la part de l'équipage.

e- l'unité électronique de contrôle moteur (ECU) :

L'unité de contrôle électronique réacteur (ECU) est un microprocesseur électronique digital.

Il est fixé sur le côté gauche du carter fan position 8h :30 . Il est composé de deux (02) canaux identiques.

- **Canal A**
- **Canal B**

Il comporte quinze(15) prises électriques.

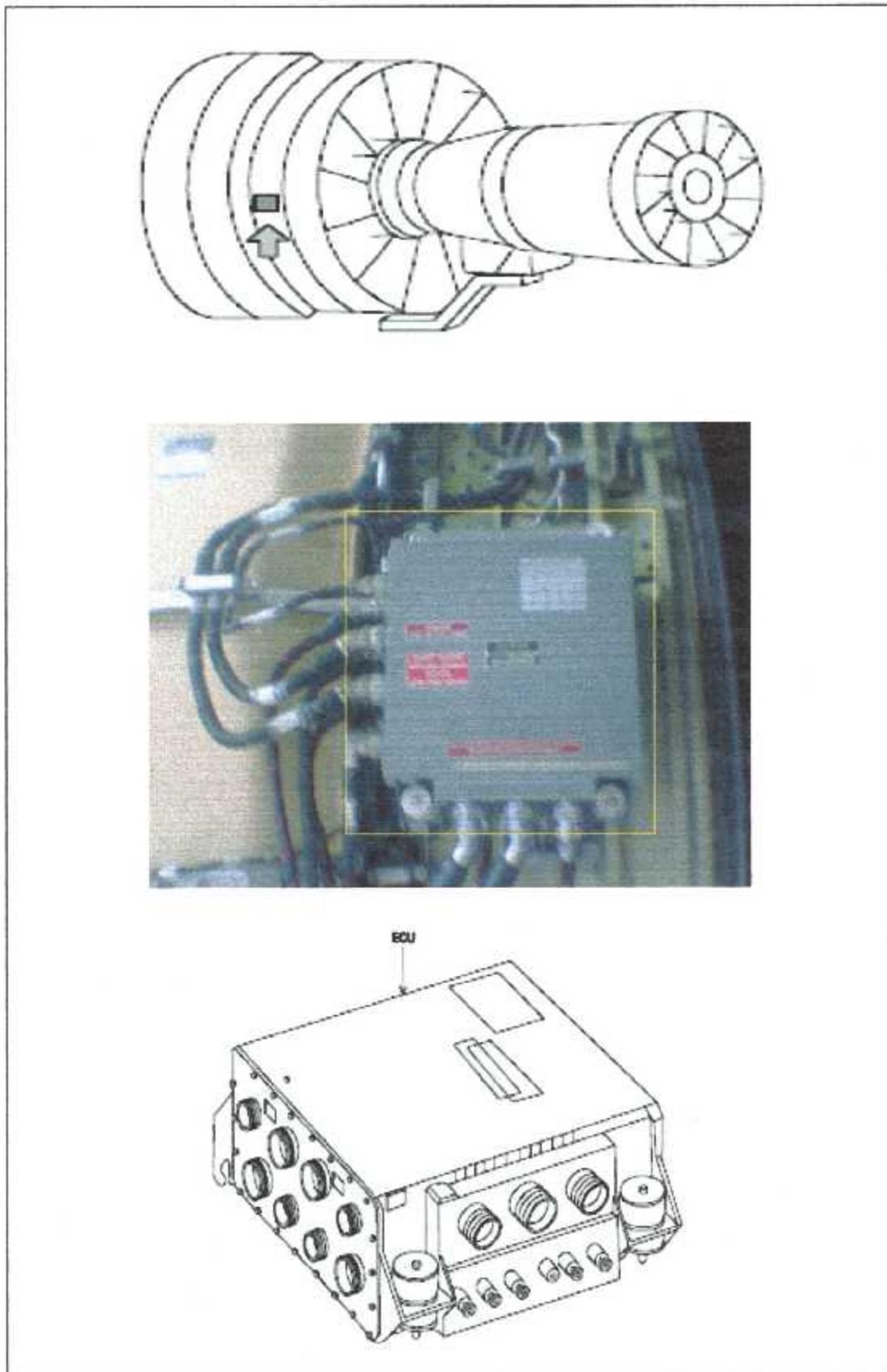


Figure II.5 : Unité Electronique de Contrôle Moteur (ECU)

CHAPITRE III

*CIRCUIT DE DEMARAGE ET D'ALLUMAGE
DU MOTEUR CF6-80-E1*

CHAPITRE III**CIRCUIT DE DEMARRAGE ET D'ALLUMAGE****III.1 CIRCUIT DE DEMARRAGE ET D'ALLUMAGE :****III.1.1 DEMARRAGE MOTEUR :**

Pour démarrer un réacteur trois conditions sont nécessaires :

- Carburant.
- Air.
- Etincelle.

Le circuit de démarrage moteur comprend :

- Circuit de démarrage.
- Circuit d'allumage.

L'air sous pression nécessaire pour le démarrage moteur peut provenir

de :

- L'APU.
- Un groupe à air.
- Un moteur déjà en fonctionnement.

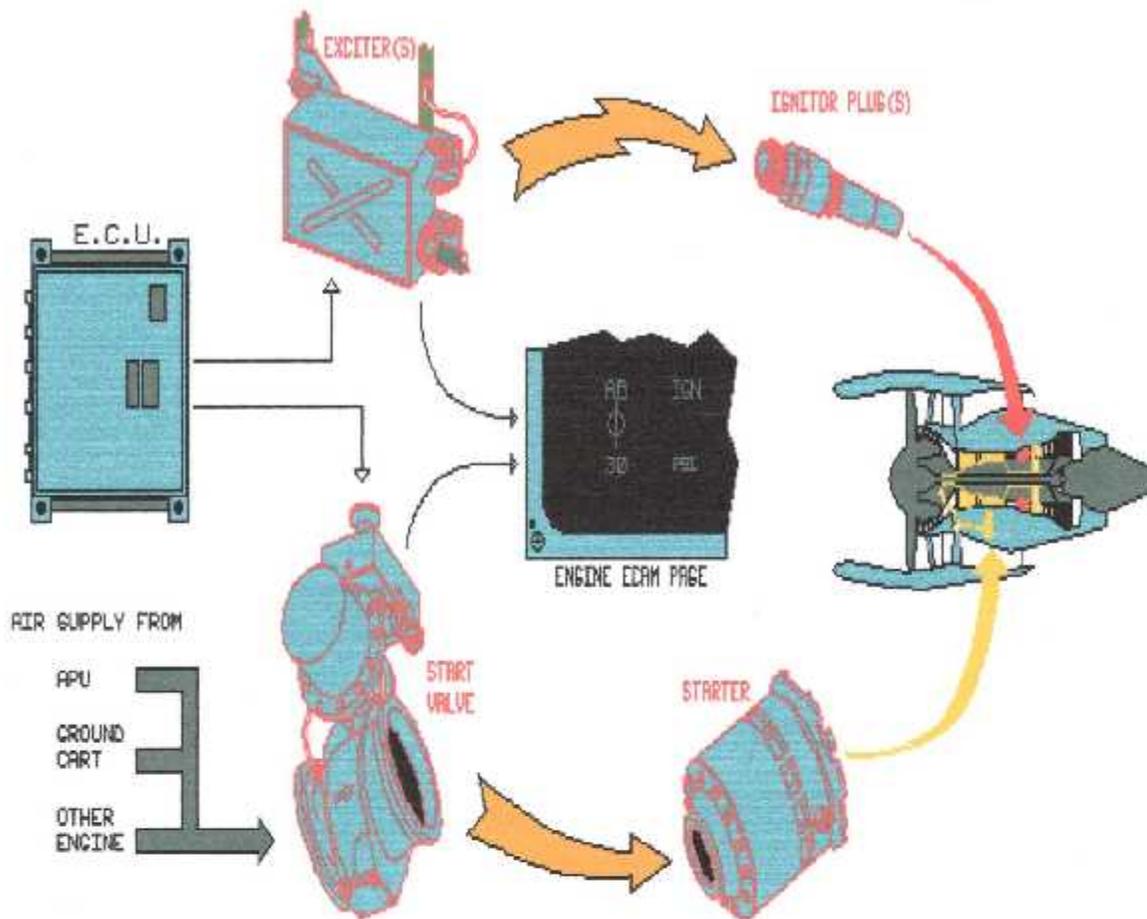


Figure III.1 : circuit de démarrage et allumage

III.1.1.1 DIFFERENTS COMPOSANTS DU CIRCUIT DE DEMARRAGE:

Le circuit de démarrage du moteur CF6 80-E1 comprend :

a- La valve de démarrage (starter air valve) :

La valve de démarrage est localisée juste après le starter (démarrreur) à la position 6 :00 de la gear box.

Elle à deux (02) position (open / close), cette valve est contrôler par l'ECU et elle est actionnée par l'air.

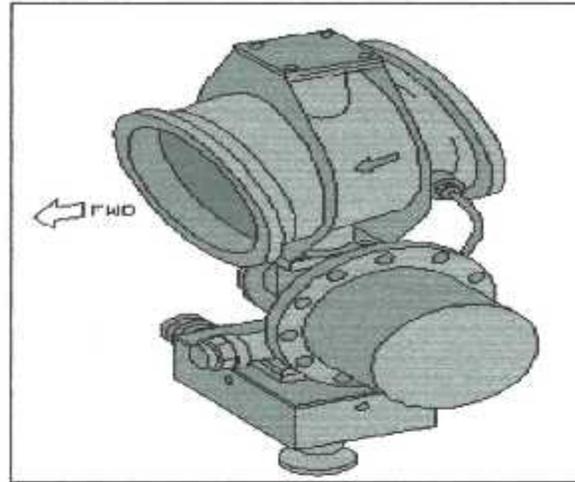


Figure III.2 : la valve de démarrage.

b- Le démarreur (starter) :

Le démarreur qui équipe le moteur CF6-80 E1 est caractérisé de pneumatique, parce qu'il utilise l'air en provenance de l'APU, du GPU ou d'un autre moteur.

Le démarreur est positionné à 6 :00 dans la partie arrière de la gear box.

Le démarreur est composé d'une entrée d'air, une turbine, et un arbre d'entraînement d'un ensemble d'engrenages. [2].

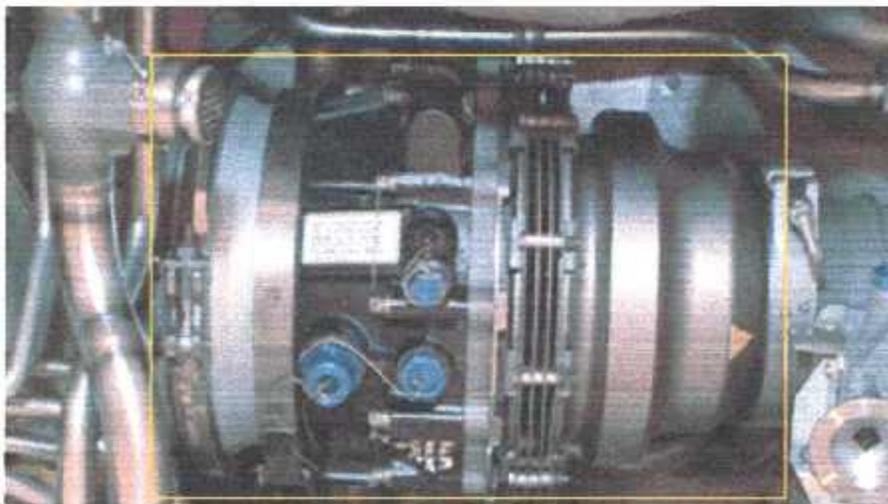


Figure III.3 : le démarreur (starter)

➤ *Le fonctionnement du circuit de démarrage :*

L'air venant de l'APU, GPU ou d'un autre moteur est acheminé dans le conduit de démarreur allant vers la SAV.

Un signal est donné, le papillon s'ouvre et cède le passage de l'air vers le starter, la turbine est entraînée, l'arbre commence à tourner.

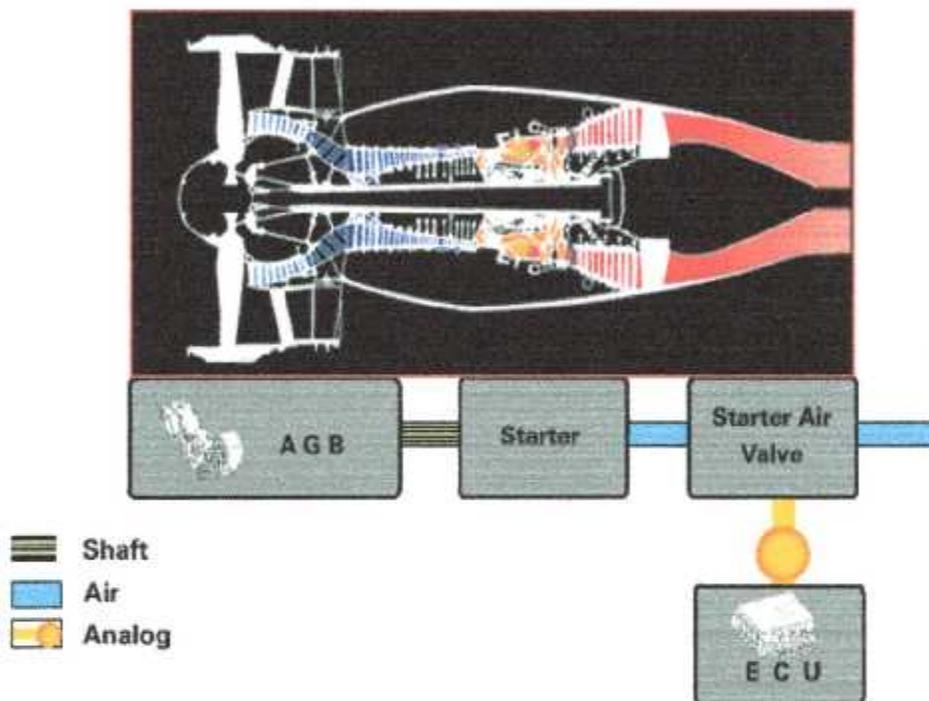


Figure III.4 : Le fonctionnement de circuit de démarrage

III.1.2 ALLUMAGE MOTEUR :

Le dispositif d'allumage est utilisé pour provoquer l'inflammation du mélange AIR/CARBURANT dans la chambre de combustion ou éviter l'extinction en cour de fonctionnement. L'ensemble est constituer par deux circuits identique A et B indépendant.

III.1.2.1 différents composants du circuit d'allumage:

Le circuit d'allumage du réacteur CFC 80 - E1 comprend :

- Deux excitateurs d'allumage A et B (boîtiers d'allumage).
- Deux bougies d'allumage (allumeurs).
- Deux faisceaux d'allumage.

a- Boîtiers d'allumage :

Les deux excitateurs ont deux (02) logements en aluminium A et B, un exciteur est branché aux deux (02) connecteurs à l'extérieur l'un de l'entrée et l'autre de sortie, et contient un condensateur pour charger l'énergie.

Ces deux (02) excitateurs sont localisés sur le carter du FAN à la position 8 :00 et sont fixés l'un au dessus de l'autre.

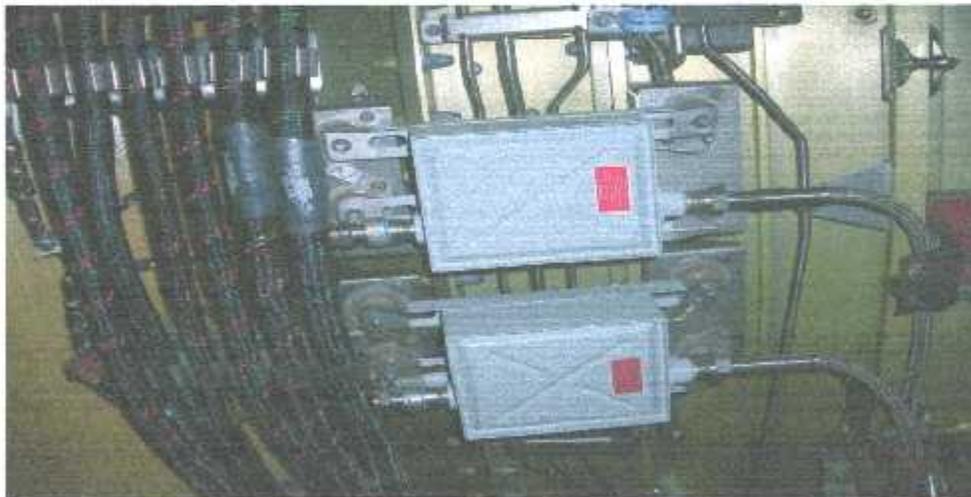


Figure III.5 : Boîtiers d'allumage.

b- Les allumeurs :

Pour assurer l'inflammation du mélange air/ carburant chaque moteur est doté de deux allumeurs et alimenter chacun par son boîtier d'allumage.

Les deux allumeurs sont localisés sur le carter de la chambre de combustion à la position 3 :00 et 5 :00.

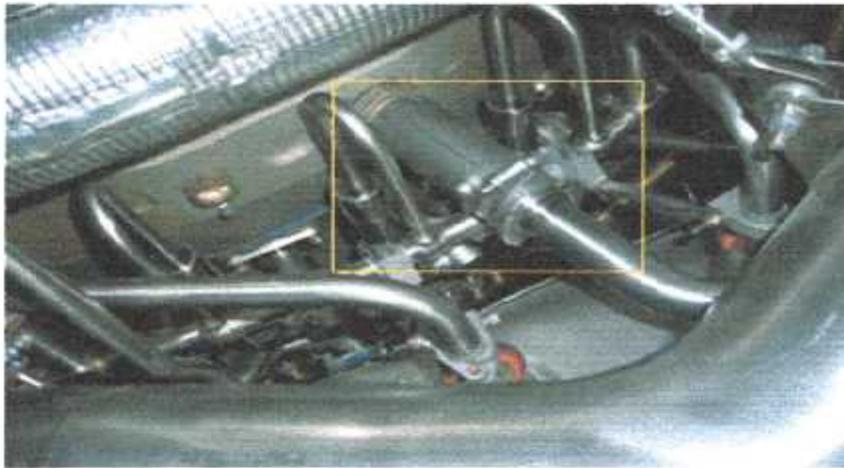


Figure III.6 : Les allumeurs

c- les faisceaux d'allumage:

- Les faisceaux d'allumage assurent la liaison entre les allumeurs et les boîtes d'allumage.
- Un faisceau d'allumage consiste 14 AWG (american wire gauge) de cuivre à l'intérieur, et à l'extérieur on trouve une tresse en Nickel.
- Un faisceau d'allumage est un fil isolé dans un flexible.

➤ *Le fonctionnement du système d'allumage :*

Le GTR est alimenté par un générateur de 115 volts du courant alternatif.

L'ECU transmet le voltage vers les boîtes d'allumages (excitateurs).

L'énergie venant à la boîte d'allumage du type alternative va se convertir à un courant continu (DC).

L'excitateur aussi amplifie l'énergie, et le voltage sera entre (14000V et 18000V DC).

Les allumeurs transforment, rectifient et stockent l'énergie dans le condensateur (14.5-16 joules).

Le condensateur décharge (1.5 joule) et réalise une impulsion électrique vers les bougies d'allumage.

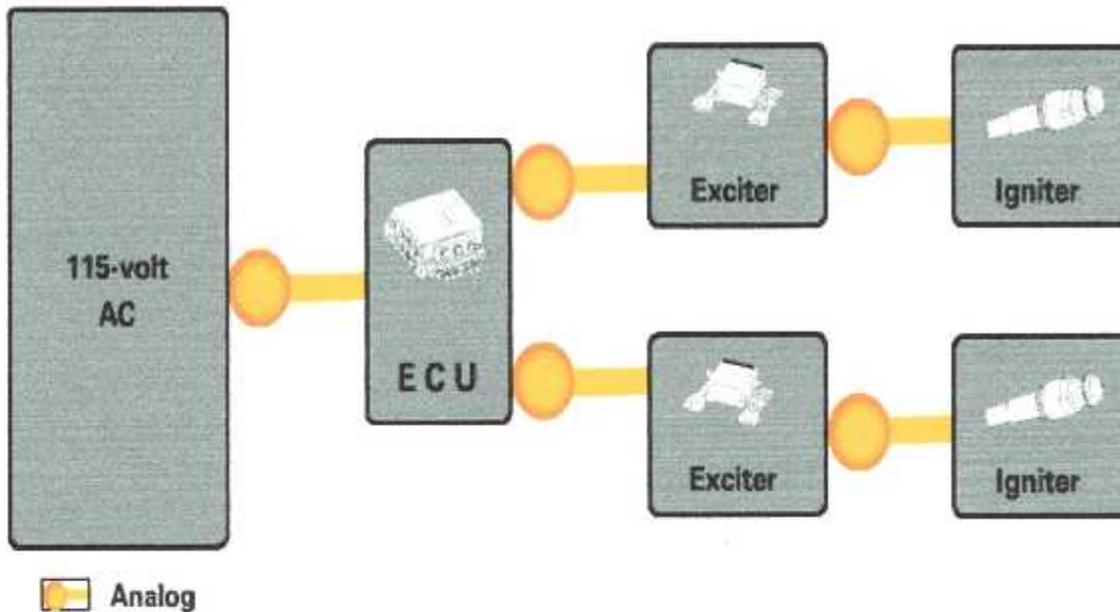


Figure III.7 : Le fonctionnement du circuit d'allumage.

III.1.3 PANNEAU DE COMMANDE DU CIRCUIT DE DEMARRAGE ET ALLUMAGE:

Le panneau de commande du circuit de démarrage et d'allumage est localisé dans le cockpit, il comprend :

- Un sélecteur rotatif **ENG START** à trois positions:
 - CRANK.
 - NORM.
 - IGN START.
- Un bouton poussoir **ENG MAN START 1**.
- Un bouton poussoir **ENG MAN START 2**.
- Une manette **ENG MASTER** pour le réacteur 1.
- Une manette **ENG MASTER** pour le réacteur 2.

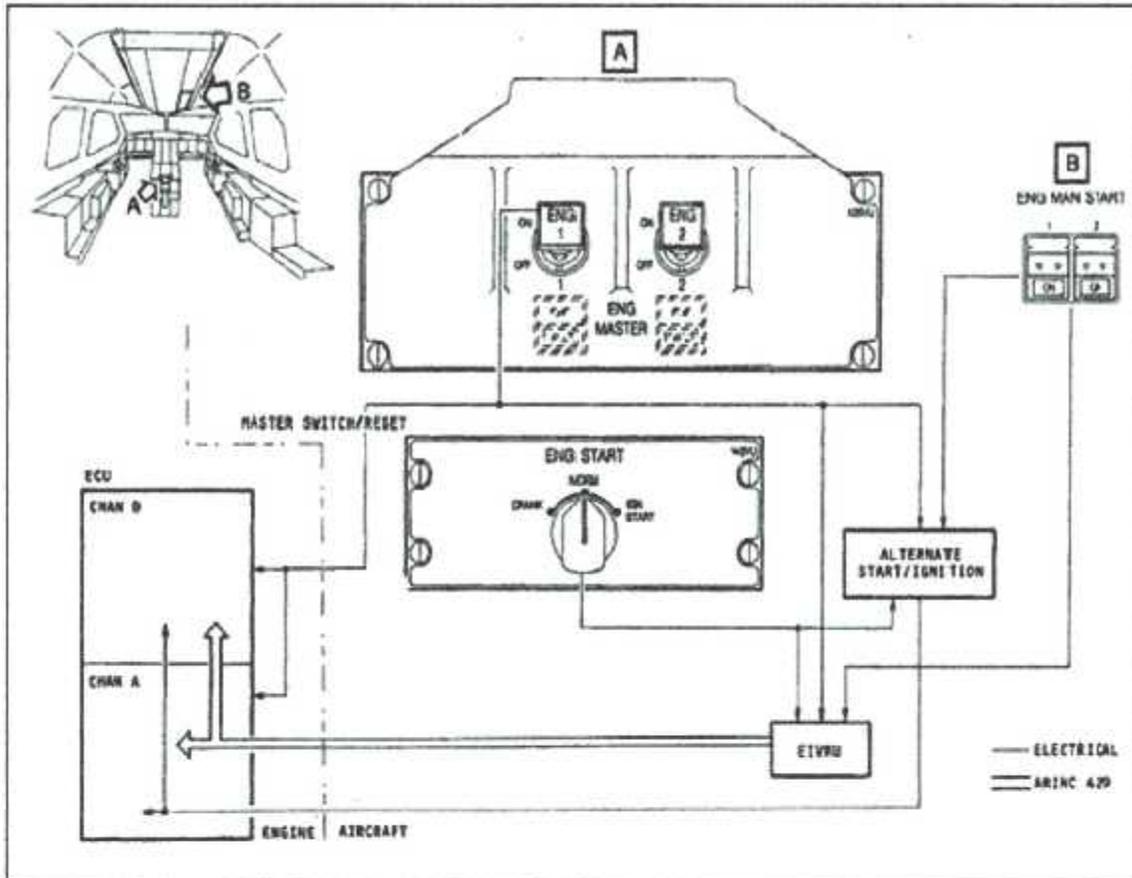


Figure III.8 : panneau de commande de circuit du moteur

III.1.4 LE SYSTEME DE CONTROLE :

Le circuit de démarrage et d'allumage comprend :

- Le démarrage et allumage réacteur en mode automatique.
- Le démarrage et allumage réacteur en mode manuel.

Le moteur peut être démarré :

- Au sol.
- En vol.

L'unité électronique de contrôle réacteur (ECU) et le calculateur de vibration et interface moteur (EIVMU) gèrent le circuit de démarrage et d'allumage.

III.1.4.1 DEMARRAGE MOTEUR EN MODE AUTOMATIQUE:

Le démarrage réacteur en mode automatique est possible que si :

- L'unité électronique de contrôle réacteur (ECU) est opérationnelle.
- Les données du calculateur de vibration et d'interface réacteurs sont valides.

Le démarrage réacteur en mode automatique est possible au sol et en vol.

a- démarrage automatique au sol :

Avant de démarrer le réacteur on effectue :

- Le test de la détection incendie.
- On démarre l'APU quand le RPM APU atteint 95%.
- On met le SWITCH de la vanne de soutirage sur MARCHE :
 - La vanne de soutirage s'ouvre.
 - La vanne d'intercommunication s'ouvre.
 - Les vannes du groupe de conditionnement d'air se ferment.
- On met le sélecteur rotatif sur position IGN START.
- La manette ENG MASTER sur ON.
- Le signal de démarrage va vers l'EIVMU, ce dernier commande l'unité électronique du contrôle moteur (ECU) à effectuer le démarrage, ce dernier :
 - Ouvre la vanne de démarrage, le démarreur tourne et entraîne la boîte d'entraînement des accessoires, le N2 augmente.
 - La vanne carburant basse pression s'ouvre (LPSOV).
 - La vanne carburant haute pression (HPSOV) s'ouvre.

Quand la vitesse de rotation réacteur N2 atteint 10% :

- L'unité électronique de commande moteur (ECU) excite une boîte d'allumage A ou B.

A 15% N2 :

Le galet doseur s'ouvre, c'est le début de combustion.

A 50% N2 :

La vanne de démarrage se ferme et le démarreur s'arrête.

A 54% N2 :

La boîte d'allumage est désexcitée.

A 63% N2 :

C'est le ralenti moteur.

Le sélecteur rotatif de démarrage est mis en position NORM. En mode automatique au sol, l'unité électronique de contrôle moteur a la protection d'éviter le démarrage chaud.

Si L'ECU détecte un démarrage chaud lors du démarrage il fait une première tentative :

Il réduit le débit carburant de 7% pendant six secondes et fait une ventilation sèche pendant 30 secondes, si après cette première tentative le démarrage chaud persiste, l'ECU engage une deuxième tentative, il réduit le débit carburant de 7% pendant six secondes et fait une ventilation sèche pendant 30 secondes, si l'ECU évite le démarrage chaud du réacteur, ce dernier va vers le ralenti, si après deux tentatives, le démarrage chaud persiste l'ECU arrête le moteur et fait une ventilation de deux minutes.

La protection d'éviter la surchauffe (démarrage chaud) lors du démarrage en mode automatique n'est possible qu'au sol seulement.

a.1 protection du démarrage humide :

L'ECU assure la protection du démarrage humide au sol seulement lors du démarrage automatique.

Lors du démarrage quand le N2 atteint 15% et que 20 secondes après il n'y a pas d'augmentation de la température des gaz d'échappement l'ECU :

- Excité la bougie pendant 5 secondes
- Ouvre le galet doseur pendant 15 secondes
- Fait une ventilation sèche pendant 30 secondes

Si le moteur démarre l'ECU continue la phase de démarrage s'il ne démarre pas l'ECU fait une deuxième tentative et une troisième tentative si au bout de la troisième tentative le moteur ne démarre pas l'ECU fait une ventilation et arrête le moteur.

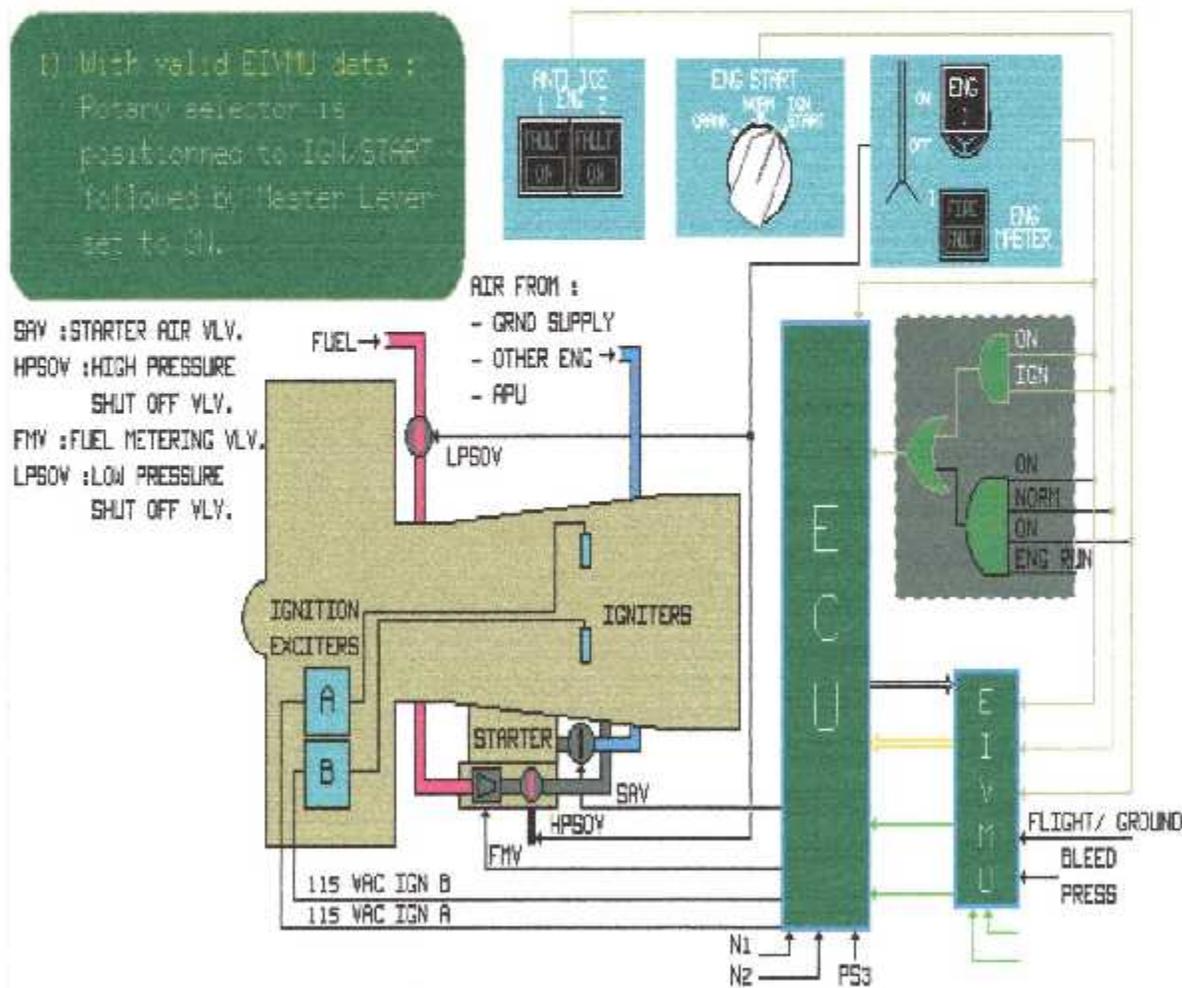


Figure III.9 : démarrage automatique

III.1.4.2 DEMARRAGE MANUEL AU SOL :

Si les données du calculateur de vibration et d'interface moteur ne sont pas valides.

Le démarrage moteur en mode automatique n'est plus possible donc pour démarrer le moteur il faut le faire en mode manuel.

Avant de démarrer le réacteur on effectue :

- Le test de détection incendie.
- On démarre l'APU quand le RPM atteint 95%.

On met le SWITCH de la vanne de soutirage sur ON :

- La vanne de soutirage s'ouvre.
- La vanne d'intercommunication s'ouvre.
- Les vannes de groupe de conditionnement d'air se ferment.

On met le bouton poussoir ENG MAN START réacteur 1 sur ON :

- La vanne de démarrage s'ouvre, le démarreur tourne et entraîne la boîte d'entraînement d'accessoire, le N2 augmente.

A 15% N2 :

La manette ENG MASTER sur ON :

- L'ECU excite les deux boîtes d'allumage (A et B).
- L'ECU ouvre le galet doseur.
- La vanne carburant basse pression, la vanne carburant haute pression s'ouvrent, c'est le début de combustion.

A 50% N2 :

L'ECU ferme la vanne de démarrage, le démarreur s'arrête.

A 54% N2 :

L'ECU désexcite les deux boîtes d'allumage (A et B).

A 63% N2 :

C'est le ralenti réacteur, le bouton poussoir ENG START est mis sur OFF.

Durant le démarrage en mode manuel au sol l'ECU assure les protections de démarrage chaud et démarrage humide.

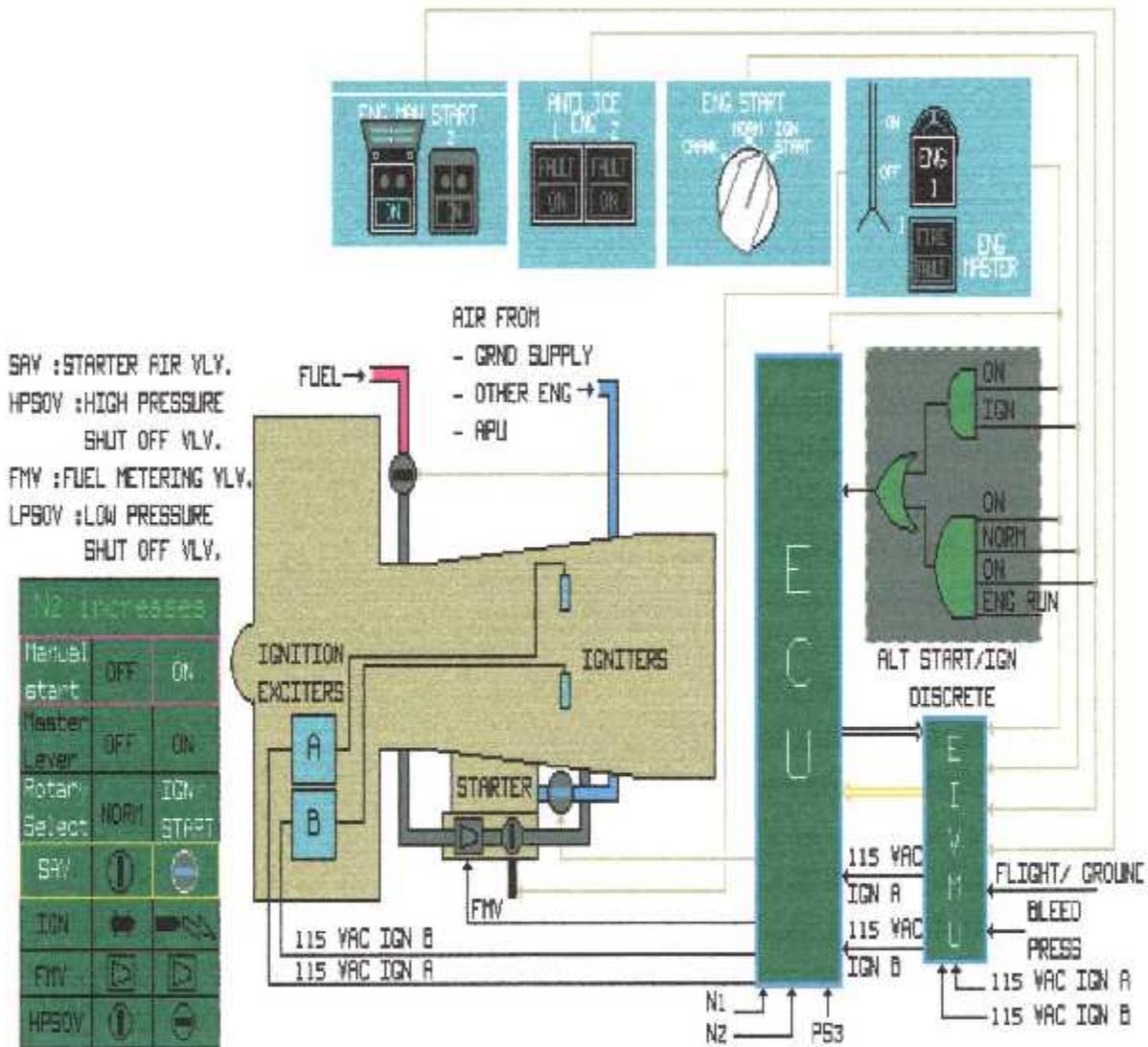


Figure III.10 : démarrage manuel

III.1.4.3 REALLUMAGE EN VOL :

Quand un moteur s'arrête en vol, il est impératif de réallumer ce dernier le plus rapidement possible. Pour cela le ré allumage en vol est possible dans les cas suivants :

- Sans assistance du démarreur en mode automatique.
- Sans assistance du démarreur en mode manuel.
- Avec assistance du démarreur en mode automatique.
- Avec assistance du démarreur en mode manuel.

a- sans assistance du démarreur en mode automatique :

Le ré allumage réacteur est possible sans assistance du démarreur en mode automatique si les conditions existent en prenant en considérations les paramètres moteurs, le nombre de mach et l'altitude.

- $N2 \geq 12\%$.
- Altitude avion ≤ 20000 pieds.
- Vitesse avion ≥ 300 nœuds.

OÙ

- $N2 \geq 15\%$.
 - Altitude avion ≥ 20000 pieds.
 - Vitesse avion ≥ 300 nœuds.

La procédure de ré-allumage est la suivante :

- Un sélecteur rotatif sur IGN / START.
- Manette ENG MASTER sur ON.

Les deux boites d'allumage sont excitées :

A 15% N2 :

- Le galet doseur s'ouvre.

A 54% N2 :

- Les deux boites d'allumage sont désexcitées.

Lors du ré allumage en vol sans assistance du démarreur en automatique, L'ECU n'a pas de protections de démarrage chaud et démarrage humide lors du démarrage.

b- avec assistance du démarrage en mode automatique :

Ce type de démarrage est identique à celui du démarrage au sol en automatique sauf que l'ECU n'a pas de protection de surchauffe démarrage chaud et démarrage humide. Le démarrage avec assistance du démarrage n'est possible que si la vitesse avion ≤ 200 nœuds.

c- avec assistance du démarrage en mode manuel :

Ce type de démarrage est identique à celui du démarreur au sol avec assistance

du démarreur :

- La vitesse avion ≤ 200 nœuds.
- Les données de l'EIVMU non valides.

L'ECU n'assure pas la protection de surchauffe (démarrage chaud)

d- sans assistance du démarrage en mode manuel :

Ce type de démarrage est possible :

- Si la vitesse avion ≥ 300 nœuds.
- Les données de l'EIVMU non valides.

L'ECU n'assure pas les protections de démarrage chaud et démarrage

humide

III.1.5 LE SYSTEME D'INDICATION :

Les systèmes d'indication du moteur **CF6-80E1** sont :

- capteur de N^{brc} de vitesse de l'arbre N1 (sonde N1).
- capteur de N^{brc} de vitesse de l'arbre N2 (sonde N2).
- la sonde de l'EGT (EGT sonde).
- la vibration de N1 et N2.

➤ *Le capteur de nombre de vitesse N1 :*

Ce capteur est monté sur le FAN frame à la position 2 :00, il est de type magnétique (pulsation magnétique).

L'affichage de N^{brc} de vitesse N1 est en pourcentage du **Rpm** au niveau de l'EWD (engine warning display).

NB : le N^{brc} de vitesse N1 est 3818 **Rpm** (115.5%)

➤ *Le capteur de nombre de vitesse N2 :*

Le capteur N2 est monté sur l'AGB (accessory gear box) au niveau de l'HMU.

- Il mesure la rotation de l'AGB.
- L'affichage est dans l'EWD et en pourcentage du **Rpm**.

NB : le N2 à une vitesse de 11105 **Rpm** (113%).

➤ *La sonde de l'EGT :*

Dans le **CF6-80 E1** il existe (08) huit sondes de température T49.5, montées tout au tour du carter de la turbine basse pression (LPT case).

L'indication de la température de l'EGT est en degré Celsius (C°) au niveau de l'EWD.

NB : l'EGT à une valeur de 715 C° au démarrage, est de 975 C° .au régime de décollage T/OFF.

➤ *L'indication de vibration du N1 et N2 :*

L'indication de vibration du N1 et N2 est affichée au niveau du système display (SD).

La valeur normale de vibration est 3 unités (3 mils) à la balance du moteur. Lorsque la vibration du moteur contient 5.7 unité, le moteur est en état de non balance.



Figure III.11 : L'écran EWD



Figure III.12 : L'écran SD.

III.1.6 LA VENTILATION :

La position CRANK du sélecteur rotatif de démarrage moteur permet d'assurer la ventilation moteur. Il y a deux (02) ventilations :

- La ventilation sèche.
- La ventilation humide.

III.1.6.1 LA VENTILATION SECHE :

La ventilation sèche est effectuée après le lavage moteur afin de chasser toutes les particules d'eau du moteur pour éviter la corrosion.

L'opération de la ventilation sèche consiste à faire tourner le moteur pendant cinq (05) minutes au maximum.

• FONCTIONNEMENT :

- On démarre l'APU.
- On met le Switch soutirage APU sur ON.
- La vanne de soutirage APU s'ouvre.
- La vanne d'intercommunication s'ouvre.
- Les vannes de groupes de conditionnement d'air se ferment.
- On met le sélecteur moteur sur position CRANK.
- La vanne de démarrage moteur s'ouvre.
- L'air en provenance de l'APU passe et entraîne le démarreur moteur.
- Après cinq (05) minutes de ventilation.
- On coupe le soutirage APU.
- On met le sélecteur rotatif moteur sur position NORM.
- La vanne démarrage se ferme, le démarreur s'arrête

III.1.6.2 LA VENTILATION HUMIDE :

La ventilation humide est faite pour détecter les fuites carburant moteur.

La ventilation humide est identique à la ventilation sèche sauf qu'on met la manette carburant sur marche, c'est-à-dire qu'on envoic du carburant dans le circuit carburant afin de détecter d'éventuelles fuites carburant.

La ventilation humide nécessite au moins deux personnes :

- Une (01) personne au poste de pilotage pour faire la manœuvre.
- Une (01) personne au niveau du moteur décapoté pour voir les fuites carburant.

Il est à noter quand on met le sélecteur sur CRANK le système d'allumage est inhibé.

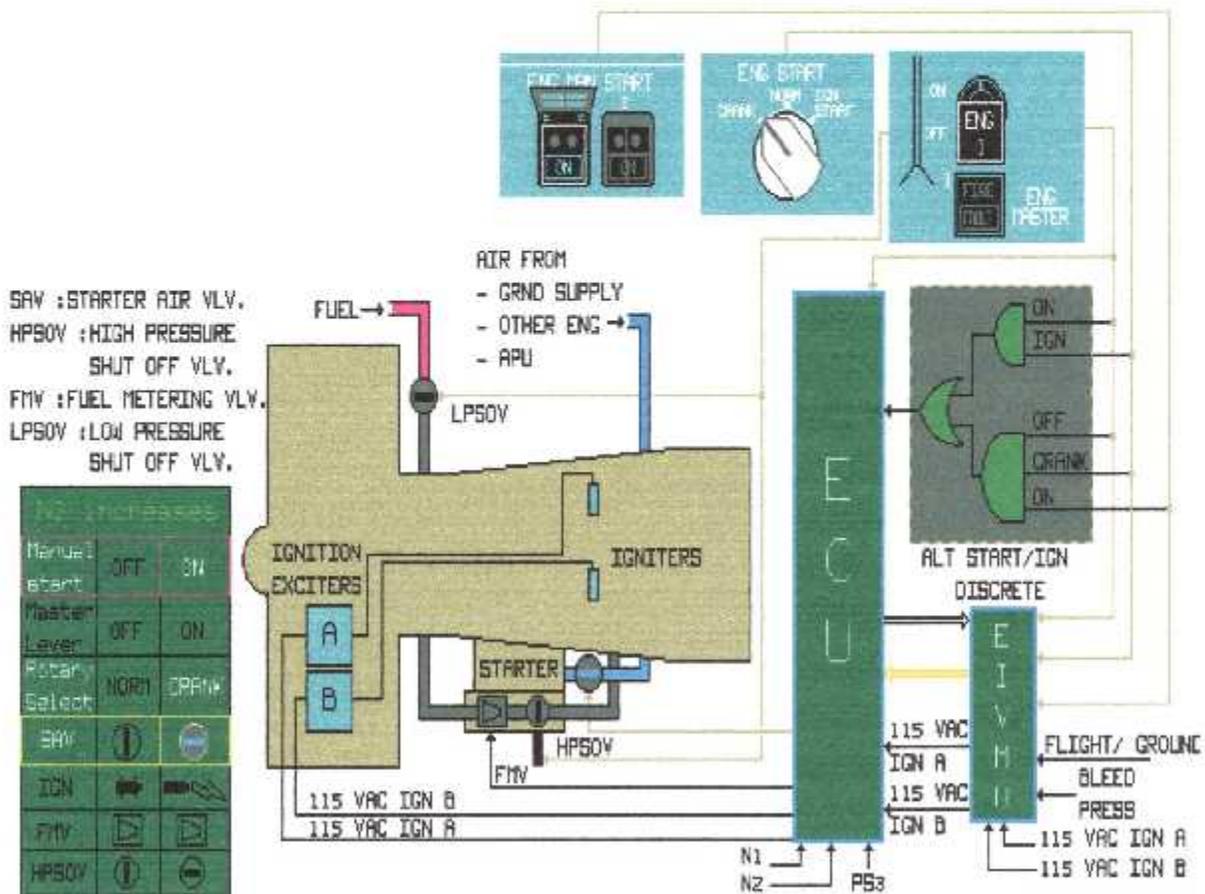


Figure III.13 : la ventilation

CHAPITRE VI

LA MAINTENANCE

CHAPITRE IV

MAINTENANCE ET RECHERCHE DE PANNES

IV.1 MAINTENANCE :

IV.1 DEFINITION DE LA MAINTENANCE :

L'entretien d'un aéronef peut être défini comme étant l'ensemble des opérations et actions destinées à maintenir ou à remettre l'aéronef ou certains de ces éléments en état d'être exploités normalement comme lors de la certification. La maintenance consiste en plusieurs opérations dont : la vérification, modification, révision, inspection....

IV.2 OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE :

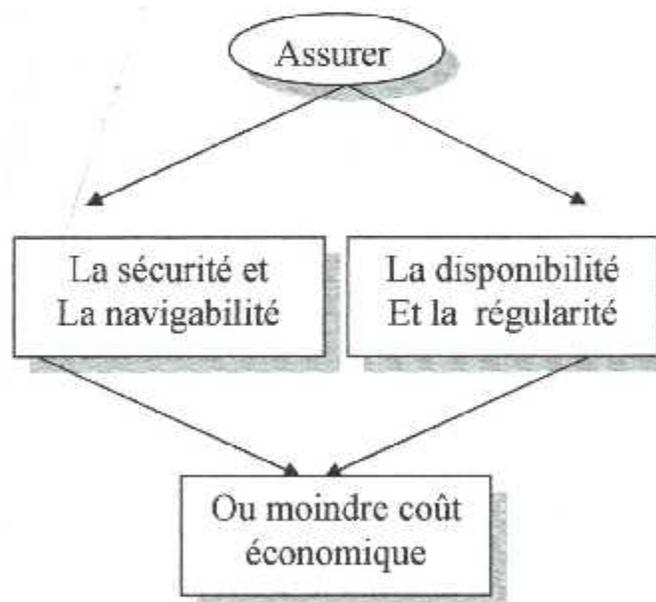


Figure IV.1 : objectifs de la maintenance

a. La sécurité :

C'est une exigence à la fois réglementaire et commerciale. L'aéronef doit, au cours du temps, conserver les caractéristiques de navigabilité définies et approuvées lors de sa certification (performances, domaine de vol,

intégrité de la cellule et des propulseurs, sécurité et disponibilité des systèmes et équipement...). De plus, un accident peut nuire à l'image de marque du transporteur et du constructeur.

b. La disponibilité :

Un aéronef représente un investissement coûteux, les compagnies cherchent donc un taux d'utilisation élevé. Pour cela, un aéronef de transport doit être en état d'accomplir sa mission au moment voulu. Le retard ou l'annulation d'un vol constituent non seulement une perte pour la compagnie, mais nuisent aussi à son image auprès du passager. Eviter, dans une certaine mesure, cet inconvénient par un vol d'aéronef de réserve ou par des affrètements auprès d'autres transporteurs, ce qui n'est pas satisfaisant économiquement.

c. Le coût :

Nous avons vu que la satisfaction des deux premiers objectifs, est dictée par les impératifs économiques, mais entretenir des aéronefs nécessite une organisation des moyens matériels et humains. Minimiser le coût d'entretien constitue donc le 3^{ème} objectif ; ainsi, il faut trouver le meilleur compromis entre les deux premiers objectifs et le troisième, avec pour contrainte la satisfaction des exigences réglementaires en matière de sécurité et de disponibilité (régularité).

IV.3 LES DIFFERENTES POLITIQUES DE MAINTENANCE :

La stratégie de la politique de maintenance consiste à définir les objectifs technico-économiques relatifs à la prise en charge du matériel d'une entreprise par le service de maintenance. Le tableau suivant présente ces politiques :

	entretien totalement effectué dans la compagnie	entretien effectué dans la compagnie partiellement	entretien sous traité totalement
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - diminution du coût de maintenance. - indépendance technique. - souplesse de programmation et de modification. 	<ul style="list-style-type: none"> - investissement progressif et limité. - gain de coût dans les parties très coûteuses. - développement progressif d'activité 	<ul style="list-style-type: none"> - pas d'investissement coûteux. - pas de frais financier sur le stock. - pas de problèmes de main d'œuvre.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement coûteux, matériel et humain. - Frais financier élevé. - Problème de main d'œuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> - dépendance technique. - pas de maîtrise de stock. - manque de souplesse dans la programmation et la modification. 	<ul style="list-style-type: none"> - dépendance technique.
Exemples d'entretien	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien en ligne (en piste) (pré vol/moyen). - Révision équipements des avions. 	<ul style="list-style-type: none"> - entretien en ligne (moyen). - révisions mineures (simples tâches). 	<ul style="list-style-type: none"> - entretien en ligne sous traité.
Exemple de flotte	<ul style="list-style-type: none"> - Une flotte importante en nombre exp : (50 avions). - Une flotte spécifique (Boeing, Airbus, ATR, Hercules). 	<ul style="list-style-type: none"> - une flotte moyenne en nombre exp : (10 avions) 	<ul style="list-style-type: none"> - une petite flotte en nombre exp : (2-3 avions). - Avions loués ou avions de transition.

Tableau IV.2 : les différentes politiques de maintenance

IV.4 DIFFERENTS TYPES DE MAINTENANCES :

Deux types de maintenances sont suivis pour pouvoir garder la disponibilité et la régularité des avions, ces deux types de maintenance sont : (voir la figure 4.2)

- ✚ Maintenance programmée (préventive).
- ✚ Maintenance non programmée (curative).

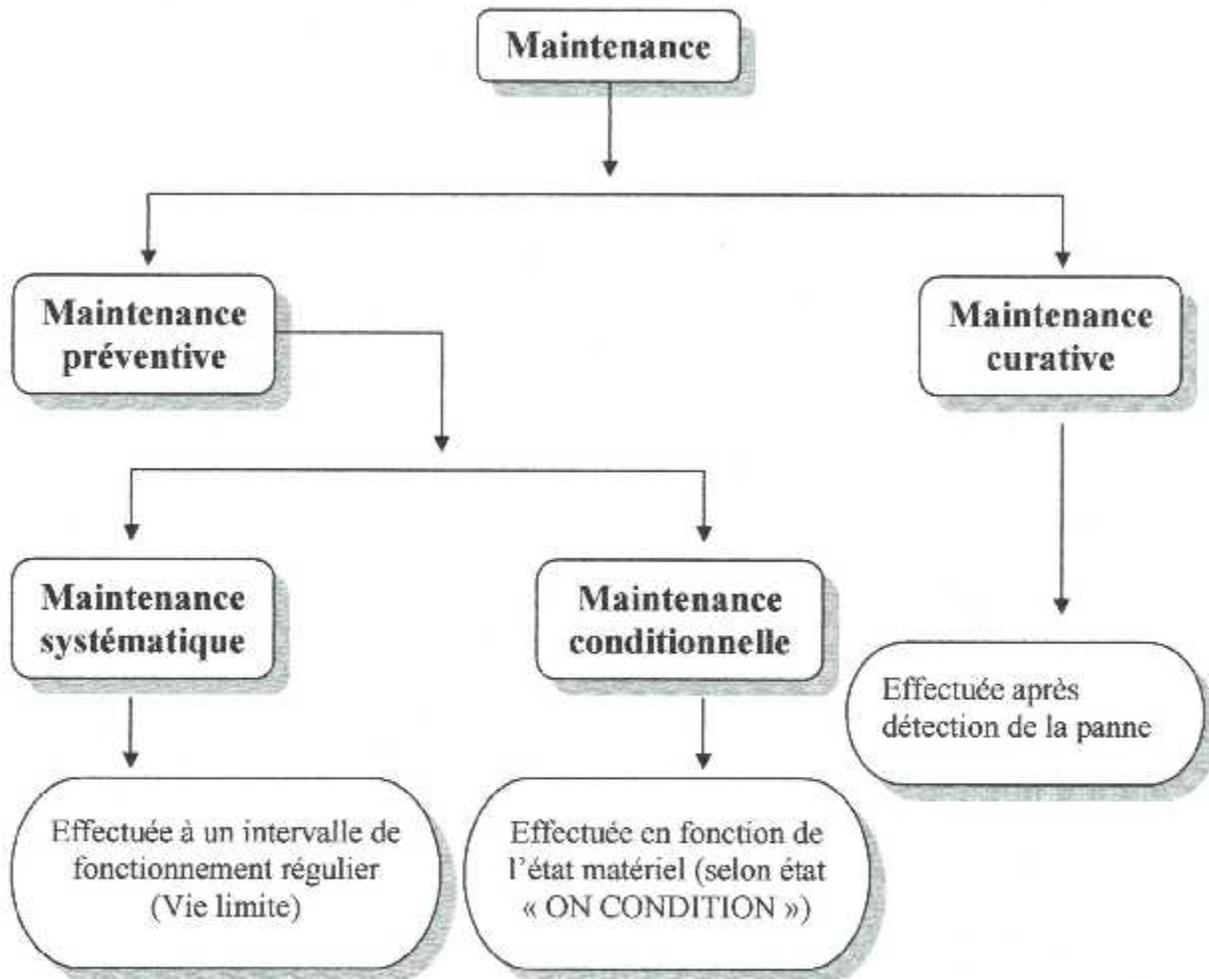


Figure IV.3 : Différents types de maintenances

a. Maintenance préventive :

C'est l'ensemble des opérations destinées à maintenir ou à remettre l'aéronef ou certains de ses éléments en état d'être exploités normalement. Elle est effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intention de

réduire la probabilité de défaillance d'un bien (pièce, équipement...).

La prévention doit permettre d'éviter les pannes au cours d'utilisation par une intervention de maintenance prévue (visite), préparée et programmée avant la date probable d'apparition d'une défaillance.

On distingue deux types de maintenance préventive :

a.1. Maintenance préventive systématique :

Elle consiste à effectuer des interventions périodiques (visite intermédiaire, révision générale) selon un planning établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage.

a.2. Maintenance préventive conditionnelle :

L'application de la maintenance préventive conditionnelle est reliée à un type d'événement déterminé en fonction de l'état matériel. Cette forme de maintenance a pour but d'assurer le suivi continu en service.

a.3. Les visites programmées :

L'entretien des aéronefs doit être organisé en un temps cohérent de façon à minimiser les temps d'immobilisation, il s'agit donc de grouper les opérations élémentaires d'entretien de périodicités et d'importances comparables. Ces groupes d'opération sont appelés visites.

- Visite pré vol (transit).
- Visite journalière.
- Visite A.
- Visite B.
- Visite C.
- Visite D.

NOTA : La terminologie **A**, **B**, **C**, **D** et les périodicités ci-dessus sont données à titre d'exemple. Les périodicités de visites peuvent varier d'une compagnie à une autre pour le même type d'aéronef, en fonction de l'expérience et du type d'exploitation de la compagnie (utilisation quotidienne, durée moyenne du vol, trafic avec ou sans pointes saisonnières...). La terminologie peut également différer.

La durée d'immobilisation de l'avion varie de quelques heures pour une visite « **A** » et d'un mois pour une visite « **D** », afin d'éviter les temps d'immobilisation trop longs, on peut découper en morceaux les visites les plus importantes et associer ces morceaux aux visites de rang inférieur. C'est l'entretien progressif, appelé aussi entretien fractionné.

NOTA : Chaque visite progressive comprend une visite « **A** » et 1/3 du contenu de la visite « **B** » et 1/9 du contenu de la visite « **C** ». Les fractions des visites sont établies de façon que la charge de travail de chaque une d'entre elles soit équivalente.

b. Maintenance (curative) :

C'est l'ensemble des opérations, non programmées ayant pour objectif de remédier (corriger) les avaries, ou les anomalies survenues en fonctionnement. En d'autre terme, c'est la remise en état de l'avion après détection d'une défaillance.

La démarche de dépannage est la suivante :

- Plainte équipage : (pannes données par le CRM ou par le CDU).
- S'informer et analyser la situation : (l'hésitation...).
- Etablir le diagnostic (chercher les causes les plus probables) : cette démarche est décrite dans le « FIM ».
- Dépose /pose : cette démarche est décrite dans le « AMM ».
- Test de bon fonctionnement : à faire sur des banc d'essai.
- Restitution de l'avion à l'exploitation.

IV.5 DIFFERENTS NIVEAUX DE MAINTENANCE :

a. Maintenance en ligne :

Cette maintenance est caractérisée par une intervention rapide de la part du personnel de maintenance, elle est limitée au remplacement de l'équipement défaillant.

Un test est opéré après remplacement de l'équipement pour contrôler le rétablissement de la fonction.

b. Entretien dans la base principal ou l' hangar :

Elle est caractérisée par une intervention de longue période de la part du personnel de maintenance, elle concerne les actions ne pouvant être exécutées dans la maintenance en ligne.

b. Maintenance à l'atelier :

Cette maintenance est faite à des intervalles de temps réguliers. L'intervention du personnel est alors programmée suivant l'utilisation de l'avion et concerne les équipements non surveillés.

IV.6 LES DOCUMENTS UTILISENT DANS LA MAINTENANCE :

a. MPD (Manual Planning Data):

C'est le manuel de planification de maintenance, il défini les taches pour chaque type d'inspection de maintenance programmée, les compagnies aériennes l'utilisent pour faire des cartes de taches (cheak List) qui sont utilisées par les techniciens durant la maintenance programmée. Voir la figure (IV.2)

a) AMM (Aircraft Maintenance Manuel) :

C'est le manuel de maintenance de l'avion, il est constitué de deux parties :

La partie (I) : est un manuel appelé « SDS » (Système Discription Section). Il apporte des descriptions en interfaces, les fonctions, les opérations des systèmes et des sous systèmes.

La partie (II) : comprend les procédures à utiliser lors de la maintenance :

- Dépose /repose des équipements.
- Réglage des systèmes et les tests associés a ces systèmes.
- Inspection visuelle ou générale de toutes les zones, et spécialement les zones critiques.
- Procédure de nettoyage et les procédures associées à la peinture.
- Méthodes de réparation des éléments.

b) SSM (Schematic System Manuel) :

C'est le manuel des systèmes schématisés, il apporte à l'utilisateur une meilleure compréhension des systèmes et il aide dans la procédure d'isolation de la panne.

c) WDM (Wiring Diagram Manuel) :

C'est le manuel des diagrammes des câblages, il fournit des détails sur les câblages d'un point à un autre de chaque système et sous-système dans l'avion.

d) IPC (Illustrated Part Catalog) :

Catalogue illustré des pièces, il fournit des informations sur le remplacement des pièces et des composants, et il définit les références des composants (part number), ainsi que les schémas éclatés et détaillés des éléments qui constituent un équipement.

e) CRM (Crew Repport Manuel) :

C'est le manuel de rapport de vol (pannes reportées), il fourni les codes des pannes, et il est utilisé pour améliorer la communication entre l'équipage et le personnel de maintenance.

f) CMM (Component Maintenance Manuel) :

C'est le manuel d'entretien des équipements. Les instructions en ce manuel fournissent les informations nécessaires pour exécuter des fonctions d'entretien s'étendant des contrôles et du remplacement simples pour accomplir la réparation des équipements.

FIM (Fault Isolation Manuel) :

C'est le manuel de recherche des pannes, il est utilisé par l'équipe de maintenance pour isoler et déterminer les pannes survenues en vol ou au sol ; la procédure commence par une détection de la panne qui est soit :

- ✚ Observée par le pilote et mentionnée dans le CRM (Compte Rendu Matériel), ou dans le FRM (Flight Report Manuel).
- ✚ Ou bien détectée par le CDU (Common Display Unit).

L'isolation de la panne nécessite le numéro de la procédure de recherche de panne (FIM TASK). Pour cela on utilise les données du FIM avec celles de l'avion CDU (Common Display Unit) afin d'identifier le numéro correct de la procédure.

g) SRM (Structural Repair Manuel) :

C'est le manuel de réparation structurale, il fournit des informations descriptives et des instructions spécifiques pour faire les réparations de la structure de l'avion.

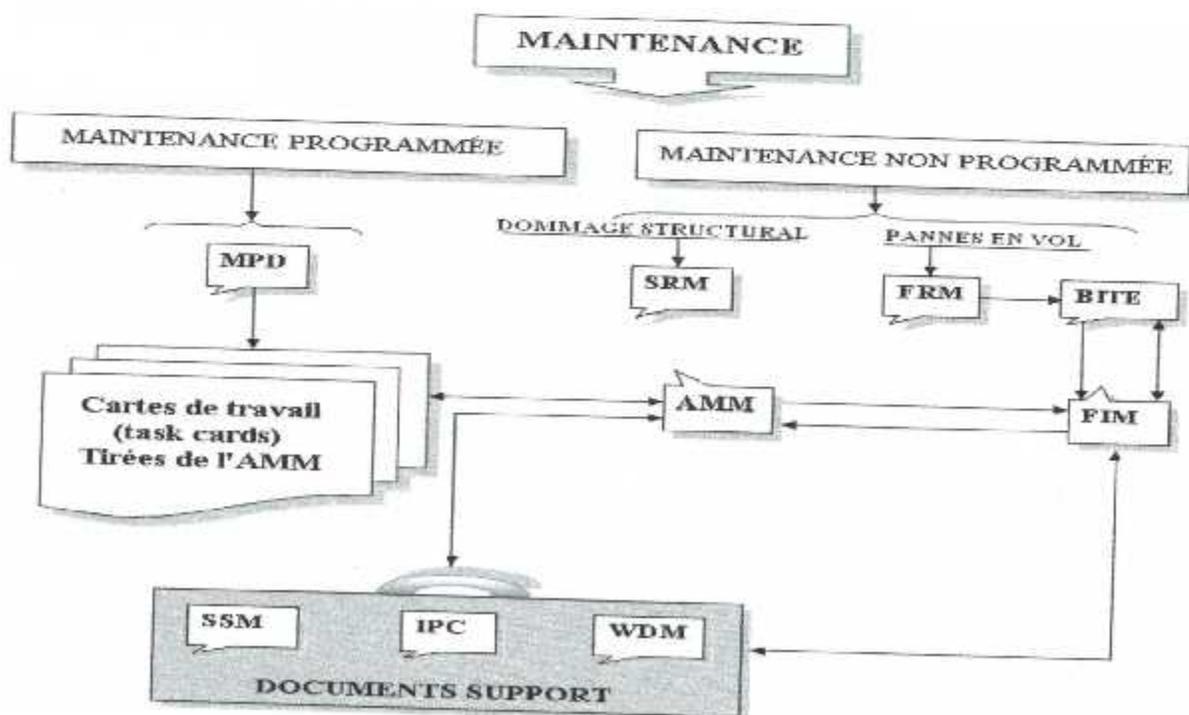


Figure IV.4 : Utilisation des documents dans la maintenance

IV.7 RECHERCHE DE PANNES :

IV.7.1 Différentes classes de pannes :

Les pannes détectées sur avion sont classifiées selon leur capacité à nuire à la sécurité de l'avion :

a. Pannes classe 1 :

Ces pannes ont une conséquence opérationnelle pour la poursuite du vol, elles nécessitent obligatoirement une action corrective de l'équipage ; on dit que l'avion est « NO GO »

Ces pannes sont portées à la connaissance de l'équipage en vol sous forme d'alarmes dans le cockpit.

b. Pannes classe 2 :

Ces pannes n'ont pas de conséquences opérationnelles sur le vol en cours et les prochains vols, mais peuvent en avoir si une deuxième panne survient.

Elles ne nécessitent pas l'intervention du pilote, la maintenance se fait au retour à la base ou en escale ; on dit que l'avion est « GO IF »

c. Pannes classe 3 :

Ces pannes n'affectent en rien la sécurité et la disponibilité de l'avion. Elles ne sont pas indiquées à l'équipage, et elles ne peuvent être jamais réparées si ce n'est pour des considérations économiques et de disponibilité de l'équipement.

Leur réparation relève des critères liés à la compagnie en outre, critère économique, de prestige.

IV.7.2 LES ETAPES DE DEPANNAGE :

Ces étapes sont exprimées sur l'organigramme ci-dessous :

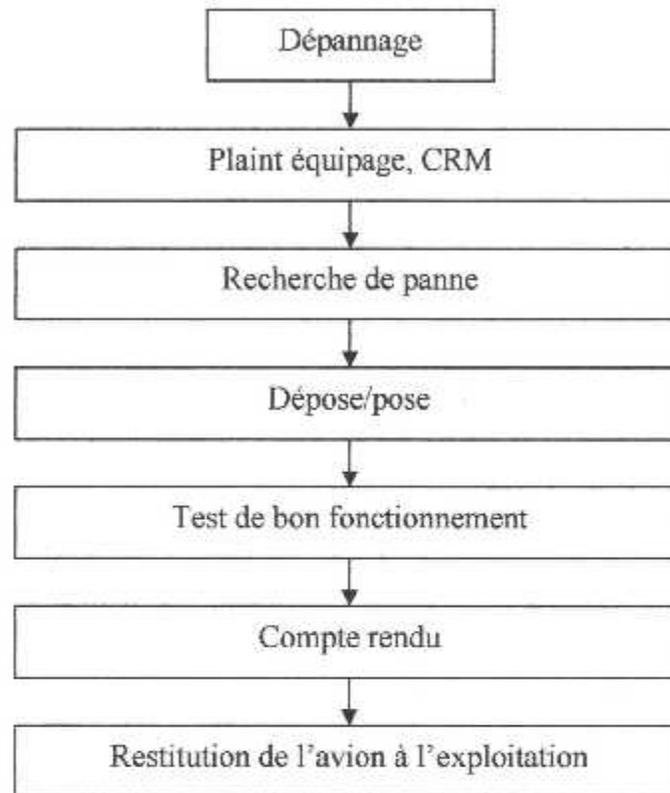


Figure IV.5 : Organigramme des étapes de dépannage

IV.8 STRATEGIE DE LA MAINTENANCE DU CF6-80- E1 :

Le moteur nécessite une maintenance préventive et curative pour augmenter sa durabilité ou diminuer les pannes en cours d'utilisation.

Cette maintenance consiste en deux méthodes utilisées régulièrement :

- Entretien en ligne.
- Entretien en atelier.

IV.8.1 ENTRETIEN EN LIGNE :

L'inspection en ligne est une inspection suivant des protocoles et des fiches des travaux établis par le Bureau Technique ex ENGINEERING suivant le manuel de maintenance établie par les constructeurs GENERAL ELECTRIC et AIRBUS.

Cette inspection consiste à faire des vérifications avant et après chaque vol suivant un compte rendu matériel (CRM) établi par l'équipage navigant.

En cas d'anomalies, on intervient suivant les fiches de travaux.

La maintenance à l'entretien en ligne engendre plusieurs inspections :

IV.8.1.1 inspection journalière :

Cette inspection est réalisée quotidiennement. Elle consiste à faire des vérifications. En cas d'anomalie signalée par le pilote il faut dépanner. Sur l'AIRBUS A330-200 toute la maintenance est centralisée au niveau du MCDU.

Le menu du MCDU concernant le moteur comprend :

- le rapport du dernier vol (***LAST LEG REPOR***):

Une anomalie a été mémorisée elle sera affichée.

- **Les derniers rapports précédents (*PREVIOUS LEGS REPORT*) :**

Ce sont les rapports des 63 derniers vols. On a la possibilité de connaître les anomalies du moteur durant les 63 derniers vols.

IV.8.1.2 inspection hebdomadaire :

Cette inspection est réalisée chaque semaine selon la carte de tache qui préconise :

- De relever les heures et les cycles du moteur et de les porter sur AIRCRAFT TECHNICAL LOG dans la rubrique action.
- Vérifier les témoins de colmatage des filtres de d'huile et de récupération alternateur.
- Inspecter le filtre de la pompe de récupération alternateur.
- Vérifier le niveau d'huile moteur.

En cas d'anomalies signalées par le pilote, on prélevé les informations sur le MCDU et élaborer le test.

IV.8.1.3 inspection 1/2 visite A:

Cette inspection est réalisée toutes les 300 heures de fonctionnement avion. L'inspection est un peu plus approfondie.

IV.8.1.4 inspection visite A:

Cette inspection est réalisée toutes les 600 heures de fonctionnement avion. L'inspection du moteur est très approfondie.

NB/ Après 6000 heures de fonctionnement on élaborera la *visite C*.

IV.8.1.5 inspection boroscopique :

C'est une inspection qui nécessite un appareillage (le boroscope) et un éclairage qui varie entre 150 et 300 WATT.

Le but de cette inspection est de voir l'état interne du moteur, elle a pour but de déceler de la corrosion, criques et déformations au niveau :

- Des compresseurs.
- De la chambre de combustion.
- De la turbine.

Le menu du MCDU concernant le moteur rapporte les informations suivantes:

- Dernier rapport après vol (LAST LEG REPORT).
- Derniers rapports précédents (PREVIOUS LEGS REPORT).
- Test du moteur (ENGINE TESTS)
- Test d'affichage (DISPLAY TEST)
- Ordinateur de control moteur (FADEC)
- Démarrage moteur (START / IGN)
- Indication (INDICATING)
- Inverseurs (REVERSER)
- Control de poussée (THRUST CTL)

Concernant la maintenance du circuit de démarrage et allumage on doit se referait au menu moteur.

Le menu moteur offre la possibilité de faire la maintenance suivante :

- Canal A de l'ECU
- Canal B de l'ECU
- Test de surveillance
- Test d'inverseur
- Test du circuit d'allumage
- Test de démarrage.

Pour la maintenance du circuit de démarrage et allumage il faut tester :

- La vanne de démarrage
- Le démarreur
- Les boîtes d'allumage
- Les bougies
- Les câbles de bougies

A l'entretien en ligne on teste surtout les allumeurs. Pour ce test il faut deux personnes.

- Une personne au poste de pilotage pour actionner la manette de démarrage
- Une personne au niveau des bougies pour entendre les étincelles des bougies.

Toutes les anomalies seront affichées au niveau du MCDU. Le personnel de la maintenance prendra note et utilisera la documentation de la maintenance tel que le TSM (TROUBLE SHOOTING MANUAL) afin de dépanner.

IV.8.2 entretien en atelier :

La maintenance Du moteur au niveau de la S/Direction Révision Moteur de la Direction Technique d'AIR ALGERIE est régie par :

- Le protocole d'inspection préliminaire MOTEUR.
- Le protocole d'inspection boroscopique MOTEUR.

Les deux protocoles sont délivrés par le bureau technique de la direction technique en référence document :

- Manuel de Maintenance
- Manuel de Maintenance pour le protocole d'inspection boroscopique.

IV.8.2.1 protocole d'inspection préliminaire :

Le protocole d'inspection préliminaire consiste aux opérations suivantes :

- Effectuer un compte rendu de réception sur le formulaire.
- Relever le numéro de référence (P/N) et le numéro de série (S/N) sur le listing des accessoires. Noter les accessoires manquants.
- Inspecter l'entrée d'air.
- Inspecter les ailettes FAN.
- Inspecter le circuit carburant.
- Inspecter le circuit d'air.
- Inspecter l'ECU.
- Inspecter le circuit d'allumage.

- Inspecter le circuit de démarrage.
- Inspection des filtres d'huile (filtre de pression et filtre de récupération).
- Inspection du filtre d'huile de la pompe de récupération alternateur.
- Inspection du bouchon magnétique pour présence de particules métalliques.
- Vérifier l'état général du câblage électrique
- Inspection de la vanne de drainage de la chambre de combustion.
- Vérifier l'état des gougeons de l'alternateur en cas d'endommagement.
- Inspection du filtre carburant.
- Vérifier l'échappement ainsi que les conduites de soutirage en cas de présence d'huile
- Inspection boroscopique selon protocole. Noter si anomalie.
- Déposer le couvercle du fan pour inspection du fan.
- Déposer la bougie d'allumage et inspecter en cas d'érosion.
- Noter toute autre anomalie.

VI.8.2.2 protocole d'inspection boroscopique :

Le protocole d'inspection boroscopique consiste aux opérations suivantes.

- Inspection boroscopique du compresseur basse pression.
- Inspection boroscopique du compresseur haute pression.
- Inspection boroscopique de la chambre de combustion .
- Inspection boroscopique de la turbine haute pression.
- Inspection boroscopique de la turbine basse pression.
- Noter toutes les constatations.

La maintenance de l'alternateur moteur se fait au niveau de la S/Direction des Ateliers de la Direction Technique d'AIR ALGERIE est régie par :

La maintenance des composants pneumatiques au niveau de la S/Direction des Ateliers de la Direction Technique d'AIR ALGERIE est régie par des protocoles :

Au niveau des ateliers il existe :

- L'atelier des accessoires.
- L'atelier électricité.

IV.8.3 ATELIER DES ACCESSOIRES :

Dans cet atelier, les équipements pneumatiques sont réparés testés et remis en service.

Concernant le moteur le démarreur et les vannes électropneumatiques sont traitées dans cet atelier.

IV.8.3.1 ATELIER ELECTRICITE :

Dans cet atelier on traite les équipements électriques tels que

- L'alternateur MOTEUR.
- Les batteries AVION.
- La boîte d'allumage ;
- Les bougies.
- Les câbles de bougies.

Bibliographie

1/ Manuels d'entretiens :

- Le manuel de maintenance AMM de l'airbus A330-200
(Les chapitres : 72,74, 77,80) révisé le 01/07/2004.
- Le manuel de la recherche de panne TSM de l'Airbus A330-200
(Les chapitres : 31, 72,74, 77,80) réviser le 01/07/2004.

2/ les ouvrages :

- Les cours du Module Organisation Maintenance 3^{ème} année DEUA
(2007/2008) (Monsieur ABADA).

3/ les thèses :

- Thèse de fin d'étude « étude et maintenance du circuit carburant du moteur
CF6-80-E1 » promotion : 2006/2007, réaliser par « ben khedime ellah »

4/ les CD :

- *AMM A330-200, training manuel,*
- DVD AIR N@v. de la compagnie Air Algérie.

5/ les sites web :

- [www.airline.net/fig20%3\\$.com](http://www.airline.net/fig20%3$.com)
- www.AirN@v.eng.com/

ANNEXES

Liste des abréviations

<i>Acronyms</i>	<i>Abbreviations</i>
A	
• ACARS	Aircraft Communications Addressing and Reporting System
• AHM	Airborne Human Machine
• AOC	Airline Operation Control
• ATC	Air Traffic Control
• ALT	Alternate
• ACMS	Aircraft Condition Monitoring System
• ARINC	Aeronautical Radio Incorporate
B	
• BPS	Boeing Performance Software
C	
• CMU	Communications Management Unit
D	
• DEST	Destination
• DCS	Departure Contrôle System
• DACM	Direction de L'Aviation Civile et de la Météorologie
E	
• EAD	Earliest Arrival Date
• ETOPS	Extended Range Twin Engined Operations
• EZFW	Estimate Zero Fuel Weight
F	
• FMC	Flight Management Computer
• FCOM	Flight Crew Operating Manual
• FIR	Flight Information Region
• FOBIN	Fuel On Board in Parking
• FP	Flight Plan (JET PLAN)
• FOBOUT	Fuel On Board Mise en route

- G
- GMS

Ground Movement Surveillance

- H
- HF
- HFDL

High Frequency
High Frequency Data Link

- K
- KGS

Kilogrammes

- M
- MU
- MCDU
- METAR
- MAC
- MACZFW
- MACTOW
- MACLAW

Management Unit (ACARS)
Maintenance and Control Display Unit
Meteorological Aerodrome Report
Mean Aerodynamic Chord
Mean Aerodynamic Chord Zero Fuel Weight
Mean Aerodynamic Chord Take Off Weight
Mean Aerodynamic Chord Landing Weight

- N
- NWS
- NOTAM
- NM

National Weather Service
Notice to Air Man
Nautical Mile

- O
- OACI

Organisation de l'Aviation Civile Internationale

- P
- PVD
- PNT
- PNC
- PCB
- PAD

Préparation de Vol et Documentation
Personnel Navigant Technique
Personnel Navigant Commercial
Printed Circuit Board
Packet Assembler Disassembler

R

- RGSs
- RTD
- RTA

S

- SITA
- SATCOM
- Sec
- SRV
- SID
- SOC
- SR

T

- TOW
- TAF
- TAS
- TU
- TOF
- TAXI

V

- VHF3
- VFR
- VMCG
- V1
- V2
- VR

W

- WMO

Z

- ZFW

Remote Ground Station

Real Time Departure

Real Time Arrival

Société Internationale de Télécommunications

Satellite Communications

Secondes

Server

Standart Arrival Route

Start of Climb

Specific Range

Take OFF Weight

Terminal Area (Aerodrome) Forecast

True Air Speed

Temps Universel

Take Off Fuel

Roulage

Very High Frequency

Visual Flight Rules

Vitesse Minimale de Contrôle au Sol

Vitesse de décision

Vitesse de sécurité au décollage

Vitesse de rotation

World Meteorological Organisation

Zero Fuel Weight

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

1/ Manuels d'entretiens :

- Le manuel de maintenance AMM de l'airbus A330-200
(Les chapitres : 72,74, 77,80) révisé le 01/07/2004.
- Le manuel de la recherche de panne TSM de l'Airbus A330-200
(Les chapitres : 31, 72,74, 77,80) réviser le 01/07/2004.

2/ les ouvrages :

- Les cours du Module Organisation Maintenance 3^{ème} année DEUA
(2007/2008) (Monsieur ABADA).

3/ les thèses :

- Thèse de fin d'étude « étude et maintenance du circuit carburant du moteur
CF6-80-E1 » promotion : 2006/2007, réaliser par « ben khedime ellah »

4/ les CD :

- *AMM A330-200, training manuel,*
- DVD AIR N@v. de la compagnie Air Algérie.

5/ les sites web :

- www.airline.net/fig20%38.com
- www.AirN@v.eng.com/