

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche scientifique
Université SAAD DAHLAB



BLIDA

Faculté des sciences de l'ingénieur
Département d'Aéronautique

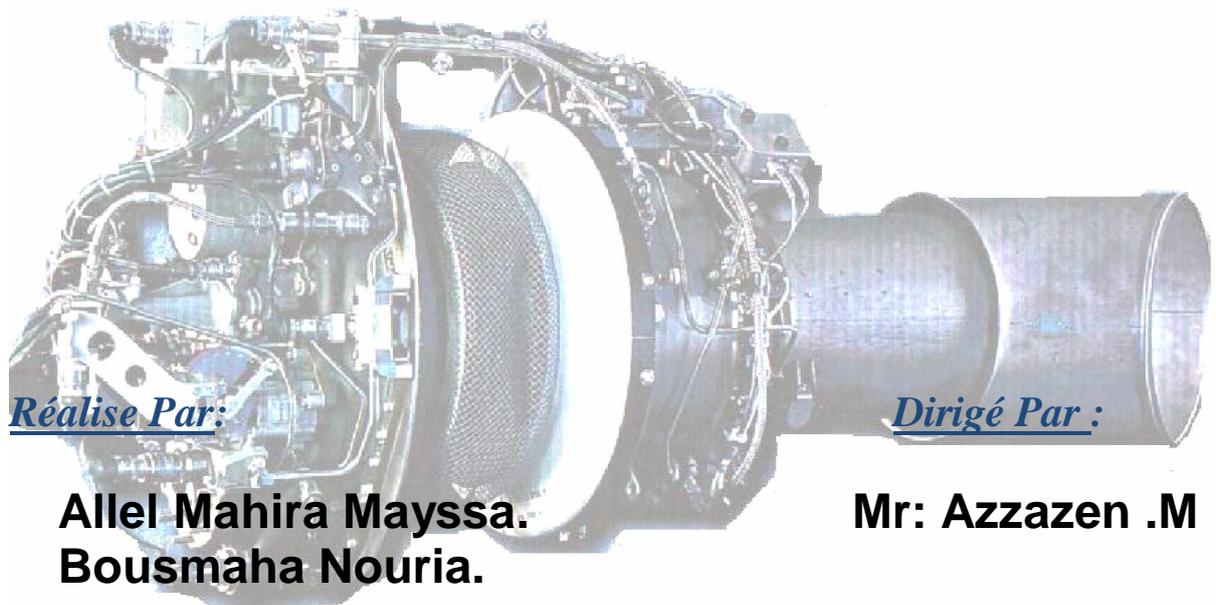


Projet de fin d'études Projet de fin d'études

En Vue De L'obtention Du Diplôme Des Etudes Universitaire Appliquées
(DEUA) En Aéronautique
Option : propulsion

Thème:

Inspection général du moteur Turbomeca ARRIUS1



Réalise Par:

Allel Mahira Mayssa.
Bousmaha Nouria.

Dirigé Par :

Mr: Azzazen .M

2007-2008

Résumé

Pour atteindre ces objectifs nous avons présenté une description générale du moteur TM ARRIUS et décrit les différents circuits et ces éléments et on terminera par la présentation d'une inspection endoscopique générale des différents éléments.

Abstract

Work carried out consists in studying the engine TM ARRIU-1(SNECMA).

To achieve this goal we present a general description of different elements and different circuits of the motor. We finished by the endoscopic inspection of the different elements.

ملخص

يتلخص عملنا في دراسة المحرك النفاث للوصول الى الهدف قدمنا وصف عام لمختلف اعضاءه وانظمته وكذا فحصها داخليا

Remerciements

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

Nous exprimons nos vifs remerciements à notre promoteur pour nous avoir encadré durant notre travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Mr Nouar directeur g.e. de Tassili Air Line d'avoir accepté de nous prendre en charge pendant cette période, et d'assurer notre encadrement. Nous remercions en vous disant mille fois merci à Mr Jouah Abd El Karim, Mr Aroug Mohamed, Mr Mustapha, Mr Farhi Nadir et toute l'équipe de l'atelier moteur de Tassili Air Line.

Au membre de jury pour l'honneur qu'ils m'ont accordé, en acceptant de jurer notre travail, et à tout nos enseignants de l'institut qui nous ont encouragé durant toute notre formation.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	01
---------------------------	-----------

CHAPITRE : 01

1- Généralité.....	02
1-1)- Conception et développement.....	02
2- Caracteristiques principales.....	02
1)- Masses et dimensions.....	05
2)- Caracteristiques.....	05
3)- Désignation.....	05
3)- Généralité sur l'hélicoptère Ecureuil AS350.....	05
1)- Caracteristiques principales.....	08
1-1)- Générale.....	08
1-2)- Rotor principal.....	08
1-3)- Rotor anti-couple.....	09
1-4)- Dimensions.....	09
1-5)- Découpage modulaire.....	10

CHAPITRE : 02

1- Introduction.....	11
2- Entrée d'air.....	11
2-1)- Définition et fonctionnement.....	11
2-2)- Description.....	11
3- Compresseur.....	12
3-1)- Définition et fonctionnement.....	12
3-2)- Description.....	13
4- Chambre de combustion.....	14
4-1)- Définition et fonctionnement.....	14
4-2)- Description.....	15
5- Turbine à gaz.....	16
5-1)- Définition et fonctionnement.....	16
5-2)- Description.....	17
6- Turbine libre.....	18
3-1)- Définition et fonctionnement.....	18
3-2)- Description.....	19
7- Système d'échappement.....	20
7-1)- Définition et fonctionnement.....	20
7-2)- Description.....	21
8- Réducteur.....	22
8-1)- Définition et fonctionnement.....	22
8-2)- Description.....	23
8-2-1)- Réducteur de vitesse.....	23

8-2-2)- Chaîne d'entraînement des accessoires.....	24
9- Paliers.....	26
9-1)- Position et type de paliers.....	26

CHAPITRE : 03

Circuit carburant

1- Introduction.....	28
2- Description.....	28
3- Fonctionnement.....	31

Circuit d'huile

1- Introduction.....	34
2- Description.....	35
3- Fonctionnement.....	35

Démarrage

1- Introduction.....	38
2- Description.....	38
3- Fonctionnement.....	39

Circuit d'air

1- Introduction.....	41
1)- Circuit d'air interne.....	41
2)- Circuit d'air externe (de prélèvement d'air).....	43

CHAPITRE : 04

1- Introduction.....	45
1-1)- Principe de l'endoscope.....	45
1-2)- Procédure endoscopique.....	46
2- Procédure.....	47
2-1)- Examen du compresseur centrifuge	47
2-2)- Examen de la chambre de combustion	48
2-3)- Examen de la turbine HP.....	50

CONCLUSION.....	55
------------------------	-----------

BIBLIOGRAPHIE.....	56
---------------------------	-----------

Liste des figures

Chapitre: 01

(fig.I.1)	Moteur généralité	03
(fig.I.2)	Caracteristiques principales (dimensions)	04
(fig.I.3)	Ecureuil AS 350 B1	06
(fig .I.4)	Ecureuil AS 350 B2	06
(fig.I.5)	Ecureuil145 (BK 117 C2)	07

Dimensions :

(fig.I.6A)	Vu de gauche	09
(fig.I.6B)	Vu de haut	10
(fig.I.6C)	Vu de face	10

Chapitre: 02

(fig.II.1)	Entrée d'air description et fonctionnement	12
(fig.II.2)	Compresseur description	14
(fig.II.3)	Chambre de combustion description	16
(fig.II. 4).	Turbine à gaz description	18
(fig .II.5)	Turbine libre description	20
(fig.II.6)	Système d'échappement	21
(fig.II.7)	Réducteur	23
(fig.II.7A)	Réducteur de vitesse	25
(fig.II.7B)	Chaîne d'entraînement des accessoires	26
(fig .II.8)	Paliers	27

Chapitre : 03

Circuit carburant

(fig.III.2)	Bloc pompe haute pression et doseur	29
(fig.III.3)	Ensemble clapets	30
(fig.III.4)	Injection carburant	32
(fig.III.1)	Circuit carburant- description	33

Circuit d'huile

(fig.III.2)	Bouchons magnétiques électriques	34
(fig.III.1)	Circuit d'huile- description	35

Démarrage

(fig.III.1)	Démarrreur (interface mécanique)	38
(fig.III.2)	Couple de lancement	40
(fig.III.3)	Bougies d'allumage	40

Circuit d'air

(fig.III.1)	Circuit d'air	41
(fig.III.2)	Refroidissement turbine	42
(fig.III.3)	Circuit de prélèvement d'air	43

Chapitre : 04

(fig.IV.01)	Control endoscopique	45
(fig.IV.02)	Principe de l'endoscope	46
(fig.IV.03)	Examen endoscopique du compresseur centrifuge	47
(fig.IV.4A)	Examen de chambre de combustion	48
(fig.IV.4B)	Examen de chambre de combustion	49
(fig.IV.5A)	Examen de chambre de combustion	49
(fig.IV.5B)	Examen de chambre de combustion	50
(fig.IV.06)	Examen endoscopique de la turbine HP	52
(fig.IV.07)	Définition des zones de détérioration maximum admissible turbine HP	52
(fig.IV.08A)	Exemples d'anomalies sur les pales de turbine HP	53
(fig.IV.08B)	Exemples d'anomalies sur les pales de turbine HP	54

Liste des tableaux

Chapitre : 01

Tableau (I.1)	Caractéristiques principales	05
Tableau (I.2)	Caractéristiques principales de l'Ecureuil	08
Tableau (I.3)	Caractéristiques principales du rotor principal	08
Tableau (I.4)	Caractéristiques principales du rotor anti-couple	09

Chapitre : 04

Tableau (IV.1)	Examen de la chambre de combustion	48
----------------	------------------------------------	----

Introduction

Pour des adaptations à faible vitesse de vol, la motorisation d'un avion avec des turbo-moteurs est beaucoup plus intéressante.

La différence avec les turbo-réacteur réside dans le fait que ce type de moteur ne travaille pas en compression, le récepteur fournit une puissance et non une poussée, et par rapport au turbo-réacteur il a beaucoup d'intérêt comme : l'endurance et le coût d'utilisation le plus faible.

Il y a plusieurs types de turbo-moteur l'ARRIUS1 et parmi les turbo-moteurs à turbine libre dont la turbine de travail est mécaniquement indépendante du générateur de gaz et n'entraîne que le rotor principal et l'antie couple à travers le réducteur. Le générateur fonctionne comme un turbo-réacteur indépendant et par conséquent, le régime de rotation indépendant du régime du générateur.

Nous présentons dans notre travail une étude descriptive du moteur ARRIUS1 monté sur l'hélicoptère Ecureuil bi-moteur AS 355 ou Fennec bi-moteur AS 555.

Pour parvenir à cet objectif, nous avons subdivisé notre travail en quatre chapitres :

- ✚ Généralité sur le moteur ARRIUS1 et l'appareil Ecureuil.
- ✚ Description générale du moteur ARRIUS1.
- ✚ Différents circuits du moteur ARRIUS1.
- ✚ Inspection des parties chaudes.



1)- Généralité :

Le turbomoteur utilise un élément propulsif rotor principal entraînée par l'énergie récupérée sur une turbine de travail dans notre cas la turbine libre.

La différence avec le réacteur réside dans le fait que ce type de moteur ne travail pas en compression, le rotor principal fournit une puissance et non une poussée.

L'entraînement du rotor principal sur le turbomoteur s'effectue par l'intermédiaire d'un générateur de gaz.

Le principe général est le même que celui du turboréacteur. Dans un turboréacteur, l'énergie disponible à la sortie de la turbine sert à accélérer les gaz par détente dans la turbine. Dans Le turbomoteur, l'énergie des gaz de combustion est récupérée au maximum par une turbine sous forme d'énergie mécanique pour entrainer le rotor principal.

1.1. Conception et développement:

Le turbomoteur est conçu pour répondre aux exigences de propulsion des aéronefs, et notamment des hélicoptères de nouvelle generation.

La conception de moteur est fondée sur un cycle thermodynamique optimisée permettant d'obtenir des performances élevées, et sur des composants simples et faibles offrant une bonne aptitude au soutien ainsi qu'une bonne maintenabilité afin de réduire les coûts d'exploitation.

Le turbomoteur ARRIUS 1 est la synthèse d'une évolution fondée sur les recherches et l'expérience des modèles précédents:

- ✚ Moteurs de première génération : ASTAZOU, ARTOUSTE, et TURMO
- ✚ Moteurs de deuxième génération : ARRIEL, MAKILA
- ✚ Moteurs de nouvelle génération: TM333, MTR390 et RTM322.

2)- Caractéristiques principales :

Le générateur de gaz évoluant à des vitesses de rotations élevées, jusqu'à 54117 tr/mn (100%) et le rotor principal étant limitée à 6016 tr/mn, il est donc nécessaire de disposer entre le rotor principal et le générateur de gaz un réducteur (réducteur de régime et augmentation du couple). La transmission de la puissance mécanique fournie par le moteur est utilisée pour entraîner les rotors de l'hélicoptère de façon que le rotor principal absorbe 82% et le rotor anti-couple absorbe 10%. « **Voir (fig- 1)** »

Le turbomoteur ARRIUS 1 de TURBOMECA (group SNECMA) est composé de :

- ✚ Générateur de gaz :
 - Entrée d'air.
 - Compresseur centrifuge.
 - Chambre de combustion.



- Turbine.

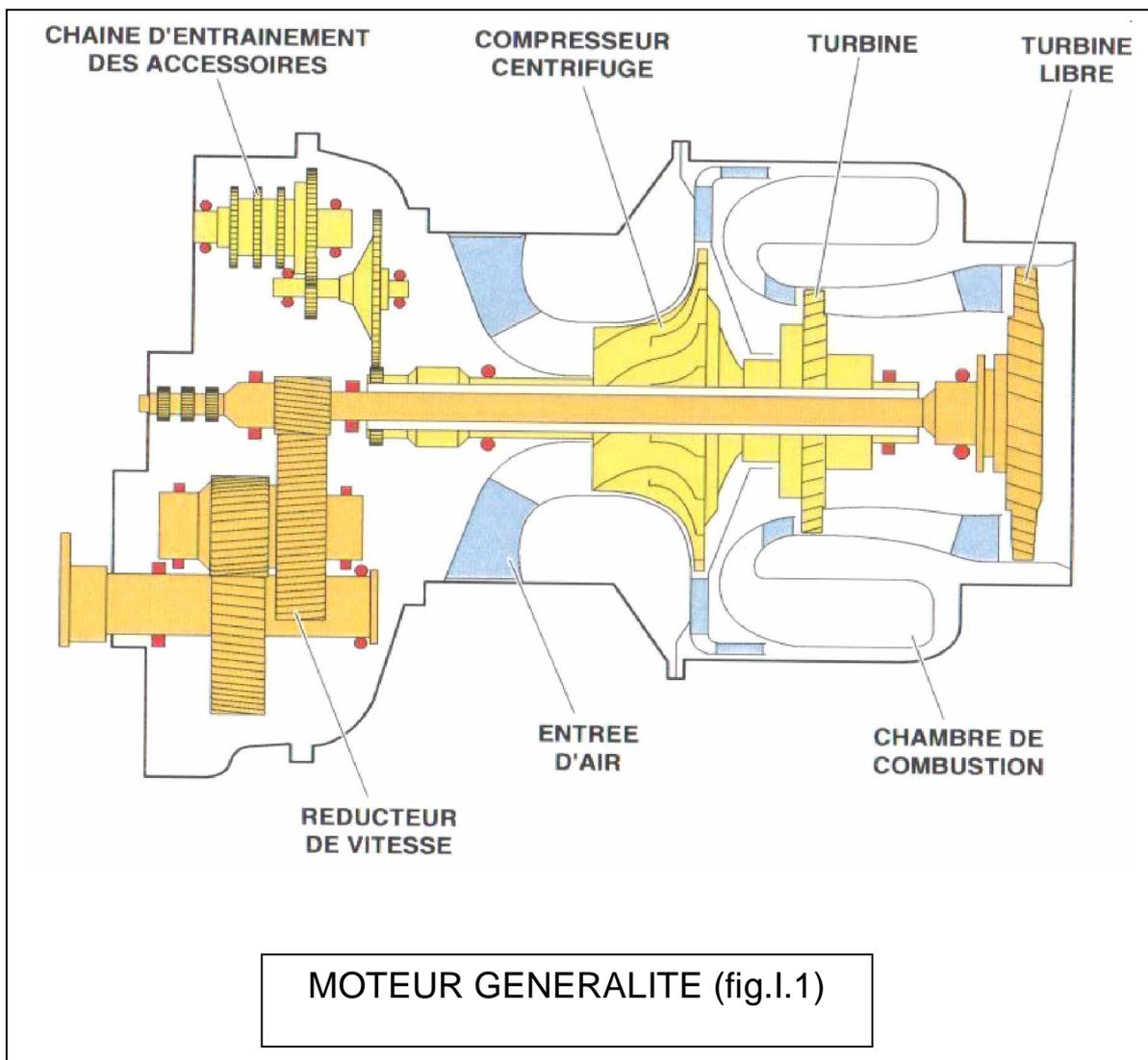
✚ Turbine libre.

✚ Réducteur : - Réducteur de vitesse.
- Entraînement des accessoires.

Le moteur est agencé en 2 modules :

Module 01 : Réducteur de vitesse et chaîne d'entraînement des accessoires.

Module 02 : Générateur de gaz et la turbine libre.





1)- Masse et dimensions :

a) Masses :

Moteur avec équipement spécifique et calculateur : 111.5kg.

Calculateur : 4.7kg.

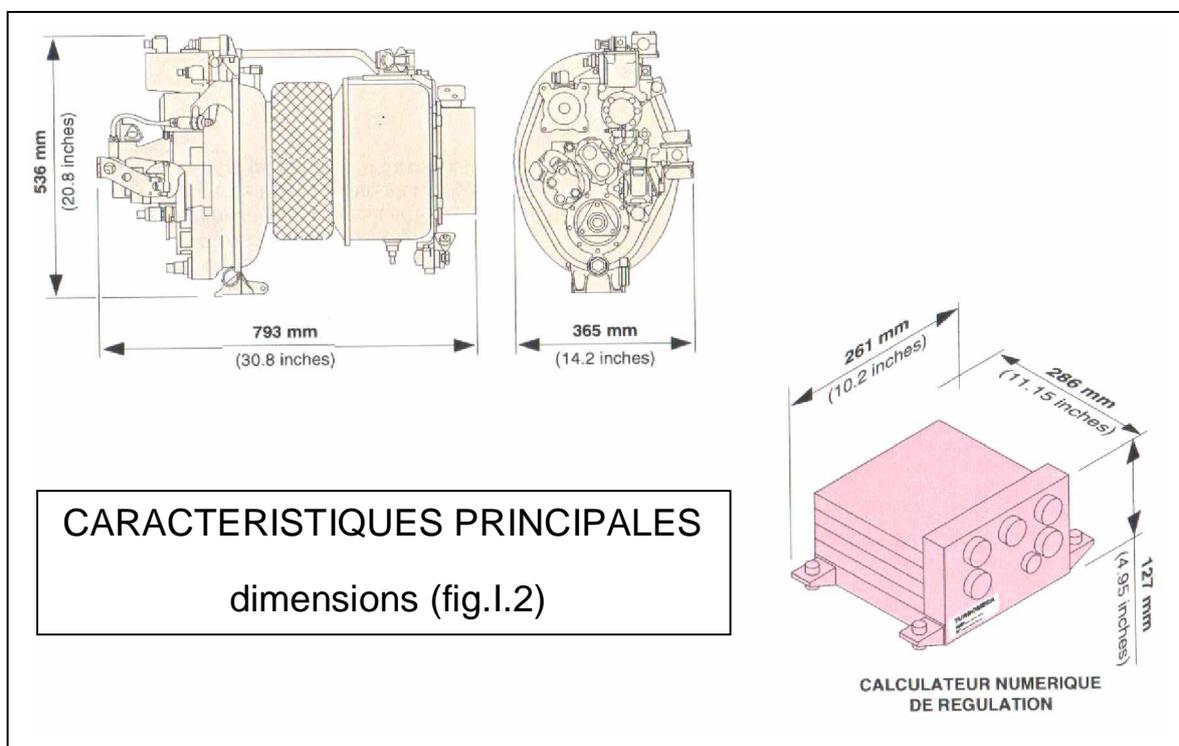
b) Dimensions :

Moteur avec équipement spécifique :

- Longueur : 793 mm (30.8 inches).
- Largeur : 365 mm (14.2 inches).
- Hauteur : 536 mm (20.8 inches).

Calculateur :

- Longueur : 286 mm (11.5 inches).
- Largeur : 261 mm (10.2 inches).
- Hauteur : 127 mm (4.95 inches).





2) – Caracteristiques:

Type de moteur:	Turbine libre avec réducteur intégré et prise de puissance à l'avant.
Type de la chambre de combustion:	Annulaire à écoulement inversé.
Taux de compression:	8.5.
Puissance :	350kw (470 shp).
Conception:	Modulaire.
Consommation spécifique au régime de croisière:	390g/k.w.h.

Tableau: (1)

3) - Designation:

✚ Vitesse de générateur de gaz (N1): 5417 tr/mn (100%)

Sens de rotation: SIH

✚ Vitesse de la turbine libre: 45438 tr/mn (100%)

Sens de rotation: SH

✚ Vitesse arbre de sortie : 6016 tr/mn (100% N2)

Sens de rotation: SH

L'ARRIUS1 est conçu pour offrir un taux de disponibilité élevé et un coût de maintenance réduit et pour les utilisations suivantes :

✚ Ecureuil bi-moteur AS350: ARRIUS1 A-E.

✚ Ecureuil bi-moteur AS555: ARRIUS1M.

3) - Généralité sur l'hélicoptère Ecureuil bi-moteur AS 350:

Etudier en vue d'abaisser les coûts d'opération et d'entretien, de réduire les niveaux de bruit et de vibrations grâce au nouveau rotor Starflex, le prototype AS 350 N°001 Ecureuil, propulsé par une turbine Avco Lycoming LTS101 de 592ch, a accompli son premier vol le 26 juin 1974.

L'appareil N°002 a reçu une turbine Turbomeca Arriel de 641 ch, cette dernière équipant la première version de série AS350B Astart, avec turbine Lycoming, pour le marché américain.

En 1979, la firme brésilienne Helibras a commencé à assembler sous licence le AS 350B baptisé Esquilo.



C'est au cours des années 82 et 83 que les DAUPHIN viennent renforcer le parc aérien et arment les bases maritimes pour les opérations en mer. C'est le premier appareil bi-turbines doté d'une capacité de vol aux instruments (IFR monopilote).

En 1984, est apparue la version militaire AS 350L pouvant recevoir différents armements.

Le montage d'une turbine Arriel 1D de 684 ch a donné lieu au AS 350 L1, puis l'Arriel 1D1 de 724ch a équipé le AS 350 B2 et sa version militaire AS 350 L2.

Suivent en 1986 les ECUREUIL AS 350 B1 spécialisés dans la lutte contre les feux de forêts. C'est la naissance des HBE (Hélicoptères Bombardiers d'Eau). En 1986, l'organisation du Groupement Aérien est modifiée par la création d'une base d'avions et d'un Groupement d'Hélicoptères de la Sécurité Civile



ECUREUIL AS 350 B 1(fig.I.3)

Des ECUREUIL AS 350 B2 sont réceptionnés en 1990 pour renforcer la flotte des HBE. En 1991, les aéronefs de la Sécurité Civile, Base Avions et le nouveau Groupement d'Hélicoptères sont regroupés au sein du Groupement de Moyens Aériens de la Sécurité Civile (GMA).

A compter du 1^{er} janvier 1990, le nouveau système de désignations a entraîné l'apparition des AS 550 U2 :(ex -AS 350L2) , AS 350A2 (armé), AS 550 C2 (lutte anti-chars), AS 550 M2 (version naval non armé) et AS 550 S2 (version anaval armé).



ECUREUIL AS 350 B 2 (fig.I.4)



La firme Eurocopter, constituée en janvier 1992 par l'Aérospatial et la société allemande MBB (Dasa), assure toujours la production de l'Ecureuil dans ses variantes AS 350BA, AS 350BB (Squirrel HT .MK1 et HT .MK2 pour la grande Bretagne), AS 350B3, AS 350U3, AS 550A3 et AS 350C3, le nom de Fennec ayant été donné aux versions militaires.

Lors de sa délocalisation sur Nîmes Garons en 1997, le Groupement d'Hélicoptères restructure son échelon central et ses ateliers. Il est en outre créé un centre d'instruction dans la perspective du renouvellement de sa flotte. Au 1^{er} janvier 1997, 2019 AS350 avaient été livrés à 62 pays

En fin d'année 1999, une expérimentation est menée sur l'utilisation de jumelles de vision nocturne dans le cadre d'emploi des hélicoptères du Groupement. La formation des équipages débute dès l'année 2000 sur Ecureuil kité JVN. Elle est dispensée par des formateurs JVN du Groupement sur la base ALAT du Luc-en-provence.

En mai 2001 c'est l'arrivée des 2 premiers EC 145 (BK 117 C 2) à l'Echelon Central du Groupement d'Hélicoptères (Nîmes). Ils sont destinés à la formation du personnel en vue du renouvellement complet de la flotte d'ici 2005.

Sur ces 2 appareils, 540 heures de vol ont été effectuées en 2001 au profit du Centre d'instruction

« **Voir (fig- 5)** ».



EC 145 (BK 117 C 2) (fig.I.5)

Le 24 avril 2002, avec la livraison du premier EC 145 au standard opérationnel, le Groupement d'Hélicoptères se dote d'un outil performant et de toute nouvelle génération.

Cet appareil entrera en service dans les bases à raison de 10 appareils au cours des années 2002 et 2003 puis 7 à 5 appareils au cours des années 2004 et 2005.

On trouve aujourd'hui des militaires en Albanie, en Argentine, en Australie, au Bénin, au Botswana, au Brésil (types locaux CH-50? HA-1 et Uh-12), au Burkina Faso, en République Centrafricaine, en Chine populaire, aux Comores, au Danemark, en Equateur, en France, au Gabon, en Guinée, en Islande, au Malawi, au Mali, au Mexique, au Paraguay, au Pérou, à Singapour, en Espagne, en Tunisie et au Emirat arabes (Abu Dhabi).



1) – Caracteristiques principes:

1-1) - Générale:

Longueur de l'hélicoptère :	12.99 m
Masse à vide :	1065 kg
Masse maximum :	1950 kg
Masse de réservoir de carburant :	475 litres
Vitesse de croisière maximum :	232 km/h
Autonomie maximum :	700 km
Surface de l'empennage :	1.522 m ²
Construction de l'empennage :	Alliage en aluminium
Type d'atterrisseur principal :	rigid
Passagers :	6

Tableau: (2)

1-2) - Rotor principe:

Construction du pale :	Matériaux composites
Masse :	33.9 kg
Longueur :	4679 mm
Nombre de pales par appareil :	3
Diamètre :	10.69 m

Tableau: (3)



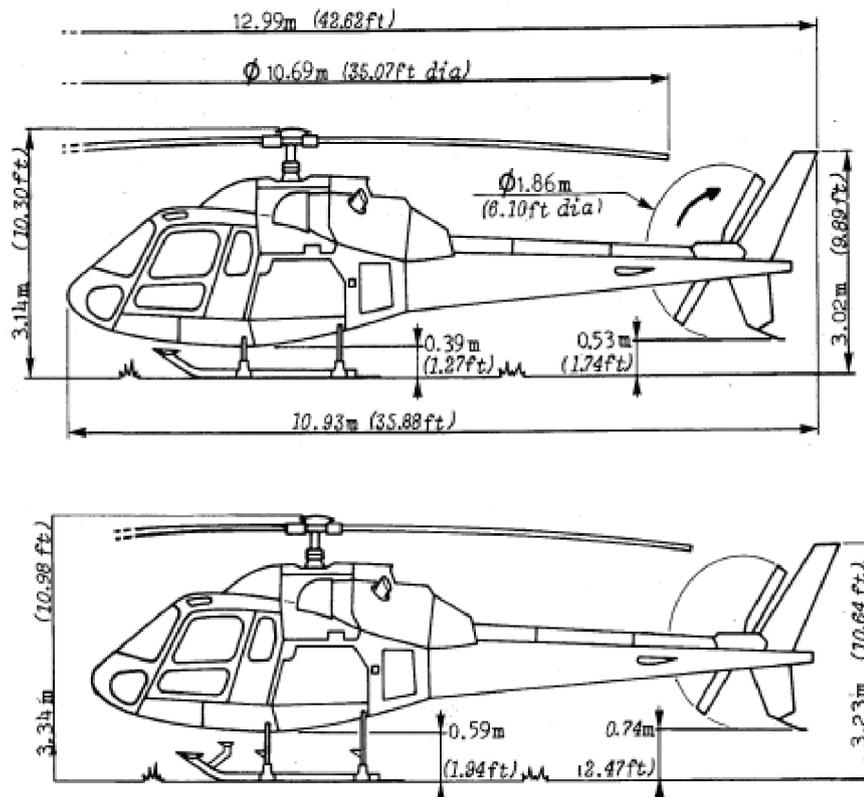
1-3) - Rotor anti-couple:

Diametre :	18.60m
Position de l'axe de pas :	37 mm du bord d'attaque
Construction du pale :	Materiaux composites
Nombre de pales par rotor :	2

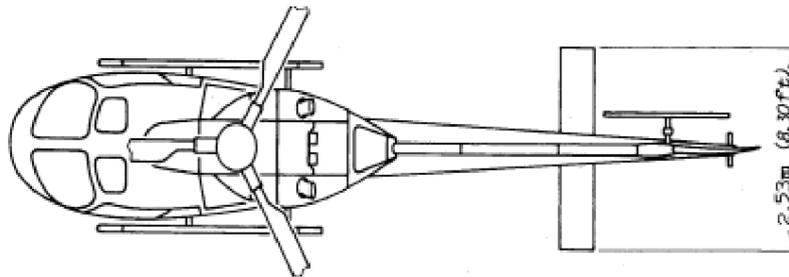
Tableau: (4)

1-4) – Dimension:

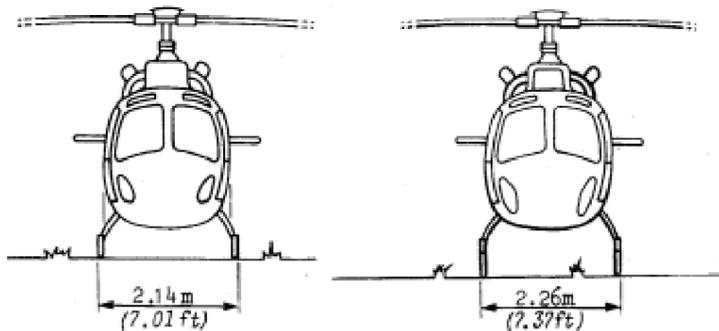
Les cotes indiquées (Fig- 6A), (Fig- 6B) et (Fig- 6C) sont exprimées en mètres et (feet). Elles sont valables pour un appareil sous charge moyenne de 1000 kg.



VU DE GAUCHE (fig.I.6A)



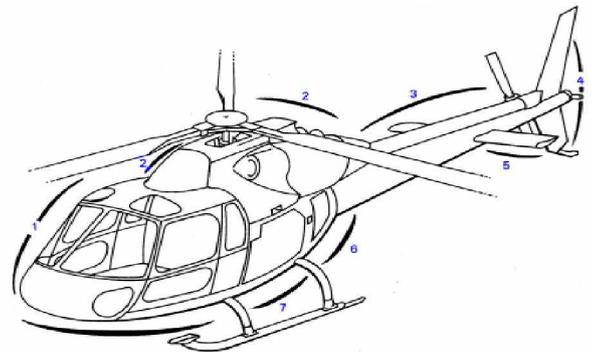
VU DE HAUT (fig.I.6B)



VU DE FACE (fig.I.6C)

1-5)- Découpage par zones : « Voir (fig- 7) ».

- (1) Habitacle, verrière.
- (2) Entrée d'air, capot .
- (3) Poutre de queue .
- (4) Empennage vertical.
- (5) Plan fixe.
- (6) Structure centrale partie arrière, (où structure arrière).



(fig.I.7)



1)- Introduction :

Les moteurs utilisés en aéronautique transforment l'énergie potentielle contenue dans un comburant et un carburant soit en énergie cinétique, soit en énergie mécanique. Dans notre cas le turbomoteur ARRIUS1 est un propulseur à réaction indirecte qui fournit de l'énergie mécanique « puissance » à partir de leurs différents éléments.

2)- Entrée d'air :

2-1)- Définition et fonctionnement :

La géométrie de la manche d'entrée d'air est définie par les constructeurs de façon à raccorder l'écoulement d'air extérieur à l'écoulement d'entrée du compresseur avec le maximum d'efficacité. Elle est étudiée pour présenter le minimum de résistance à l'avancement et pour que l'écoulement de l'air soit régulier dans le plus large domaine de vol possible, de plus l'entrée air est de type annulaire.

Sa forme divergente permet d'obtenir une compression préalable lorsque la vitesse de vol est suffisante, le débit d'air maximum est de 1,6 Kg/s.

L'entrée d'air a pour fonction de capter l'air ambiant à travers la conduit d'entrée d'air et le dirige vers le compresseur centrifuge. Elle est composée principalement des éléments suivant :

- ✚ Grille d'entrée d'air.
- ✚ Carter d'entrée d'air.
- ✚ Dispositif de lavage compresseur.

2-2)- Description : « voir (fig-1) »

a)- Conduit d'entrée d'air :

Il supporte les éléments de protection et de filtration.

b)- Plénum :

Il assure une alimentation d'air équilibrée.

c)- Carter d'entrée d'air :

Carter en alliage d'aluminium, de type annulaire a section de passage constante. Il est monté par des couronnes de vis à l'avant sur le carter arrière réducteur, et à l'arrière sur le carter intermédiaire et le couvercle avant du compresseur centrifuge. Le moyeu interne du carter d'entrée d'air supporté par quatre bras, loge les paliers avant du générateur de gaz.

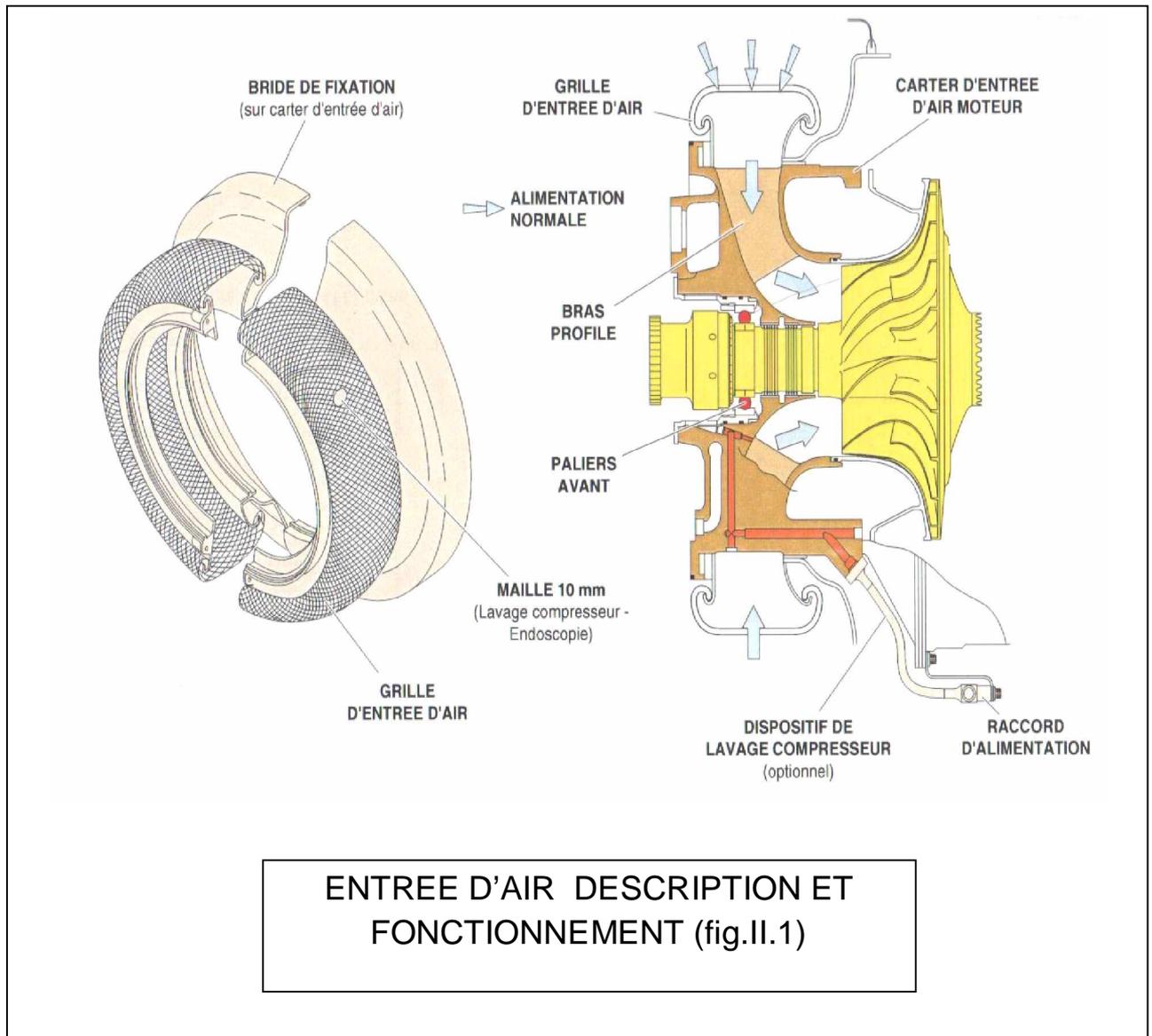
d)- Grille d'entrée d'air :

Elle est constituée de 2 demi-grilles. L'une des demi-grilles comporte un passage pour le control endoscopique. La grille se fixe autour du carter d'entrée d'air.



e)- Dispositif de lavage compresseur :

Un raccord d'alimentation, une conduite interne et un gicleur de pulvérisation du produit de lavage.



3)- compresseur :

3-1)- Définition et fonctionnement :

Le compresseur a pour but d'amener l'air à la chambre de combustion de façon à réaliser un mélange air/carburant. Les conditions d'inflammation de ce mélange dans la chambre imposent des conditions de vitesse, de pression et de température qui sont assurées par le compresseur.

Le rendement d'un turbomoteur exige l'utilisation d'un compresseur :

- ✚ à fort débit d'air.
- ✚ à rendement satisfaisant.



Le compresseur est constitué d'une partie mobile appelée rotor et d'une partie fixe appelée stator. Le rotor fournit de l'énergie de pression. Le stator transforme l'énergie cinétique fournie par le rotor en énergie de pression.

Le compresseur centrifuge fut le premier type de compresseur dans les turbomoteurs pour sa facilité de mise au point, sa robustesse, son rendement intéressant et sa réalisation simple.

Il est de type centrifuge, mono étage, composé d'une partie mobile appelée rouet (roue centrifuge) et d'une partie fixe qui contient le diffuseur, couvercle avant et carter intermédiaire.

Le compresseur centrifuge du turbomoteur ARRIUS 1 caractérisée par les performances suivantes :

- ✚ Débit d'air : 1.6 kg/s.
- ✚ Taux de compression globale = 8.5.
- ✚ Rendement = 0.825.
- ✚ Température de sortie = 320 c°.
- ✚ Vitesse de rotation = 54117 tr/mn.

3-2)- Description : « voir (fig- 2) »

✚ Élément rotatif :

L'élément principal est la roue de compresseur centrifuge. Elle est constituée de pales sont à profil évolutif. Elle est connectée à la turbine par un accouplement de type curvic-coupling.

✚ Éléments statiques :

a)- Le couvercle avant du compresseur :

Assure le logement de la roue centrifuge et comporte un revêtement qui permet de réduire les jeux entre les pales et le carter. Le couvercle s'emboîte dans le carter d'entrée d'air il est fixé sur le carter intermédiaire par une couronne de vis.

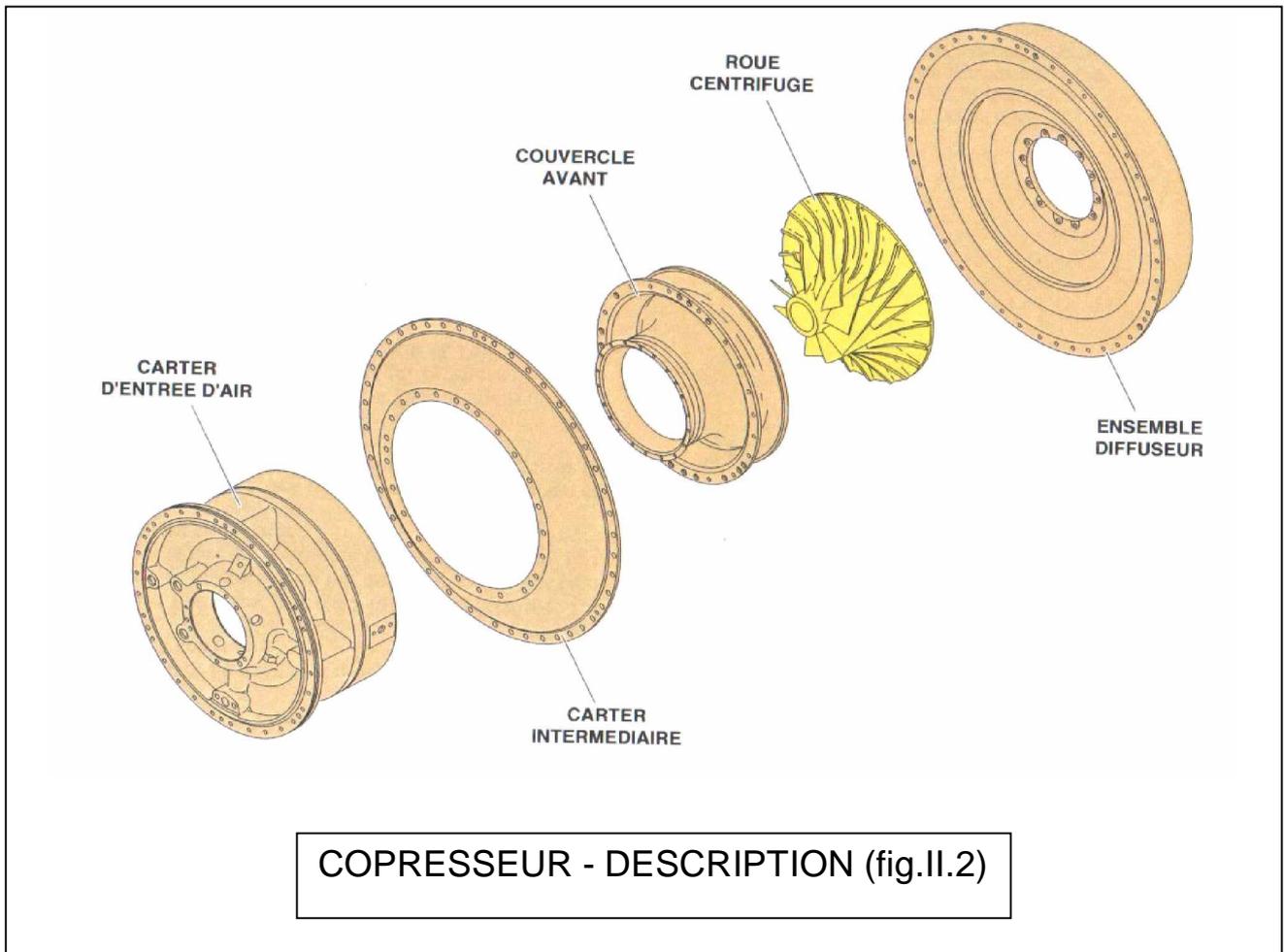
b)- l'ensemble diffuseur :

Comprend un étage constitué d'aubes radiales et un étage constitué d'aubes axiales.

Le couvercle arrière de l'ensemble diffuseur sépare le compresseur de la chambre de combustion. L'ensemble diffuseur est fixé sur le carter intermédiaire par une couronne de vis.

c)- le carter intermédiaire :

Assure la liaison entre le carter d'entrée d'air et le carter externe.



4)- Chambre de combustion :

4-1)- Définition et fonctionnement :

La chambre de combustion assure la combustion d'un mélange air/carburant afin de communiquer au fluide une énergie calorifique. L'énergie ainsi fournie sera ensuite utilisée par la turbine.

Le combustible, pulvérisé puis vaporisé s'y mélange avec l'air venant du compresseur. Ce mélange brûle, et les gaz qui résultent se dilatent. Ils sont ensuite dirigés vers la turbine.

Les conditions dans lesquelles cette combustion s'effectue (vitesses, températures et pressions élevées) et hautes performances demandées aux chambres de combustion posent des problèmes complexes de réalisation.

En ce qui concerne la puissance calorifique, par exemple, le débit de combustible est que, compte tenu des dimensions imposées à la chambre de combustion, c'est l'équivalent



de 100 000 à 200 000 KW qui est libéré par mètre cube, c'est-à-dire plusieurs centaines de fois ce qui est demandé à une chaudière à charbon.

D'autre part, le rôle de la chambre à combustion ne se limite pas à permettre le dégagement d'une grande quantité de chaleur ; il faut encore que les gaz, lorsqu'ils parviennent au niveau de la turbine, soient à une température limitée supérieurement par des considérations de résistance des matériaux. Or, la température de la flamme est de l'ordre de 2 000°C et la turbine ne supporte que des températures de l'ordre de 1 200 - 1 300°C, une partie de la chambre sert donc uniquement à diluer les gaz de combustion dans de l'air frais pour en abaisser la température.

La chambre de combustion du turbomoteur ARRIUS 1 est de type annulaire à écoulement inversé elle est caractérisée par :

- ✚ Rapport total air-carburant : 1/45.
- ✚ Rendement de combustion : 0.99.
- ✚ Température d'entrée turbine: 1000c°.

Composée de :

- ✚ Tube à flamme.
- ✚ Coudes interne et externe.
- ✚ Carter externe.
- ✚ Bouclier thermique.

4-2)- Description : « voir (fig- 3) »

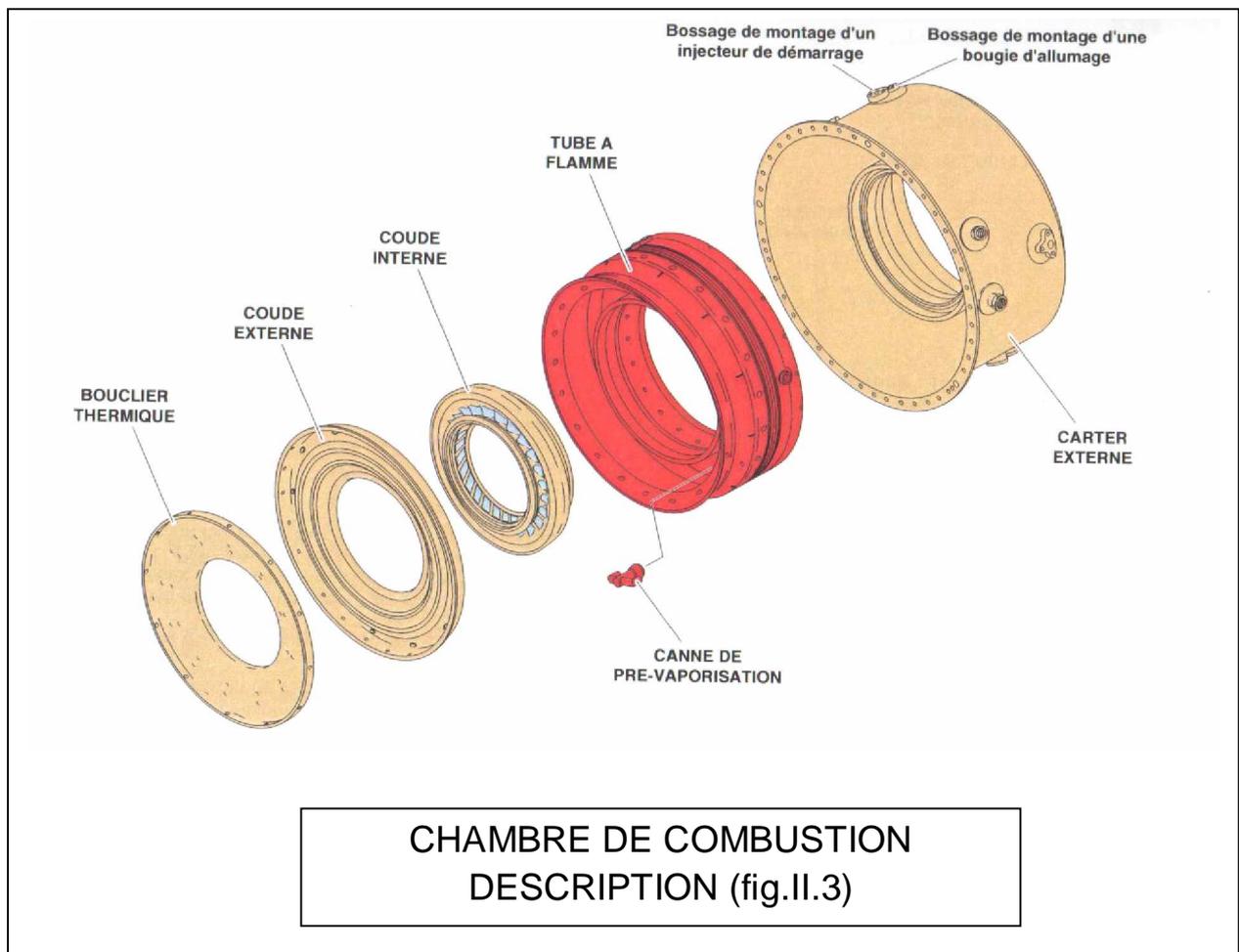
- ✚ **Carter externe** : Le carter contient la chambre de combustion. il comporte les bossages de montage des injecteurs principaux, des injecteurs de démarrage , des bougies d'allumage , des prises de prélèvement d'air et du clapet de purge chambre de combustion. Il est fixé à l'avant sur l'ensemble diffuseur et le carter intermédiaire par une couronne de vis et d'écrous.
- ✚ **Tube à flamme** : Le tube à flamme est en alliage spécial. Il forme la zone de combustion du mélange air-carburant. Il comporte de nombreux orifices calibrés pour le passage de l'air. Le tube s'emboîte par contacts glissants dans les coudes interne et externe de la chambre. Le tube est maintenu et centré par les fourreaux des bougies d'allumage et deux axes de centrage.
- ✚ **Coude externe** : Dirige les gaz brûlés vers le distributeur de la turbine. Il est fixé sur le plateau porte diffuseur du compresseur et sur le distributeur de turbine générateur de gaz.



- ✚ **Coude interne** : Montée sur le distributeur de la turbine de générateur de gaz.
- ✚ **Boîtier thermique** : Il isole et protège le couvercle arrière de l'ensemble.
- ✚ **System d'injection de carburant** : L'injection du carburant de démarrage est assurée par 2 injecteurs simples situés de part et d'autre du carter chambre de combustion, à proximité des bougies d'allumage.

L'injection principale de carburant est assurée par 10 injecteurs à pré-vaporisation dont un injecteur privilégié, tous situés sur la face arrière du carter chambre de combustion.

Les injecteurs s'engagent dans des canes de pré-vaporisation soudée à la part arrière du tub à flamme.



5)- Turbine à gaz :

5-1)- Définition et fonctionnement :

La turbine utilise une partie de l'énergie des gaz de combustion pour entraîner le compresseur et les accessoires.



La turbine utilise la détente des gaz de combustion dans une partie fixe stator et dans une partie mobile rotor pour obtenir l'énergie mécanique d'entraînement nécessaires.

La turbine à gaz est de type axial, mono étage, pales rapportées non refroidies.

Caractérisée par :

- ✚ Température d'entrée turbine 1000c°.
- ✚ Température sortie turbine 800c°.
- ✚ Rendement 0.845.
- ✚ Vitesse de rotation N1 : 54117 tr/mn.
- ✚ Sens de rotation: SIH.

Composée de :

- ✚ Éléments rotatifs (roue – arbre - palier).
- ✚ Éléments statiques (distributeur - diffuseur intermédiaire – blindage - carter).

5-2) – Description : « Voir (fig- 4) »

✚ Éléments rotatifs :

L'élément principal est la roue de turbine. **La roue** comprend des pales mono cristallines montée au pied de sapin sur un disque.

À l'avant la roue est liée à **l'arbre** du compresseur par un accouplement de type curvic-coupling.

La partie arrière du générateur de gaz est soutenue par un **palier** à rouleaux.

Des labyrinthes tournants assurent l'étanchéité du palier.

Un écrou arrière assure la fixation de la roue de turbine sur l'arbre du générateur de gaz.

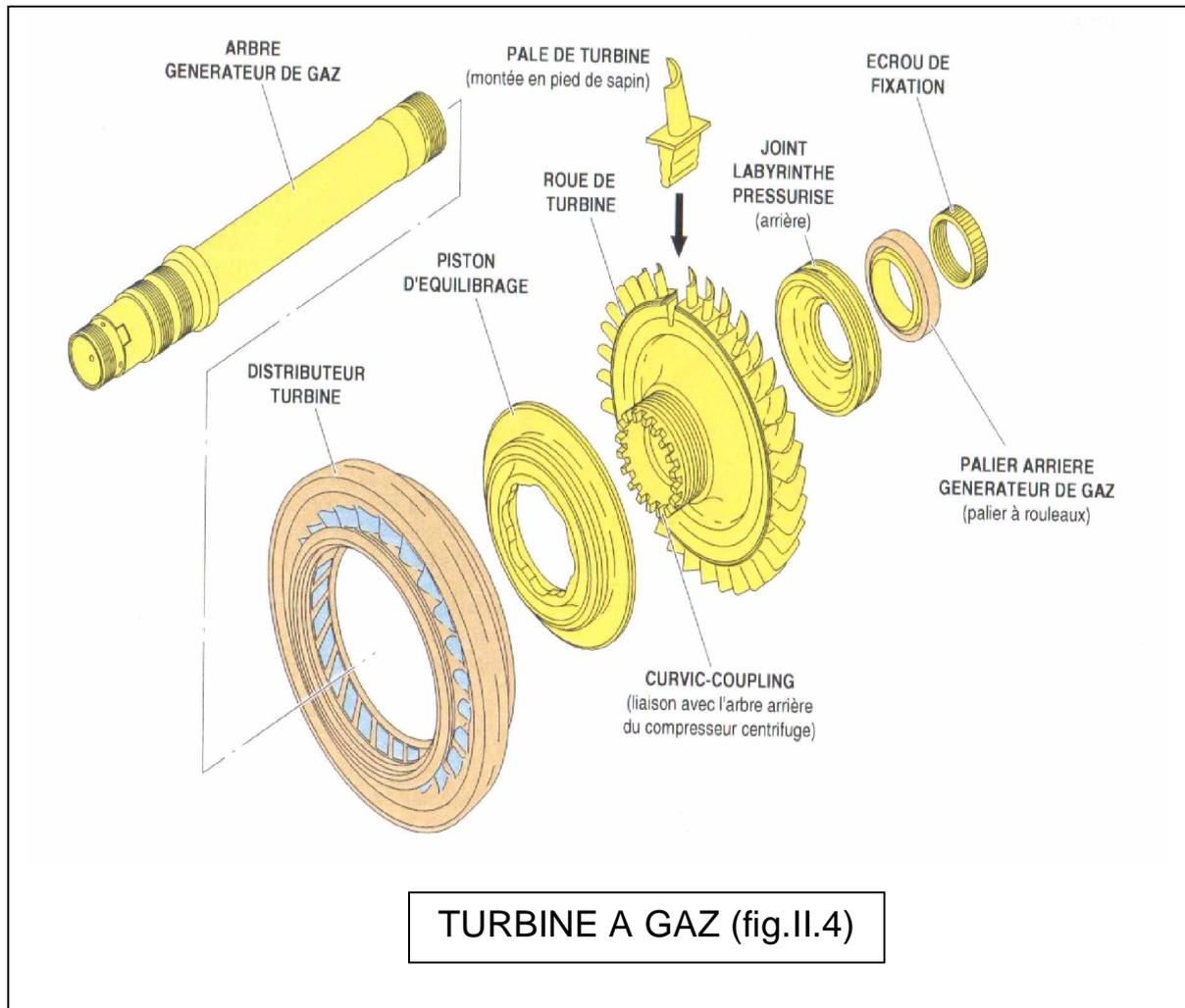
✚ Éléments statiques :

a) Le distributeur de turbine : Est constituée d'une rangé d'aubes creuses dans les quelles circule l'air de refroidissement. Il est monté d'une part sur la partie intérieure de la chambre de combustion et d'autre part sur l'anneau de blindage de turbine.

b) L'anneau de blindage : Est située autour de la roue de turbine pour assurer sa rétention en cas d'éclatement.



c) **Le diffuseur intermédiaire** : Assure l'écoulement des gaz entre le générateur de gaz et la turbine libre. Son moyeu interne constitue le longuement du palier. Le diffuseur comporte également des bras profilés permettant le passage des tuyauteries de lubrification des paliers arrière.



6)- Turbine libre :

6-1)- Définition et fonctionnement :

La turbine de travail et mécaniquement indépendante du générateur de gaz et n'entraîne que le rotor principal et le rotor anti-couple à travers le réducteur. Le générateur fonctionne comme un turboréacteur indépendant et par conséquent, le régime de rotation du rotor principal et le rotor anti-couple sont libres et indépendants du générateur.

La turbine libre est type axial, mono-étage, roue monobloc fixée sur l'arbre turbine libre,



caractérisée par :

- ✚ Taux de détente =2,3.
- ✚ Rendement : 0,85.
- ✚ Vitesse de rotation N2 :45438tr/mn (100%).
- ✚ Sens de rotation : sens horaire (SH).

Composée de :

- ✚ Eléments rotatifs (roue, arbre, palier).
- ✚ Eléments statiques (distributeur, blindage carter, moyeu interne, cage de palier).
- ✚ Plaque d'identification du module M02.

6-2)- Description : « Voir (fig- 5) »

L'ensemble turbine libre appartient au module M02. Il comporte des éléments rotatifs et des éléments statiques.

✚ **Eléments rotatifs :**

L'élément principal est **la roue** de turbine. C'est une roue monobloc fixée sur l'arbre de turbine libre.

L'arbre de turbine libre est soutenu à l'arrière par un roulement à billes (**palier** à film d'huile) logé dans le moyeu interne du diffuseur intermédiaire. Des labyrinthes tournants assurent l'étanchéité du palier.

L'arbre est logé dans l'arbre creux du générateur de gaz. Il comporte à l'avant des cannelures pour le montage du pignon menant du réducteur de vitesse.

✚ **Eléments statiques :**

Les éléments statiques sont le distributeur, le blindage et le carter.

Le distributeur forme un ensemble monobloc d'aubes pleines prises entre un anneau intérieur et un anneau extérieur.

Le blindage est emmanché sur l'anneau extérieur du distributeur turbine libre. Il assure la rétention de la roue de turbine en cas d'éclatement.

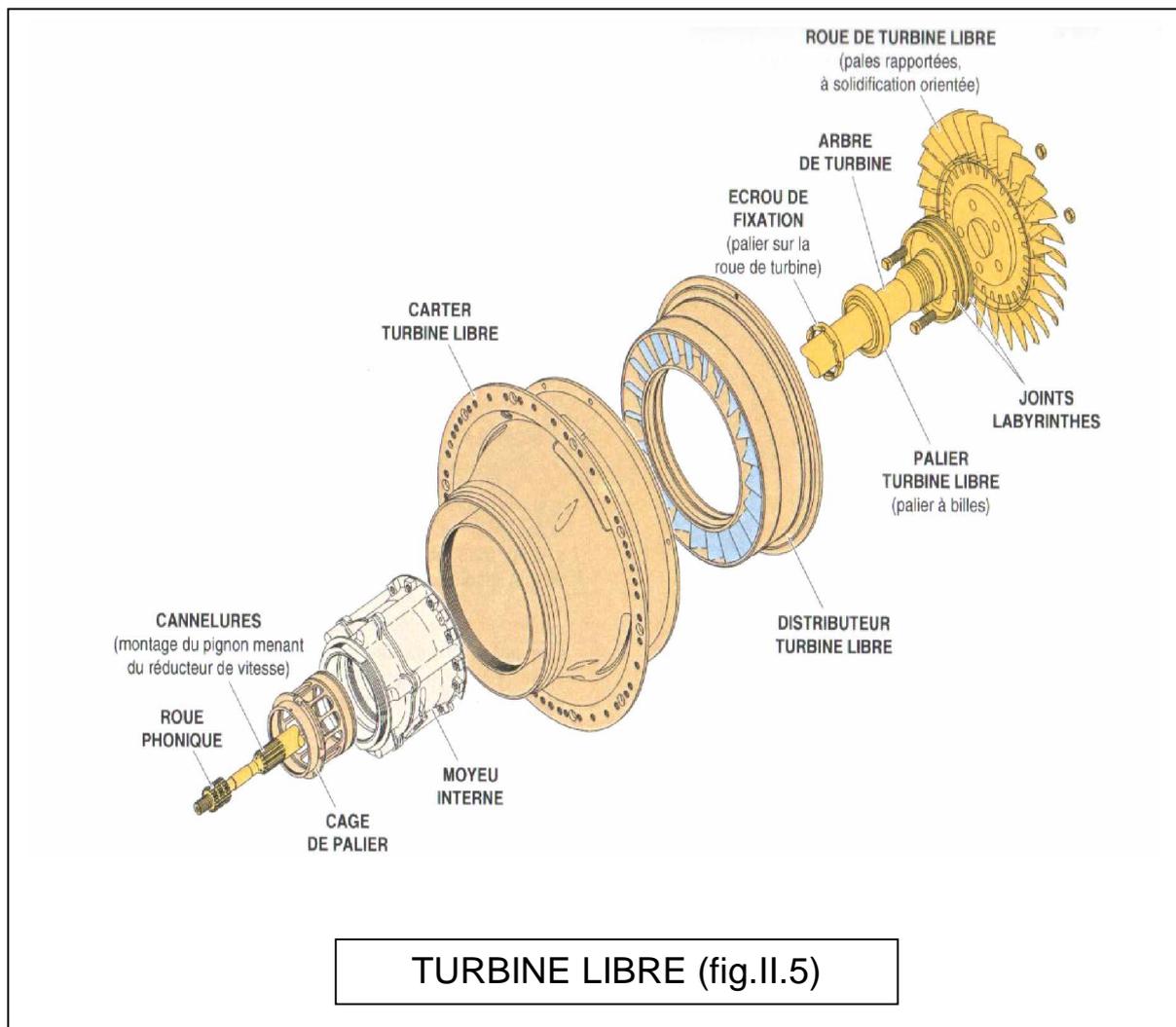
Le carter turbine libre est fixé par une couronne d'écrous, sur le carter externe du générateur de gaz. Il est composé d'une enveloppe extérieure et d'une enveloppe intérieure



reliée par quatre bras creux. Les bras permettent le passage des tubes d'huile pour la lubrification du palier de la turbine libre et de la turbine générateur de gaz.

Le moyeu interne supporte la cage de palier. Les tubes de lubrification se fixent sur le moyeu interne. Le moyeu interne est fixé à l'arrière du carter turbine.

La cage de palier supporte le palier à billes de la turbine libre et le palier à rouleaux de la turbine du générateur de gaz.



7)- Système d'échappement :

7-1)- Définition et fonctionnement :

Le système d'échappement poursuit la phase de détente et évacue les gaz à l'extérieur. Il assure également la rétention axiale de la roue de turbine libre.

Il est de type axial, tuyère avec déviateur, Élément non modulaire remplaçable.



Composé de :

- ✚ La tuyère.
- ✚ Le déviateur.
- ✚ Le collier de fixation.
- ✚ Le bouclier thermique.
- ✚ La tuyauterie de mise à l'air libre du circuit d'huile.

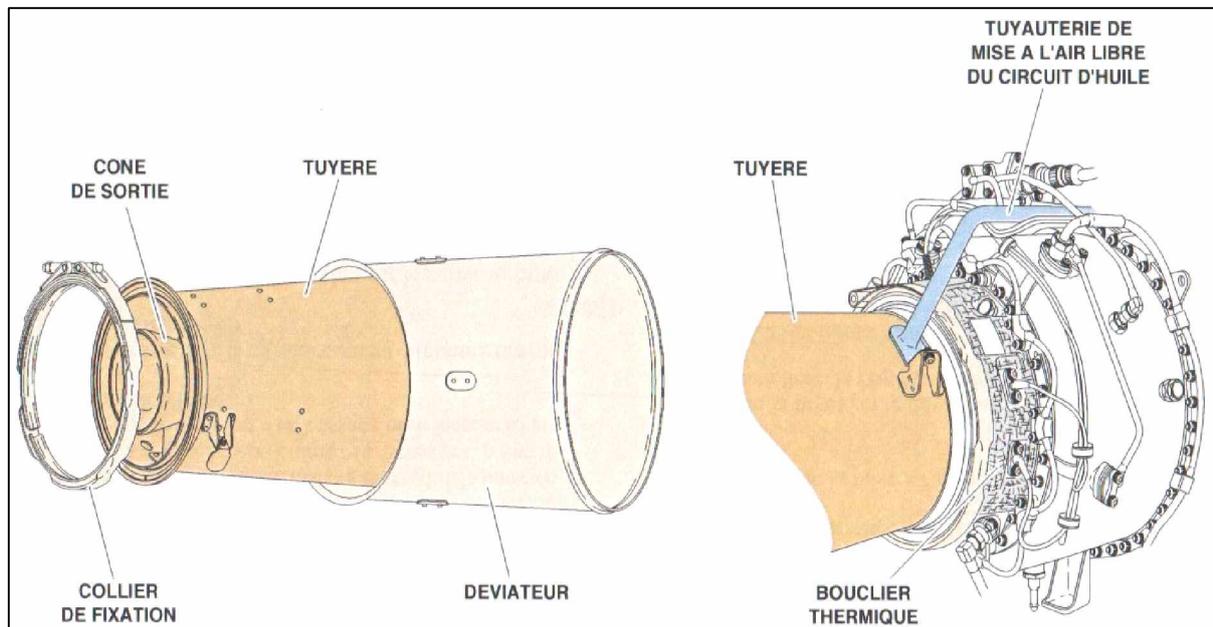
7-2)- Description : « Voir (fig- 6) »

Les principaux éléments du système d'échappement sont les suivants :

La tuyère est ensemble chaudronné, avec un cône de sortie qui améliore l'écoulement des gaz et réduit la poussée résiduelle. La tuyère est munie de bossage pour la mise à l'air libre du circuit d'huile

Le déviateur améliore le refroidissement du compartiment moteur par effet venturi

Le collier de fixation fixe la tuyère sur le carter turbine libre.



SYSTEM D'ECHAPPEMENT (fig.II.6)



8)- Réducteur : « Voir (fig- 7) »

8-1)- Définition et fonctionnement :

Les régimes de rotation important de la turbine de travail nécessitent l'utilisation d'un réducteur intercalé entre le rotor principal et la turbine.

Les régimes obtenus sont compatibles avec les limitations de rotor principal et le rendement de ceci. Le réducteur est donc une partie essentielle du turbo-moteur.

Etant donné les puissances obtenues et les efforts supportés par le réducteur, il est composé d'un dispositif engrenages démultiplicateur à multi pignons (meilleure répartition des efforts ensemble compact).

Le réducteur entraîne les différents accessoires nécessaires au fonctionnement du moteur et la prise de puissance principale

Caractérisée par :

✚ **Carter** : alliage léger.

✚ **Pignons** : acier.

- pignons à dentures hilicoidales pour le réducteur de vitesse.

- pignons à dentures droites pour l'entraînement des accessoires.

✚ **Prise de puissance** :

- Vitesse de sortie : 6016 tr/mn (100%N2).

- Sens de rotation : horaire (vue de l'arrière).

- Puissance: 350 kW (470 shp).

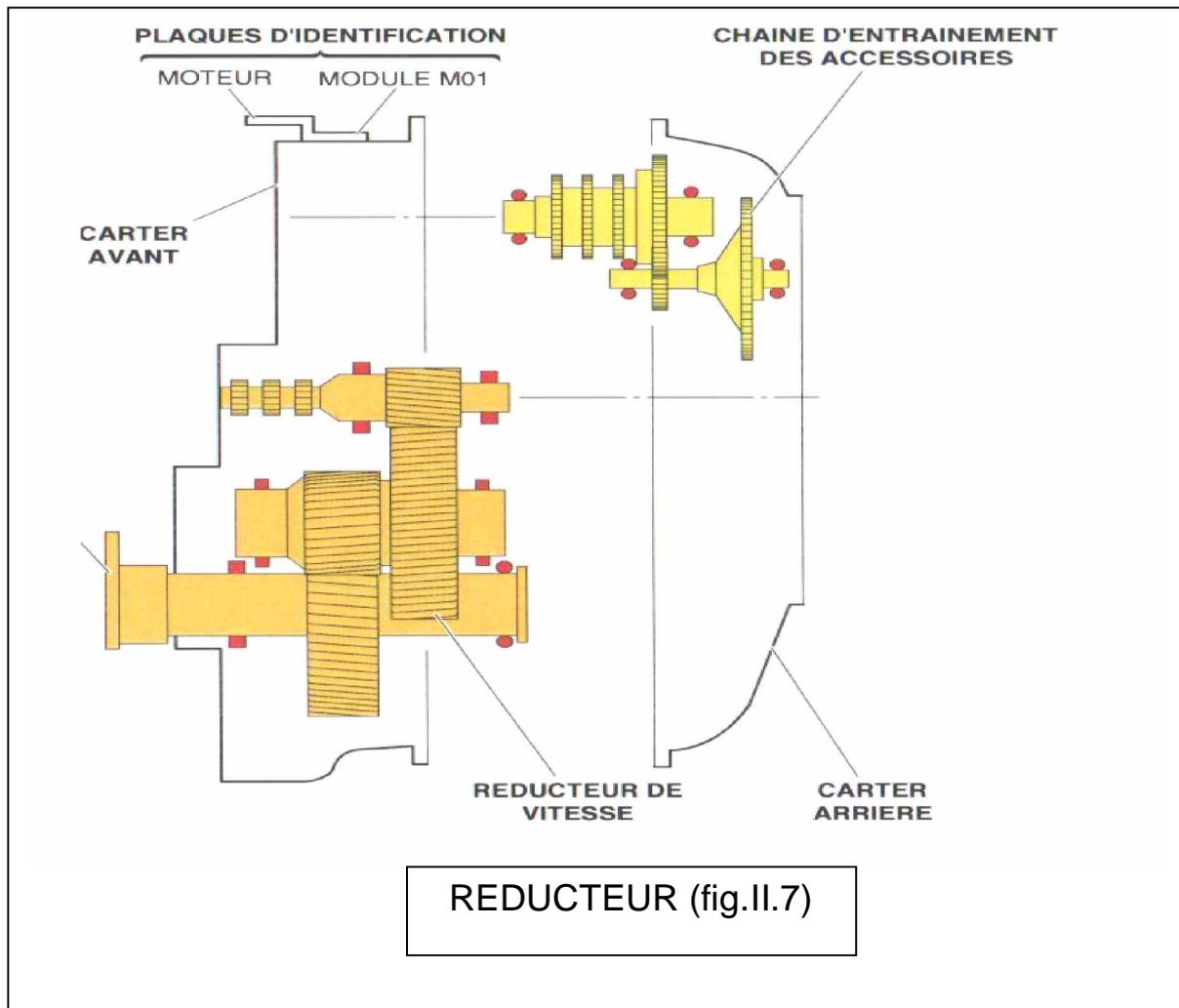
Composé de :

✚ Carters avant et arrière.

✚ Réducteur de vitesse.

✚ Chaîne d'entraînement des accessoires.

✚ Couplemètre et accessoires montés sur le réducteur.



8-2) – Description:

8-2-1) - Réducteur de vitesse : « Voir (fig- 7A) »

Le réducteur de vitesse a pour rôle de réduire la vitesse de rotation de la turbine libre pour répondre aux exigences d'entraînement du rotor principale, il comprend trois pignons supportés par des roulements à billes et à rouleaux.

1- Pignon menant :

Le pignon menant est un pignon simple à denture hélicoïdale monté directement sur l'arbre de turbine libre. Il est soutenu par deux paliers à rouleaux.

2- Pignon intermédiaire double :

Le pignon intermédiaire double comprend un pignon d'engrenage avec le pignon menant et un pignon d'engrenage avec le pignon de sortie.

Le pignon intermédiaire est soutenu par deux roulements à rouleaux.



3- Pignon de sortie :

Le pignon de sortie est un pignon simple à denture hélicoïdale. Il comporte une bride triangulaire pour l'adaptation avec les éléments de transmission moteur-boite de transmission de l'hélicoptère. Il est soutenu par un palier à billes à l'arrière. Un joint graphite assure l'étanchéité de la prise de puissance.

8-2-2)- chaîne d'entraînement des accessoires : « Voir (fig- 7B) »

La chaîne d'entraînement des accessoires prélève la puissance mécanique sur l'arbre de générateur de gaz et fournit une puissance nécessaire à l'entraînement des accessoires, elle est constituée de 8 pignons à denture droite, supportés par des paliers à billes et entraînés par le pignon menant.

Pignon menant :

Le pignon menant est monté sur l'arbre du générateur de gaz.

Vitesse de rotation : 54117 tr/mn (100%N1).

Pignon d'entraînement de la pompe carburant BP et alternateur :

C'est un pignon double.

Vitesse : 24052 tr/mn (100%N1).

Pignon intermédiaire (1) :

C'est un pignon double.

Vitesse : 17417 tr/mn (100%N1).

Pignon d'entraînement de la pompe à huile :

C'est un pignon simple.

Vitesse : 4234 tr/mn (100%N1).

Pignon intermédiaire (2) :

C'est un pignon simple.

Vitesse : 17417tr/m (100%N1).



✚ **Pignon intermédiaire (3) :**

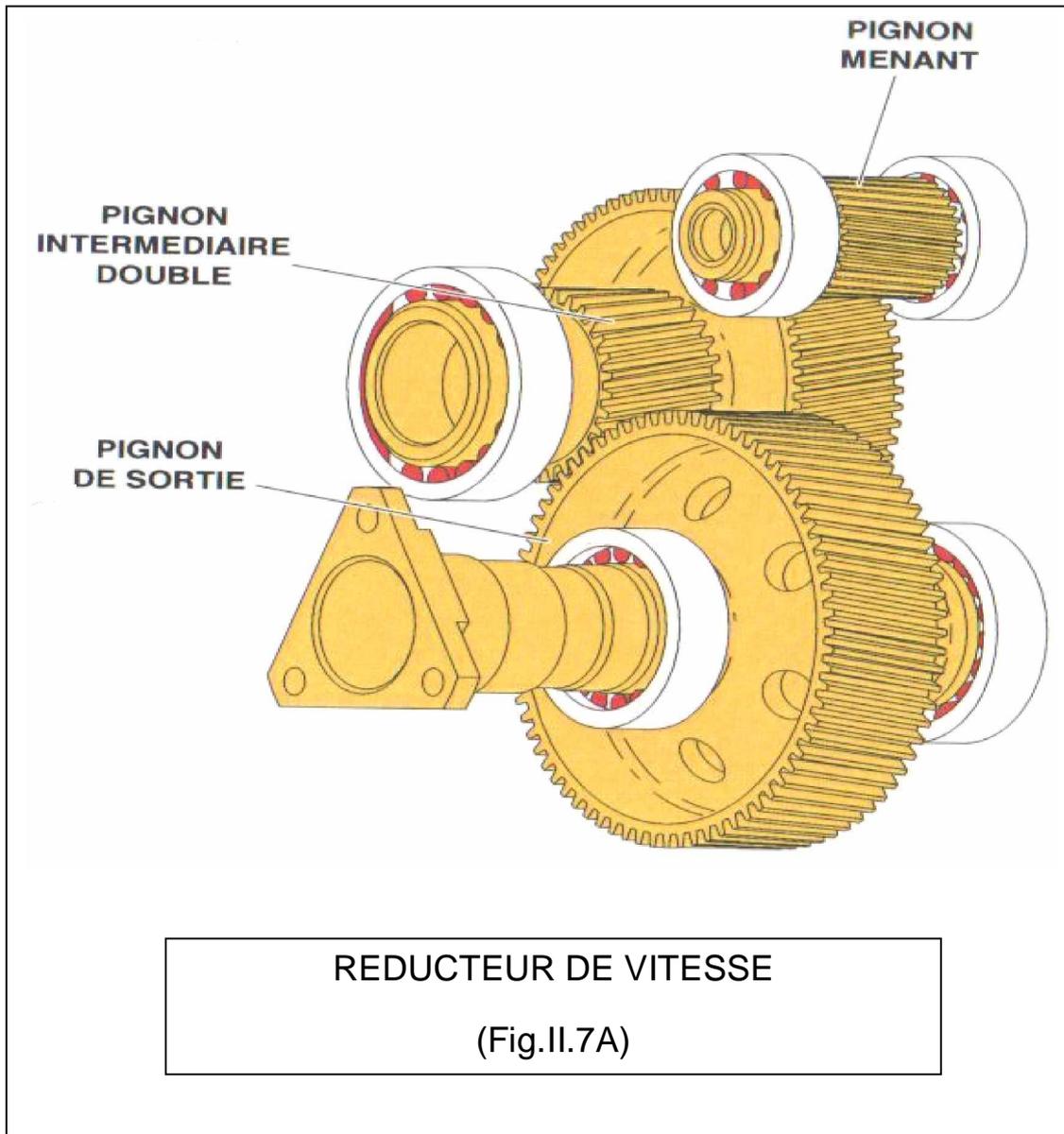
C'est un pignon double.

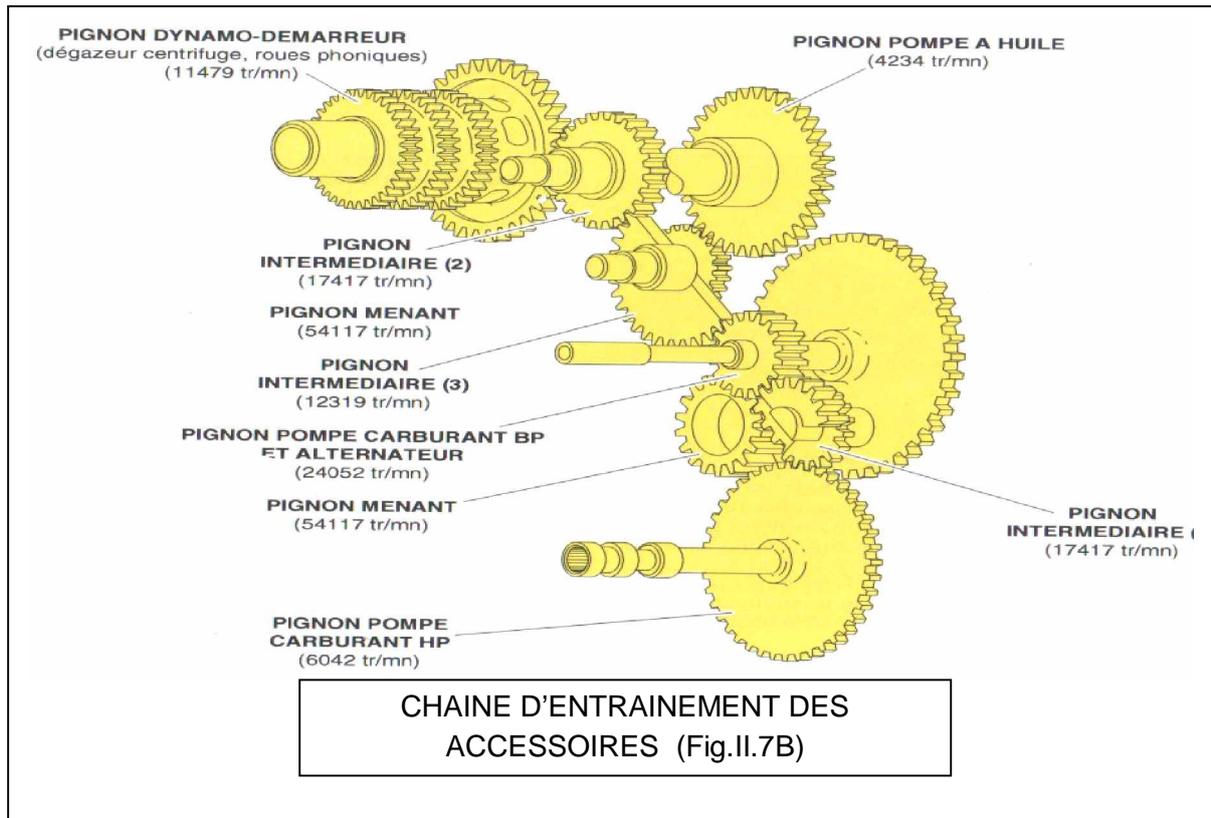
Vitesse : 12319 tr/mn (100%N1).

✚ **Pignon d'entraînement de la pompe à carburant HP :**

C'est un pignon simple.

Vitesse : 6042 tr/mn.





9)- Paliers : « Voir (fig- 8) »

Les ensembles tournants, par ailleurs objet d'opérations d'équilibrage, sont soutenus par des paliers illustrés et cités ci-dessous.

9-1)- Position et type de paliers :

Générateur de gaz

Palier avant générateur de gaz (G1) : Roulement à billes

Palier arrière générateur de gaz (G2) : Roulement à rouleaux.

Turbine libre

Palier avant turbine libre (T1) : Roulement à billes.

Réducteur de vitesse

Palier avant pignon menant (R1) : Roulement à rouleaux.

Palier arrière pignon menant (R2) : Roulement à rouleaux.



Palier avant pignon intermédiaire (R3) : Roulement à rouleaux.

Palier arrière pignon intermédiaire (R4) : Roulement à rouleaux.

Palier avant pignon de sortie (R5) : Roulement à rouleaux.

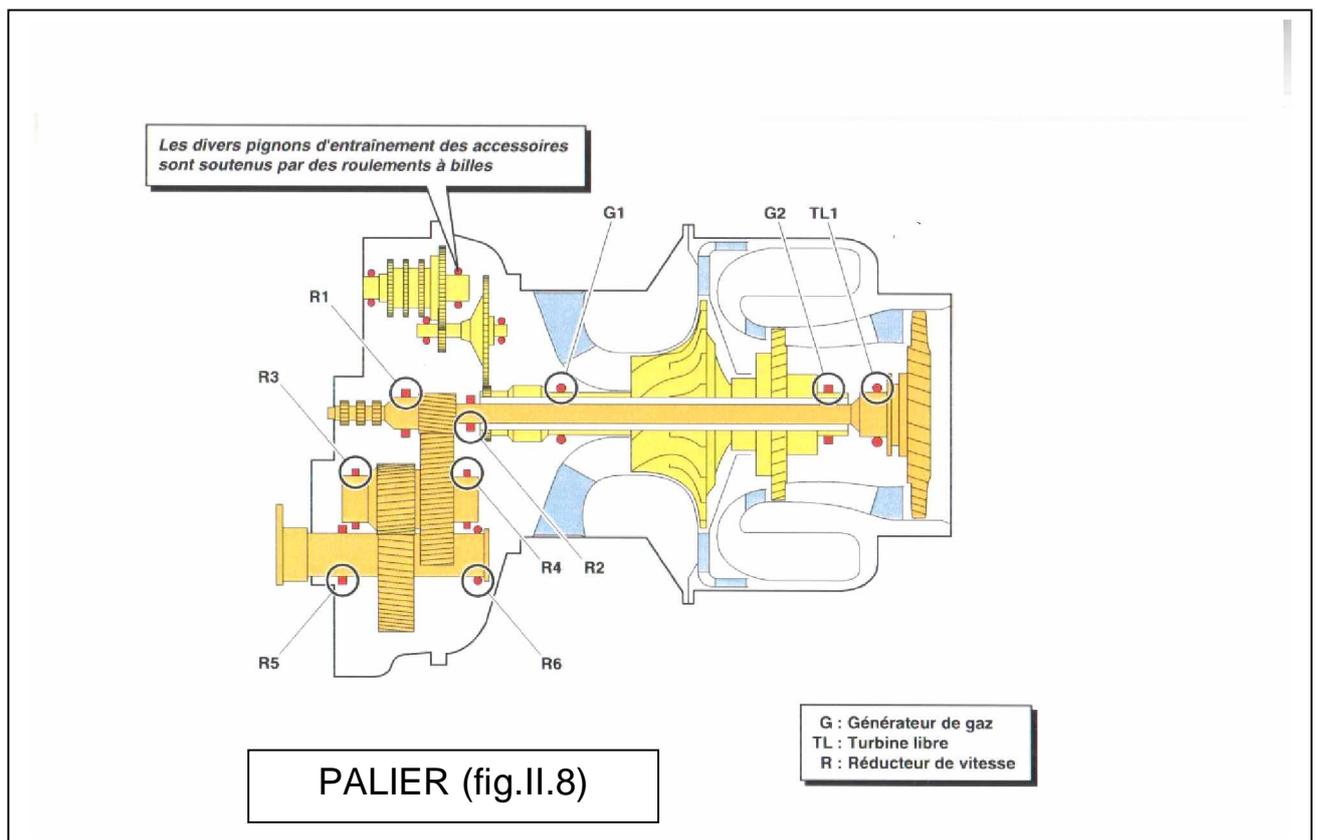
Palier arrière pignon de sortie (R6) : Roulement à billes.

✚ Entraînement des accessoires

Divers pignon d'entraînement des accessoires : Roulements à billes.

✚ Étanchéité

Des joints labyrinthes pressurisés munis de dépôts abrasables assurent l'étanchéité des paliers du générateur de gaz et de la turbine libre.





Circuit carburant

1)- Introduction :

Le circuit carburant assure les fonctions d'alimentation, de distribution par clapets, de commande, de dosage et d'injection de carburant. Le réservoir de carburant et le circuit d'alimentation sont montés sur la cellule de l'hélicoptère. Les autres éléments du circuit carburant sont montés sur le moteur.

Il comprend les éléments suivants :

- Bloc basse pression (pompe et alternateur).
- Filtre carburant.
- Bloc haute pression (pompe et dispositif de dosage).
- Ensemble clapets.
- Système d'injection.
- Capteurs et commandes

2)- Description : « voir (fig.III.1) »

✚ Pompe de gavage

Circuit aéronef basse pression.

✚ Bloc pompe carburant basse pression

Bloc comprend une pompe basse pression de type centrifuge qui alimente le carburant sous pression et un alternateur permettant l'alimentation électrique du calculateur.

✚ Ensemble de filtrage

L'ensemble de filtrage retient les particules présentes dans le carburant pour protéger les organes de dosage il comprend un élément filtrant, un manocontacteur d'indication de pré-colmatage, un clapet de dérivation et un indicateur de colmatage du filtre.

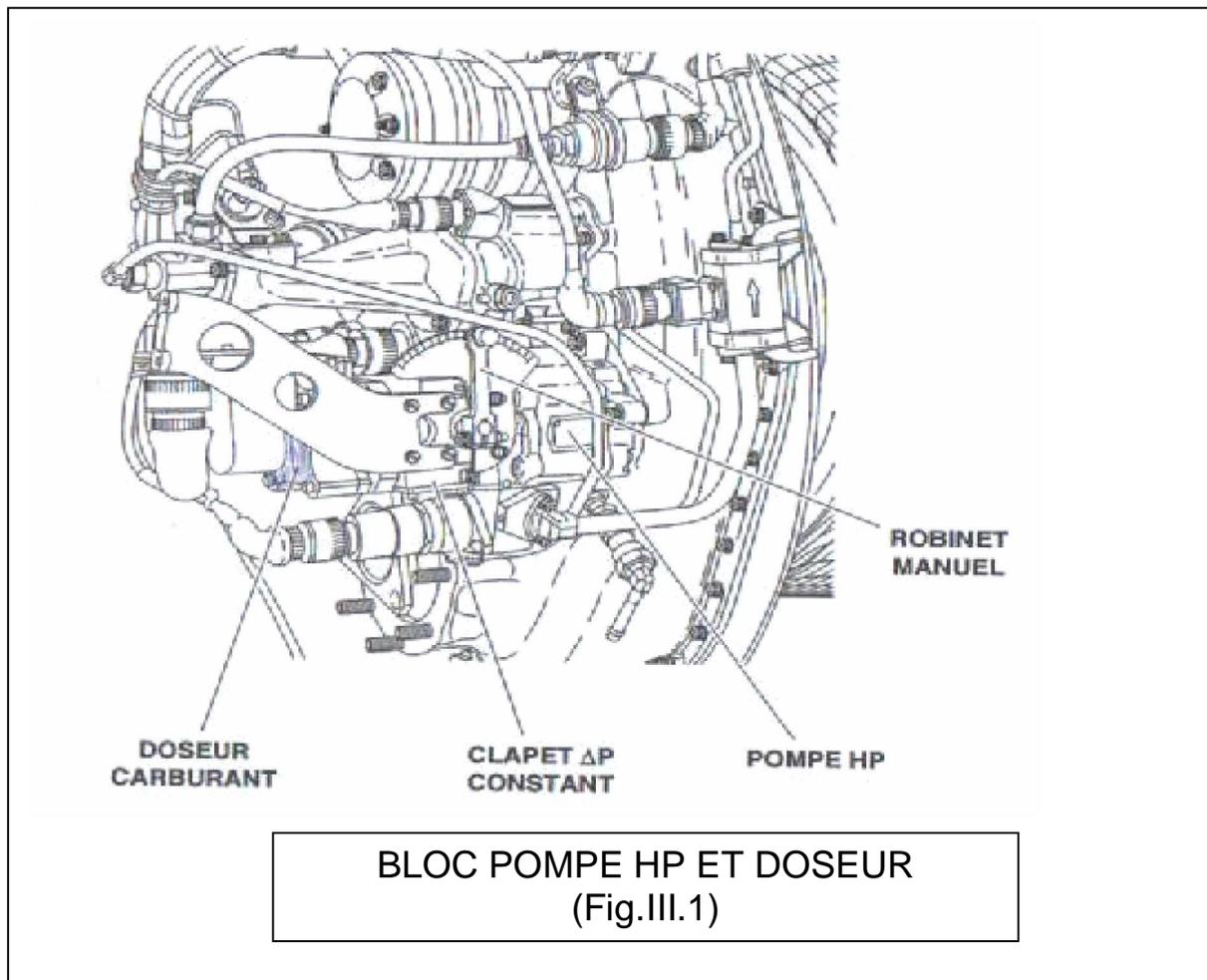
✚ Bloc pompe carburant haute pression-Doseur « voir (fig.III.2) »

Ce bloc alimente sous pression le circuit carburant et régule le débit carburant en fonction de la puissance demandée. il comprend une pompe haute pression à engrenage de vitesse de rotation 6042tr/mn munie d'un clapet de surpression de type commandé par un actionneur rotatif piloté par le calculateur numérique dont sont rôle et de ramener l'excès de carburant à l'aspiration de la pompe HP.



Ce bloc renferme également le dispositif de dosage du carburant qui comprend :

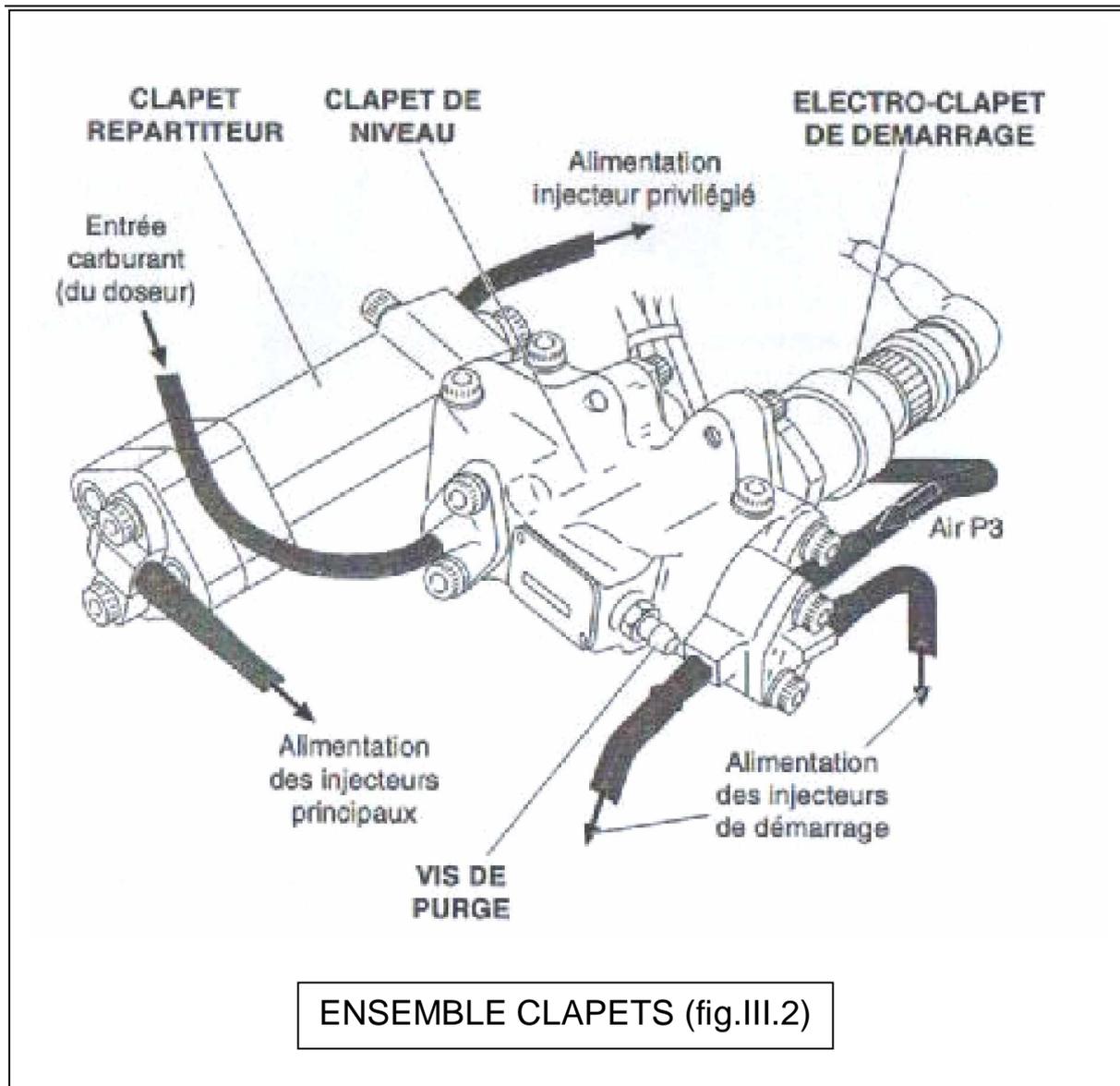
- Un clapet de différence de pression constant.
- Un robinet à commande manuelle.
- Un doseur de carburant (commandé par le calculateur).
- Un électro-clapet marche/arrêt, il s'ouvre lors de l'arrêt du moteur.



Ensemble clapets « voir (fig.III.3) »

L'ensemble comprend :

- Un électro-clapet de démarrage (3 voies) pour l'alimentation des injecteurs de démarrage lors de la phase de démarrage.
- Un clapet de niveau qui assure la priorité d'alimentation des injecteurs de démarrage.
- Un clapet répartiteur qui privilégie l'alimentation d'un des injecteurs principaux.
- Une vis de purge manuelle qui permet de purger le circuit carburant après une opération de maintenance.



✚ Injecteurs de démarrage

Quatre injecteurs assurent l'injection du carburant dans la chambre de combustion lors de démarrage répartis de part et d'autre du moteur autour du carter chambre de combustion. Deux injecteurs sont montés à proximité des bougies d'allumage. Les injecteurs sont liés deux par deux par les deux demi-rampes d'alimentation carburant.

✚ Injecteurs principaux

Dix injecteurs assurent l'injection du carburant finement pulvérisé dans la chambre de combustion, répartis sur la bride arrière du carter turbine de part et d'autre du moteur. Cinq, reliés entre eux par une demi rampe à gauche et quatre reliés entre eux par une demi rampe à droite, un relié à l'ensemble clapets en haute à gauche celui-ci est dit « injecteur privilégié ».



✚ Transmetteur de pression carburant

Le transmetteur de pression carburant est de type résistif, mesure la pression carburant à l'entrée de la pompe BP (basse pression). Il est monté à la partie supérieure gauche du réducteur.

3)- Fonctionnement :

Dans un système carburant-régulation, on peut considérer les fonctions suivantes :

- ✚ Alimentation en carburant dans la chambre de combustion.
- ✚ Injection carburant dans la chambre de combustion.
- ✚ Commande du système.
- ✚ Démarrage – arrêt système.
- ✚ Régulation.

3-1)- Alimentation carburant :

Cette fonction consiste à alimenter le moteur en carburant sous des conditions déterminées (pression, température, débit filtrage).

Le carburant utilisé dans ce moteur est le kérosène jp4.

Un circuit type comprend une pompe d'alimentation et des organes de dosage et de distribution du carburant.

Tous ces organes sont contenus dans un ensemble qu'il est convenu d'appeler « bloc pompe-régulateur »

3-2)- Injection carburant :

C'est la fonction qui consiste à injecter le carburant, finement pulvérisé, dans la chambre de combustion de façon à obtenir une combustion efficace dans toutes les conditions de fonctionnement. Un moteur est généralement muni d'un system d'injection principal et d'un system d'injection de démarrage.

1)- Injection de démarrage : « voir (fig-4) »

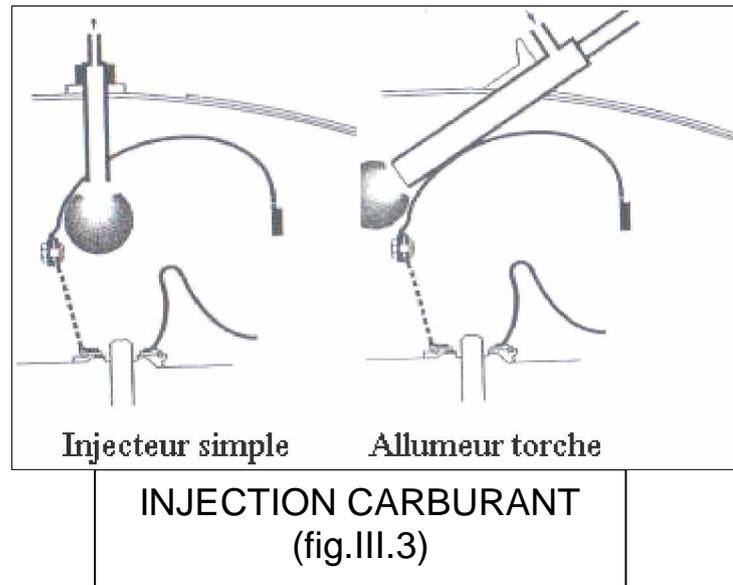
L'injection « d'allumage » pour le démarrage est réalisée par des injecteurs débouchant dans la chambre. Conjointement avec le system d'allumage, ils permettent la production d'une flamme qui se propage dans la chambre et enflamme le carburant pulvérisé par le système d'injection principal. L'injecteur de démarrage est soit simple, soit injecteur et allumeur en même temps (allumeur-torche).

2)- Injection principale :

Elle doit permettre une combustion stable dans toute la plage de fonctionnement.

Les injecteurs utilisés sont des brûleurs simple ou double ou des dispositifs à prés vaporisation de carburant.

Dans la plupart de machines TURBOMECA, on utilise le principe de la roue d'injection centrifuge. La roue, munie de gicleurs, est entraînée en rotation et pulvérise le carburant dans la chambre par centrifugation. L'alimentation de cette roue se fait soit axialement par tube central, soit latéralement.



3-3)- Commande du system carburant :

La commande du system permet, en fait, de réaliser la fonction de conduite moteur.

Dans la plupart des cas, elle agit sur un robinet de distribution de carburant et sur le régulateur.

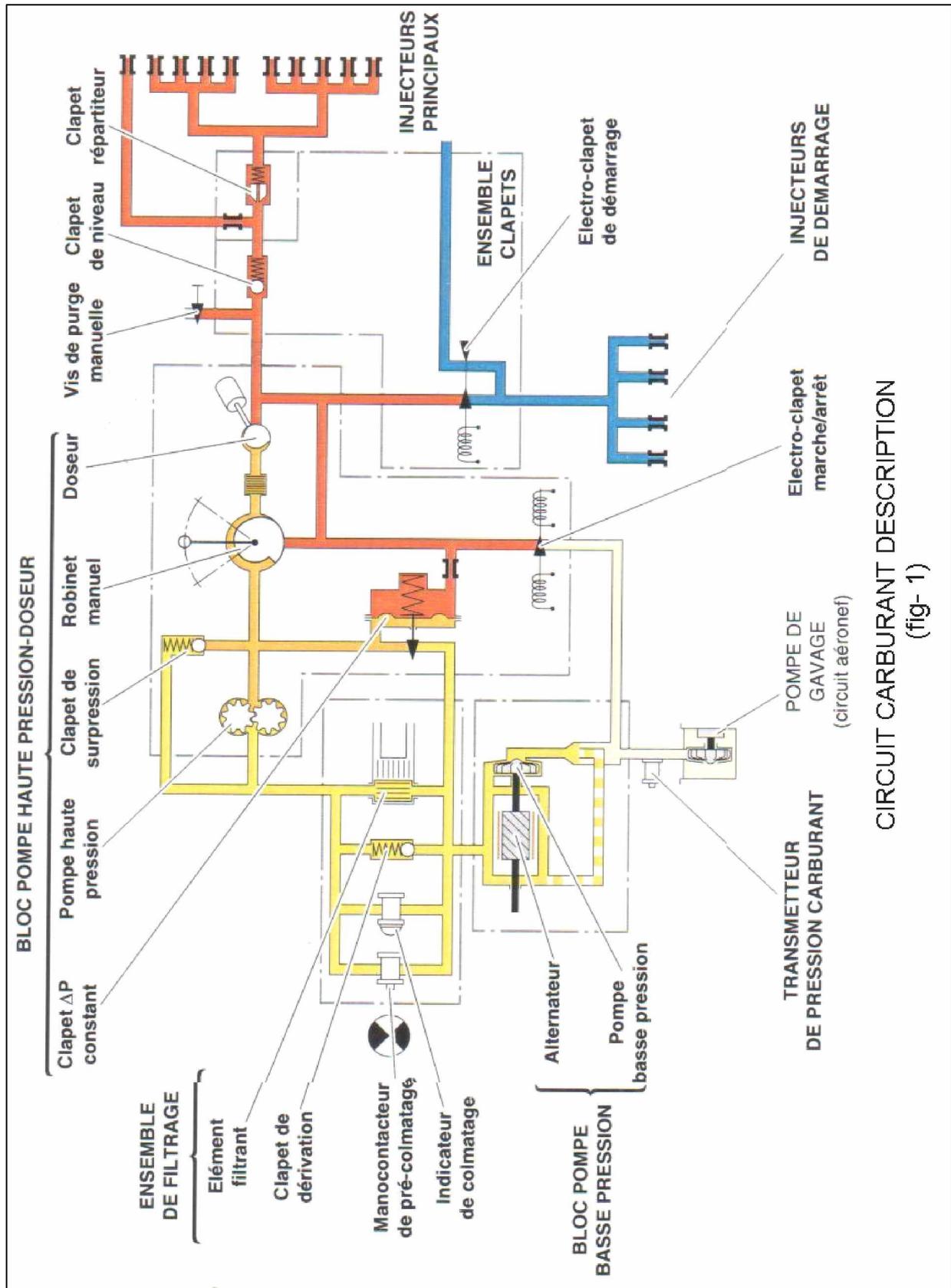
Outre le régime moteur, elle permet la sélection de démarrage et d'arrêt.

3-4)- Démarrage – Arrêt moteur :

Cette fonction consiste à assurer la distribution et le dosage du carburant lors du démarrage et sa coupure pour l'arrêt.

Elle met en œuvre le circuit d'alimentation, la commande, le dispositif d'injection et un dispositif de dosage de carburant démarrage.

Le dispositif de dosage détermine le débit de démarrage qui s'écoule, par exemple, en dérivation du robinet de débit.





circuit d'huile

1)- Introduction :

La lubrification consiste à assurer l'établissement et le renouvellement du film d'huile sur les organes à lubrifier (graisser) et à évacuer les calories (refroidissement).

Dans un moteur, elle est nécessaire pour les paliers supportant le générateur de gaz, les pignons et engrenages de la chaîne d'entraînement des accessoires et, éventuellement, du réducteur de vitesse.

Il comprend les éléments :

- Réservoir d'huile
- Bloc pompes à l'huile.
- Filtre à l'huile.
- Groupe de refroidissement.
- Degazeur centrifuge.
- Dispositifs de contrôle.

2)- Description :

Réservoir d'huile :

Le réservoir d'huile contient le volume d'huile nécessaire à la lubrification du moteur (4.8litres), il est monté dans la cellule, il comprend : Bouchon de remplissage, indicateur de niveau (témoin visuel), bouchon de drain, sonde de température et les raccords de dégazage, d'alimentation et de retour d'huile.

Bloc pompes à huile :

Le bloc comprend une pompe de pression et deux pompes de récupération de type à engrenages et vitesse de rotation de 4234tr/mn qui assure la circulation d'huile de lubrification dans le circuit.

Les pompes sont entraînées mécaniquement par la chaîne d'entraînement des accessoires.

Le bloc pompe de pression est monté sur la face avant du carter réducteur, il comporte un clapet de surpression qui limite la pression en sortie de la pompe de pression.

Filtre à l'huile :

Le filtre à l'huile retient les particules pouvant contaminer l'huile avant lubrification, il est monté avec le filtre à carburant dans l'ensemble filtre fixé sur la partie supérieure du carter réducteur. Il comporte un clapet de dérivation et un Manocontacteur de pré-colmage sachant que le pouvoir filtrant est 20microns.

Groupe de refroidissement :

Le groupe refroidit l'huile qui a lubrifié le moteur, par circulation d'air au travers d'un radiateur. Il comporte un clapet de dérivation et thermostatique.

Le groupe de refroidissement est monté dans la cellule (fourniture avionneur).



✚ Dégazeur centrifuge :

Le dégazeur centrifuge de vitesse de rotation 11479tr/mn sépare l'huile des vapeurs résultant de la lubrification et met le circuit à l'air libre, il est entraîné en rotation par le pignon intermédiaire.

Il est situé dans la boîte d'entraînement des accessoires, dans la partie supérieure du carter réducteur.

✚ Dispositifs de contrôle :

Manocontacteur de pré-colmatage du filtre à l'huile : indique le pré-colmatage du filtre par un connecteur électrique.

Manocontacteur basse pression d'huile : détecte la pression d'huile minimale dans le circuit d'alimentation et allume un voyant au poste de pilotage par un connecteur électrique.

Transmetteur de pression d'huile : fournit l'information de pression d'huile au tableau de bord par un connecteur électrique, il est de type résistif.

Bouchons magnétiques électriques : comportent un entrefer qui attire les particules magnétique contenue dans l'huile de récupération et fournissent une indication au tableau de bord.

Sonde de température : est une résistance de nickel, la valeur de la résistance varie en fonction de la température, elle mesure la température de l'huile à la sortie du réservoir et fournit l'indication au tableau de bord (c'est une fourniture avionneur).

3)- Fonctionnement :

La lubrification consiste à assurer l'établissement et le renouvellement du film d'huile sur les organes à lubrifier et à évacuer les calories.

L'huile utilisé est l'huile synthétique qui est de plus en plus utilisé étant donné qu'elle, conserve leur propriété sur une plus grande plage de température et que leur durée de vie est plus grande.

C'est un circuit de type carter sec il assure les fonctions suivante :

1- Le stockage :

Le stockage de l'huile s'effectue dans un réservoir qui est partie monté dans la cellule sachant que le volume d'huile totale = 4.8L.

2- L'alimentation :

L'alimentation est réalisée par une pompe de pression de type à engrenages, elle aspire l'huile dans le réservoir et le refoule sous pression dans le circuit. Un clapet ramène l'excès d'huile à l'aspiration de la pompe en cas de surpression. A l'extrémité de chaque ligne de pression, des gicleurs pulvérisent l'huile sur l'organe à lubrifier.

3-le filtrage :

Le filtrage est assuré, avant la lubrification, par des filtres de types cartouches.

Le filtre est en général muni d'un clapet de dérivation et d'un indicateur de colmatage.



4- La récupération :

Après la lubrification, l'huile tombe par gravité à la partie inférieure des enceintes.

L'huile est aussitôt aspirée par les pompes de récupération et ramenée au réservoir à travers le groupe de refroidissement.

Des crépines protègent les pompes de récupération contre les particules éventuellement en suspension dans l'huile.

5- Le refroidissement :

Le refroidissement de l'huile est réalisé par un radiateur à circulation d'air, la régulation de température est possible grâce à un clapet thermostatique monté en dérivation. On réalise le refroidissement aussi par l'intermédiaire d'un échangeur qui transfère l'énergie calorifique au carburant.

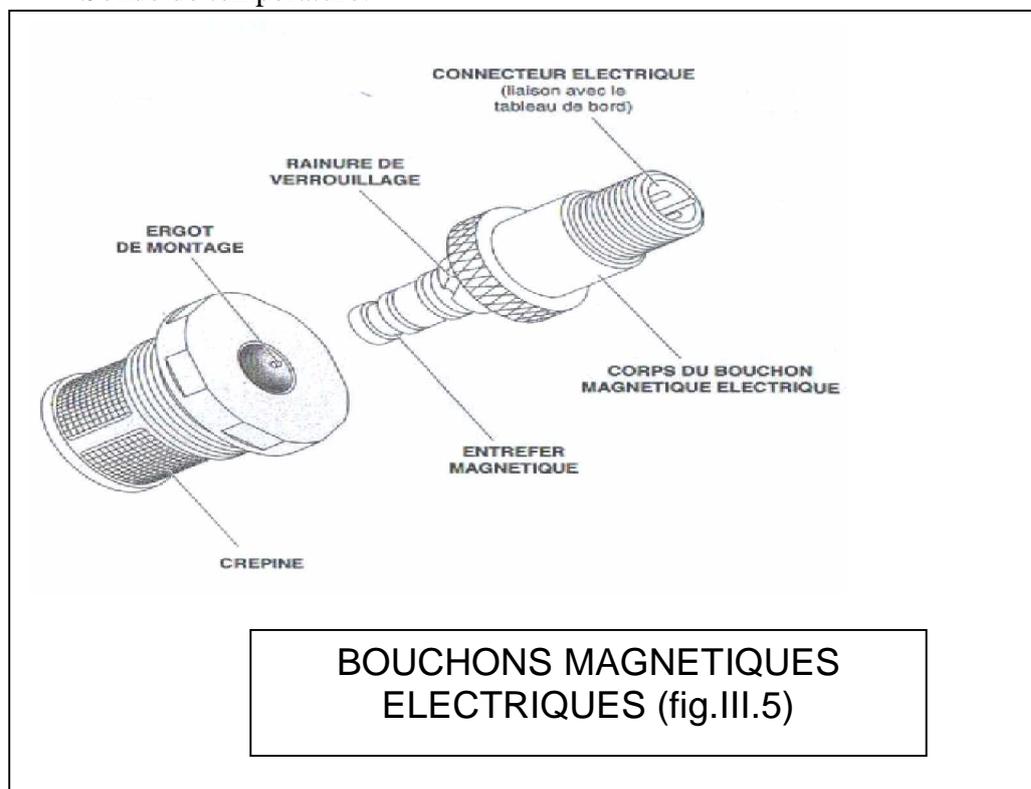
6- Le dégazage :

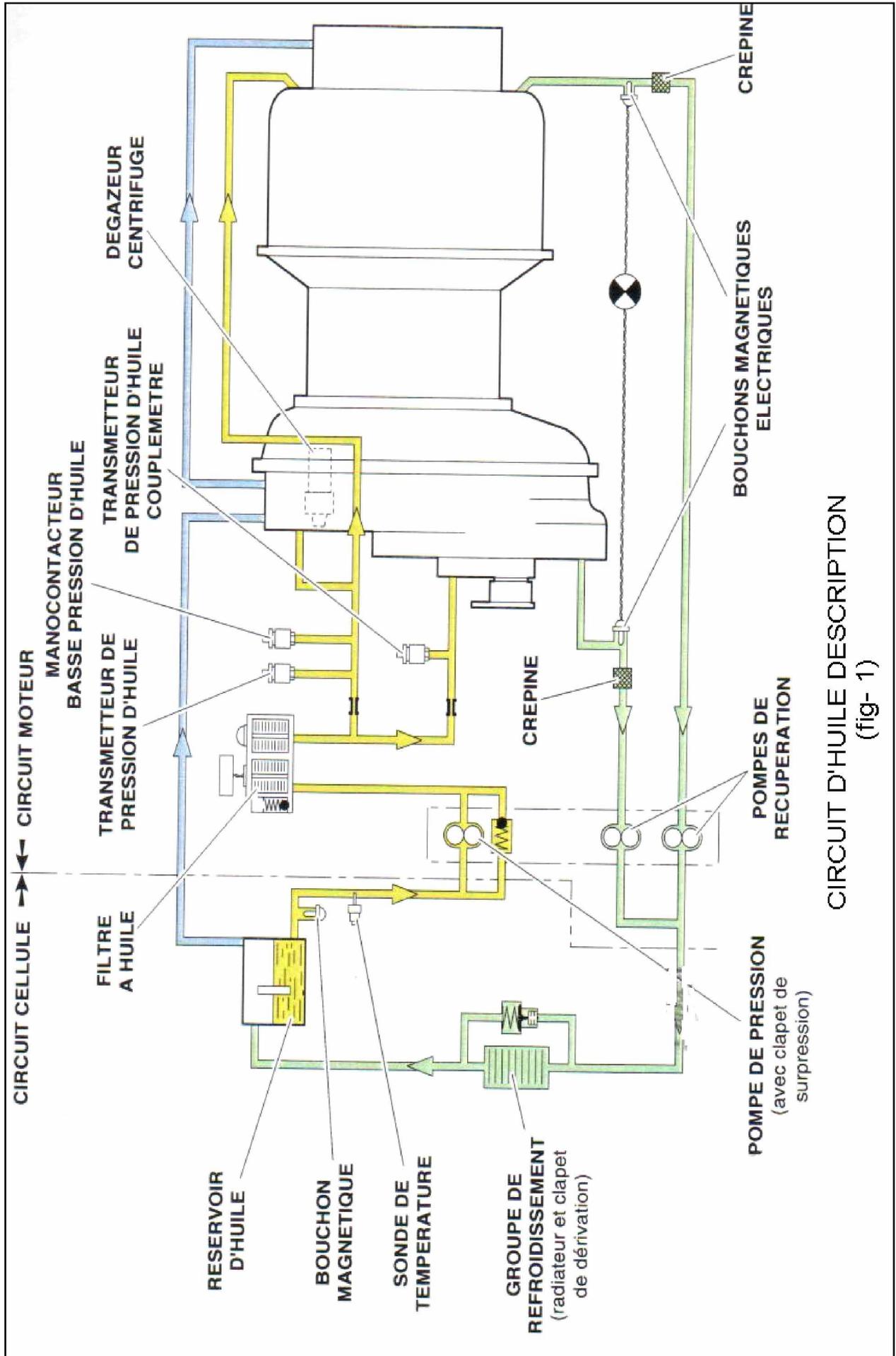
Le dégazage des organes lubrifiés met en œuvre un circuit de reniflards qui permet le retour des vapeurs au réservoir. La séparation de vapeur est obtenue par un dégazeur centrifuge entraîné mécaniquement par le moteur.

7- Le contrôle :

Le contrôle de fonctionnement s'effectue en mesurant la pression et la température d'huile du circuit par les éléments suivantes :

- ✚ Manocapteur de pré-colmatage du filtre à l'huile.
- ✚ Manocapteur basse pression d'huile.
- ✚ Transmetteur de pression d'huile.
- ✚ Bouchons magnétiques électriques « voir (fig- 2) ».
- ✚ Sonde de température.







Circuit de démarrage

1)- Introduction :

Le circuit a pour rôle d'assurer le démarrage au sol, le re-démarrage en vol et la ventilation du moteur, en assurant trois fonctions : le lancement, l'alimentation carburant et la fonction allumage.

Le circuit contient des accessoires qui sont montés sur le moteur à l'exception du calculateur numérique.

Le circuit de démarrage comprend :

- Démarreur.
- Boîtier d'allumage.
- Bougies d'allumage.
- Circuit carburant.
- Circuit de commande et de contrôle.

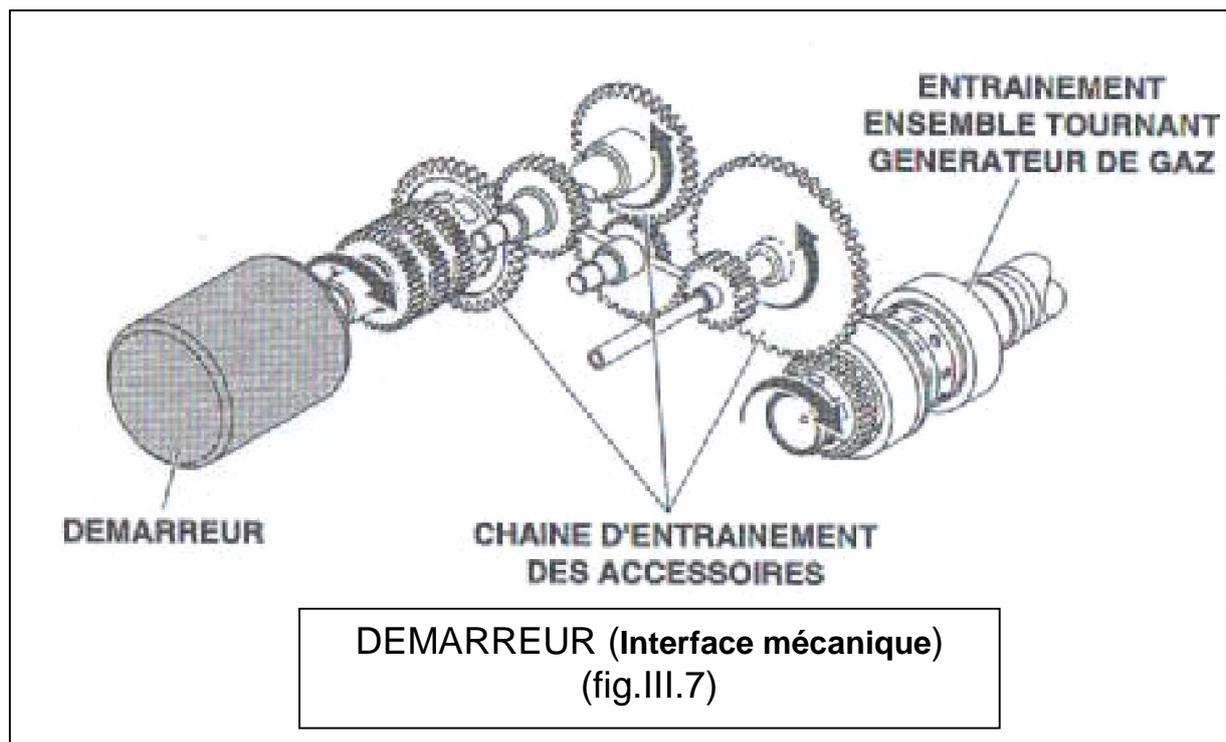
2)- Description :

Démarreur

Le démarreur est alimenté en courant continu par les batteries à travers le circuit électrique aéronaf.

Lors du démarrage, le moteur électrique du démarreur entraîne en rotation l'ensemble tournant du générateur de gaz par la chaîne d'entraînement des accessoires.

A la fin du démarrage, l'alimentation électrique du démarreur est coupée automatiquement et le démarreur fonctionne alors en génératrice de courant électrique. Le démarreur est situé sur la face avant du réducteur.





Boîtier d'allumage

Le boîtier d'allumage est de type haute énergie. Il transforme la tension continue du circuit aéronaf en haute tension nécessaire pour le fonctionnement des bougies d'allumage.

Le boîtier d'allumage est situé à la partie supérieure droite du plénum d'entrée d'air.

Bougies d'allumage

Le moteur comporte deux bougies d'allumage qui servent à enflammer le mélange air/carburant pulvérisé par les injecteurs de démarrage pendant la phase de démarrage. Deux câbles relient les bougies au boîtier d'allumage.

Les bougies d'allumage sont montées à proximité de deux des quatre injecteurs de démarrage.

Elles sont situées à l'arrière de la chambre de combustion de part et d'autre du moteur (à 11 heures et 5 heures).

Circuit carburant

Le circuit carburant alimente les injecteurs de démarrage et les injecteurs principaux, dosage et distribution de carburant.

Circuit de commande et de contrôle

Le circuit de commande comprend :

- Les alimentations : 28V batterie.
- Le contacteur du démarreur.
- Le calculateur numérique.
- Les électro-clapet démarrage et marche/arrêt.

3)- fonctionnement :

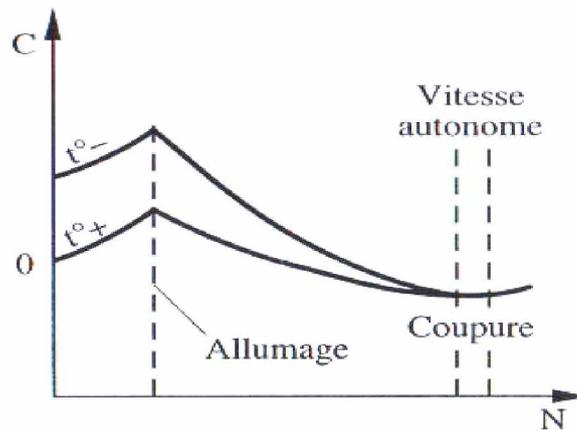
Le démarrage d'un moteur s'effectue en assurant trois fonctions : la fonction lancement, la fonction alimentation carburant et la fonction allumage.

3-1)- Lancement :

Cette fonction consiste à entraîner en rotation l'ensemble tournant du générateur de gaz afin que le compresseur puisse alimenter en air la chambre de combustion.

Le système de lancement qui existe est le moteur électrique monté sur une prise de mouvement de la chaîne d'entraînement des accessoires.

Le couple nécessaire à l'entraînement est fonction de la vitesse de rotation et de la température. Lors d'un démarrage, il croit rapidement au début de la phase, puis diminue lorsque l'allumage se produit et que la machine accélère. A une certaine vitesse il devient nul. Cette vitesse est dite alors autonome. « **Voir (fig- 2)** »



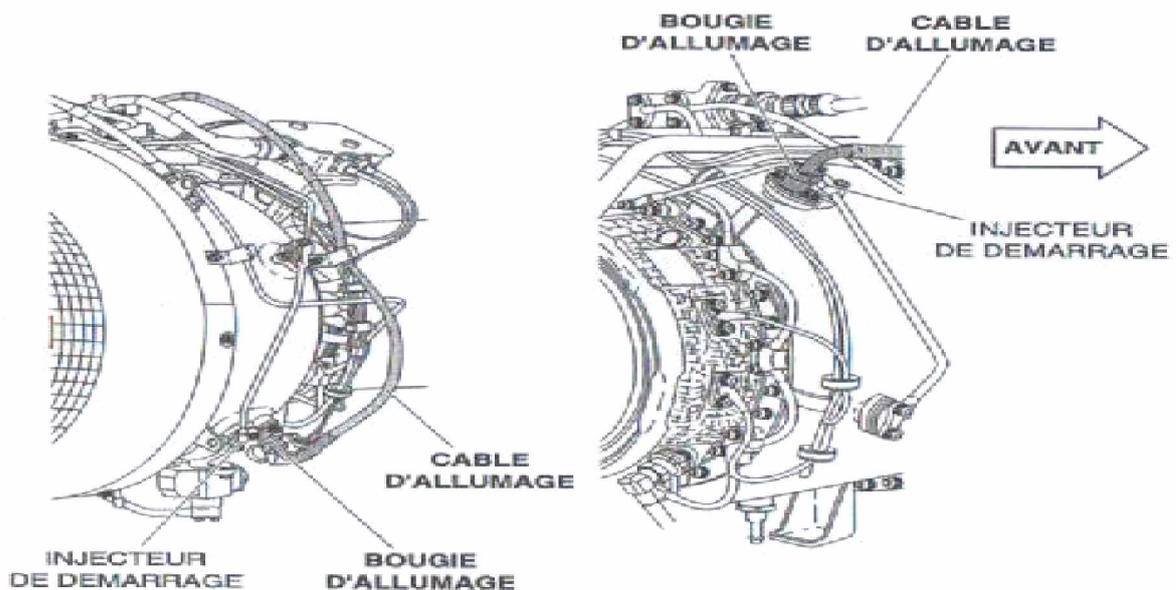
Couple de lancement fig.III.8

3-2)- Alimentation carburant :

Cette fonction consiste à alimenter d'une part les injecteurs principaux, d'autre part les injecteurs de démarrages. Les injecteurs de démarrages permettent la propagation de la flamme et l'allumage du carburant pulvérisé par les injecteurs principaux. L'alimentation en carburant sous pression est réalisée par la pompe principale. Le débit de carburant nécessaire au démarrage est déterminé par un dispositif de dosage particulier.

3-3)- Allumage :

Cette fonction consiste à réaliser l'inflammation du mélange air-carburant dans la chambre de combustion au moyen d'étincelles produites aux extrémités des bougies. « Voir (fig.III.9) »



BOUGIES D'ALLUMAGE
(fig.III.9)

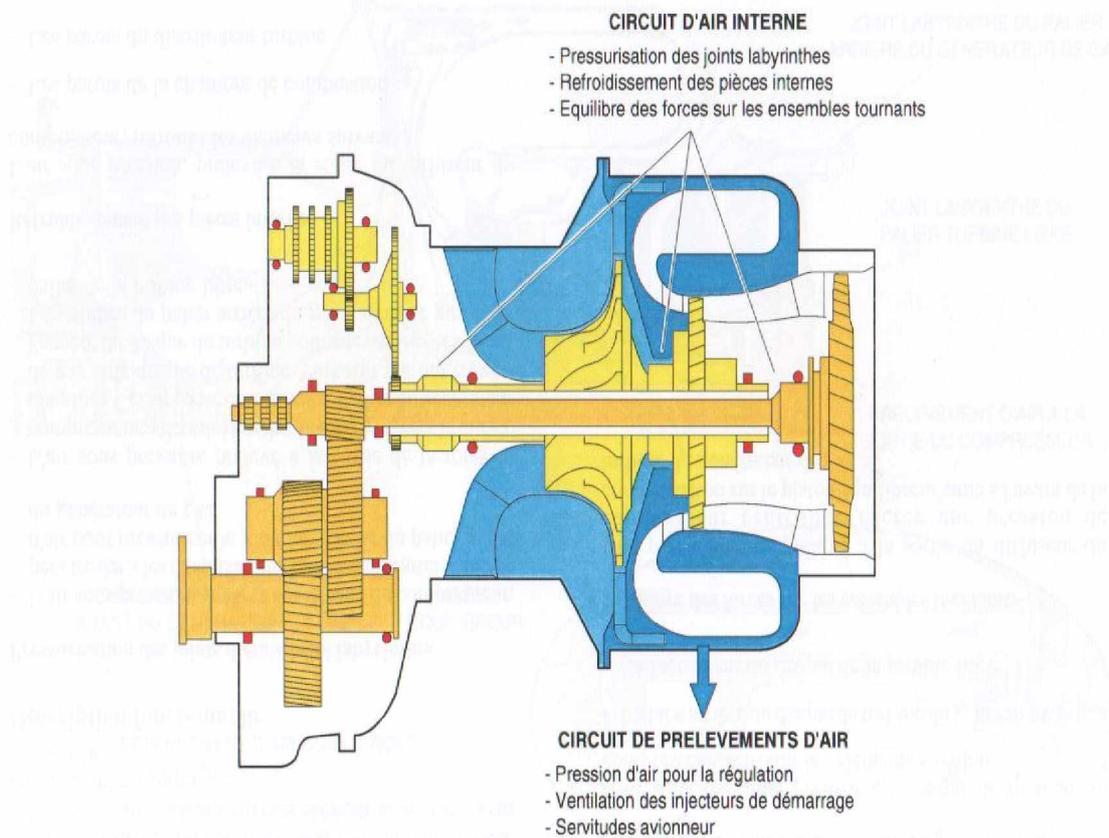


Circuit d'air

1)- Introduction :

Le circuit d'air comprend en fait deux circuits, le circuit interne et le circuit externe, il a pour rôle de refroidissement des pièces, l'étanchéité, équilibre thermique...etc.

« Voir (fig.III.10) »



CIRCUIT D'AIR fig.III.10



1)- circuit d'air interne :

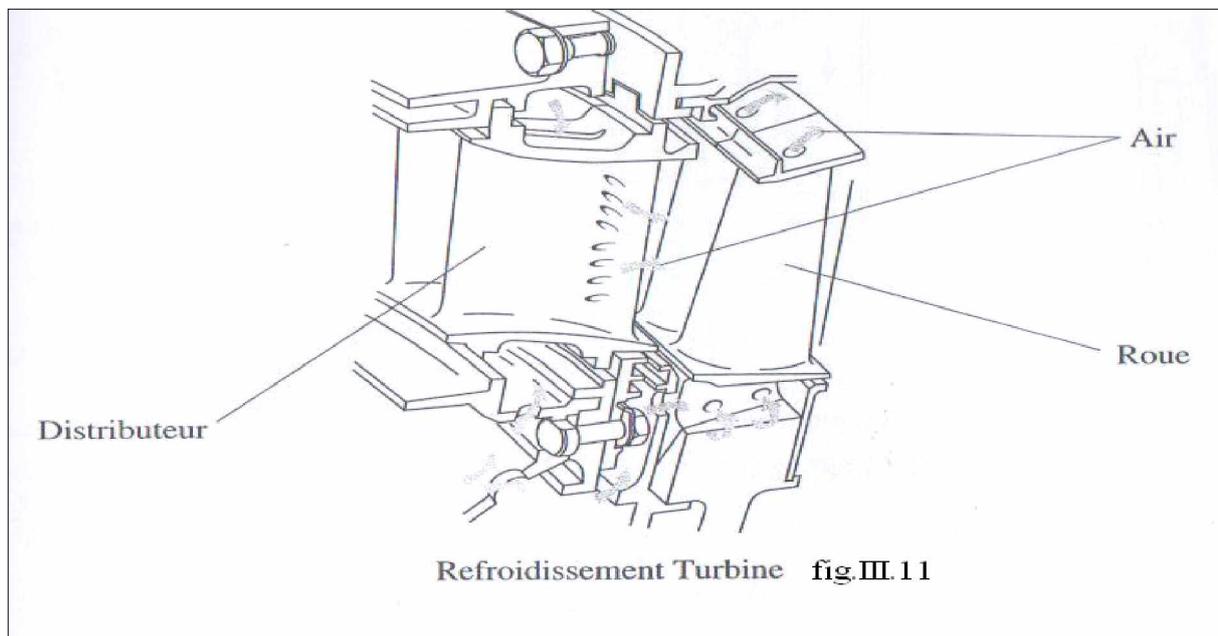
Outre l'écoulement de la veine gazeuse, une turbo-machine comporte un certain nombre de circuits internes. « Voir (fig-1) »

Ces circuits assurent :

- L'équilibre thermique des pièces.
- L'équilibre des forces.
- L'étanchéité par pressurisation.

1)-Equilibre thermique :

Il faut répartir les températures des pièces et éviter l'échauffement exagéré de celles qui sont soumis aux gaz chauds. On assure souvent cette fonction par circulation d'air prélevé au niveau du compresseur. Il s'écoule autour ou dans les pièces à refroidir avant d'être ramené dans le flux de gaz. « Voir (fig .III.11) »



2)- Equilibre des forces :

Pour diminuer les forces axiales sur les paliers (poussée compresseurs ou turbines), on établit par le circuit d'air interne des pressions sur les faces des disques compresseur ou turbine.

3)- Etanchéité :

Lorsque l'étanchéité est réalisée par labyrinthe, elle est assurée en établissant une différence de pression entre les enceintes.

En réalité, il y a toujours une légère fuite, mais dans le sens souhaité et avec un débit déterminé.

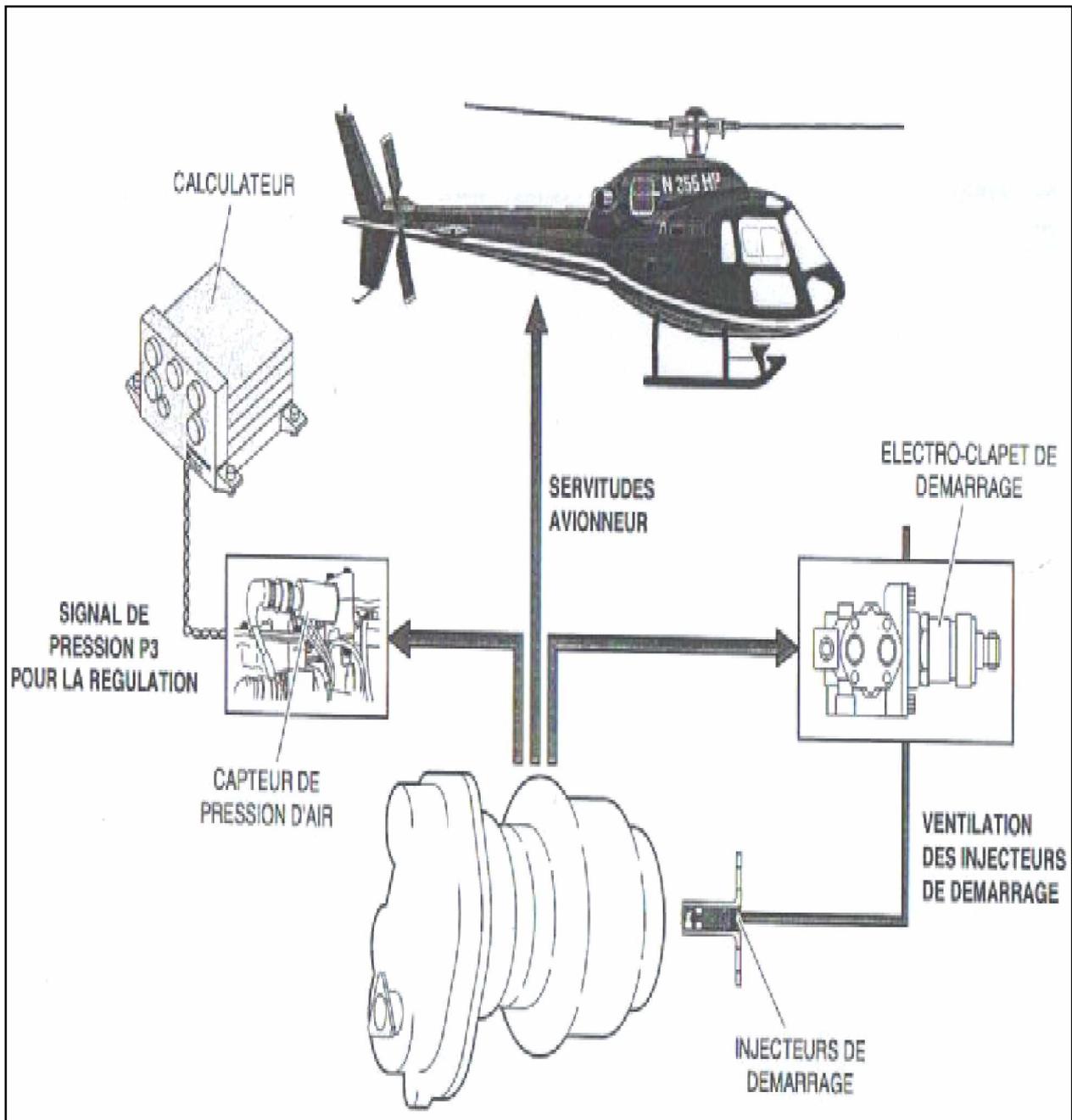
Rappelons que l'étanchéité peut aussi être améliorée en utilisant la technique du dépôt abrasable.



2)- Circuit d'air externe (de prélèvement d'air):

Le circuit d'air externe du moteur assure des fonctions diverses intéressant le moteur directement ou l'appareil sur lequel il est installé : « Voir (fig.III.12) »

- Ventilation des injecteurs de démarrage.
- Signal de pression d'air pour la régulation.
- Servitudes avionneur.



CIRCUIT DE PRELEVEMENTS D'AIR
(fig.III.12)



1)- Ventilation des injecteurs de démarrage :

Une prise d'air (située sur le côté droit du moteur) prélève de l'air sous pression provenant du compresseur. Cet air sous pression alimente par une tuyauterie extérieure l'électro-clapet de démarrage pour la ventilation des injecteurs de démarrage.

La ventilation des injecteurs de démarrages permet de les sécher et d'éviter leur encrassement.

2)- Signale de pression d'air pour la régulation :

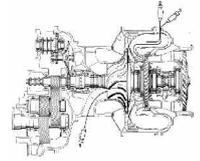
L'air sous pression P3, prélève sur le carter de la chambre de combustion, est aussi utilisé comme signal de pression pour la régulation.

Le moteur comporte une prise de pression munie d'un orifice calibré. Par l'intermédiaire d'une tuyauterie extérieure, cet air sous pression alimente un capteur de pression qui envoie un signal électrique au calculateur.

3)- servitudes avionneur :

Le moteur comporte une prise de pression d'air de chaque côté du carter.

L'air prélevé en sortie du compresseur peut être utilisé à des fins diverses pour les circuits aéronautiques



Inspection des parties chaudes

1)- Introduction :

L'inspection des parties chaudes se fait suivant deux méthodes :

- ✚ La première méthode, l'inspection s'effectue en déposant des modules.
- ✚ La deuxième méthode, c'est une inspection endoscopique, s'effectue par des orifices permettant d'avoir accès à une partie interne du moteur, sans déposer des modules « **voire (Fig- 01)** ».

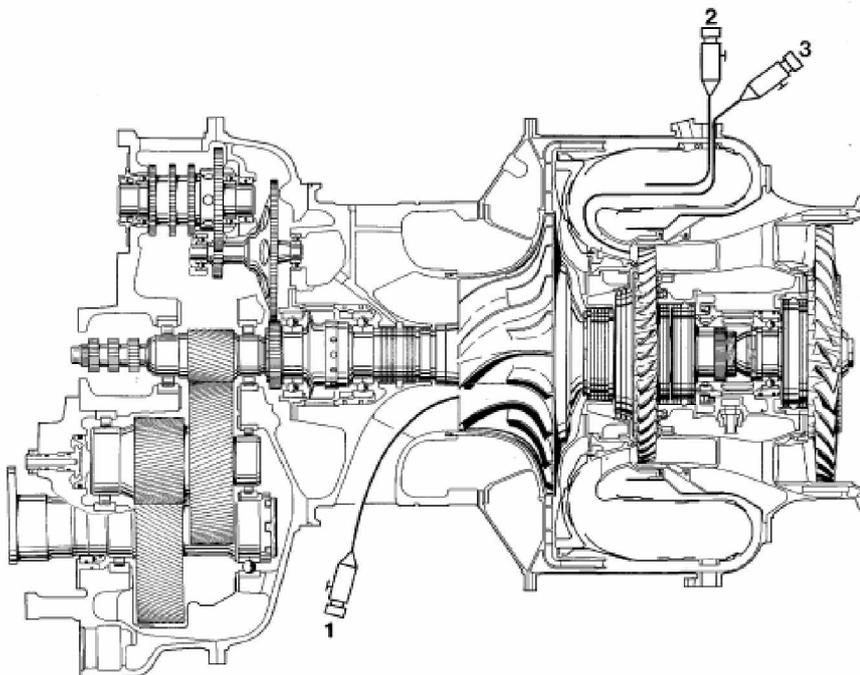


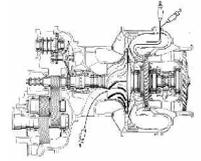
Fig.IV.1 Contrôle endoscopique

Dans notre étude on a optées pour la deuxième méthode.

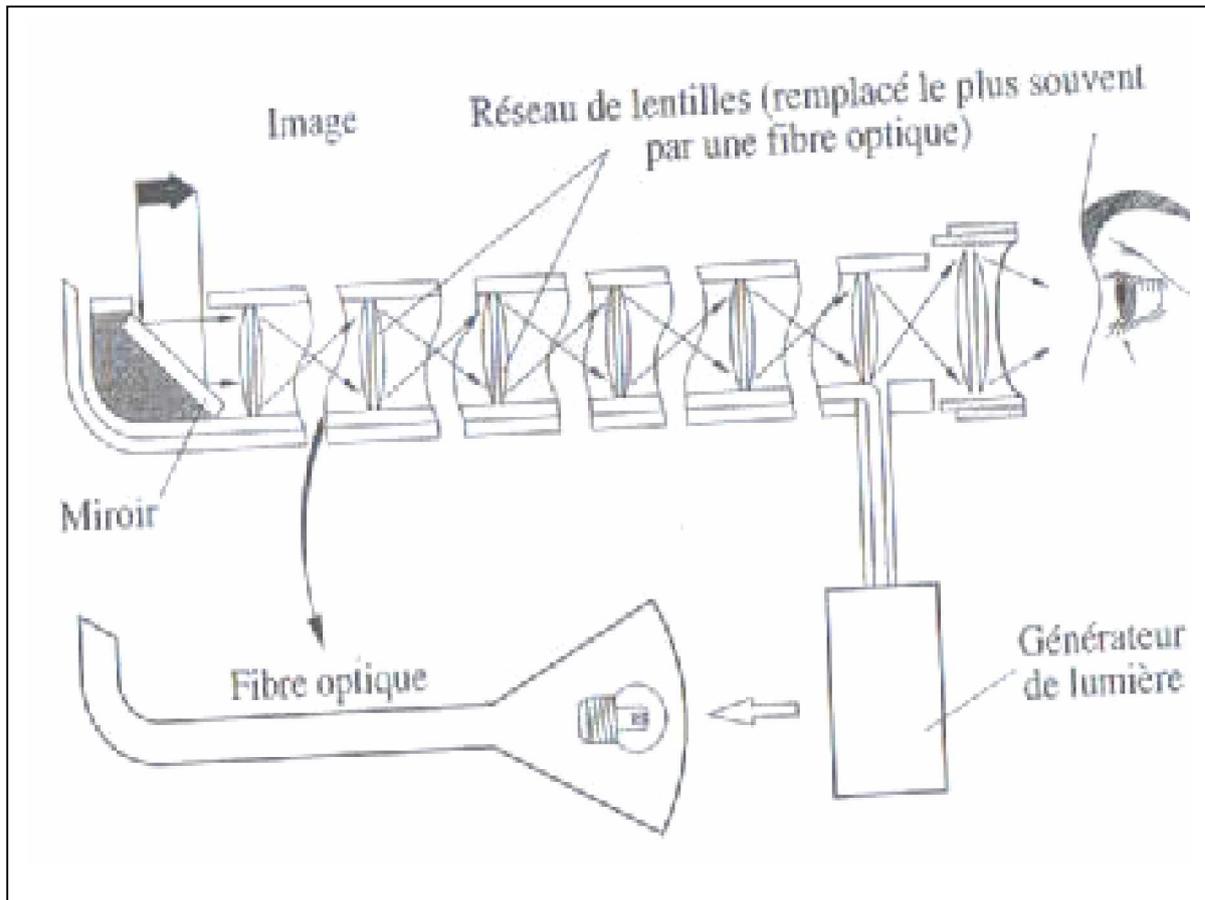
1-1)- Principe de l'endoscope : « voire (Fig.IV.2) ».

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

La lumière issue d'un générateur chemine par réflexions successives jusqu'à l'extrémité de la canne. Etant donné qu'elle est éloignée de la source, elle est froide et anti-déflagrante, ce qui permet les contrôles en milieu détonant.



Le système de vision permet une observation relativement nette selon un angle de balayage donné.



PRINCIPE DE L'ENDOSCOPE

(Fig.IV.2)

1-2)- Procédure endoscopique :

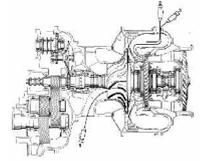
Pour le contrôle, la canne est introduite par des orifices prévus à cet effet en différents points du moteur.

Le déplacement et l'orientation de la canne permettent l'observation de la pièce complète. Par exemple, le contrôle d'une pale de turbine peut nécessiter un certain nombre de balayages avec un certain recouvrement entre chaque position.

Un secteur gradué être installé pour faciliter 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 comportent la description et les critères d'acceptation de ces défauts.



2)- PROCEDURE :

2-1)- Examen du compresseur centrifuge : « voire (Fig.IV.03) »

L'examen du compresseur s'effectue au travers les étapes suivantes :

- a) - Déposer la génératrice-démarrreur.
- b) - Déposer le demi-plénum extérieur.
- c) - Poser le support polyvalent (5) sur la bride arrière du réducteur en positionnant le perçage central du support sur la vis longue (7) de la bride « voir (Fig- 03) ».
- d) - Dévisser l'écrou strié (6), stocke sur la vis (4), et le visser sur la vis longue (7) pour fixer le support.
- e) - Introduire le guide endoscopique compresseur centrifuge (2) dans le support guide (3) et a travers la maille élargie de la grille d'entrée d'air jusqu'en butée.
- f) - Fixer le guide endoscopique sur le support guide en vissant la vis de pression (8).
- g) - Introduire l'endoscope (1) dans le guide (2) et effectuer l'examen des pales du compresseur centrifuge en faisant tourner le générateur a l'aide de la poignée de mise en rotation placée sur la prise de mouvement de la génératrice-démarrreur.

Remarque :

L'inspection des pales du compresseur ne doit pas présenter d'anomalies (traces de touches, criques, déformation, impacts).

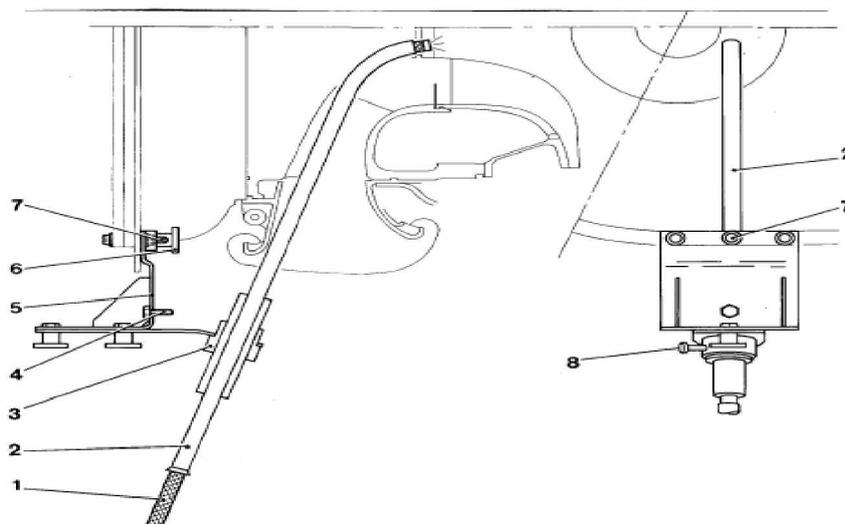
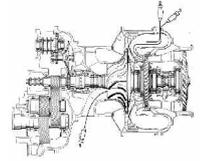


Fig.IV.3 Examen endoscopique du compresseur centrifuge



2-2)- Examen de la chambre de combustion :

L'examen de la chambre de combustion s'effectue au travers les étapes suivantes :

- a) -Déposer les bougies et les deux injecteurs auxiliaires non couplés aux bougies.
- b) -Introduire l'endoscope flexible dans les orifices et examiner l'intérieur de la chambre de combustion.
- c) -L'évaluation des critères d'acceptation des anomalies du Contrôle endoscopique de la chambre de combustion (**voir le tableau suivant**).

local	Constatations	Critères	Actions
01	Crique	-Selon croquis « voir (Fig- 4A) » et espacement entre les criques ≥ 10 mm	-Acceptable
		-Espacement entre les criques < 10 mm	-Retour du module en Usine
		-Selon croquis « voir (Fig- 4B) »	-Retour du module en usine
02	Crique	Longueur maxi =25 mm « voir (Fig- 5A) »	Acceptable
03	Crique	Quelle que soit la crique « voir (Fig- 5B) »	Acceptable

Tableau: (1)

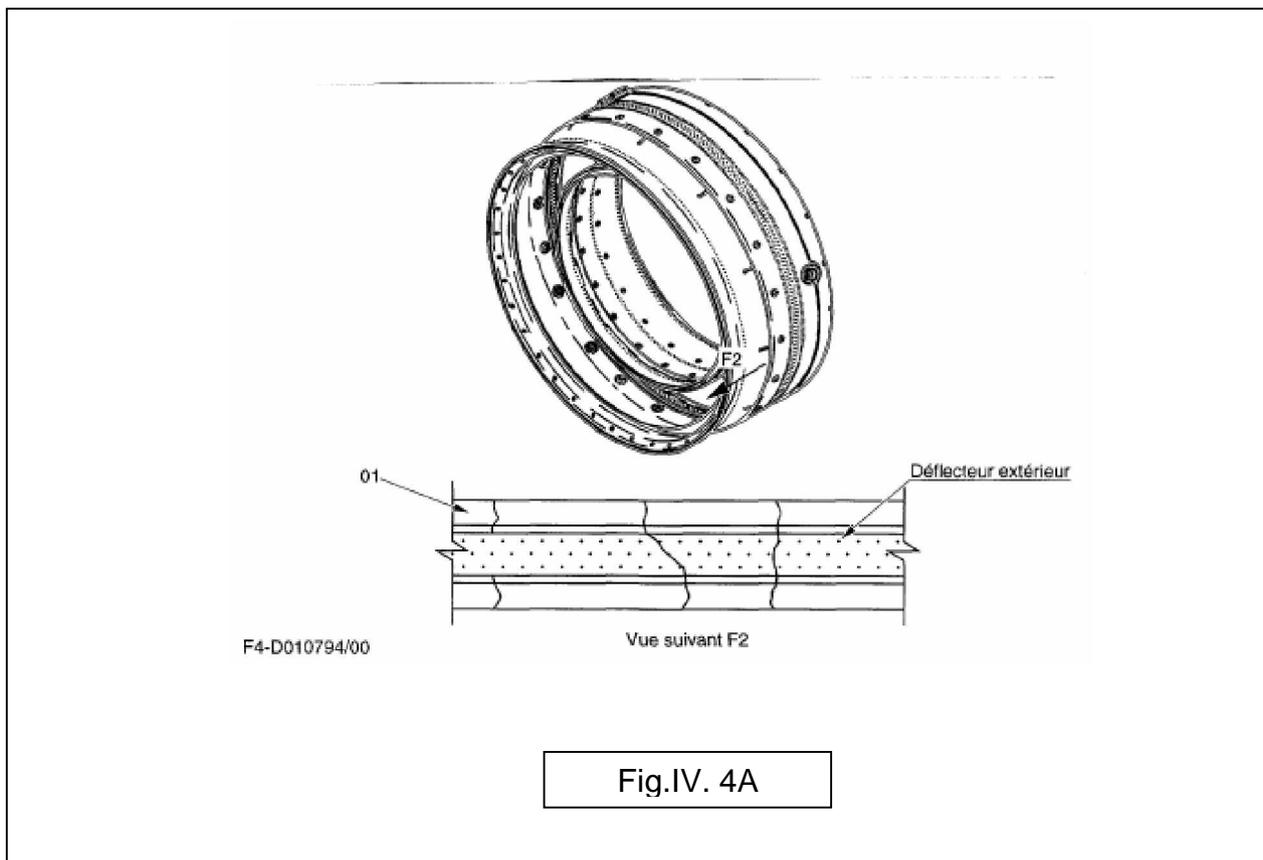
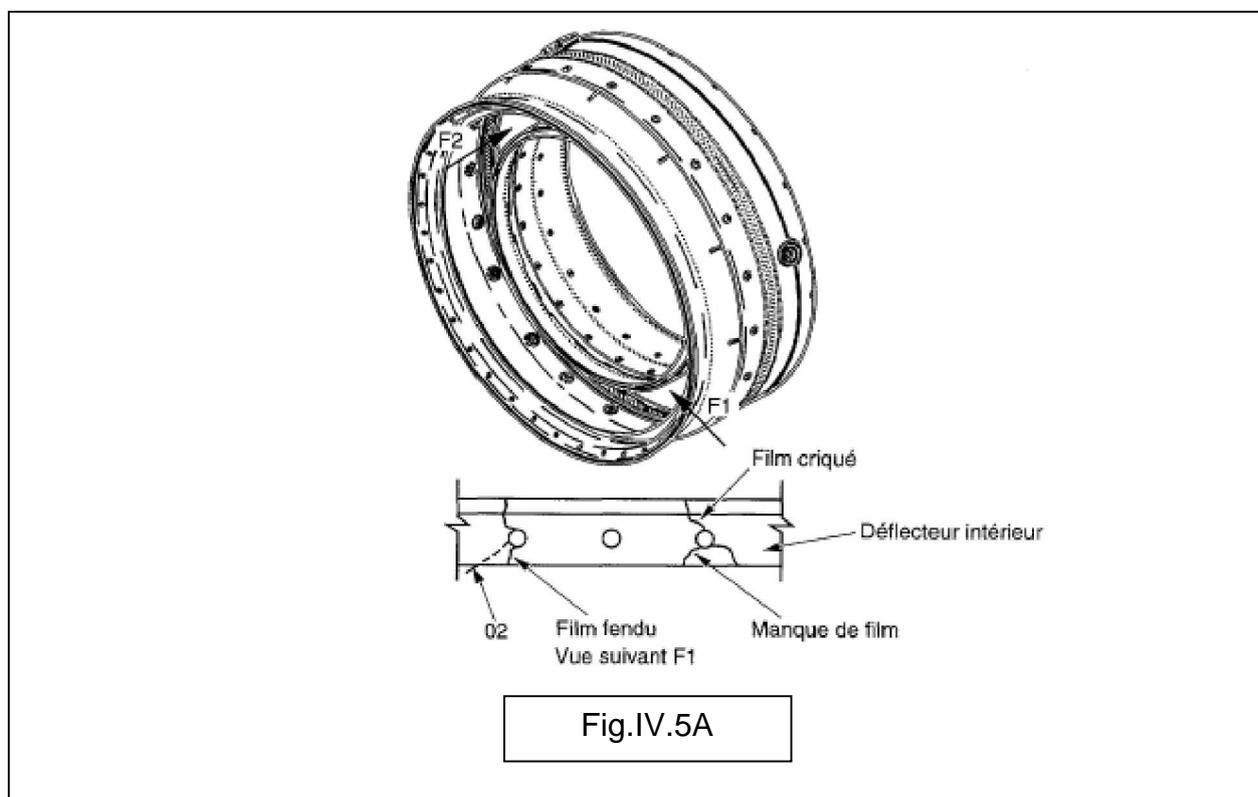
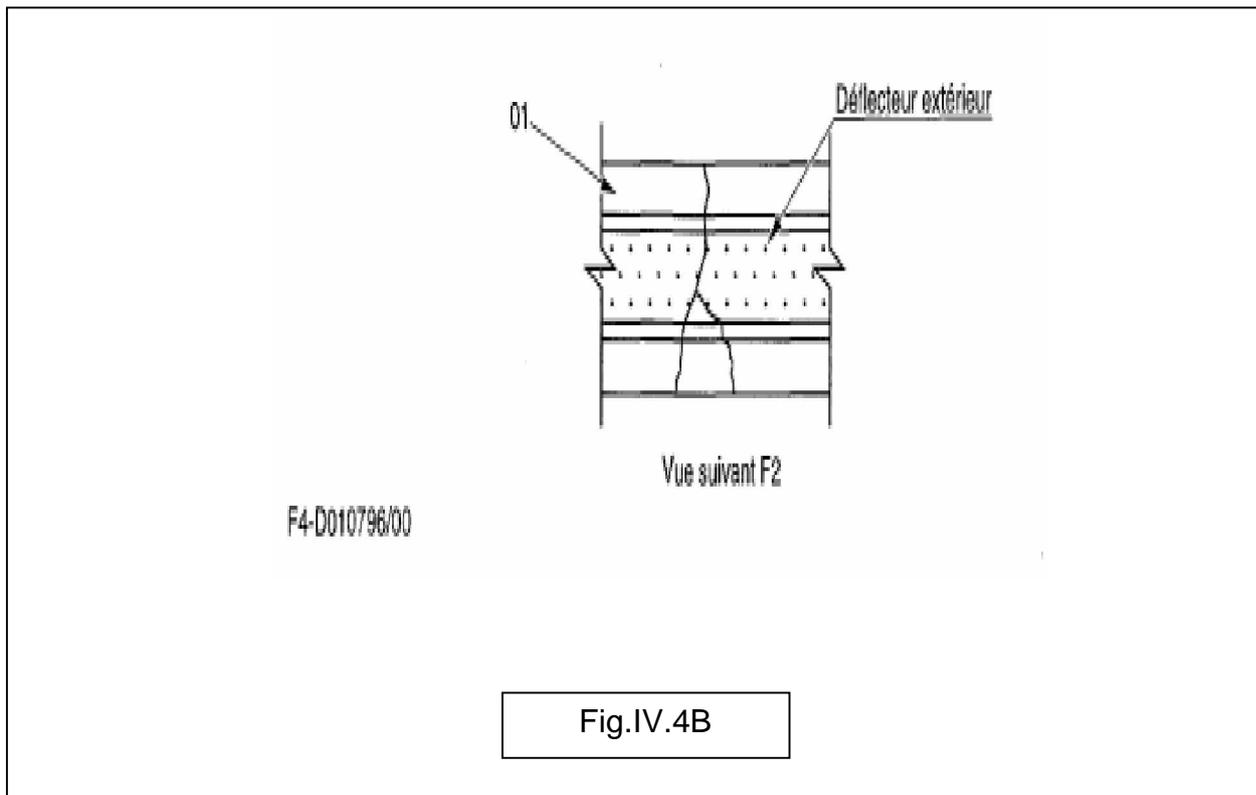
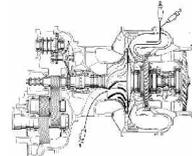
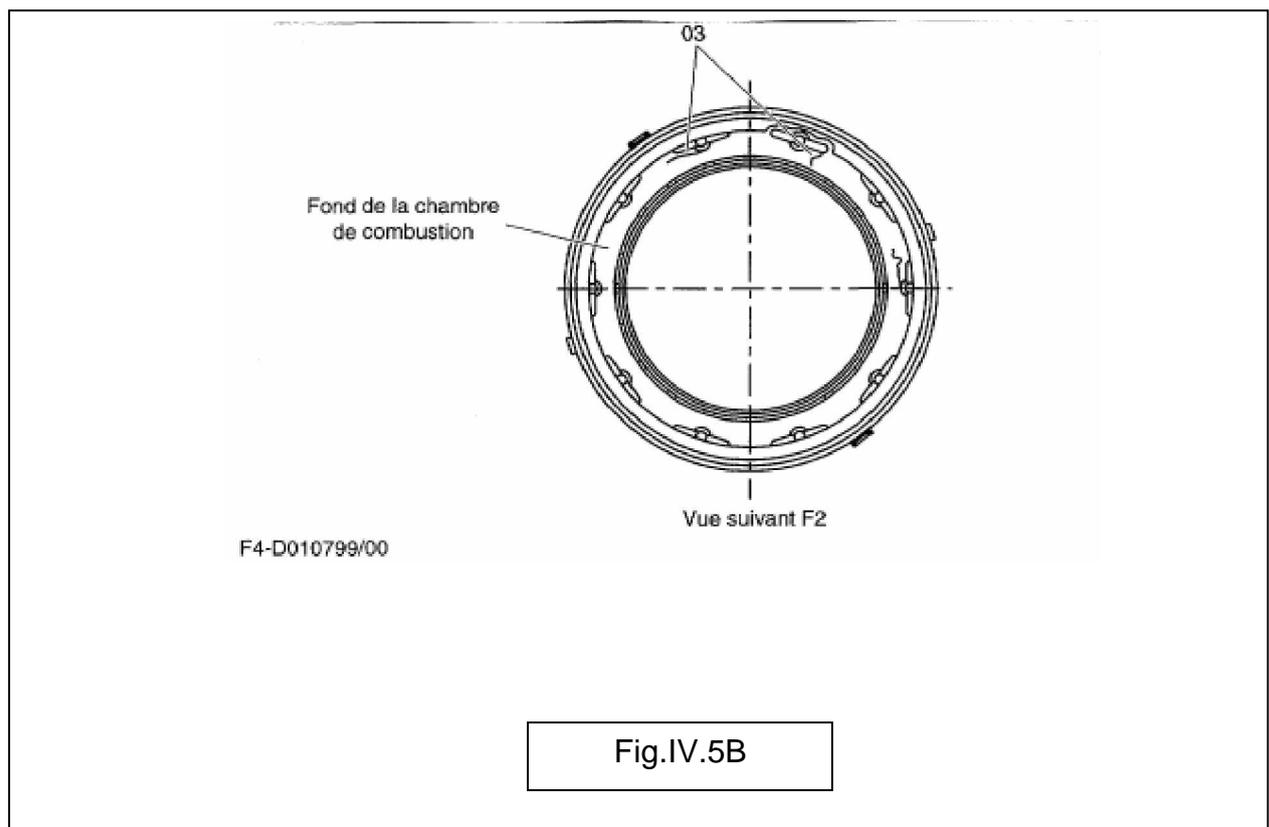
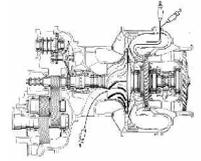


Fig.IV. 4A

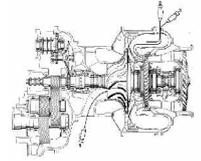




2-3)- Examen de la turbine HP : « voir (Fig.IV.6) »

L'examen de la turbine HP s'effectue au travers les étapes suivantes :

- a)- Déposer la bougie cote droit sur le moteur.
- b)- Introduire le guide endoscopique turbine HP (1) dans l'orifice jusqu'en butée et le fixer a l'aide d'une vis de fixation de la bougie.
- c)- Indexer l'endoscope flexible à l'aide du presse-étoupe a une longueur de 327 ± 1 mm.
- d) Introduire l'endoscope flexible (2) dans le guide (1) et effectuer l'examen des pales de la turbine HP à travers le distributeur HP (3) en faisant tourner le générateur à l'aide de la poignée de mise en rotation placée sur la prise de mouvement de la génératrice-démarrreur.
- e)- Contrôle endoscopique de la turbine HP.

**NOTA :****Les anomalies :**

On entend par anomalies :
Crique, impact, empreinte, éclat (détachement de métal), boursouffure, érosion, corrosion, touches en sommet de pale.

Critères d'acceptation des anomalies :

Sur tout le profil de la pale, les anomalies suivantes ne sont pas admises :

- Crique ou anomalie susceptible de par sa forme d'initier une crique.
- Eclats, boursouffures :(anomalies n'apparaissant que sur certaines pales de la roue de turbine « voire (Fig- 08B) »).

ACTION :

Retour du Module 2 en usine.

✚ En zone 1 : pied de pale « voire (Fig.IV.7) »

Aucune anomalie n'est admise.

ACTION:

Retour du Module 2 en usine.

✚ En zone 2 :

Les anomalies suivantes sont admises :

- Altération en surface du profil, sommet et milieu de pale.
- Erosion/corrosion « voire (Fig.IV.7) »:
Cette anomalie est reconnaissable par le fait qu'elle est identique sur toutes les pales « voire (Fig- 08A) ».
- Erosion du bord d'attaque en sommet et bord d'attaque de pale. Elle doit être identique et régulière sur toutes les pales, et ne doit pas excéder le tiers supérieur et le tiers du profil à partir du bord d'attaque.

✚ En zone 3 :

- Erosion du bord d'attaque tolérée en sommet et bord d'attaque de pale. Elle doit être identique et régulière sur toutes les pales, et ne doit pas excéder le tiers supérieur et le tiers du profil à partir du bord d'attaque.

Mesure radiale du jeu de la turbine compresseur :

- ✚ Pour des segments neuf le jeu est entre 0.019 et 0.021 inch
- ✚ Pour des segments utilisés le jeu est entre 0.017 et 0.023 inch

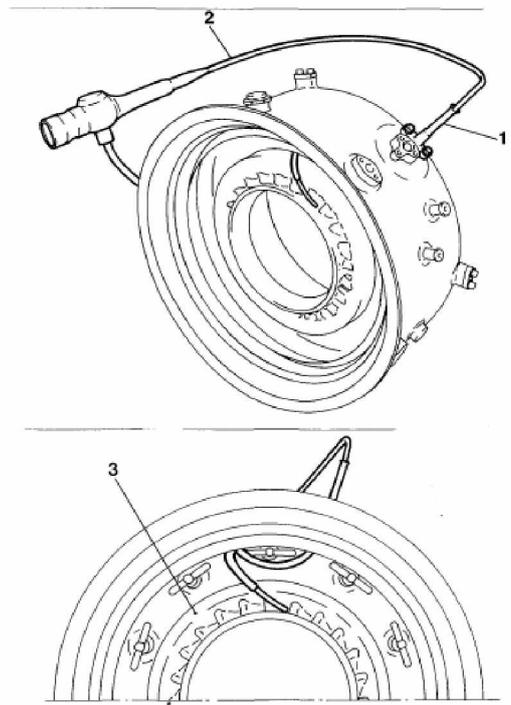
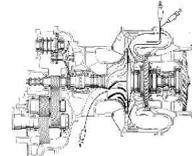


Fig.IV.6 Examen endoscopique de la turbine HP

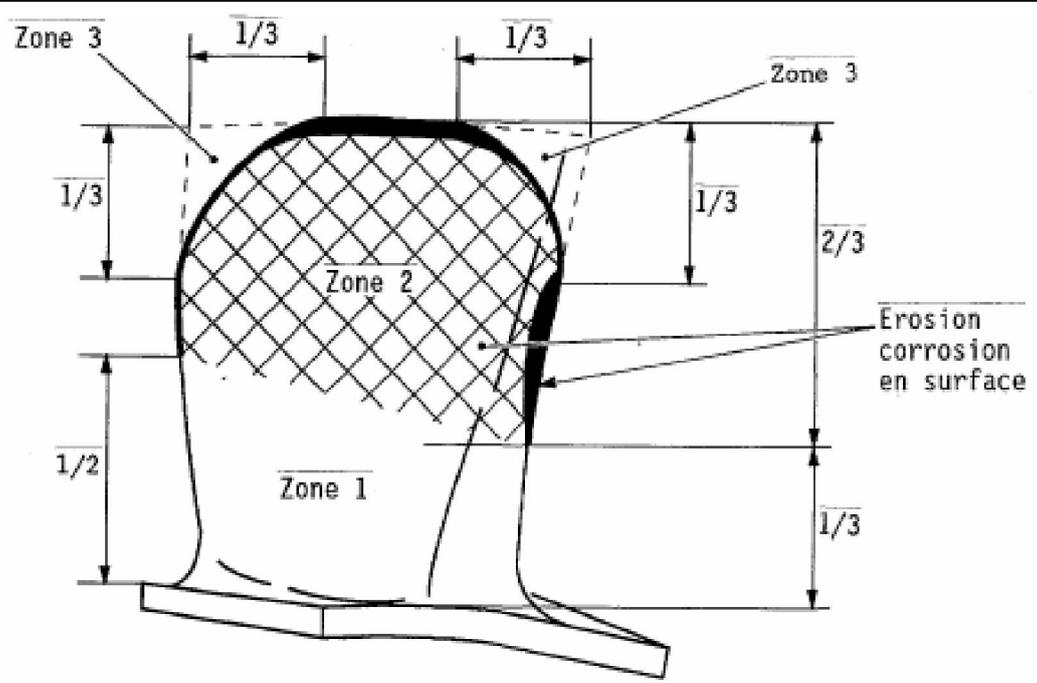
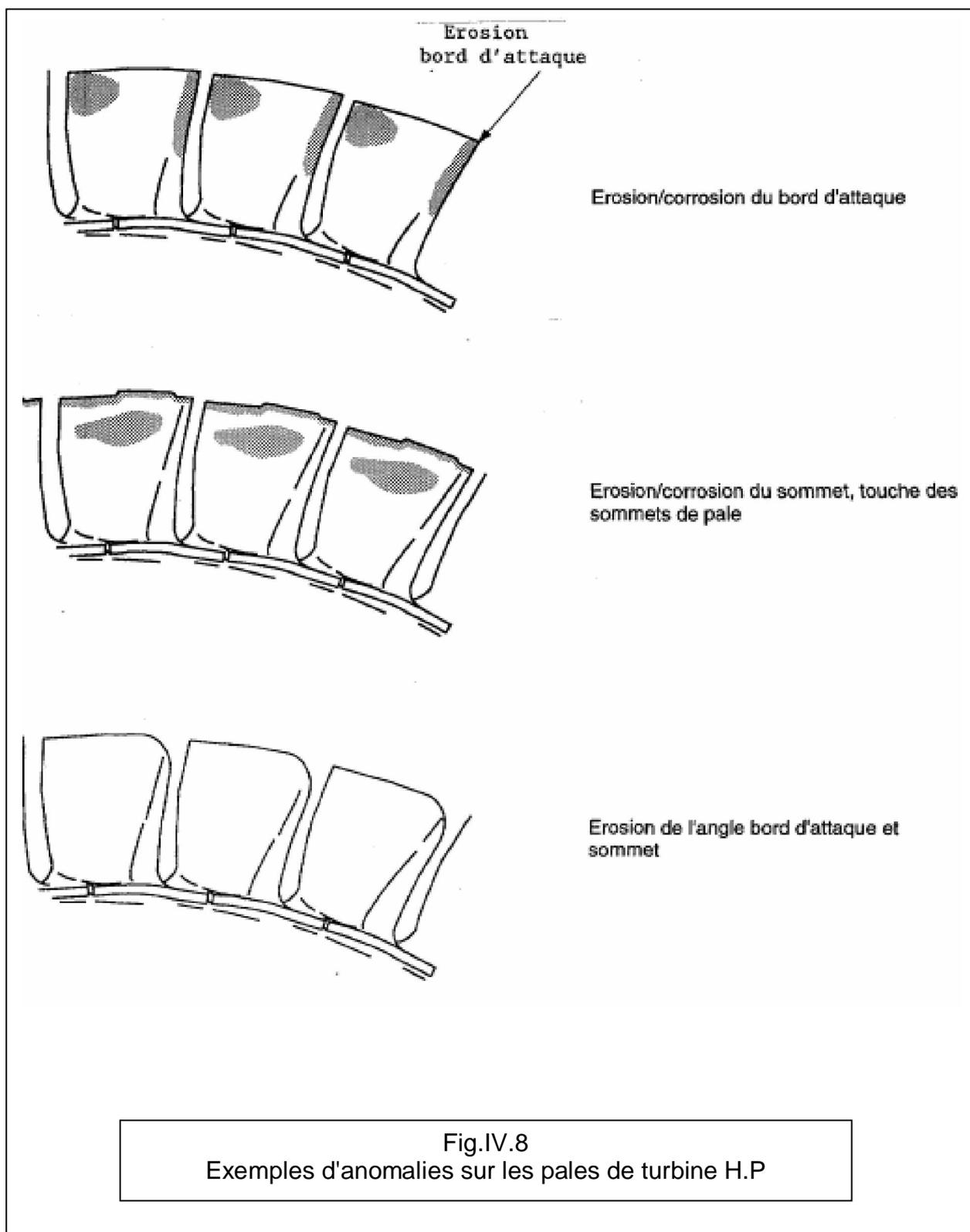
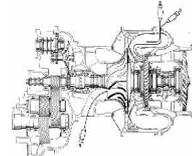
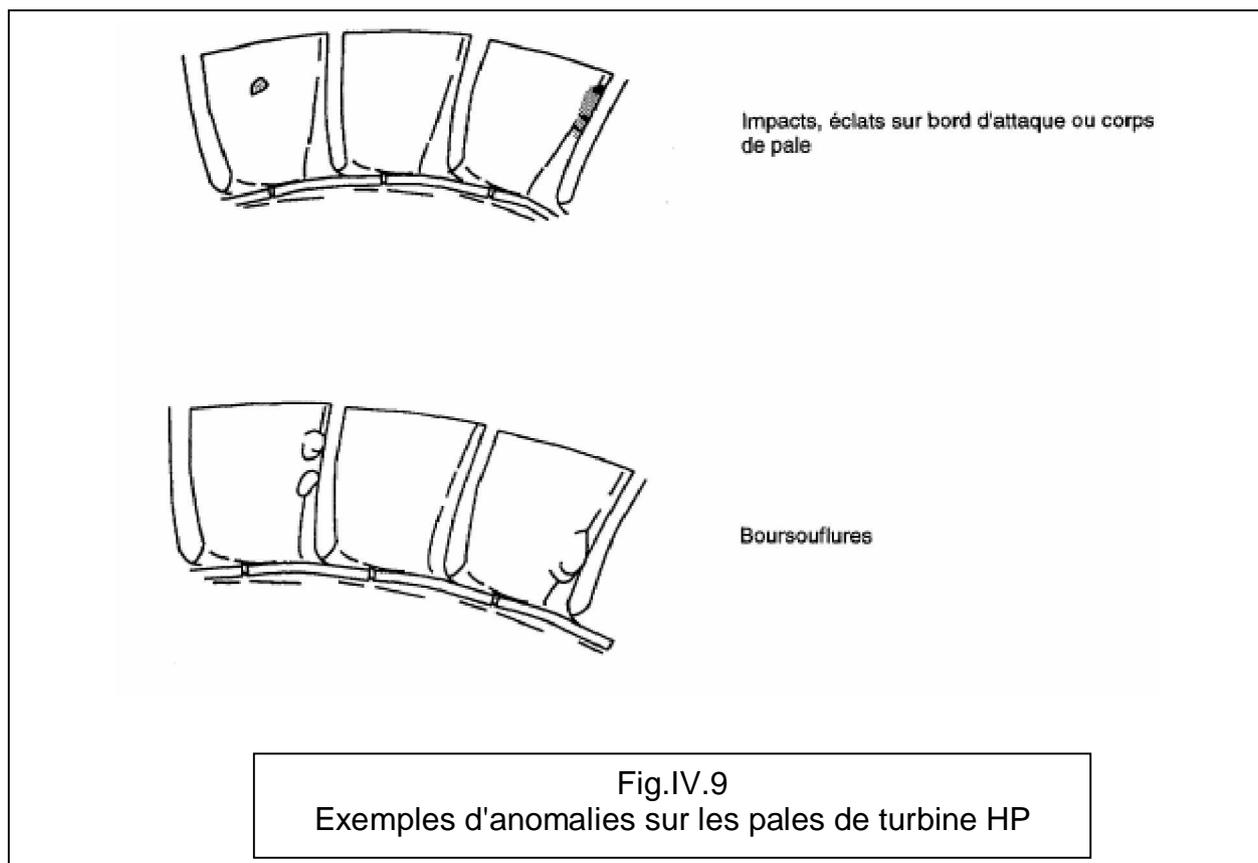
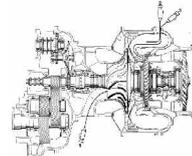


Fig.IV.7 Définition des zones de détérioration maximum admissible turbine H.P





Conclusion

Le moteur est conçu pour offrir un taux de disponibilité élevé avec certains concepts liés à l'exploitation comme la maintenabilité, l'efficacité et le coût donc il faut toujours avoir le rendement efficace avec le minimum coût et le maximum de sécurité et de surté.

Malgré la haut fiabilité et la disponibilité des concepts précédents et les avantages qu'il représente (grande souplesse d'utilisation, démarrage plus aisé et possibilité d'emmagasiner de l'énergie) l'anomalie dans les turbomoteur reste inéluctable et aléatoire. Cependant, on peut réduire son taux d'apparition si l'on tient compte des « ennemis » du turbomoteur qui sont :

- ✚ L'utilisation (non respect des limitations et des procédures de conduites).
- ✚ La maintenance (non respect des périodicités et applications stricte des procédures).
- ✚ L'alimentation (air, l'huile, carburant...).

Bibliographie

[1] Manuel Turbomeca ARRIUS-1

[2] Turbine à gaz

[3] Dictionnaire Technique De L'aérodynamique