

République Algérienne Démocratique Et Populaire
 Ministère De L'Enseignement Supérieur Et De La recherche scientifique
 UNIVERSITE DE BLIDA
 FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
 DEPARTEMENT D' AERONAUTIQUE



PROJET DE FIN D' ETUDES

Pour l'obtention du **DIPLOME DES ETUDES UNIVRSITAIES APPLIQUEES**

Option : **PROPULSION**

Thème

ETUDE TECHNOLOGIQUE
 ET MANUTENANCE DE L' INVERSEUR DE
 POUSSEE DU MOTEUR JT8D

Réalisé par :

- * Mr. GUENDA Badreddine
- * Mr. BOUTAHRAOUI Mohamed

Dirigé par :

- * Mr. AISSANI. Mouloud

PROMOTION 2003 - 2004

RESUME :

L'étude concerne l'analyse technologique de l'inverseur de poussée du moteur JT8D équipant l'avion B727 de la compagnie AIR ALGERIE.

Le système d'inversion de poussée permet d'augmenter les performances de freinage lors de roulage sur piste et d'allonger la durée de vie des freins et des roues.

Grâce à cette étude, on a pu comprendre et avoir clairement son fonctionnement et ses composants ainsi que les procédures de sa maintenance et le dépannage, aussi bien au niveau de l'atelier que sur piste.

SUMMARY:

The study relates to the technological analysis of the reverser of pushed engine JT8D equipping the B727 plane with the company AIR ALGERIE.

The thrust reverser system makes it possible to increase the performances of braking at the time of rolling on track and to lengthen the lifespan of the brakes and the wheels.

Thanks to this study, one could include/understand and to have clearly his operation and his components as well as the procedures of his maintenance and the breakdown service, as well on the level of the workshop on track.

REMERCIEMENTS

Nous remercions dieu de nous avoir donner le courage d'aller jusqu'au bout de ce travail.

Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudes à notre promoteur Mr.M. AISSANI Pour son aide et ses précieux conseils.

Nous remercions vivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Nous citons :

-Mr.HABES.

Mr.ABADA..

-Mr.MOKHTARI.

Dédicaces:

A ma famille:

Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère en la souhaitant longue vie et à mon père que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A Mes chers frères et sœurs :CHIKH, MOHAMED, KADA, HMIDA, ZANA, FATIMA, ZOIRA, HOURIA, RKAIA.

A Mes oncles et tantes, mes cousins et mes cousines. Mes neveux et mes nièces. .

A mes amis :

A mon collègue, à ABDERRAHIM, FAYCAL, RIAD, HAMZA FOUED, AZIZ, FETHELLEAH, HAMID, ABDESSAMAD, BAGHDAD

Sans oublier AMINE, ILIES, ZOHIR, REDOUANE, HMIMOU, ELHADJ, SOUIDE, SOUMIA, JAWIDA,

ASMA, SOUADE.

A tous ceux que j'ai oublié de citer.

Badro

Dédicaces :

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère mère qui m'a soutenu tout le long de mes études.

A mon chère père qui m'a aidé et rendu un homme.

*A mes frères : SIDALI, BOUBAKEUR, REDOUANE,
ABDELKADER, AZZEDDINE, ZOHIR.*

*A mon grand-père et ma grand-mère que dieu les accueille dans son
vaste paradis.*

A ma grand-mère qui m'a soutenu tout le long de mes études.

A mon grand-père que j'aime bien.

*A Mes oncles et tantes, mes cousins et mes cousines. Mes neveux
et mes nièces.*

A mon binôme, ABDERRAHIM et RIAD.

*A mes amis l'université de Blida, ceux du technicum : HOUCINE,
MADJID, FARID, NADJI, FAIDI, FAROUK,
ABDELKADER, MOHAMED SAAD, MOHAMED OUABEL.*

Sans oublier : MOHAMED, NACER, BRAHIM, HAKIM.

Et particulièrement à Mr. MOKHTARI MOHAMED.

A tous ceux que j'ai oublié de citer. MOHAMED

La liste des figures

CHAPITRE I :

Fig-I-1. Les parties constitutives du moteur.

Fig-I-2. Vue coupée du moteur.

Fig-I-3. Vue droite du moteur.

Fig-I-4. Le compresseur.

Fig-I-5. La turbine

Fig-I-6. La chambre de combustion.

Fig-I-7. Le système de lubrification.

Fig-I-8. Le système de carburant.

CHAPITRE II :

Fig-II-5. Inverseur à grilles.

Fig-II-6. Inverseur à portes deviant que le flux secondaire.

Fig-II-7. Inverseur à portes deviant les deux flux mélangés.

Fig-II-8. Inverseur en cascades.

Fig-II-9. Exemples de l'ouverture et de fermetures de l'inverseur de poussée.

Fig-II-10. Les parties supérieures et inférieures de l'inverseur de poussée.

Fig-II-12. Système d'ouverture par vérins.

Fig-II- 13. Système de fermeture par crochets.

Fig-II-14. Limitation de l'emploi de l'inverseur de poussée.

Fig-II-15. Test sur l'inverseur de poussée

CHAPITRE III :

Fig-III-1 schéma global de l'inverseur de poussée du B727

Fig-III-2 schéma de fonctionnement

Fig-III-3 La position des vérins

Fig-III-4 le vérin de commande

Fig-III-5 le vérin de verrouillage

Fig-III-6 la valve directionnelle

Fig-III-7 le filtre à air

Fig-III-8 le mécanisme d'articulation

Fig-III-9 les portes de l'inverseur de poussée

Fig-III-10 le joint d'air

Fig-III-11 l'anneau de la tuyère d'éjection

Fig-III-12 la tuyère d'éjection

CHAPITRE IV :

Fig-IV-1 les principales causes de la maintenance

Fig-IV-2 banc d'essai de fonctionnement des inverseurs de poussée

La liste des tableaux

Tableau N°1 : Vue coupée du moteur

Tableau N°2 : Vue droite du moteur

Tableau N°3 : Chambre de combustion

Tableau N°4 : Recherche de pannes

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE MOTEUR JT8D

I-HISTORIQUE DU MOTEUR JT8D.....	3
II/DESCRIPTION DU MOTEUR.....	7
III/CARACTERISTIQUES GENERALES DU MOTEUR.....	7
IV/DESCIPTION DES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU MOTEUR	8
IV-1/ Entrée d'air	8
IV-2/ Ensemble tournant compresseur-turbine	8
IV-3/ Chambre de combustion.....	11
IV-4/ Tuyère d'éjection	13
IV-5/ Section diffuseur	13
IV-6/ Section d'échappement	13
V/LES DIFFERENTS SYSTEMES DU JT8D	14
V-1/Système d'allumage : (ignation).....	14
V-2/Système de lubrification :(oil system).....	14
V-3/Système de démarrage :(starting).....	16
V-4/Système carburant :(fuel system and fuel control).....	16
V-5/Système de dégivrage :(engine anti-ice)	18
V-6/Système de soutirage : (air system)	18
V-7/ système anti-pompage	19
V-8/ système inverseur de poussée	19

CHAPITRE II : LES INVERSEURS DE POUSSEE

I -PRESENTATION DE L'INVERSEUR DE POUSSEE	20
1- Où se trouve l'inverseur de poussée	20
2-Intérêt de l'inverseur de poussée	21
3- Caractéristiques d'un inverseur de poussée	23
4-Principe de l'inverseur de poussée	26
5-Les composants	26
II-LES DIFFERENTS TYPES D'INVERSEURS	26
1 Les inverseurs à grilles.....	28
2 L'inverseur à portes ne déviant que le flux secondaire	29
3 L'inverseur à portes déviant les deux flux mélangés	30
4 L'inverseur en cascade	31
5 Inverseur système mixte	32
III- QUELQUES VUES INTERNES DU SYSTEME D'INVERSION (PORTES, ATTACHES...).....	33

I Schéma explicatif du système d'ouverture par vérin	34
2 Système de fermetures par crochet des inverseurs	34
IV- LIMITATIONS D'EMPLOI D'UN INVERSEUR DE POUSSEE...34	
V- EXIGENCES DE L'INVERSEUR DE POUSSEE	35
VI- INFLUENCE DES PARAMETRES GEOMETRIQUES.....	36
VII- REALISATION DE TESTS SUR LES INVERSEURS DE POUSSEE.....	38
1/ Test des inverseurs de poussée.....	38
2/ Schéma du dispositif	39

CHAPITRE III : L'INVERSEUR DE POUSSEE DU MOTEUR JT8D DU B727

I-INTRODUCTION.....	41
II-CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES GEOMETRIQUES DE L'INVERSEUR DE POUSSEE.....	41
III-FONCTIONNEMENT.....	43
IV-LES DIFFERENTS COMPOSANTS DE L'INVERSEUR DE POUSSEE DU B727	45
IV-1/ le vérin de commande.....	45
IV-2/ le vérin de verrouillage de l'inverseur de poussée	47
IV-3/ la valve directionnelle (le sélecteur).....	48
IV-4/ le filtre à air.....	49
IV-5/ le mécanisme d'articulation des portes de l'inverseur de poussée.....	50
IV-6/ les portes de l'inverseur de poussée.....	51
IV-7/ le joint d'air.....	52
IV-8/ l'anneau (jupe)de la tuyère d'éjection	53
IV-9/ la tuyère d'éjection.....	54

CHAPITRE IV : MAINTENANCE ET RECHERCHE DE PANNES DE L'INVERSEUR DE POUSSEE DU B727

I- INTRODUCTION.....	56
II-DEFINITION D'UNE DEFAILLANCE.....	57
III/ DEFINITION DE LA MAINTENANCE	58
III-1/la maintenance préventive	58
III-2/la maintenance corrective	58
IV-MAINTENANCE DU SYSTEME D 'INVERSION DE POUSSEE DU MOTEUR JT8D DU B727	59
IV-a/révision générale.....	59
IV-a-1/ démontage de l'inverseur	59
IV-a-2/ nettoyage	60

IV-a-3/ inspection	60
IV-a-4/ réparation	61
IV-a-5/ remontage de l'inverseur	61
IV-a-6/REGLAGE FINAL	62
IV-a-7/ESSAI DE FONCTIONNEMENT FINAL APRES REVISION.	63
IV-b/INSPECTION ROUTINIÈRE (Sur piste).....	65
IV-b-1/BIELLETES ET LEVIERS DE COMMANDE DES DEMI- COQUILLES	65
IV-b-2/SUPPORTS AVANTS.....	65
IV-b-3/INSPECTION DE LA STRUCTURE	65
IV-b-4/INSPECTION DES DEMI-COQUILLES	65
IV-b-5/INSPECTION DES AUBES EN CASCADE	66
IV-b-6/INSPECTION DES CARENAGES INSTALLES AUTOUR DES GRILLES EN CASCADE	66
IV-b-7/INSPECTION DU JOINT AVANT	66
IV-b-8/INSPECTION DE LA TUYERE D'EJECTION	66
IV-b-9/INSPECTION DU CARENAGE DE TUYERE	66
IV-b-10/INSPECTION DU CARENAGE AVANT	66
IV-b-11/INSPECTION DES CARENAGES DES VERINS PNEUMATIQUES.....	66
IV-b-12/INSPECTION DES CACHES RAILS.....	67
IV-b-13/DANS LE CAS D'UN INVERSEUR DE POUSSEE A CASCADE	67
IV-b-14/ESSAI DE FONCTIONNEMENT	67
IV-b-15/REMONTAGE DES CARENAGES DES VERINS PNEUMATIQUES.....	67
V- RECHERCHE DE PANNE.....	68
V.1EXEMPLE DE RECHERCHE DE PANNE DE L'INVERSEUR DE POUSSEE	68
VI- LES DEVELOPPEMENTS ACTUELS ET FUTURS	70
VI-1/ LES RECHERCHES SUR LA MASSE	70
VI-2/ LES RECHERCHES SUR LE BRUIT	71
<u>CONCLUSION :</u>	72

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE:

Avec le développement considérable de la technologie aéronautique à travers ces dernières décennies pour l'amélioration des performances, les avions ont connu un agrandissement et un développement remarquable dans leurs tailles et leurs puissances et par suite une augmentation des longueurs des pistes nécessaire à leur décollage et atterrissage.

L'idée des concepteurs est donc imposée d'orienter la recherche dans la voie du décollage et atterrissage sur piste avec un roulage très court possible. Ainsi, le système de l'inverseur de poussée fait l'objet d'une partie de cette recherche aéronautique importante.

Les freins des avions modernes sont très efficaces. Mais sur piste mouillée, glacée ou recouverte de neige, cette efficacité peut être réduite par la perte d'adhérence des pneus de l'avion sur la piste. Lors de manœuvres très délicates comme celle du décollage interrompu, l'assistance d'un système annexe aux freins de roue est devenue nécessaire et incontournable.

Ainsi que l'existence d'une poussée résiduelle des turbomachines au ralenti et le long délai de réponse à la sollicitation du pilote (délai d'autant plus gênant que l'avion est plus rapide), compliquent ce problème du freinage qui nécessite aussi la présence de l'inverseur de poussée.

De là, l'objectif de notre mémoire est l'étude technologique ainsi que l'étude de maintenance de l'inverseurs de poussée du moteur JT8D installé sur l'avion B727 qui est devenu un organe vital et essentiel pour un atterrissage sécurisé et facile.

Pour mener à bien cette étude, nous avons réparti le travail comme suit :
Une description générale du moteur JT8D de conception américaine, et ses modules constitutifs, fait l'objet du premier chapitre.

Le second chapitre présente une étude globale des différents inverseurs de poussée qui existent, avec une analyse comparative entre eux.

Tandis que, le chapitre suivant montre une étude fonctionnelle technologique des différents composants de l'inverseur de poussée du moteur JT8d du B727.

Enfin, le dernier chapitre traite le problème de la maintenance et la recherche de pannes de cet inverseur dont on présente en détail sa révision générale à l'atelier ainsi que les différentes inspections mises en œuvre sur piste lors d'un dépannage. Puis, on termine ce chapitre par quelques développements futurs.

Finalement une conclusion générale clôtura l'étude.

CHAPITRE I

Généralités sur le moteur JT8D

I/HISTORIQUE DU MOTEUR JT8D :

Le moteur JT8D est un turboréacteur double corps, double flux à écoulement axial fabriqué par le constructeur américain 'PRATT et WHITNEY'. Sa conception débuta en Avril 1960 avec le modèle JT8D-1.

Plusieurs variantes du premier modèle ont été construits après, englobant des modifications et des développement technologiques qui ont en des impacts remarquables sur certains paramètres tels que la poussée , la consommation spécifique ,le poids ,etc.....

Le tableau ci-après illustre les dates de certification et les poussées produites par chaque modèle :

<u>Modèle</u>	<u>Poussée (pounds)</u>	<u>date de certification</u>
JT8D-1	14000 à 15 °C	Février 1963
JT8D-5	12000	Avril 1963
JT8D-7	14000 à 27 °C	Mars 1966
JT8D-9	14500	Mai 1967
JT8D-11	15000	Sept. 1968
JT8D-15	15500	Avril 1971
JT8D-17	16000	Février 1974
JT8D-17R	17400	Avril 1976

La production a enregistré 11878 moteurs construits.

<u>Modèle</u>	<u>Nombre de moteurs construits</u>
JT8D-1/-5	1809
JT8D-7	2612
JT8D-9	2832
JT8D-11	128
JT8D-15	2525
JT8D-15A	338
JT8D-17	1069
JT8D-17A	241
JT8D-17R	312
JT8D-17AR	12

Notons enfin que ces types de moteurs équipent les avions suivants :

- Boeing 727/737.
- Mc Donnell Douglas 9.
- Dassault Super Caravelle et Mercure.
- Saab Viggen.

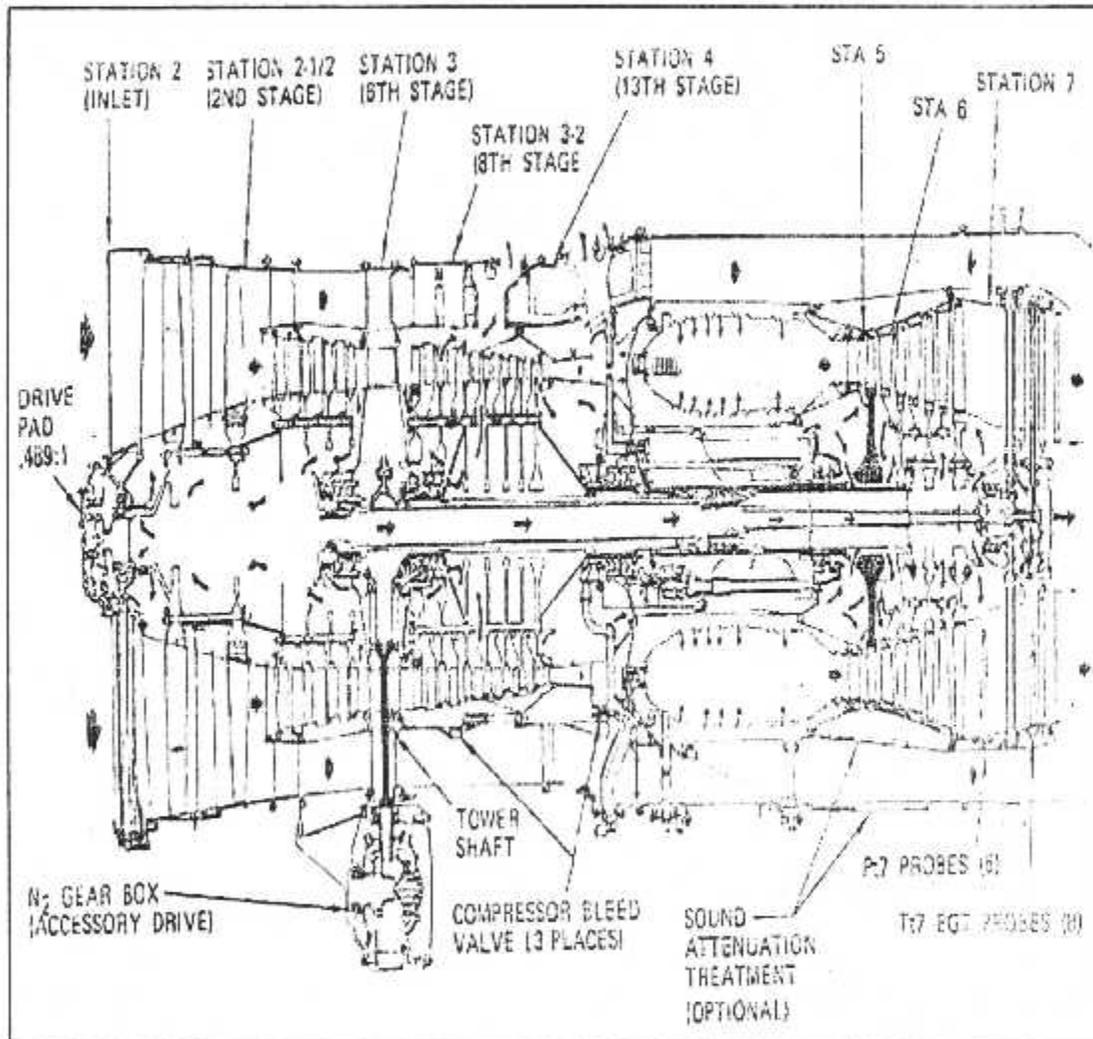


Fig.-I-1. Les parties constitutives du moteur JT8D.

Vue coupée du moteur : [Fig.I-2]

Num	Désignation	Num	Désignation
01	Flux primaire	02	Flux secondaire
03	Attelage basse pression	04	Attelage haute pression
05	Entrée fan	06	Compresseur basse pression
07	Compresseur haute pression	08	Diffuseur
09	Chambre de combustion	10	Turbine haute pression
11	Turbine basse pression	12	Section d'échappement

Vue droite du moteur : [Fig.I-3]

Num	Désignation	Num	Désignation
01	Tuyère d'éjection	02	Carter de la turbine
03	Prise de bougie	04	Carter diffuseur
05	Soutirage de 8 ^{ème} étage	06	Soutirage de 6 ^{ème} étage
07	Support de maintien moteur pour lavage	08	Carter intermédiaire
09	Valve anti-givrage	10	Tube d'air
11	Prise de bougie	12	Purgeur distributeur
13	Canalisation de régulation d'huile	14	Pompe de carburant
15	Levier de commande	16	Boite d'entraînement d'accessoires

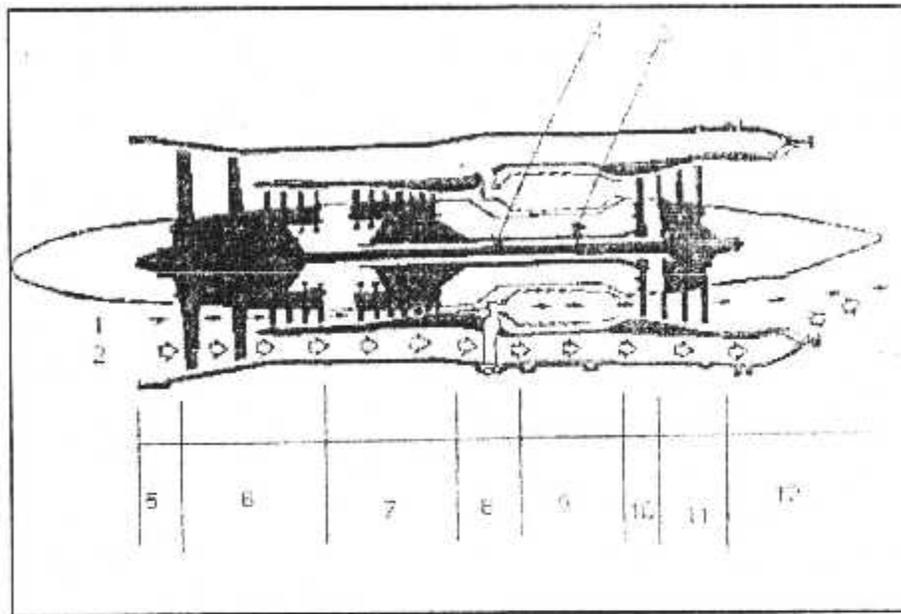


Fig-I-2. Vue coupée du moteur

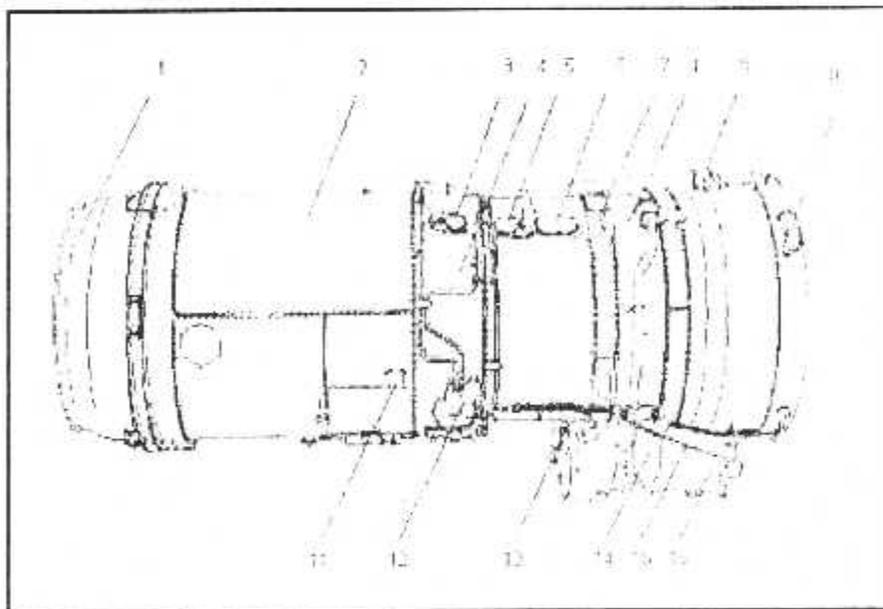


Fig-I-3. Vue droite du moteur

II/DESCRIPTION DU MOTEUR :

Le moteur se compose essentiellement :

- ◆ Une prise d'air suivie des aubes directrices d'entrée.
- ◆ D'un compresseur axial à 2 attelages, à 13 étages :
 - 6 étages à basse pression.
 - 7 étages à haute pression.
- ◆ De 9 chambres de combustion du type turbo-annulaire entourant les arbres de transmission.
- ◆ D'une turbine axiale à 2 attelage, à 4 étages :
 - 1 étage à haute pression.
 - 3 étages à basse pression.
- ◆ Une tuyère d'éjection et un inverseur de poussée prolongeant la turbine.

III/CARACTERISTIQUES GENERALES DU MOTEUR :

Poussée au décollage.....	7030 daN
Poussée maximum continue.....	6235.83 daN
Poussée maximum de croisière.....	5624 daN
Ralentie.....	421.77 daN
Longueur.....	3.137 m
Diamètre maximum approximatif.....	1.07m
Vitesse de rotation à 100%.....	N1=8590 tr/min.....N2=12250 tr/min
Vitesse de rotation maximum.....	102.4%
Poids du moteur à sec.....	1502 kg (1.502 tonnes)
Rapport de compression (Pt4/Pt2).....	18
Rapport de compression du fan (Pt2.5/Pt2).....	1.975
Débit d'air entrant au décollage.....	146.06/148.33 kg/h
Taux de dilution (by-pass ratio).....	0.99
Débit d'air.....	147 kg/s
Le moteur à l'état neuf développe une Poussée d'environ 71 kN avec une consommation spécifique de 0.286 Kg.h/kN au régime de décollage.	
La température au décollage.....	1062 °C
EGT maximale à l'entrée turbine (T ⁰)	620 °C

IV/DESCRIPTION DES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU MOTEUR :

Le moteur Jt8D est composé des éléments suivants :

IV-1/Entrée d'air :

Elle est du type Pitot, c'est une conduite destinée à ramener l'air dans les meilleures conditions possibles à l'entrée du compresseur pour augmenter sa pression, généralement elles sont constituées d'une marche d'entrée à double parois en alliage d'Aluminium.

IV-2/Ensemble tournant compresseur-turbine :

C'est un réacteur à double flux et à soufflante avant (turbofan) comprenant deux attelages compresseur-turbine arbres concentriques :

◆ Un attelage basse pression comprenant un compresseur axial à 6 étages entraîné par une turbine à 3 étages .Les deux premiers étages du compresseur constituent la soufflante du flux d'air provenant de la soufflante (flux secondaire) est canalisé autour du réacteur et rejoint dans les conduites d'éjection le flux passant à l'intérieur du réacteur (flux primaire).

◆ Un attelage haute pression comprenant un compresseur à 7 étages entraîné par une turbine à 1 étage.

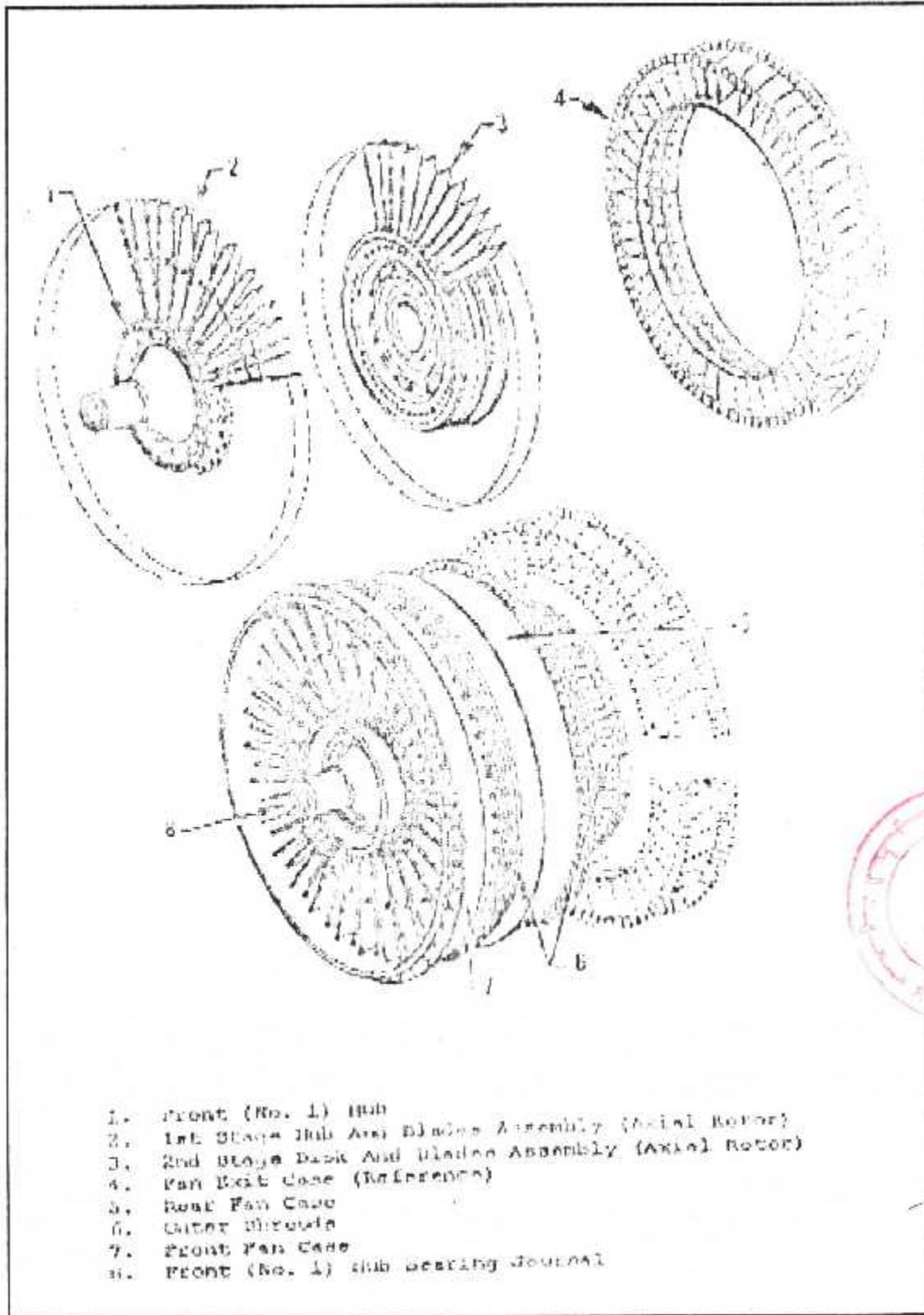


Fig-I-4. Le Compresseur

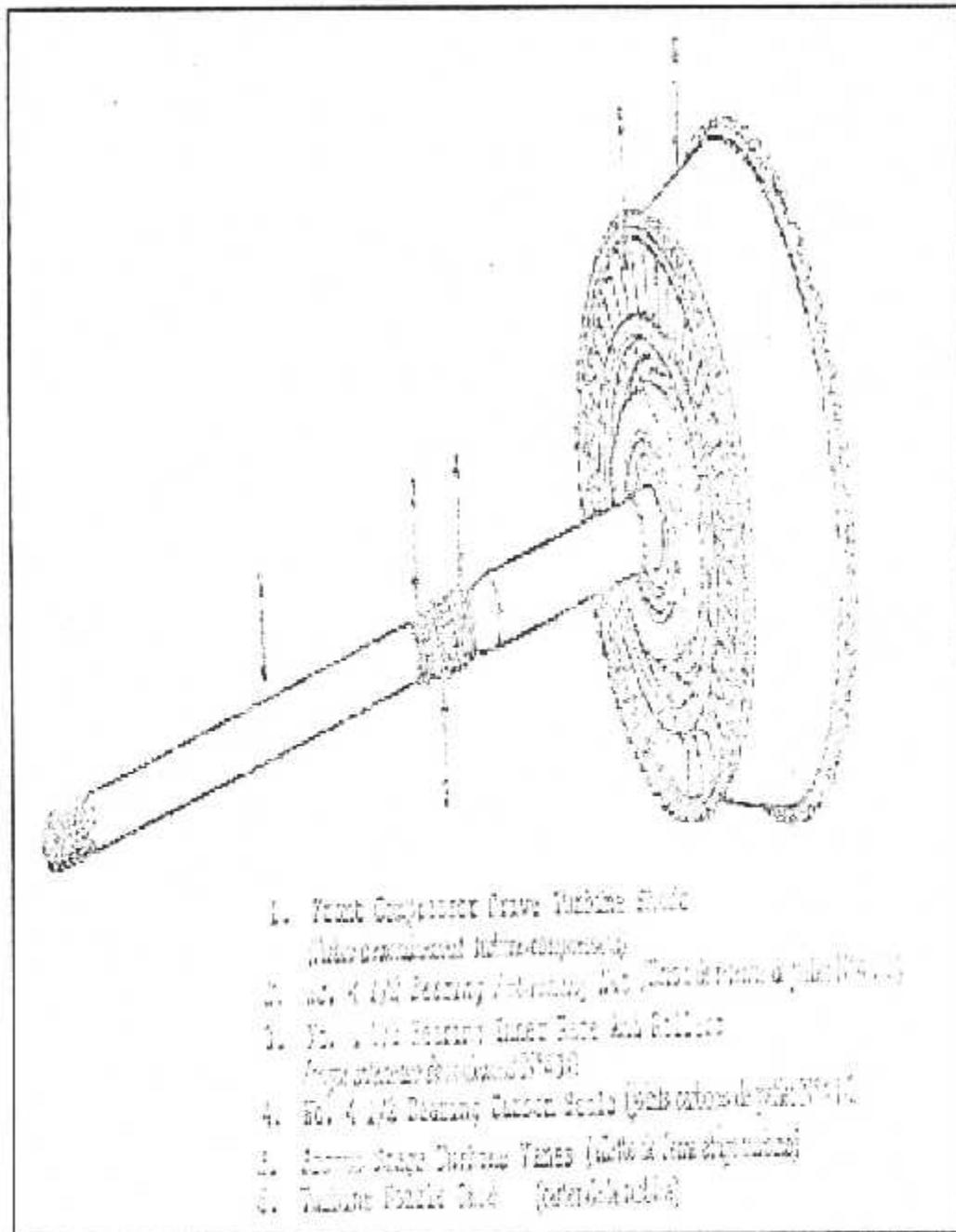


Fig-I-5.La turbine.

IV-3/Chambre de combustion :

Elle est constituée par un carter cylindrique contenant 9 tubes à flammes numérotés de 1 à 9 (en partant du haut dans le sens horaire, le réacteur étant vu de l'arrière) :

- Un injecteur carburant par tube à flamme.
- Deux bougies d'allumage placées respectivement dans les tubes N⁰4 et N⁰7
- Les tubes à flamme sont reliés entre eux par des raccords d'intercommunication.

Num.	Désignation
01	Chambre de combustion
02	Pulvérisateur
03	Trou dilution
04	Carter intérieur des chambres de combustion

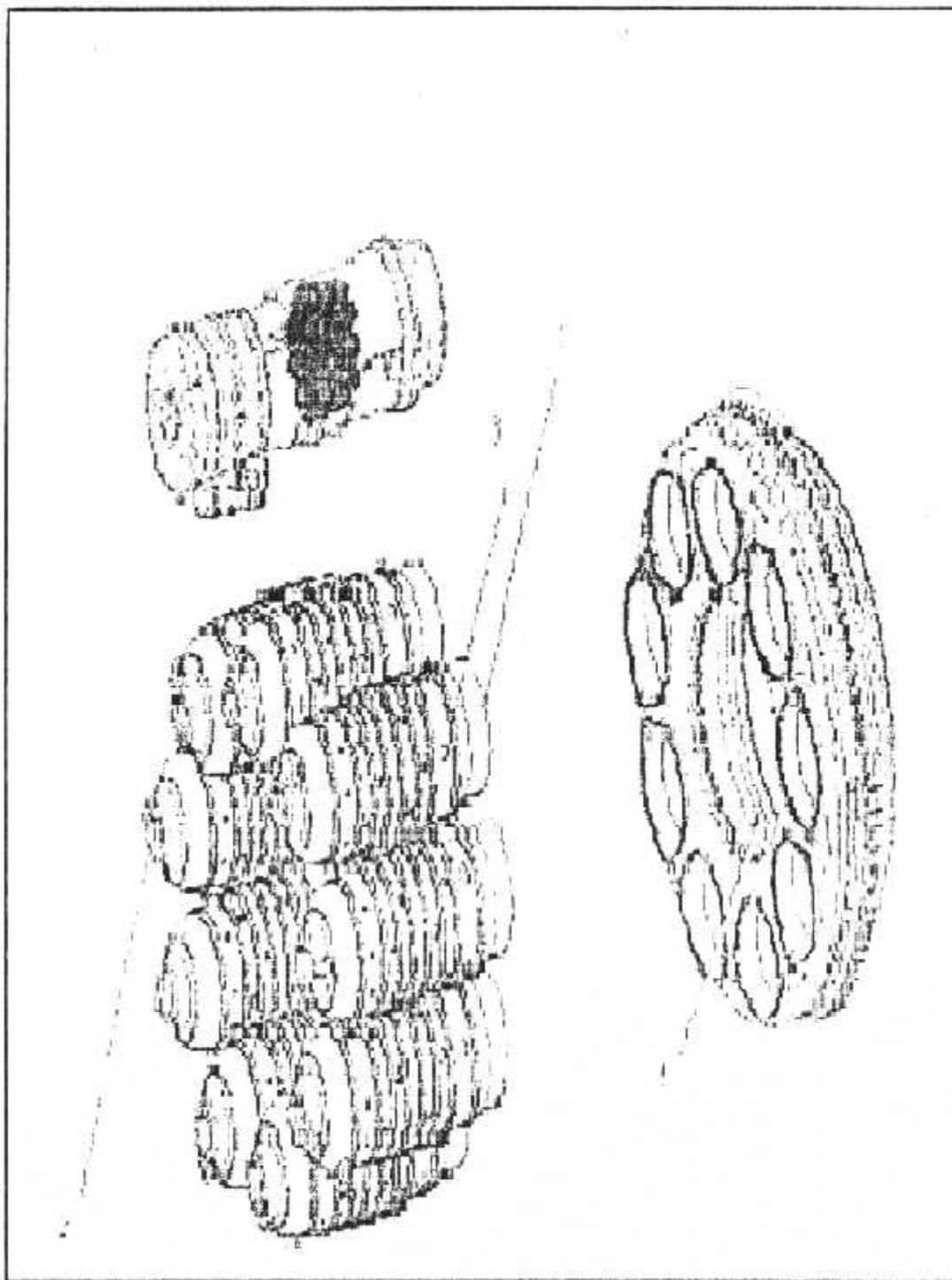


Fig-I-6.La chambre de combustion.

IV-4/ Tuyère d'éjection :

Elle est convergente-divergente, la détente utile à la propulsion commence après la turbine et s'effectue dans l'ensemble du canal d'éjection. La section de celle-ci assure la liaison entre la turbine et les inverseurs de poussée.

IV-6/ Section diffuseur :

Cette section assure la liaison entre l'arrière du compresseur et les chambres de combustion.

Avant l'admission dans celle-ci, l'air primaire du moteur est freiné dans le diffuseur et sa pression augmente. De plus l'écoulement devient axial.

La section diffuseur contient :

- ◆ L'étage 13 du compresseur.
- ◆ Les aubes directrices à la sortie de N°2.
- ◆ Un reniflard pour le soutirage d'air du 13^{ème} étage.
- ◆ Le support et le logement de roulement N° 4.
- ◆ Les tubulures du carburant.

La section est constituée de différents carters externes et internes. Les carters entourent à l'avant l'étage 13 du compresseur.

IV-7/Section d'échappement :

Cette section est située entre la turbine et l'inverseur de poussée, elle sert également à accélérer les gaz.

V/LES DIFFERENTS SYSTEMES DU JT8D :**V-1/Système d'allumage : (ignation)**

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

Le système d'allumage comprends :

- Une boîte d'allumage.
- Deux câbles haute tension.
- Deux bougies d'allumage dans les chambres de combustion 4 et 7 qui produisent des étincelles allumant ainsi le mélange air-fuel présent aux chambres de combustion.

V-2/Système de lubrification :(oil system)

Chaque moteur est équipé d'un circuit de lubrification autonome destiné à lubrifier , refroidir et nettoyer les sept roulements ainsi la boîte d'entraînement des accessoires .Tous les éléments du circuit sont montés sur le moteur.

Le système de lubrification comprends :

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

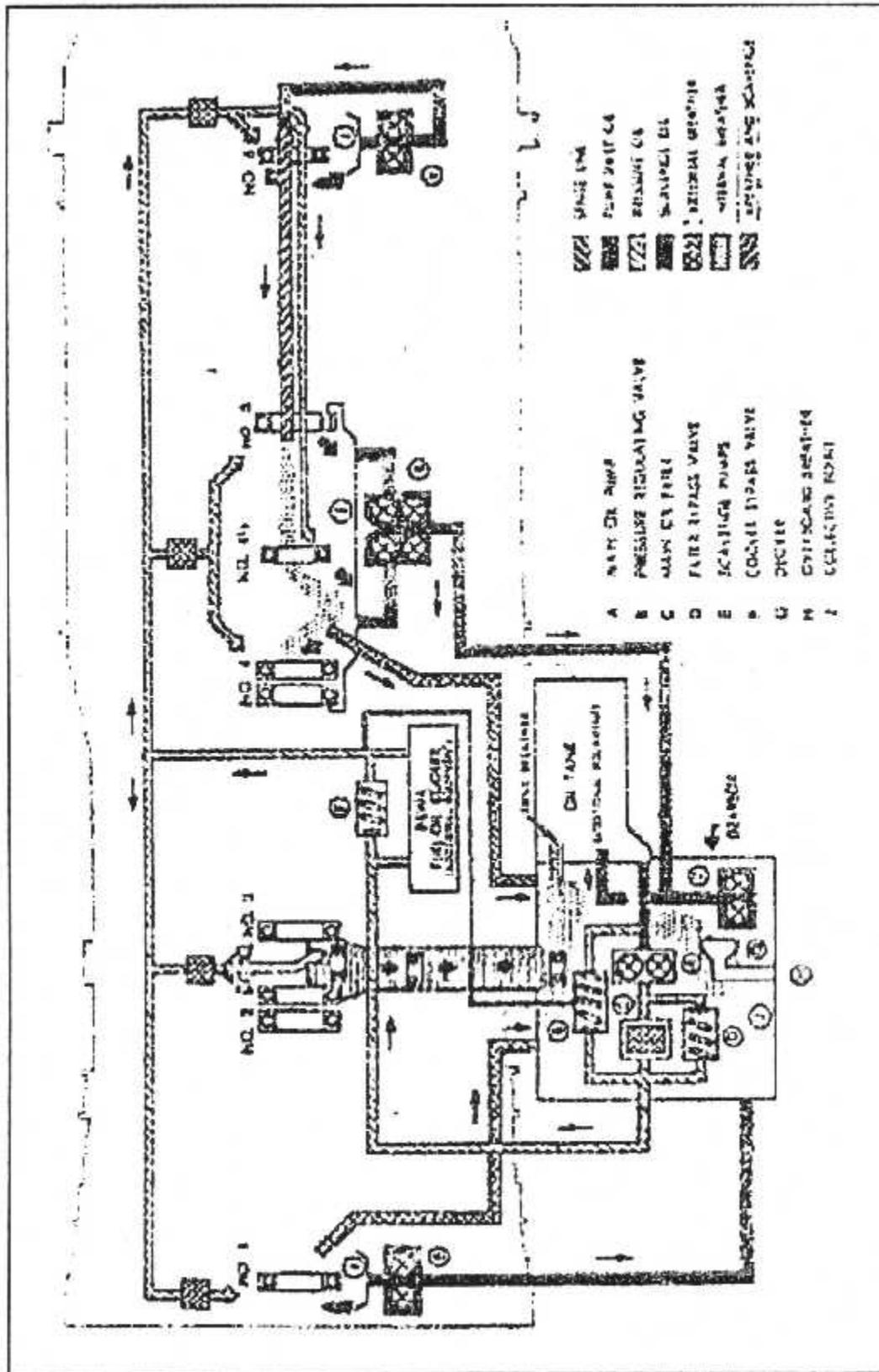


Fig-I-7.le système de lubrification.

V-3/Système de démarrage :(starting)

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

Trois possibilités existent pour alimenter ce système :

- Par un groupe à air.
- Par de l'air soutiré du groupe de puissance (A.P.U : auxiliar power unit)
- Par de l'air soutiré du réacteur opposé lorsqu'il est en fonctionnement.

V-4/Système carburant :(fuel system and fuel control)

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

Le système de carburation comprend les organes suivants :

- Pompe de carburant qui aspire le carburant du réservoir d'avion donc elle assure une alimentation continue de carburant avec une pression donnée.
- Réchauffeur de carburant qui sert à dégivrer le carburant.
- Filtre carburant qui retient les impuretés solides, en cas de givrage de l'eau contenue dans le carburant, il empêche avec le réchauffeur carburant l'introduction des cristaux de glace dans le FCU (Fuel Control Unit).
- L'échangeur thermique (huile/carburant) qui permet de réchauffer le carburant tout en refroidissant l'huile de lubrification moteur.
- Collecteur double qui draine le fuel aux injecteurs.
- Injecteurs à double orifice qui servent à pulvériser le carburant pour chaque chambre de combustion.

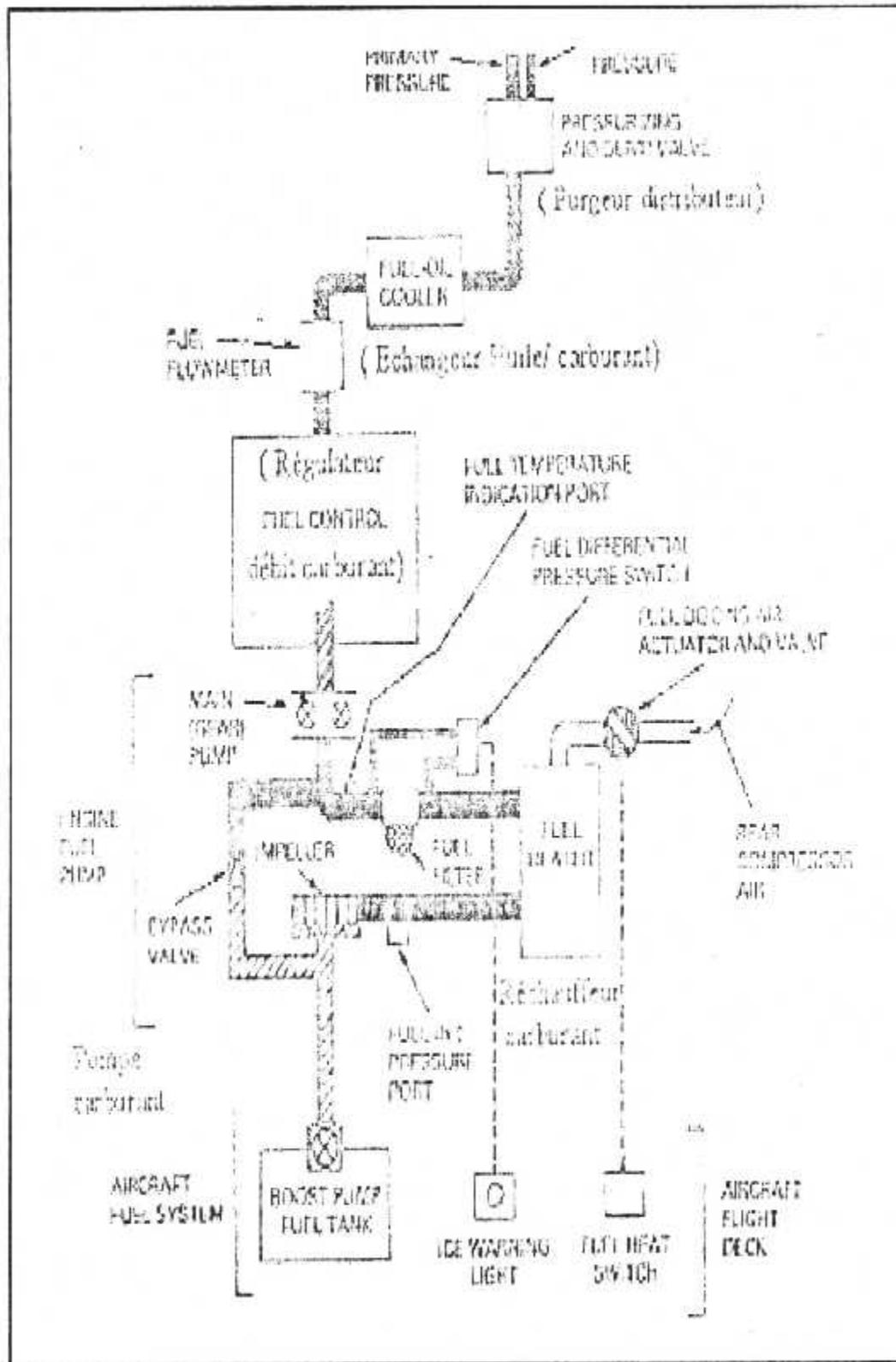


Fig-I-8.le système de carburant.

V-5/Système de dégivrage :(engine anti-ice)

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

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

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

V-6/Système de soutirage : (air system)

L'air comprimé est soutiré à différents étages du compresseur :

a/ Soutirage d'air externe :

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

- Refroidissement de l'alternateur.
- Dégivrage du moteur et de la prise d'air.
- Alimentation du réchauffeur carburant.
- Protection anti-pompage.
- Pressurisation des réservoirs hydrauliques.
- Dégivrage des ailes.
- Mise sous pression du réservoir d'huile.

b/ Soutirage d'air interne :

Il est soutiré des étages 6, 8, 9,13 et est utilisé :

- La pressurisation des joints de roulements.
- Le refroidissement de la partie chaude du moteur.
- La réduction de la poussée axiale sur le roulement N°4.
- La pressurisation de l'intérieur du moteur.

V-7/ système anti-pompage :

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

V-8/ système inverseur de poussée :

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

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

Ce dernier système est parmi les plus importants systèmes assurant la sécurité de l'avion, ce qui fait l'objet du reste des chapitres, dans le prochain, on décrit sa construction et ses éléments en détaille.

CHAPITRE II

LES INVERSEURS DE POUSSÉE

CHAPITRE II : LES INVERSEURS DE POUSSEE

I/PRESENTATION DE L'INVERSEUR DE POUSSEE :

L'inverseur de poussée est le sous-ensemble le plus important de la nacelle en masse et en coût. Il joue un rôle essentiel dans l'atterrissage de l'avion. Dans cette phase, lorsque l'avion est en phase de roulage, l'inverseur obstrue la tuyère d'éjection des gaz afin de diriger le jet du moteur vers l'avant de la nacelle. On crée une force de freinage appelée contre poussée, qui contribue au ralentissement de l'avion.

I-1/Où se trouve l'inverseur de poussée :

Voici deux schémas présentant toutes les parties d'un réacteur. Nous verrons la distinction entre les inverseurs situés sur les cotés et ceux situés à l'arrière du réacteur.

Voici les 2 dispositions :

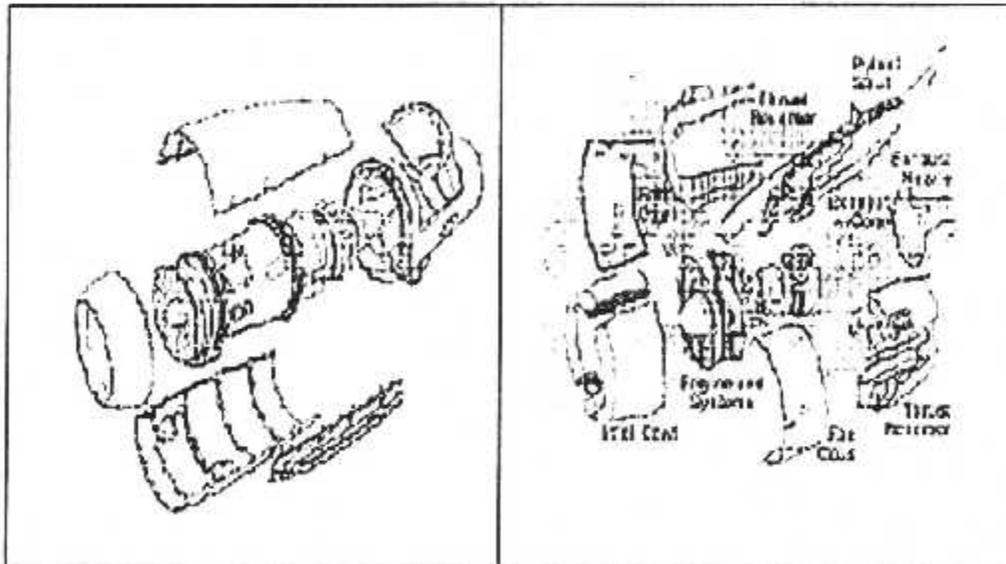


Fig-II-1. Les positions de l'inverseur de poussée.

I-2/Intérêt de l'inverseur de poussée :

Actuellement, sur avion, l'énergie cinétique que le freinage doit absorber tend à augmenter. En effet, l'augmentation de la finesse et de la charge alaire entraîne une diminution du C_x et une augmentation de la masse m et de sa vitesse d'atterrissage v .

C'est pourquoi l'utilisation de l'inverseur de poussée a été très largement acceptée que ce soit sur les avions de transport civils ou les avions de combat.

De plus, l'une des préoccupations majeures des compagnies aériennes est de réduire les coûts de fonctionnement. L'inverseur répond à cette attente en diminuant la distance d'atterrissage. Cela entraîne une économie non négligeable pour les compagnies aériennes qui peuvent donc réduire certains frais. Le freinage étant assuré par l'effort des freins sur les roues et par l'augmentation de traînée due aux volets hypersustentateurs, on diminue ainsi l'usure des pneumatiques et des freins. On diminue aussi, comme la distance d'atterrissage est réduite, le temps d'occupation de la piste ce qui permet d'économiser du carburant et aussi de libérer la piste plus rapidement, ce qui, vu l'encombrement actuel des aéroports, est loin d'être négligeable.

On obtient alors, grâce à l'inverseur de poussée, un gain de distance d'atterrissage d'environ 25% sur piste sèche et jusqu'à 50% sur piste verglacée ou mouillée.

L'existence d'une poussée résiduelle des turbomachines au ralenti et le long délai de réponse à la sollicitation du pilote (délai d'autant plus gênant que l'avion est plus rapide), compliquent ce problème du freinage.

Les freins des avions modernes sont très efficaces, mais sur piste mouillée, glacée ou recouverte de neige, cette efficacité peut être réduite par la perte d'adhérence des pneus de l'avion sur la piste. Lors de manœuvres très délicates

Comme celle du décollage interrompu, l'assistance d'un système annexe aux freins de roue peut être salutaire.

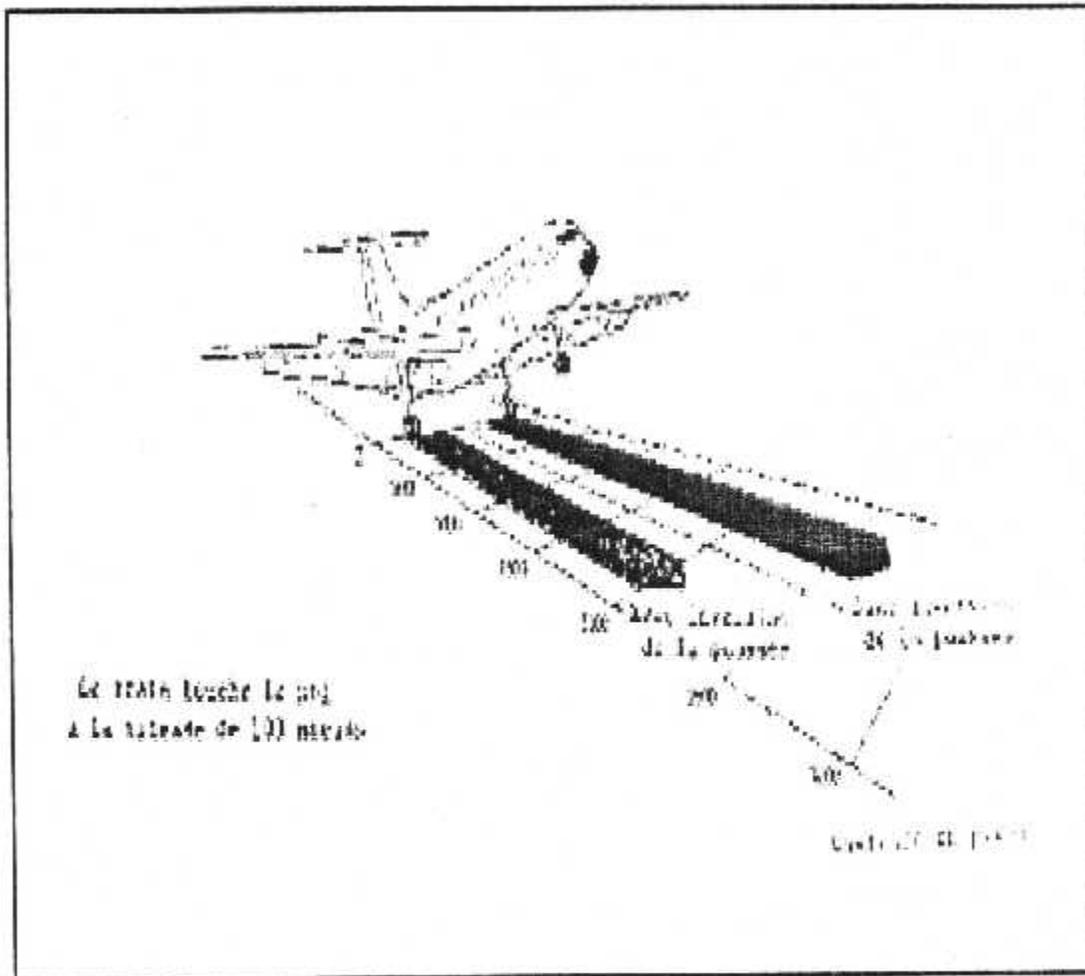


Fig-II-2. Gain de distance d'atterrissage.

I-3/Caractéristiques d'un inverseur de poussée :**I-3-1/ Géométrie d'un inverseur de poussée :**

La géométrie d'un inverseur à portes est tridimensionnelle. Elle se compose de parties fixes (poutres, virole arrière et capots internes et externes) et pivotantes (portes). En mode d'inversion, certains paramètres géométriques jouent un rôle important dans le fonctionnement aérodynamique du système. En phase de développement, ils permettent d'ajuster les performances de l'inverseur avec les exigences des motoristes. Ce sont:

-La longueur de porte.

-La longueur du becquet. Le becquet est une pièce rajoutée au sommet de la porte qui contribue largement à l'efficacité de l'inverseur en déviant le jet.

-La longueur du puit d'inversion, c'est à dire la section du col géométrique de sortie ramenée à une longueur de référence.

-La taille des fuites (mesurées en % de la section de sortie du jet direct). Ces dernières existent forcément car en position ouverte la porte ne peut récupérer tout le jet. Il peut être utile de les augmenter pour pouvoir gagner du débit. On le fait en créant un petit espace entre les deux portes.

-La forme du bord de déviation (rond ou plat).

-L'angle d'inclinaison de la porte par rapport à l'axe moteur.

Avant d'étudier l'influence de chacun de ces paramètres, il est utile de rappeler les coefficients aérodynamiques mis en jeu.

I-3-2/caractéristiques aérodynamique et géométriques :**a/ Coefficient de débit:**

Une des responsabilités essentielles de l'inversoriste est le dimensionnement de la tuyère d'éjection de manière à garantir un bon fonctionnement de la soufflante pendant toute la durée d'utilisation des inverseurs, y compris les phases de déploiement des portes.

On peut définir un paramètre d'adaptation moteur comme étant le rapport entre le débit obtenu en jet inversé (D_{ji}) et le débit en jet direct (D_{jd}) au même taux de détente. Ce paramètre est souvent appelé AM.

$$AM = \frac{D_{ji}}{D_{jd}}$$

Les valeurs limites de ce coefficient AM, appelé coefficient de débit, sont imposées par le domaine de fonctionnement du moteur.

b/Efficacité:

L'efficacité d'un inverseur se mesure en comparant la poussée en jet direct du moteur P_{jd} et la contre poussée P_{ji} à un taux de détente identique:

$$C_v = \frac{P_{ji}}{P_{jd}}$$

Le but de l'inversoriste est d'arriver à une efficacité maximale avec des coefficients de débit voisins de 1. Les inverseurs actuellement fabriqués ont une efficacité statique (mesurée lors d'essais en soufflerie) proche de 0,35 pour des coefficients de débit d'environ 1,02

I-4/Exigences de l'inverseur de poussée :

On doit avoir la configuration finale de l'inverseur de poussée qui satisfait aux quatre objectifs suivants:

- Assurer la compatibilité en débit avec le moteur lors des phases de déploiement du volet et en mode d'inversion complète.
- Garantir la contre poussée spécifiée par le motoriste.
- Orienter les jets inversés afin d'interdire la réinjection entre moteurs, et les interactions avec toute partie de l'avion (empennage, fuselage, aile, volet, ...).
- Répondre aux exigences de sécurité en cas d'utilisation inhabituelle (décollage avorté, déploiement intempestif).

I-5/Principe de l'inverseur de poussée :

Le principe consiste à chercher l'énergie nécessaire au freinage à la source même de l'énergie cinétique de l'appareil, c'est à dire dans le jet de la tuyère à réaction, retournant ce jet propulsif vers l'avant, on produit une force vers l'arrière que l'on appelle contre poussée. A l'atterrissage, lorsque l'avion est en phase de roulage, l'inverseur bloque et dévie le flux primaire et/ou le flux secondaire au moyen d'un obstacle solide.

I-6/Les composants :

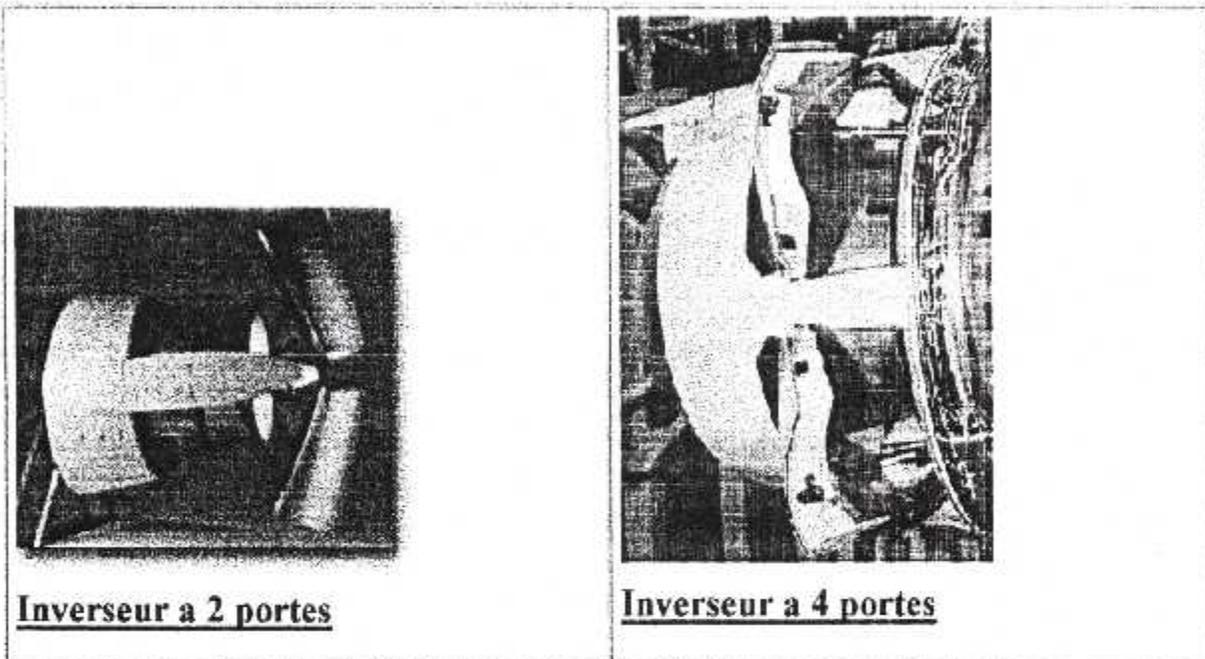
Le système d'inverseur de poussée est constitué de :

- Une alimentation hydraulique à travers une valve de distribution dans le logement du train principal.
- Une valve d'isolement, localisée à l'extrémité avant de la baie du conditionnement d'air, alimenté par des circuits dans le module moteur.
- Un contacteur de pression, localise dans le bord d'attaque de l'aile connectée électriquement au circuit dans le module.
- Une valve d'isolement, localisée dans le bord d'attaque de l'aile au dessus du réacteur actionner par manette de poussée inverse et la tringlerie de poussée.

- Un module moteur, recevant des rentrées du contacteur air/sol, du contacteur basse pression d'huile réacteur localisé sur les portes de la reverse.
- 2 portes de flexion qui reculent et pivotent vers l'intérieur afin de bloquer et de dévier les gaz de combustion.
- 2 vérins hydrauliques destinés à commander les portes et clapets limiteurs anti-retour localisés sur l'inverseur.
- 2 vérins de verrouillage également hydrauliques, ces vérins verrouillent l'inverseur en position poussée avant.
- Un contacteur feu réacteur et contacteur de surpassement reverse
- Commandes hydrauliques (valve d'isolement, valve de control) et mécanique (levier de poussée, came de commande).
- Une alimentation en 28 VDC.

II/LES DIFFERENTS TYPES D'INVERSEURS :

On peut distinguer en fonction du nombre de portes : des inverseurs à 2 portes et des inverseurs à 4 portes



Fif-II-4. Les inverseur en fonction du nombre de portes.

On peut distinguer aussi quatre types d'inverseurs selon les flux déviés :

II-1/Les inverseurs à grilles :

C'est le système le plus classique et le mieux éprouvé. Il peut être utilisé sur les deux flux simultanément ou sur le flux secondaire seulement. Son principe consiste en un capot de tuyère coulissant le long de rails. En reculant, il découvre des grilles d'aubes cachées dans son épaisseur durant l'utilisation en jet direct et déploie des portes de blocage à l'intérieur du canal d'éjection. Le flux se trouve ainsi dévié radialement vers les grilles d'aubes qui le dévient vers l'avant. Ce type d'inverseurs permet une bonne souplesse dans le contrôle de la direction des flux inversés mais cependant sa complexité mécanique entraînant une masse

importante et un coût de maintenance non négligeable a conduit à réaliser des inverseurs à portes.

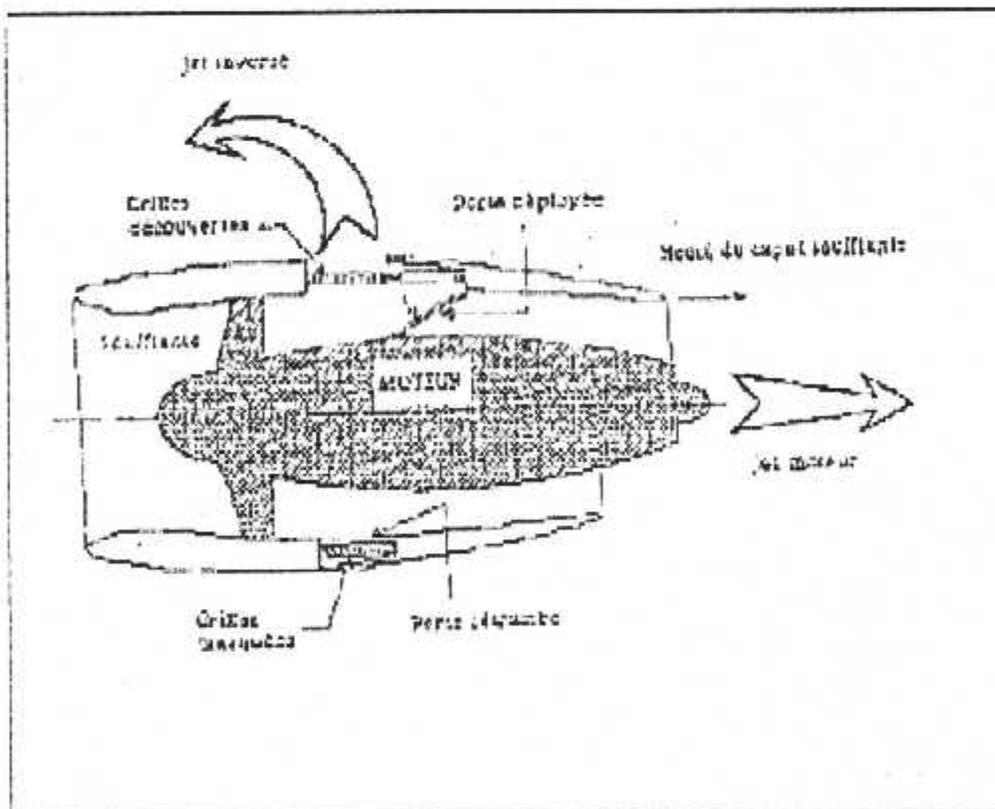


Fig-II-5. Inverseur à grilles.

II-2/L'inverseur à portes ne déviant que le flux secondaire :

On l'utilise sur les moteurs à taux de dilution élevé. Des portes sont découpées dans le capot de la tuyère. En mode direct, ces portes sont fermées et donnent à la tuyère une forme identique à celle qu'elle aurait sans inverseur. Une fois les portes ouvertes, leurs parties inférieures bloquent le canal secondaire obligeant le flux secondaire à sortir par l'ouverture ainsi créée. Leurs parties supérieures aident à dévier le jet et jouent également un peu un rôle d'aérofreins. Dans ce type d'inverseurs, c'est le flux secondaire qui donne toute la contre-poussée, tout en devant annuler la poussée du flux primaire non inversé. Bien que le contrôle de la nappe soit plus difficile, cet inverseur a le mérite d'être plus simple: sa masse et son coût de maintenance sont donc assez faibles.

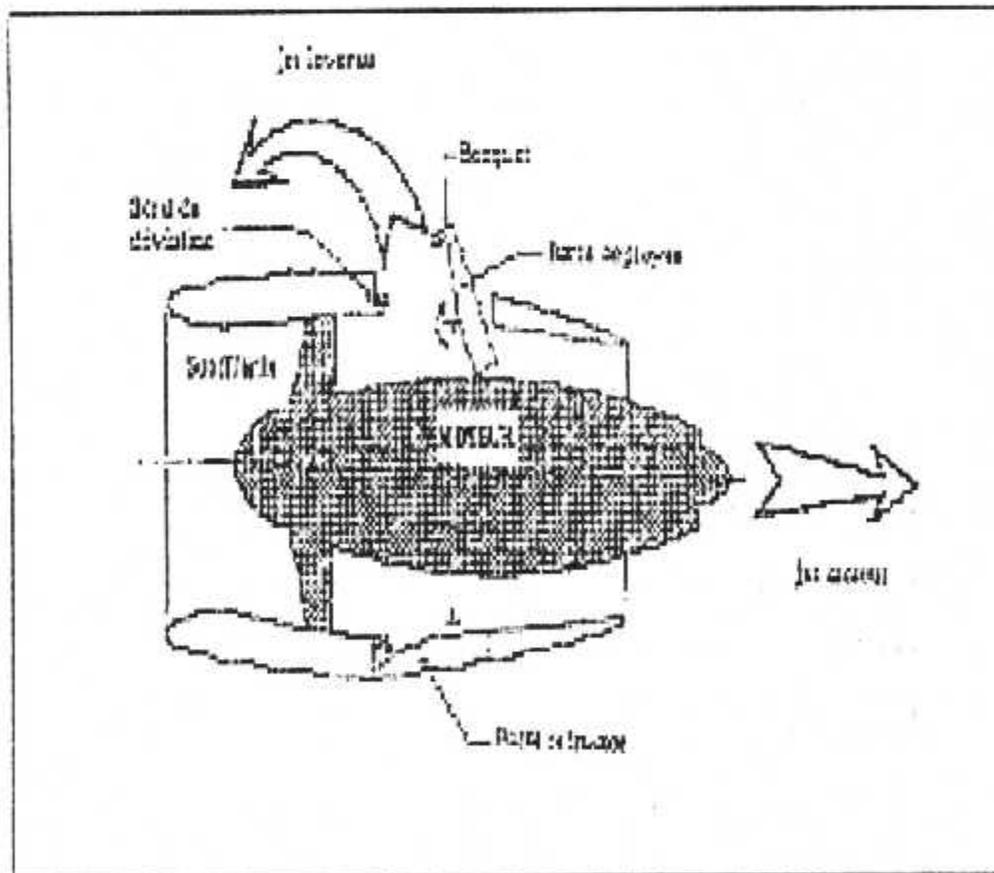


Fig-II-6. Inverseur à portes déviant que le flux secondaire.

II-3/Inverseur à portes déviant les deux flux mélangés :

C'est ce type d'inverseurs qui est utilisé par Hurel-Dubois pour le moteur BR710 équipant les Gulfstream V et Bombardier Global Express. Deux portes, articulées autour d'un axe orthogonal à celui du moteur basculent vers l'intérieur du jet bloquant totalement la tuyère et donc l'écoulement tout en créant des ouvertures latérales qui permettent de dévier le jet.

Comme dans l'inverseur à porte simple flux, la partie supérieure de la porte sert à orienter la nappe vers l'avant et joue le rôle d'aérofrein. Ce type d'inverseurs présente l'avantage d'avoir une efficacité de freinage supérieure aux deux types d'inverseurs précédents tout en ayant une masse identique à l'inverseur simple flux. Son inconvénient est la difficulté d'installation sous voilure à cause d'interactions avec les gouvernes. De plus, la température du jet dévié oblige à prendre quelque précautions supplémentaires quant aux matériaux utilisés.

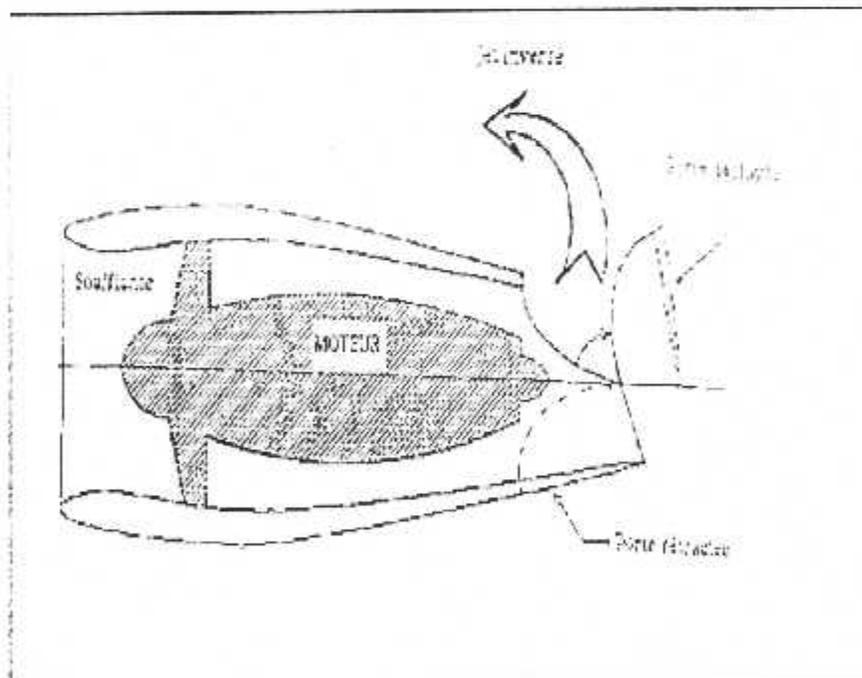


Fig-II-7. Inverseur à portes déviant les deux flux mélangés.

II-4/inverseur en cascade :

Ce type d'inverseur détourne uniquement le flux secondaire. Le flux est dévié de l'intérieur par une porte interne qui bloque le flux et le conduit vers l'extérieur à travers une ouverture sur la surface externe du moteur. Cette ouverture est obtenue par translation d'un manchon extérieur lors du déploiement des portes intérieures. Quand le manchon s'ouvre, une série de cascade se trouve exposée dans l'ouverture.

Ces cascades sont conçues avec des angles d'inclinaisons différents ce qui a pour effet de contrôler parfaitement le flux dévié. Ce système offre la meilleure performance, mais sa réalisation et sa conception sont très délicates et coûteuses. Nous pouvons retrouver ce système sur les moteur PW4000 et IAE V2500.

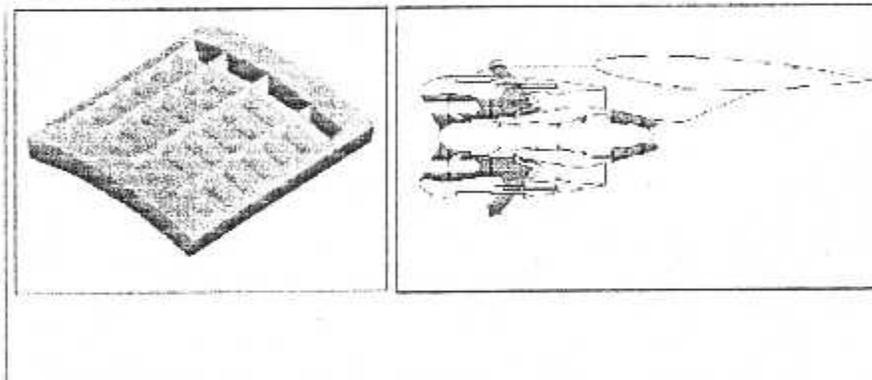


Fig-II-8. Inverseur en cascades.

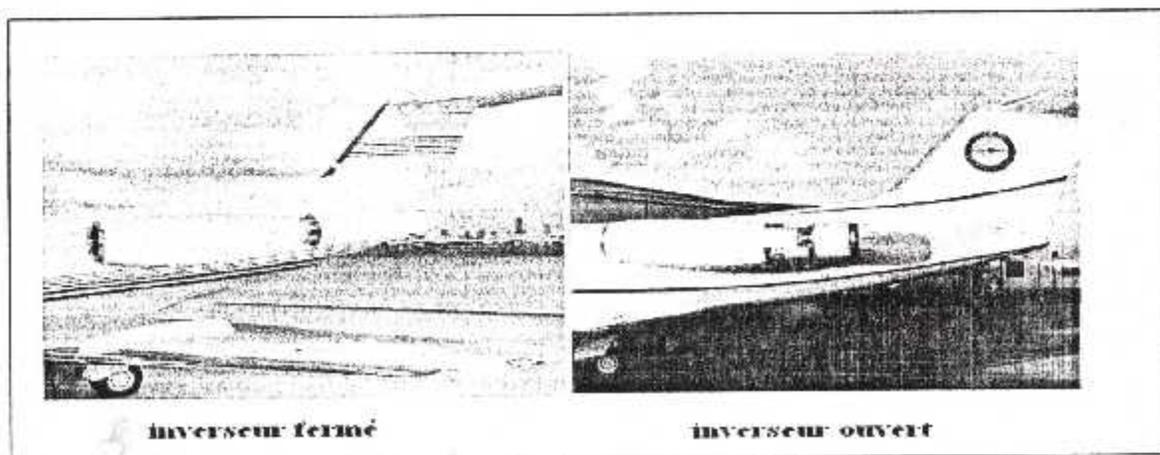


Fig-II-9. Exemples de l'ouverture et de fermetures de l'inverseur de poussée.

II-5/inverseur système mixte :

Ce système utilisait un mécanisme à porte ne déviant que le flux secondaire dans sa partie supérieure et utilisait un inverseur à grille pour sa partie inférieure. Ce système d'inversion avait été conçu pour le Boeing 707-120B par Pratt & Whitney, mais il n'est plus utilisé actuellement.

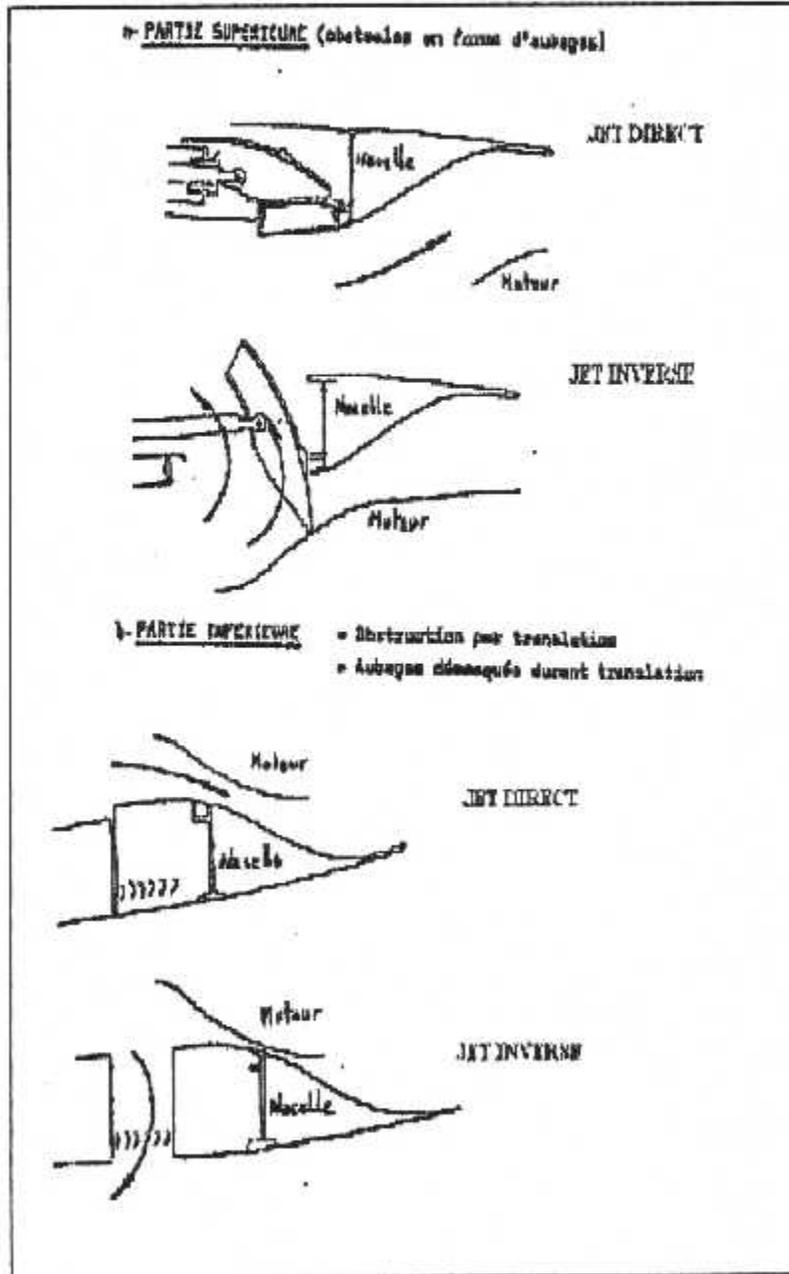


Fig-II-10(a,b).Les parties supérieures et inférieures de L'inverseur de poussée.

II/QUELLEQUES VUES INTERNES DU SYSTEME D'INVERSION :**III-1/ Schéma explicatif du système d'ouverture par vérin :**

Les vérins ont pour rôle de gérer la fermeture et l'ouverture des portes de l'inverseur hydrauliquement.

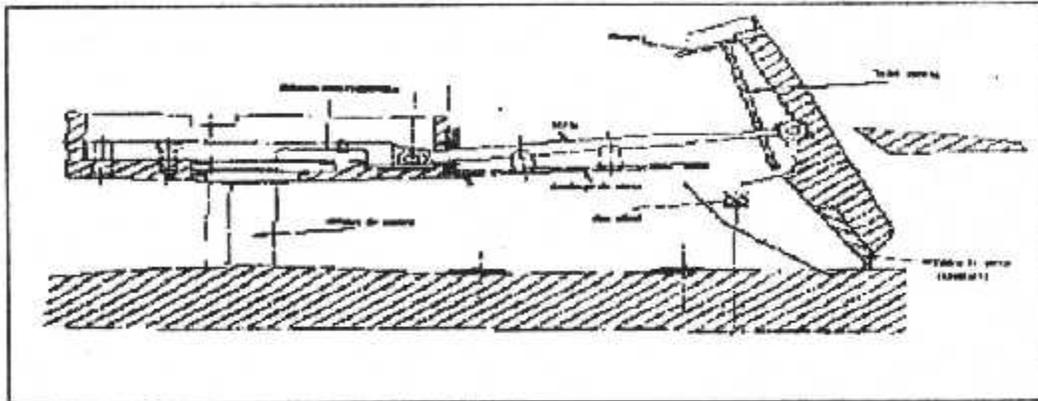


Fig-II-12. Système d'ouverture par vérins.

III-2/ Système de fermetures par crochet des inverseurs :

L'ouverture accidentelle de l'inverseur de poussée en vol provoque un décrochage de l'avion ; c'est pour cela que le constructeur a pensé à mettre en œuvre des crochets assurant le verrouillage des portes de l'inverseur en vol.

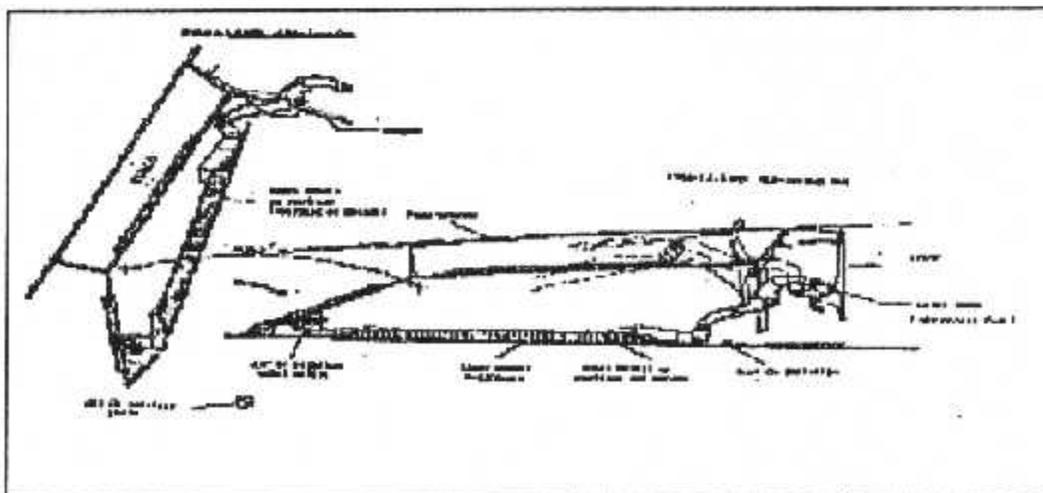


Fig-II-13. Système de fermeture par crochets.

IV- LIMITATION D'EMPLOI D'UN INVERSEUR DE POUSSEE:

L'utilisation de l'inverseur de poussée se trouve limitée par différents problèmes:

-Les charges sur la voilure pour les moteurs installés sous ailes: on note à bas régime une augmentation de traînée proportionnel à la surface interceptée par les obstacles déployés dans le vent (portes). En terme de portance, un inverseur de poussée dégrade l'écoulement autour de la voilure et entraîne logiquement une certaine baisse de la portance.

-Interaction avec les mesures anémométriques : Les prises de pression anémométriques, qui donnent la vitesse de l'avion, se situent sur la pointe avant du fuselage. Les nappes déviées par l'inverseur viennent perturber le champ de pression autour de ces prises, entraînant ainsi une fausse lecture de la vitesse.

-Réingestion: Il s'agit de la recirculation des gaz éjectés par l'inverseur dans l'entrée d'air.Elle est due principalement à une réflexion du jet inversé sur un élément extérieur: par exemple, sur le BR 710 situé à l'arrière du fuselage, le risque de réingestion vient de la réflexion du jet sur la voilure. La limite de réingestion résulte alors d'un compromis entre l'efficacité de cet inverseur imposant un régime minimal moteur et la durée d'utilisation.

Ouverture intempestive en vol: Le principal risque associé à un inverseur de poussée réside dans ce problème. C'est pourquoi sont installés sur chaque porte trois verrous. Ce risque est traditionnellement étudié en vol et fait l'objet d'un système de sécurité.

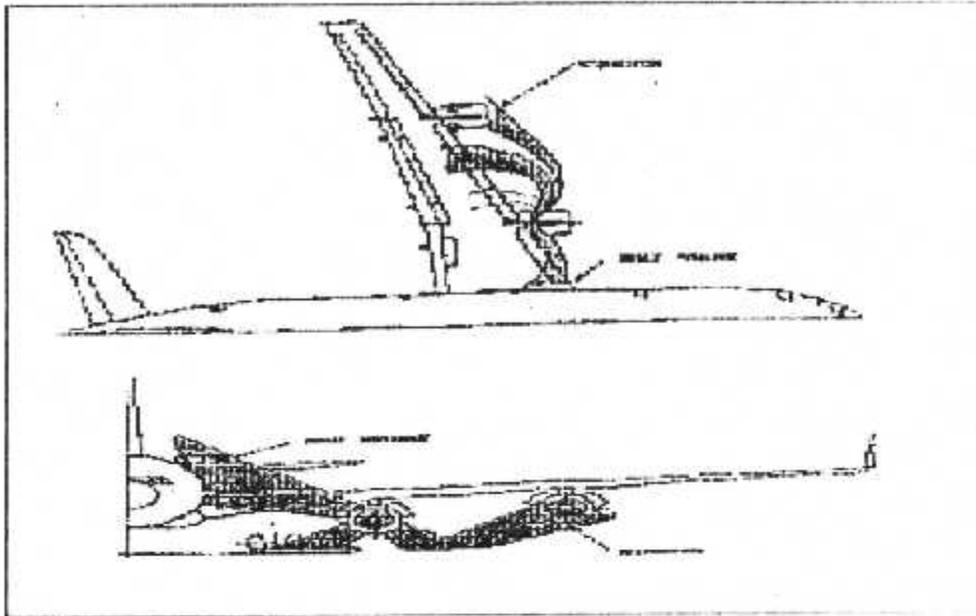


Fig-II-14. Limitation de l'emploi de l'inverseur de poussée.

VI/ INFLUENCE DES CPARAMETRES GEOMETRIQUES :

VI-1/ Longueur du becquet :

Pour un inverseur à porte, le becquet produit la plus grande part de la composante longitudinale de la contre-poussée. Entre une configuration sans et avec becquet, l'efficacité augmente de manière importante. Par contre, son influence est négligeable sur le débit.

L'écoulement sortant de l'inverseur est guidé par la forme géométrique du haut de porte. En absence de becquet, il reste parallèle à celle-ci, avec un angle proche de la perpendiculaire à l'axe moteur. On a donc une contre-poussée relativement faible. Le becquet joue un rôle de déflecteur et oriente le jet avec un angle plus grand sans pour autant réduire le débit.

VI-2/ Longueur des portes :

L'efficacité et le coefficient de débit du flux primaire augmentent nettement avec la longueur de porte alors que le coefficient de débit de flux secondaire augmente mais moins fortement. L'efficacité est maximale pour une longueur de porte de l'ordre du diamètre de la tuyère au niveau de l'ouverture

VI-3/ Surface des fuites :

Les fuites sur un inverseur en position déployé sont dues au jeu existant entre la porte et les structures fixes. La présence des fuites provoque un accroissement du débit car on augmente globalement la surface géométrique de sortie du jet. Par contre, on observe une diminution de l'efficacité. Il faut noter que cette diminution est acceptable surtout lorsque le niveau des fuites est faible. On s'aperçoit que c'est surtout le flux primaire qui profite de cette augmentation de débit.

VI-4/ Angle de porte :

L'augmentation de l'angle de porte entraîne une diminution de débit, les pertes de pression étant plus importantes. Mais elle induit un accroissement de contre-poussée par l'effet conjugué d'un angle initial plus important et de la concentration de la partie la plus énergétique du jet vers la zone d'action du becquet qui voit donc son efficacité augmenter.

VI-5/ Longueur du puits d'inversion :

On constate qu'une augmentation de la longueur du puits d'inversion favorise le passage d'un débit plus important. Par contre, l'efficacité de l'inverseur s'en trouve réduite car le jet pouvant sortir plus facilement, la zone la plus énergétique est moins concentrée au niveau du becquet. Le débit qui augmente le plus est celui du flux primaire. Ce résultat peut paraître surprenant,

vu que l'air du flux secondaire semble profiter le premier de l'ouverture. En fait, le flux du fan se "débrouille" pour sortir quelles que soient les conditions et donc c'est principalement le flux primaire qui pâtit d'une section trop faible. Si le flux secondaire est dévié plus tôt, il libère de la place pour le flux primaire qui gagne ainsi du débit.

VI-6/ Forme du bord de déviation :

Un bord de déviation plat a tendance à écraser le jet sur la porte (il est difficile à contourner), ce qui provoque une diminution de la section efficace,

mais une augmentation de l'efficacité car la porte et le becquet ont plus d'importance.

Un bord de déviation arrondi aura l'effet inverse en guidant mieux le fluide dans le contournement du bord de déviation. On augmente la surface efficace du jet mais on a une perte d'efficacité: le fluide est dévié plus tôt et le becquet ne joue pas pleinement son rôle.

Du point de vue des performances, il est préférable d'utiliser un bord de déviation à bord arrondi.

VII/REALISATION DE TESTS SUR LES INVERSEURS DE POUSSEE :

VII-1/ Test des inverseurs de poussée (par la société Flow Science dans le laboratoire Goldstein)

Le test des composants aérodynamiques sur un moteur à l'échelle 1 (grandeur nature) est un travail coûteux, spécialement pour les étapes des dessins préliminaires, ou quand la méthode CFD (Computational Fluid Dynamics) est validée, et qu'aucune maquette grandeur nature n'est disponible.

Pour tester des inverseurs de poussée, la maquette est positionnée sur des rouleaux positionnés sur le sol de la surface de travail d'une dimension de 2,7 m sur 2,1 m (5,67 m²) dans une soufflerie. L'air fourni à la maquette est de l'ordre de 1500 m³. Les pressions dans le réservoir supérieures à 80 PSI sont possibles. Pour les tests d'admission, la maquette peut être montée sur le sol ou sur un support et on évacue le réservoir.

VII-2/ Schéma du dispositif :

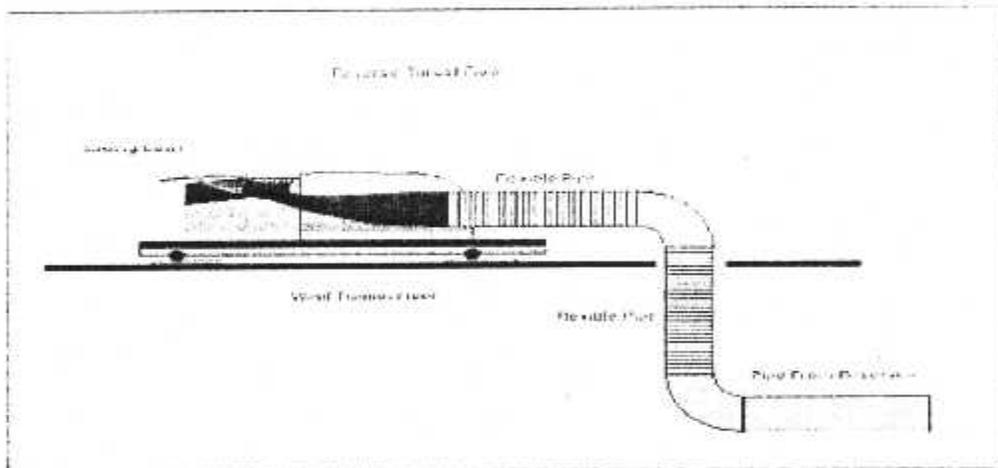


Fig-II-15. Test sur l'inverseur de poussée.

La conception de la maquette est dépendant de la configuration du moteur à tester, mais il peut être conçu et utilisé (représenté et modélisé), avec raison, avec plusieurs forces ou pression et le flux supérieur conditionné peut alors être valable pour représenter la partie du dessous du moteur dans le test. L'échelle de la maquette est principalement déterminée par la capacité du réservoir et par la vitesse du flux à travers de la maquette.

Au regard de ce qui a été testé, un secteur d'une maquette à plus grande échelle peut être utilisé au lieu d'une maquette complète mais plus petite.

Les inverseurs de poussée sont généralement classés suivant deux principes :

- cascade de flux secondaire
- porte s'ouvrant dans le flux

Sur un modèle réduit, la cascade est la plus difficile à fabriquer, spécialement si toute la cascade est modélisée.

Pour modéliser la cascade, on utilise la méthode dite de stéréolithographie (SSL)

Avec le modèle réduit, les cascades sont constituées de lames épaisses de moins de 1 mm, ce qui constitue une prouesse exceptionnelle pour un aluminium moulé. Les cascades fabriquées sont très rigides et, on estime, en plus, qu'elles sont plus résistantes que si elles étaient conçues dans les meilleurs des résines.

Pendant le test, cette cascade ne montre aucun signe de déflexion et de distorsion et ce sous une charge aérodynamique élevée, dépassant ainsi toutes les espérances sur cette nouvelle technique de fabrication.

L'état de surface de cascade moulée par SSL est de 0,1 mm mais on tente d'améliorer celui-ci.

Dans la suite, on va traiter les éléments constituant l'inverseur de poussée du moteur JT8D du B727.

CHAPITRE III

L'inverseur de poussée du B727

CHAPITRE III :L'INVERSEUR DE POUSSEE

DU MOTEUR JT8D DU B727 :

I/ INTRODUCTION :

L'inverseur de poussée installé sur le JT8D équipant l'avion B727-200 est constitué principalement d'une structure métallique qui supporte deux coquilles en articulation, les autres composants sont installés autour de cette structure, les plus importants sont les grilles déviatrices de poussées (cascade), les deux vérins de commande pneumatiques, le vérin de verrouillage, le joint d'air et l'ensemble de tuyauterie pneumatique. Une valve directionnelle (le sélecteur) et son filtre qui commande l'inverseur de poussée sont montés plus loin que l'inverseur au niveau de la nacelle.

A l'avant de l'inverseur il est monté un capot servant de carénage entre le moteur et l'inverseur de poussée, à l'arrière une tuyère d'éjection est attachée à l'inverseur de poussée par des boulons.

L'air de soutirage moteur du 13^{ème} étage est acheminé vers la valve directionnelle (le sélecteur) pour attaquer les deux vérins qui commandent le mouvement des portes (le deux coquilles), quand les portes sont ouvertes les gaz d'échappement moteur sont dirigé.

A travers la tuyère d'éjection qui génère une poussée propulsant l'avion vers l'avant. Tandis qu'en position fermée, les portes dirigeront les gaz d'échappement vers les grilles déviatrices de poussées engendrant ainsi une poussée inverse qui dirige l'avion vers le sens arrière.

II/LES CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES GEOMETRIQUES DE L'INVERSEUR DE POUSSEE :

Les caractéristiques dimensionnelles géométriques de l'inverseur de poussée sont :

- Longueur : 165 cm environ
- Diamètre : 124 cm environ
- Poids : 238 kg environ

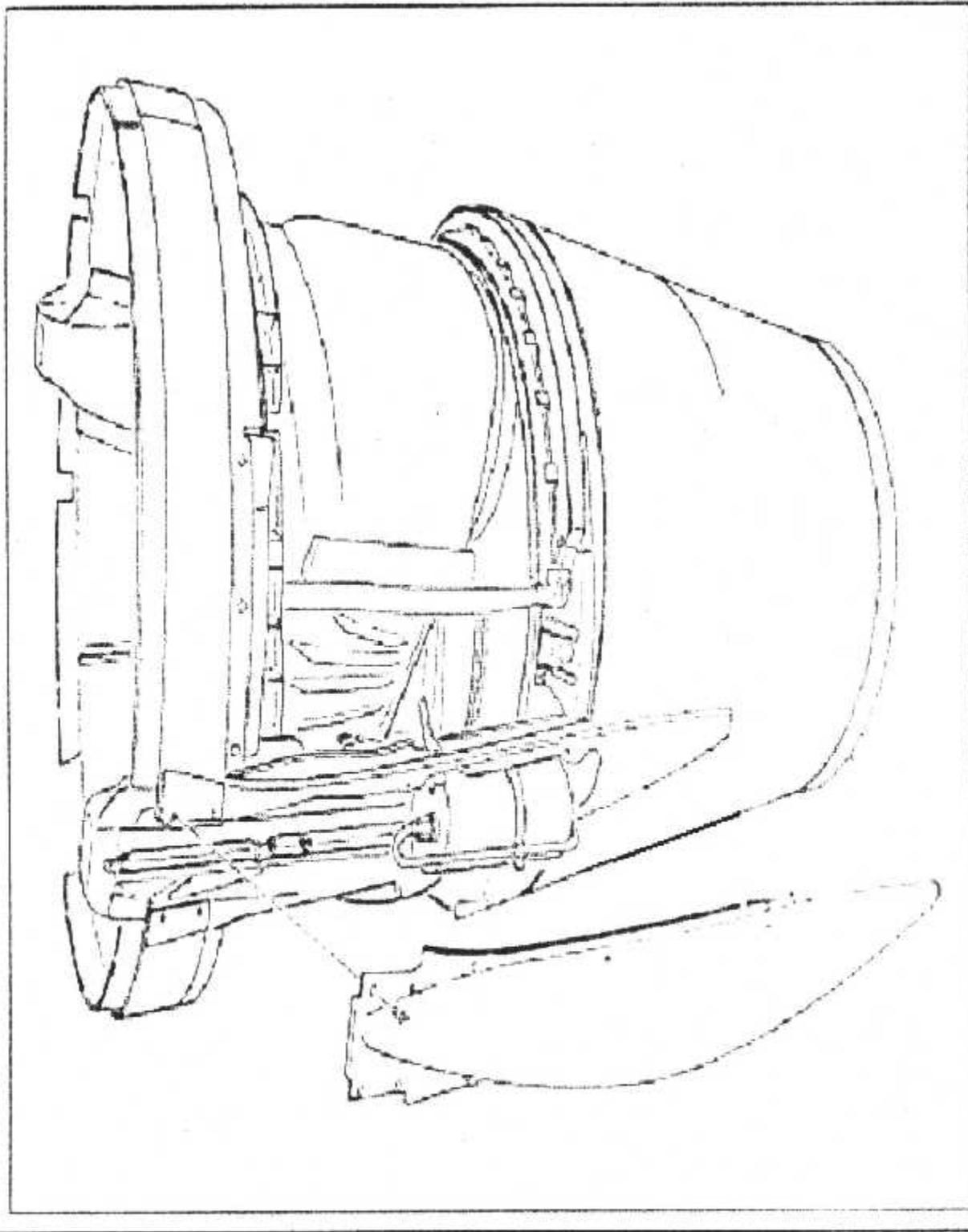


Fig-III-1 schéma global de l'inverseur de poussée du B727

II-2/FONCTIONNEMENT :

Pour passer de la poussée normale à la poussée inversée, il n'est pas possible de manœuvrer la manette d'inversion que si la manette est sur position 'ralenti'

La manette d'inversion étant déplacée vers l'arrière, la séquence suivante s'établit :

Déplacement du sélecteur en position 'inversion', alimentation air sous pression du verrou de bloquage. Déplacement du pistons du verrou. Ce qui provoque le déblocage des deux vérins de commande, la came d'interdiction du système de sécurité permet de poursuivre le déplacement de la manette et d'augmenter la poussée inverse'

Pour retourner de poussée 'inverse' en poussée 'normale', le retour de la manette d'inversion en position 'poussée normale' engendre la séquence suivante :
Retour du sélecteur en position poussée ' normale'.

Alimentation en air sous pression de la valve de séquence puis des pistons de commande des coquilles ; ouverture des coquilles.

L'inverseur étant positionné, la came d'interdiction du système de sécurité permet le déplacement vers l'avant de la manette de poussée.

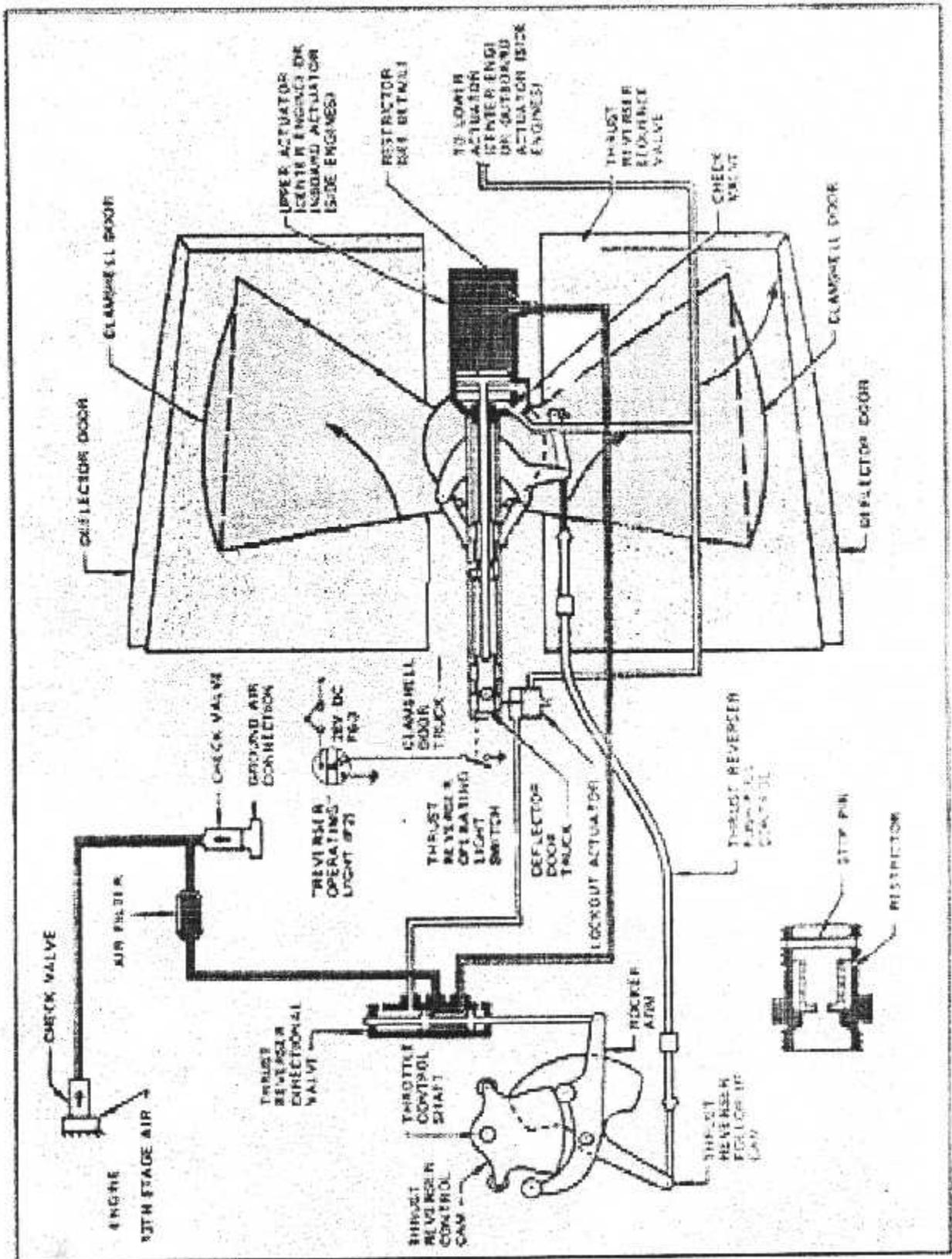


Fig-III-2 schéma de fonctionnement

III/LES DIFFERENTS COMPOSANTS DE L'INVERSEUR DE POUSSEE DU B727

III-1/ Le vérin de commande :

Le vérin de commande est constitué d'une tige commandée par un piston logé dans un cylindre qui est muni de deux orifices (rod et head). Quand l'air de soutirage moteur pénètre du côté rod, les deux coquilles se ferment pour dévier l'air vers l'arrière à travers les aubes déviateuses de poussées.

Pour ouvrir les deux coquilles l'air de soutirage moteur entre du côté Head pour déplacer le vérin vers l'avant.

- Longueur : 56 cm environ
- Diamètre : 11 cm environ
- Pression de fonctionnement : 32 Psi au ralenti
- Température de fonctionnement : 138C° environ

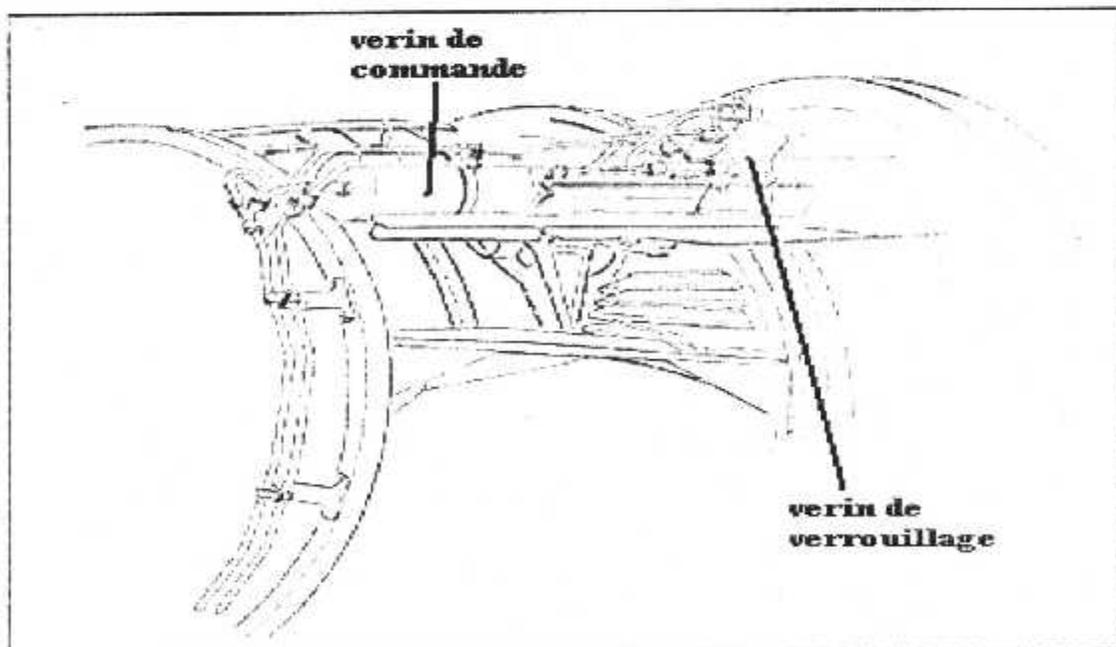


Fig-III-3 La position des vérins

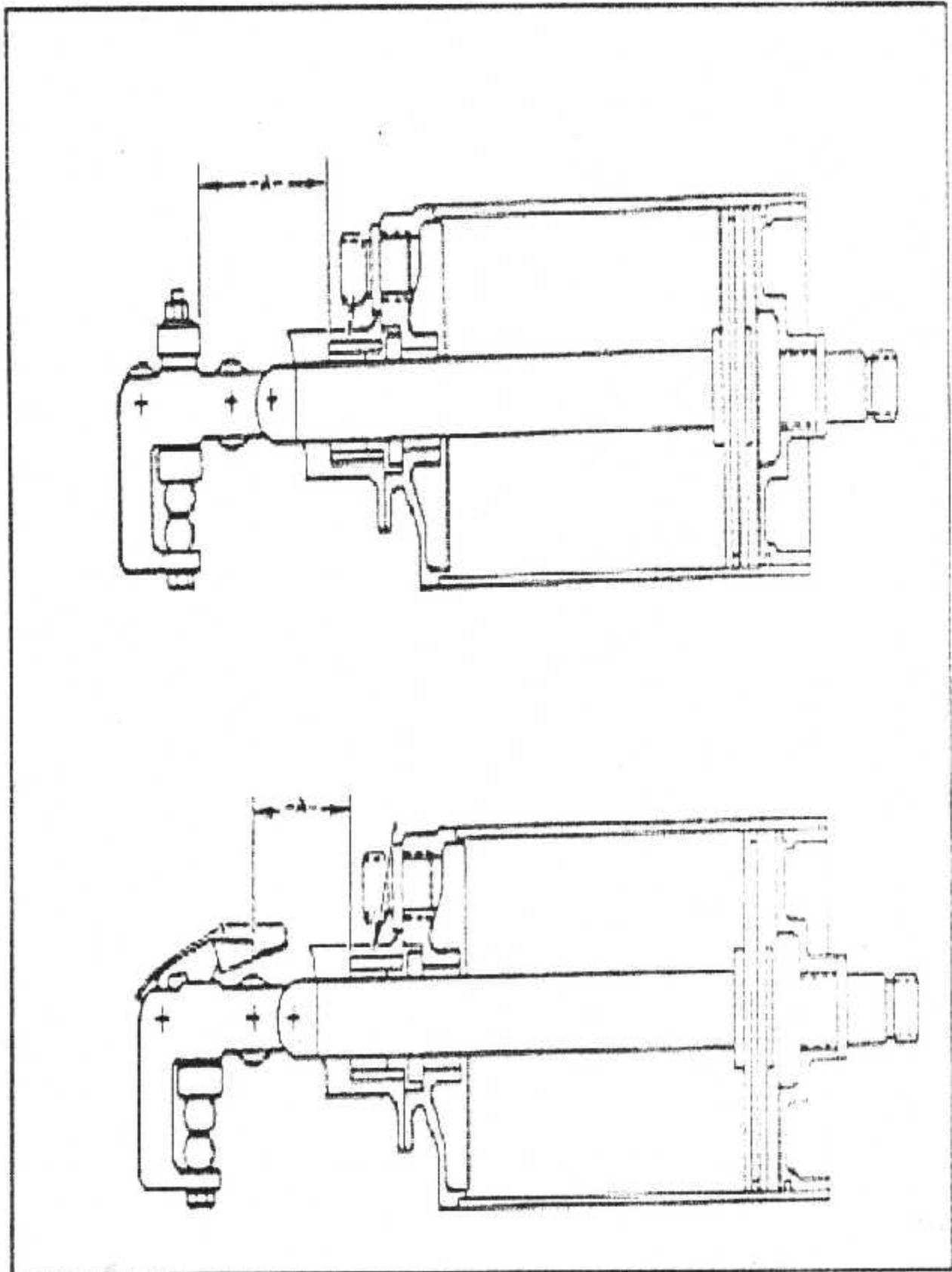


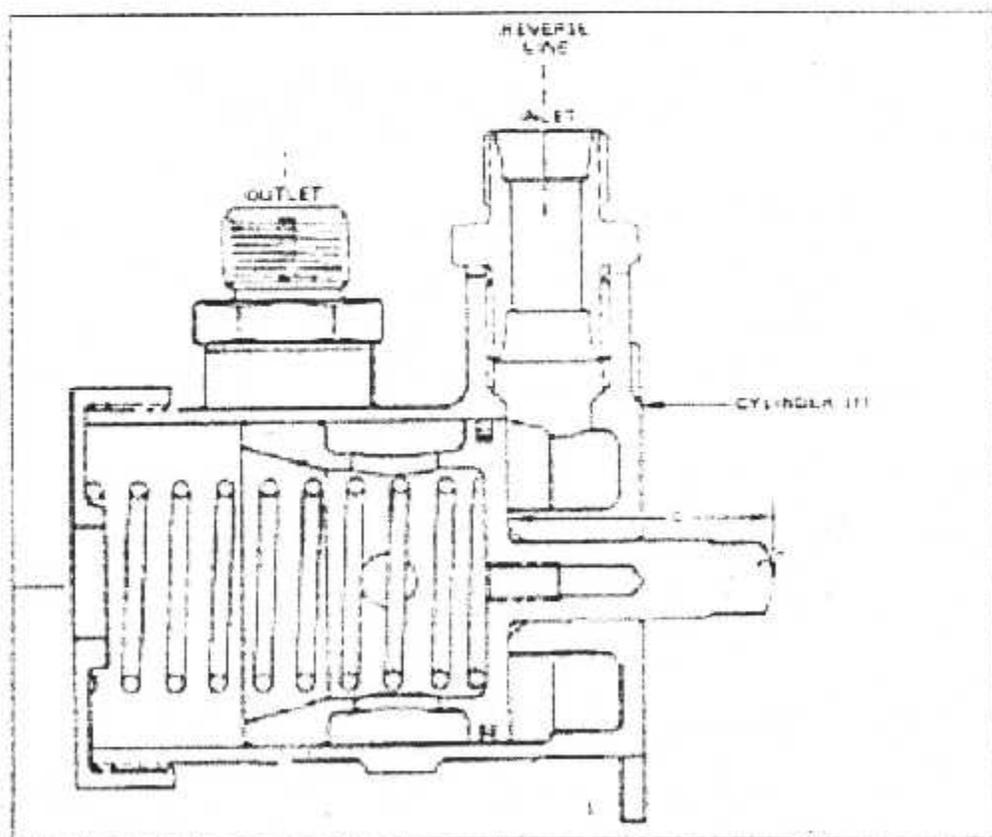
Fig-III-4 le vérin de commande

III-2/ Le vérin de verrouillage de l'inverseur de poussée :

Le vérin de verrouillage est placé en amont des deux vérins de commande des portes de l'inverseur de poussée, son rôle consiste à maintenir la reverse en position croisière tant que la position reverse n'est pas sélectionnée, en effet en absence de la pression d'air le ressort engage l'axe du piston du vérin dans son logement situé sur le vérin de commande principale empêchant le déplacement du vérin principal ainsi que les portes de l'inverseur de poussée.

Quand la position reverse est sélectionnée de l'air sous pression comprime le ressort et pousse le piston vers le haut et libère le vérin de commande principale pour pouvoir déplacer les deux coquilles de l'inverseur de poussée.

- Longueur : 22 cm environ
- Poids : 1.1 kg environ
- Course du piston : 2.5 cm environ

**Fig-III-5 le vérin de verrouillage**

III-3/ La valve directionnelle (le sélecteur) :

La valve directionnelle ou le sélecteur est une valve pneumatique à deux positions, elle est commandée par une came située sous les manettes de commande de l'inverseur de poussée au poste de pilotage, cette valve comporte trois orifices (inlet, cruise et reverse).

L'air de soutirage moteur est toujours admis par le inlet orifice.

Quand l'air sort par le reverse orifice, il est dirigé d'abord vers Le vérin de verrouillage pour supprimer l'action du verrou avant de se diriger vers les deux vérins de commande pour pouvoir fermer les deux coquilles, quand l'air sort par le cruise orifice, il est dirigé directement vers les deux vérins de commande afin d'ouvrir les deux coquilles initialement fermées.

-Longueur : 19 cm environ

-Largeur : 6 cm environ

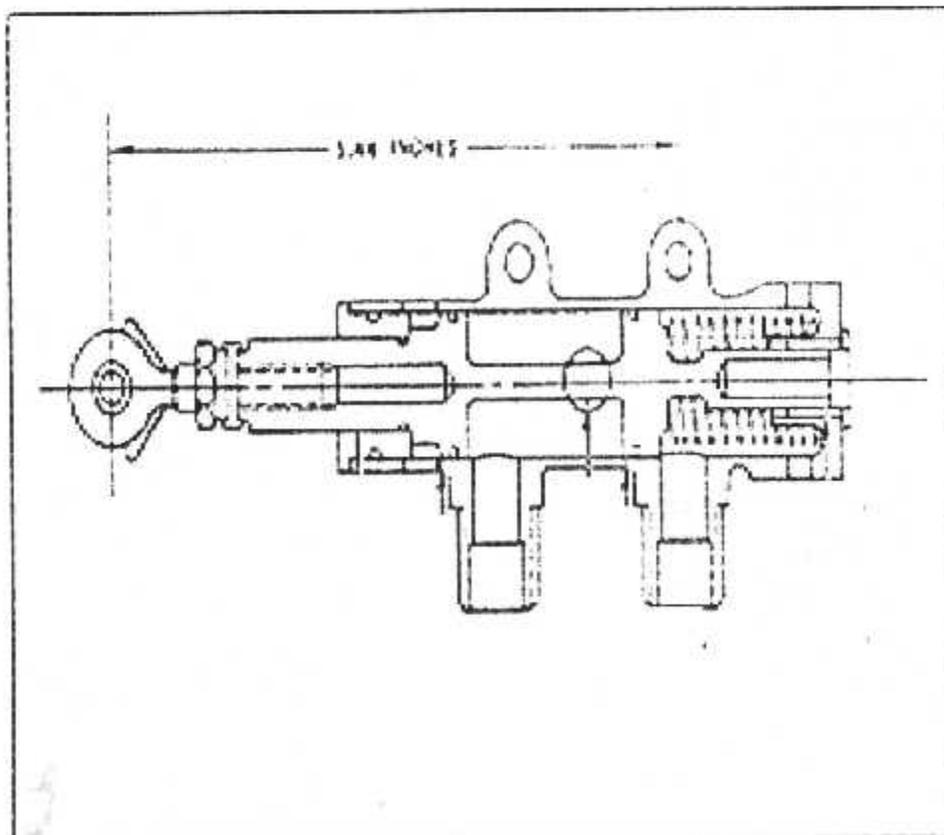
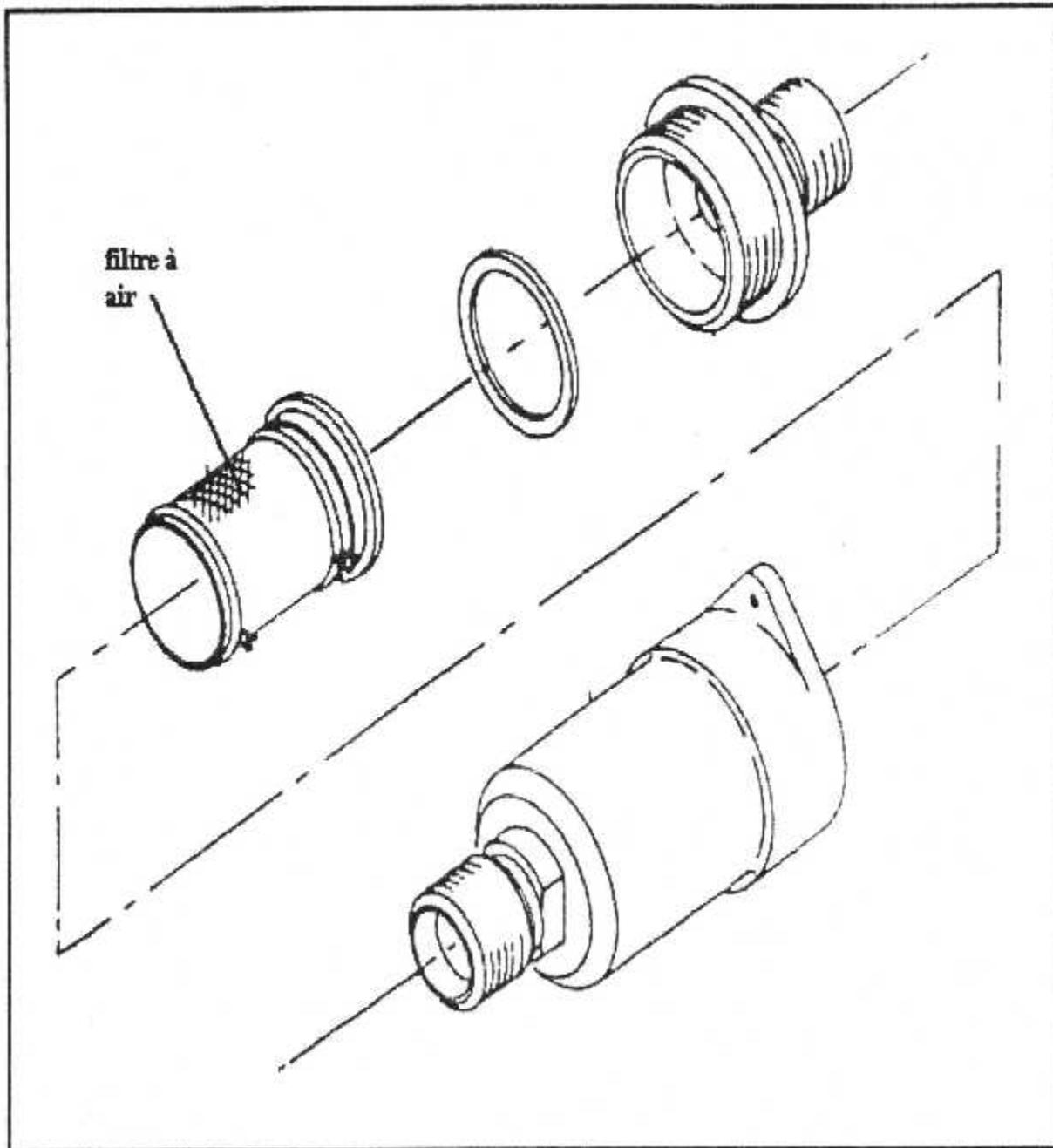


Fig-III-6 la valve directionnelle

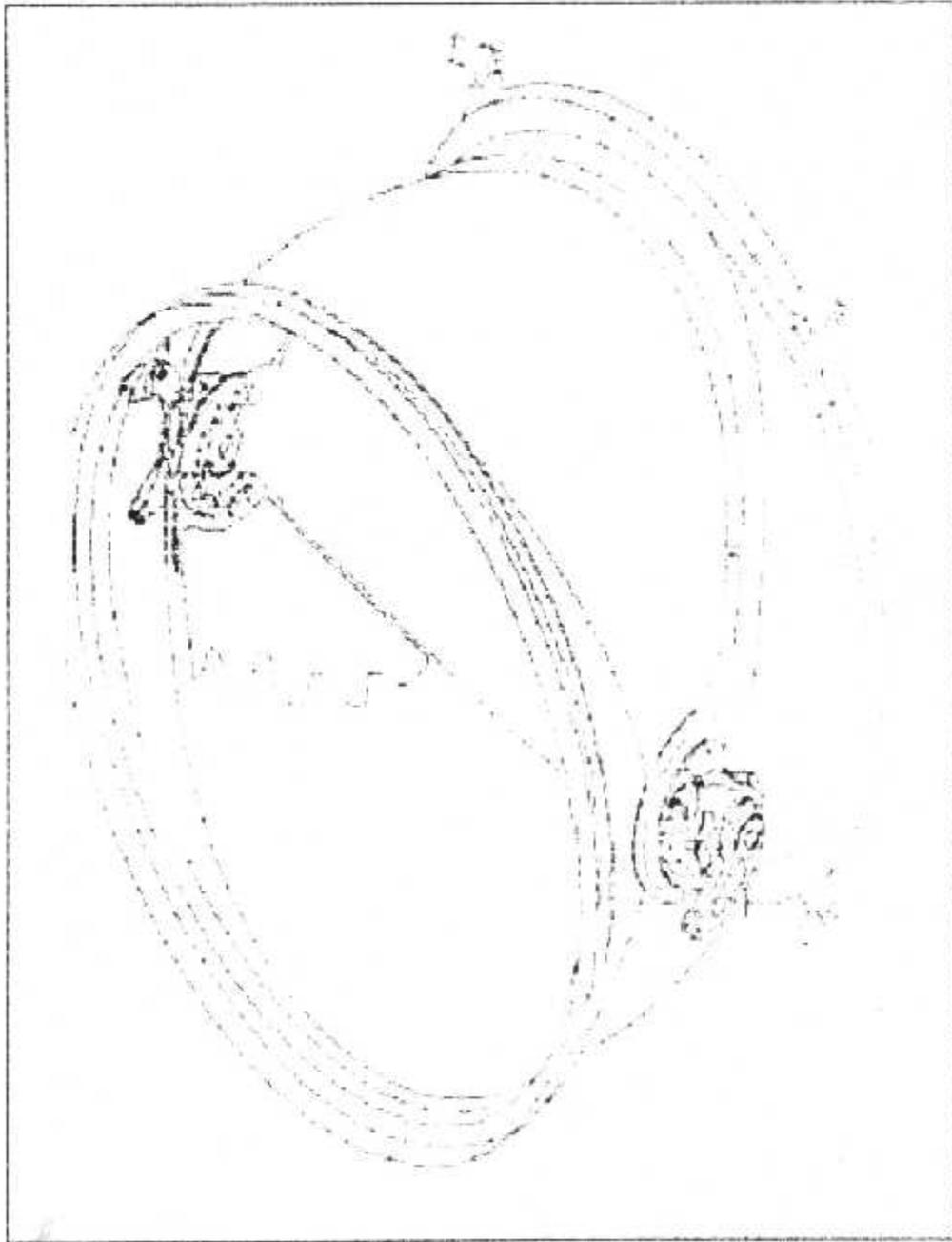
III-4/ Le filtre à air :

Le filtre à air filtre l'air de soutirage moteur du 13^{ème} étage ou l'air du groupe de parc pneumatique avant de passer à travers la valve directionnelle.

**Fig-III-7 le filtre à air**

III-5/ Le mécanisme d'articulation des portes de l'inverseur de poussée :

Les deux coquilles qui constituent les portes de l'inverseur de poussée sont commandées par un mécanisme d'articulation à roulements logé dans la structure métallique de l'inverseur de poussée, ce mécanisme est entraîné par les deux vérins de commande qui font pivoter les portes autour de leur axe d'articulation.

**Fig-III-8 le mécanisme d'articulation**

III-6/ les portes de l'inverseur de poussée :

Les portes métalliques sont constituées par deux demis structures en forme de coquille, quand les portes sont fermées les gaz d'échappement sont orientés à travers les grilles déviatrices de poussées ceci engendre une poussée inverse.

-Hauteur : 90 cm environ

-Poids : 16.3 kg

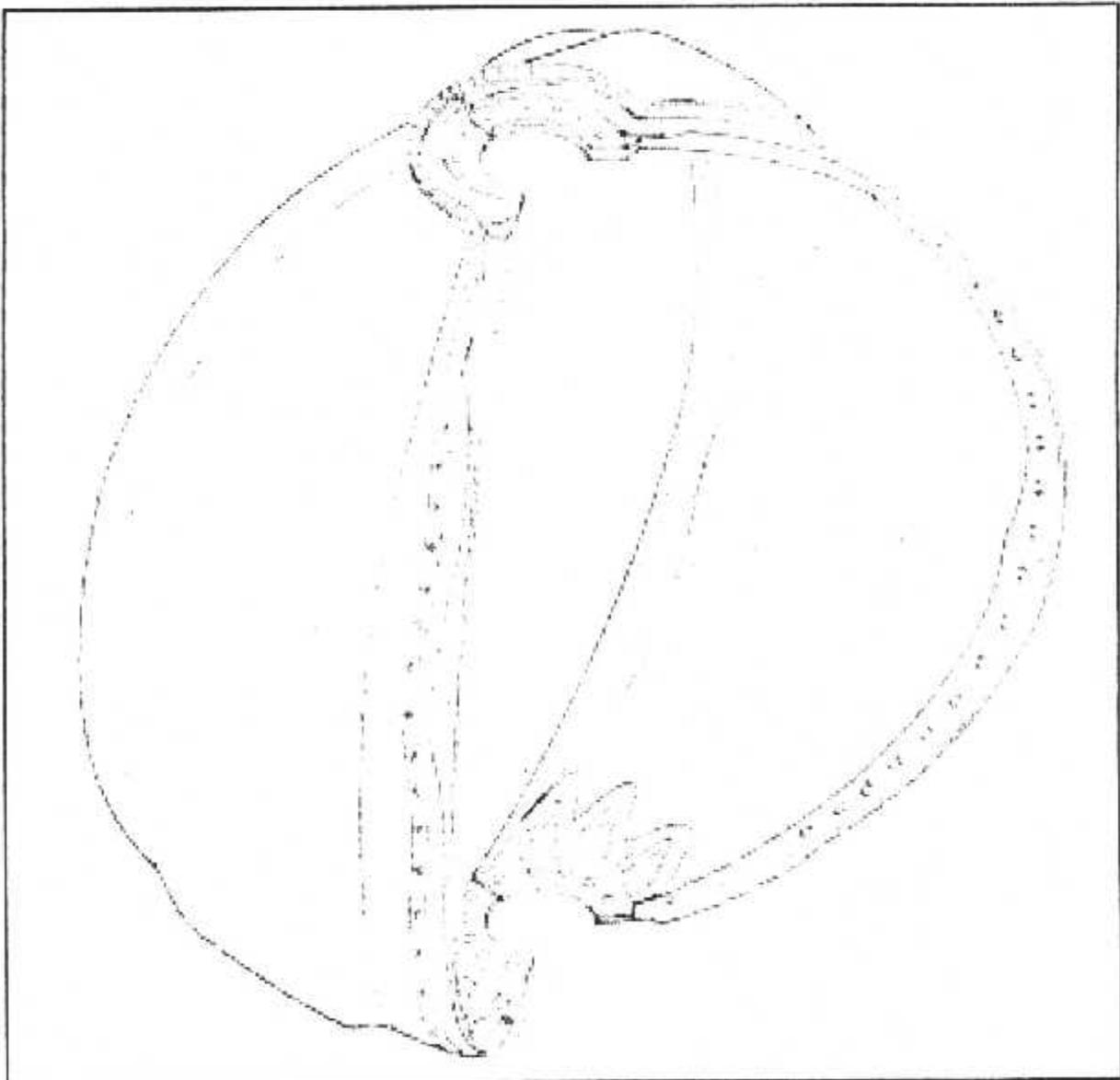


Fig-III-9 les portes de l'inverseur de poussée

III-7/ Le Joint d'air :

En position croisière le joint d'air métallique empêche toutes fuites des gaz d'échappement entre les portes et la structure métallique de l'inverseur de poussée

- Poids : 5.4 kg environ
- Diamètre : 96.5 cm environ

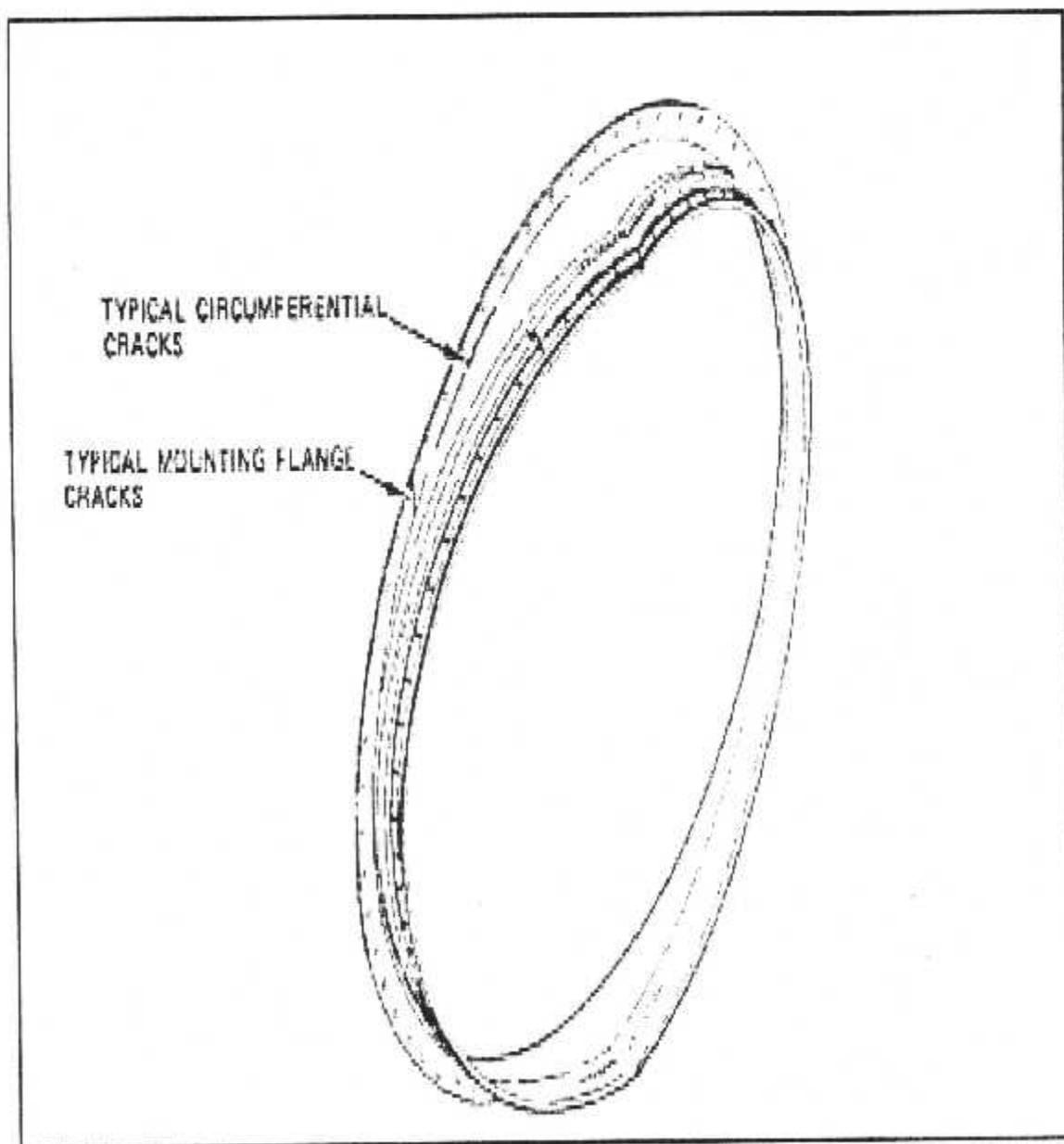


Fig-III-10 le joint d'air

III-8/ L'anneau (jupe) de la tuyère d'éjection :

L'anneau de la tuyère d'éjection constitue un carénage entre l'inverseur de poussée et la tuyère d'injection.

- Poids : 18 kg environ
- Longueur : 40.6 cm environ
- Diamètre : 104 cm environ

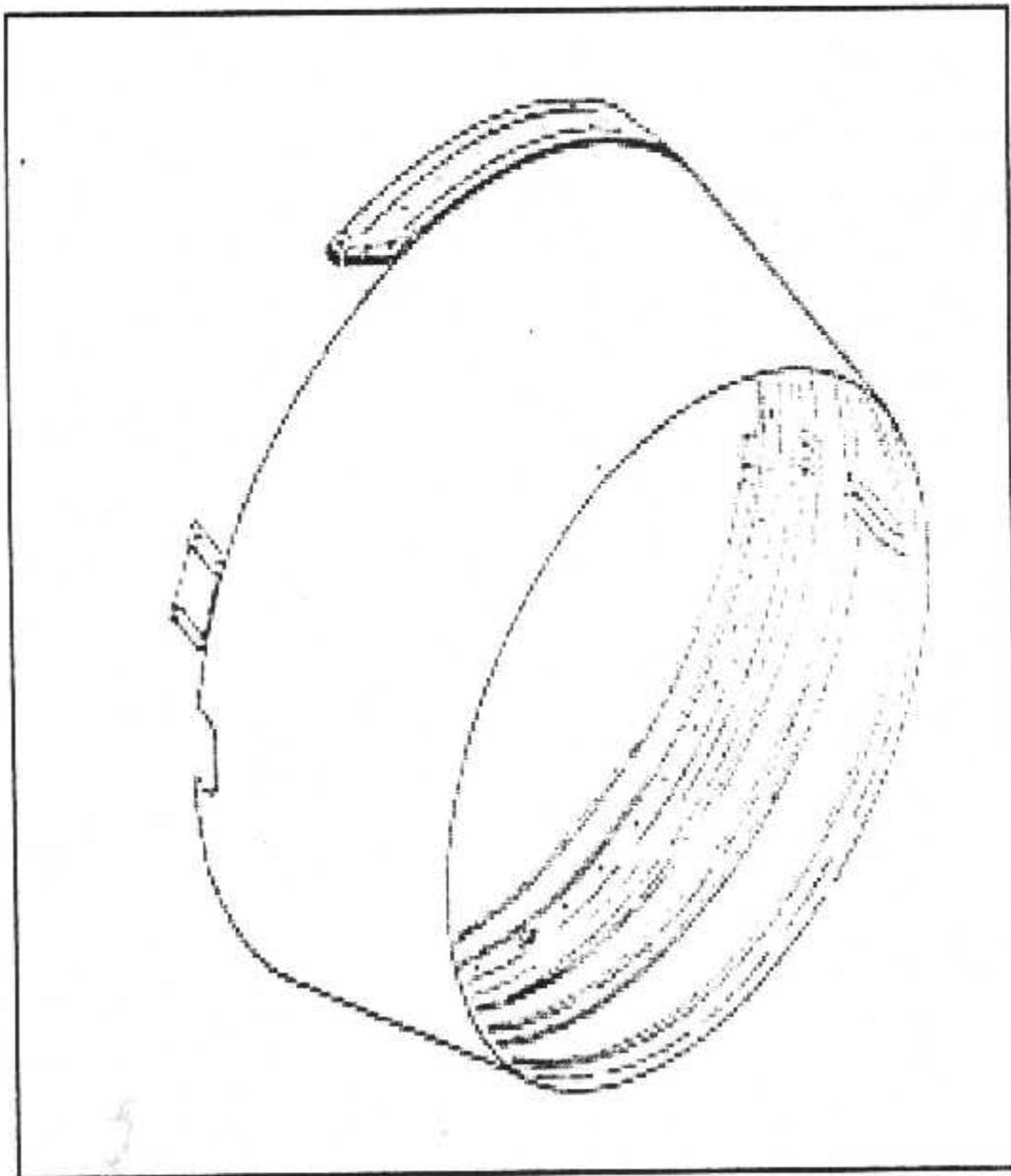


Fig-III-11 l'anneau de la tuyère d'éjection

III-9/ La tuyère d'éjection :

La tuyère d'éjection constitue le canal d'éjection des gaz d'échappement quand l'inverseur de poussée est en position croisière ceci permet une poussée avant.

- Poids : 25 kg environ
- Longueur : 85 cm environ
- Diamètre d'admission : 93 cm environ
- Diamètre d'éjection : 79cm environ

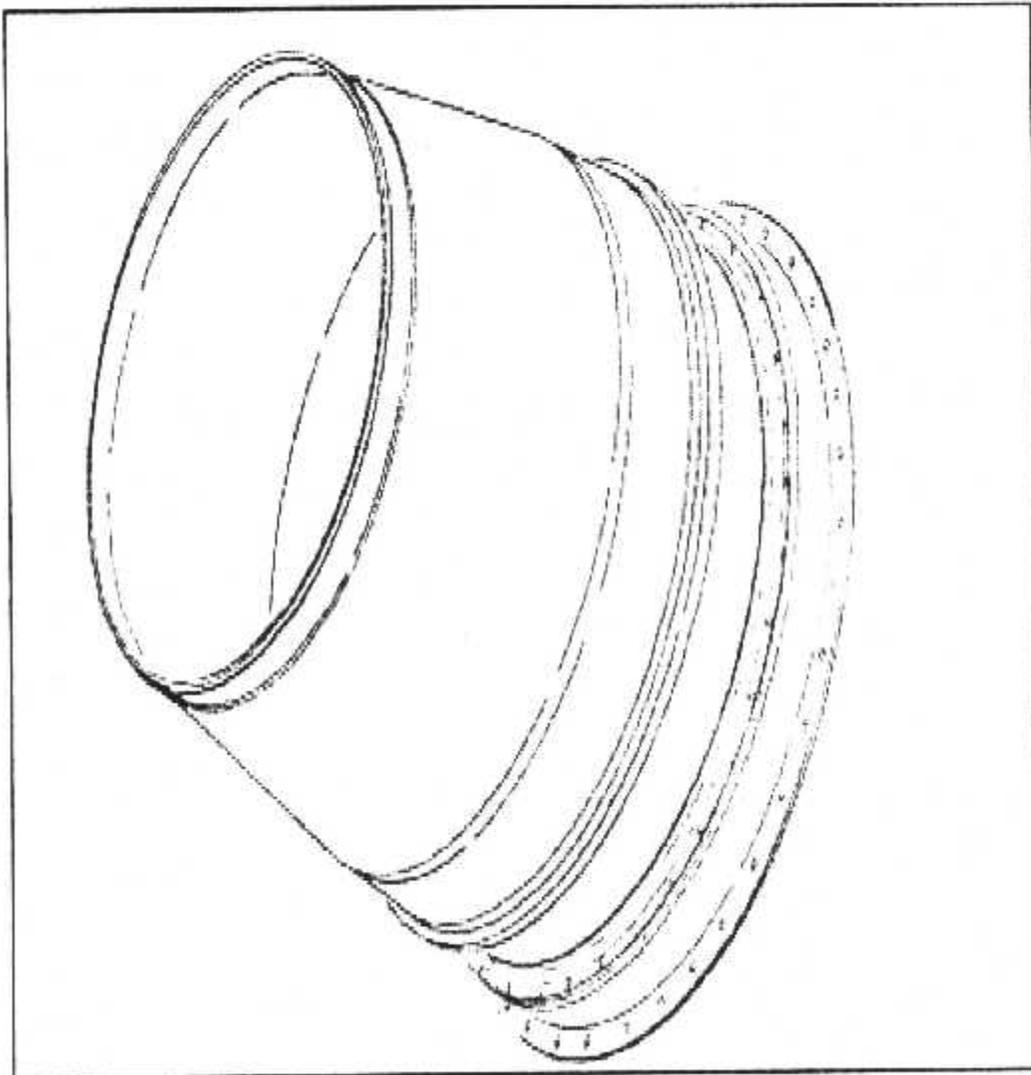


Fig-III-12 la tuyère d'éjection

Dans le prochain chapitre, on va s'intéresser à la maintenance et la recherche de pannes des inverseurs de poussée et la procédure que cela engendre.

CHAPITRE IV

**La maintenance et la recherche de pannes
de l'inverseur de poussée du B727**

I/ INTRODUCTION :

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

Ce maximum de sécurité de vol doit être assuré et garanti pendant toute la vie de l'avion qui s'étale de son premier vol jusqu'à sa réforme.

Toutes les systèmes et équipements de l'avion ayant une influence sur la sécurité de vol, doivent assurer leurs fonctions sans discontinuité durant toute leur période de fonctionnement, Le moindre arrêt de fonctionnement imprévisible est non toléré, car ceci peut engendrer une perturbation du régime du vol de l'avion et des incidents regrettables aux conséquences souvent irréparables.

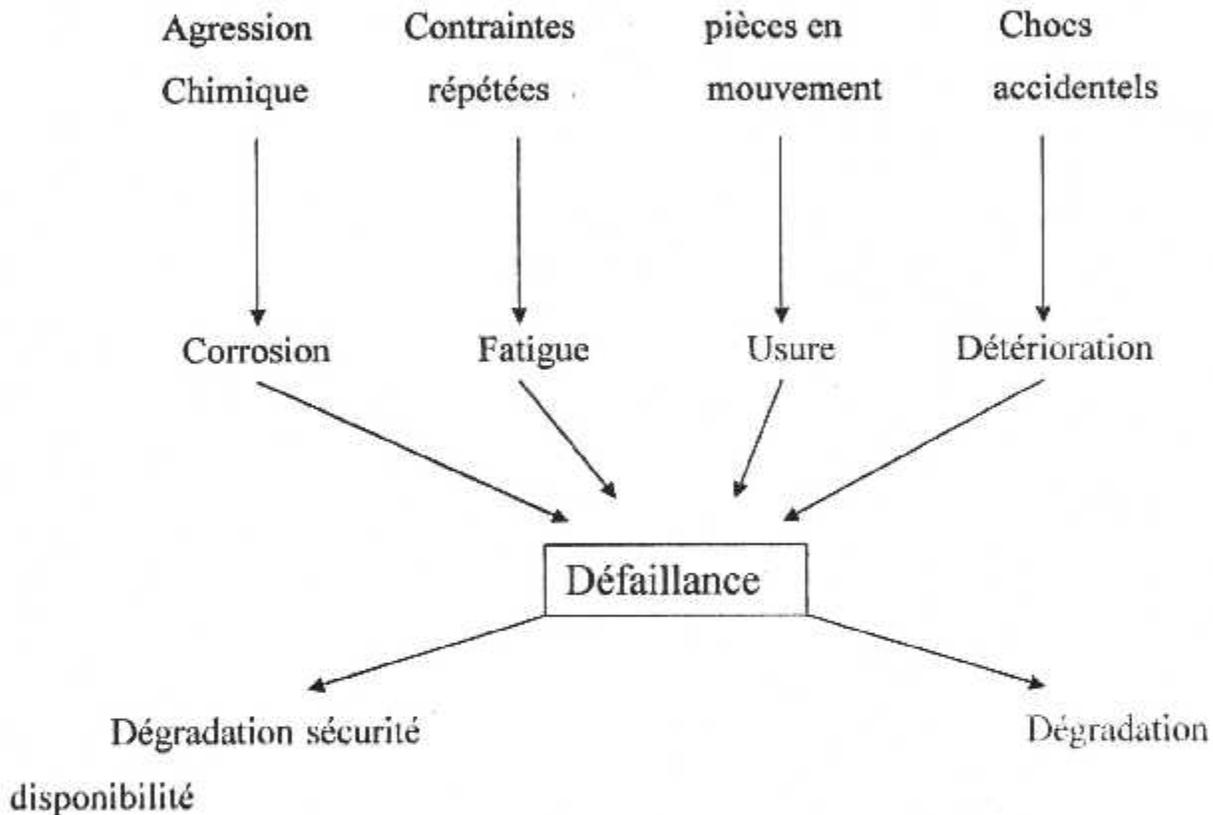
Les scientifiques cherchent toujours à augmenter la sécurité des aéronefs en augmentant sa fiabilité, cette dernière est définie comme la propriété qu'a un système ou une machine, de conservés dans le temps tous les paramètres dans les limites requises, caractérisant sa capacité d'accomplir les fonctions exigées, dans les régimes et conditions d'exploitation.

Par conséquent, la fiabilité est l'une des principales propriétés déterminant la qualité de la machine, mais elle se diminue toujours avec l'utilisation de l'aéronef. Pour cela, une maintenance adaptée comportant des actions préventives et correctives d'anomalies et de pannes, des différents systèmes qui constituent l'aéronef tel que le système d'inversion de poussée. ,

II-DEFINITION D'UNE DEFAILLANCE :

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

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



(fig. IV-1) Les principales causes de la maintenance

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

L'entretien est donc un facteur très important, ou la nécessité d'être pris en considération est obligatoire, car l'entretien a des conséquences sur les autres objets, la sécurité du matériel exploité et la sécurité des passagers.

III/ DEFINITION DE LA MAINTENANCE :

La maintenance est l'ensemble des opérations d'entretien permettant de maintenir ou de rétablir un système dans un état spécifique en mesure d'assurer un service déterminé.

Pour cela ,on peut définir deux types de maintenance l'une dite maintenance préventive (programmée) est l'autre corrective (non programmée).

III-1/LA maintenance préventive :

C'est la maintenance effectuée dont l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien. Une intervention de maintenance prévue, préparée et programmée avant la date probable d'apparition d'une défaillance elle doit permettre d'éviter les pannes des systèmes. en cours d'utilisation, on distingue donc deux catégories de maintenance: systématique et inconditionnelle.

► **Maintenance systématique** : c'est une maintenance préventive effectuée selon une échéance établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage, elle comprend les interventions périodiques (visites intermédiaire révision générale) .

► **Maintenance conditionnelles** : Cette maintenance préventive est subordonnée à un type d'événement déterminé (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure), cette forme de maintenance permet d'assurer le suivi continue en service.

III-2/La maintenance corrective :

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

- Analyse la cause de la panne.
- La remise en état.
- Amélioration de l'intervention.

IV-MAINTENANCE DU SYSTEME D'INVERSION DE POUSSEE DU MOTEUR JT8D DU B727 :

Dans la maintenance on distingue la révision générale qui se fait chaque fois que l'avion vole 16000 HDV et l'inspection routière.

IV-a/REVISION GENERALE :

La révision générale est effectuée en conformité totale avec l'OVERHAUL MANUAL. Lors de la révision générale d'un inverseur de poussée de JT8D, on suit les étapes suivantes :

IV-a-1/ DEMONTAGE DE L'INVERSEUR :

Avant d'entreprendre cette opération il faut fixer l'inverseur horizontalement sur le bâti de démontage. Cette dernière consiste à démonter :

► Démontage : (Ensembles)

- Dépose : Carénage latéraux, cache vérins et cascades.
- Dépose : Tuyauteries d'alimentation d'air.
- Dépose : Vérins d'inverseurs assemblés.
- Dépose : Supports vérins et supports cascades.
- Dépose : Carénage tuyère et tuyère d'éjection.
- Dépose : Déflecteurs avant et anneau avant.
- Dépose : Coquilles et mécanismes.
- Démontez du vérin : prise électrique – Switch et la valve de verrouillage.
- Démontez de la structure : roulements et leviers coudés.

► Désassemblage : - Valve de verrouillage.

- Vérin d'inverseur.

REMARQUE :

Lors de cette étape on doit manipuler l'inverseur avec précaution afin d'éviter toute détérioration des pièces et tout accident. Repérer avant le démontage des pièces, pour qu'elle puisse être remontée à leurs places.

IV-a-2/ NETTOYAGE :

A l'exception des roulements et des ensembles électriques, toutes les pièces doivent être nettoyées à l'aide d'un solvant sec.

Les roulements doivent être démagnétisés et lavés avec un chiffon non pelucheux imbibé de solvant de nettoyage sec et ne doivent pas être lubrifiés. Le contacteur doit être essuyé extérieurement avec un chiffon sec en prenant soin contre la pénétration des particules de saleté à l'intérieur.

Généralement les produits utilisés pour le nettoyage sont :

- Brosse de soies raides.
- Solvant Bon ami et alcalin.
- Chiffons doux et non pelucheux.
- Poudre de grès de grain 6201 ou plus fin.

IV-a-3/ INSPECTION :

Toutes les pièces, composants, structures, sont inspectées selon le manuel de révision générale pour usure, arrachement de métal ou bavure, entailles, criques, déformations, détérioration, corrosion, flambage, points chauds.... etc

Ainsi que l'état général des soudures, rivets, revêtements filetage, ovalisations des trous, câblages électriques switches etc

On procède lors de cette phase à deux genres de contrôle.

A – Contrôle visuel :

On contrôle visuellement toutes les pièces pour criques, bavures et corrosion en utilisant des sources de lumière puissantes et une loupe à grossissement de 10, l'état de tous les filetages et les surfaces plaquées pour soufflures, écaillages ou empreintes et enfin contrôler la bonne tenue de tous les rivets et l'état des soudures.

B – Contrôle spécial :

Il consiste à :

- ♦ Contrôler les roulements pour rugosité, coincements et jeu radial ou axial excessif et effectuer un contrôle de détection des criques par le procédé

"Zyglo » ou « Magnaflux » tout en protégeant les roulements du fluide utilisé.

- ♦ Contrôler visuellement tous les tuyauteries pour criques, marques, de coups ou restriction de la section, avec un essai de pression dans l'eau.
- ♦ Contrôler les ressorts dans une chambre chauffée.
- ♦ Effectuer un essai de continuité électrique sur les contacteurs.
- ♦ Contrôler la chape du levier avant pour ovalisation des trous de fixations sur la structure.
- ♦ Contrôler les leviers triangulaires et arrières pour flambage .
- ♦ Contrôler d'usure des pièces.

IV-a-4/ REPARATION :

Dans cette étape, les pièces suivantes doivent être réparées :

- Toutes les pièces comportent des défauts (cirques, rayures, - bavures).
- Les trous ovalisés.
- Les tiges.
- Les billettes.
- La section avant du carénage.
- Le support verrou.
- La grille déviatrice de poussée (cascade).
- Les vérins de commande.
- Le vérin de verrouillage.
- Les portes, joints d'air.

IV-a-5/ REMONTAGE DE L'INVERSEUR : (Assemblage).

Après contrôle de toutes les parties de l'inverseur et réparation où changement des pièces défectueuses ou usées, on procède à l'assemblage de l'inverseur et avant d'entamer ce travail on doit appliquer sur tous les filetages et sous les têtes des boulons la graisse « EASE-OFFGO » ou équivalent.

Cette étape consiste à :

- Remonter les mécanismes des coquilles sur la structure (roulements et leviers coudés).
- Positionner et fixer les coquilles sur les moyeux intérieurs et extérieurs des mécanismes.
- Monter le joint avant sur la structure.
- Monter la tuyère d'éjection.
- Fixer les supports des tuyauteries sur la structure.
- Fixer les tuyauteries d'alimentation d'air avec des colliers.
- Monter le carénage de la tuyère.
- Monter les deux supports vérins.
- Monter les deux vérins d'inverseurs.
- Régler les coquilles.
- Monter la valve de verrouillage.
- Monter le switch et la prise électrique.
- Monter le câble et le téléflex.
- Monter les supports cascades et les supports carénages latéraux.
- Monter les cascades.
- Après test final, monter les carénages latéraux et le cache vérin.

IV-a-6/REGLAGE FINAL :

En cette phase on opère comme suit :

- ▶ Déplacer à la main les déflecteurs sans application d'une force excessive.
- ▶ Contrôle de l'alignement de la tringle rie de commande des déflecteurs en démontant ces derniers et en plaçant le demi- coquilles en position « reverse » (fermé).
- ▶ Régler l'inverseur avec les déflecteurs en :
 - Plaçant les déflecteurs en position « reverse » avec les coquilles.
 - Serrant les boulons dans les support de butée.

- Réglant les bielles montées entre les leviers triangulaires avec serrage des contre-écrous.
- Appliquant une basse pression d'air pour déplacer les déflecteurs et les verrouiller en position croisière, puis les faire revenir à la position reverse et les maintenir.
- Vérifiant le jeu entre le bord de fuite des déflecteurs et le carénage arrière.
- Répétant les opérations de vérification jusqu'à ce que toutes les conditions nécessaires sont remplies.

► **Stockage :**

Les inverseurs de poussées doivent être stockés après chaque révision générale.

La durée limite de stockage des ensembles contenant des éléments en caoutchouc ne doit pas excéder huit semaines, sauf pour tuyauterie (14 semaines).

IV-a-7/ESSAI DE FONCTIONNEMENT FINAL APRES REVISION :

Il consiste à :

- Connecter l'alimentation pneumatique régulée avec la jauge et le selecteur valve dans le circuit inverseur.
- Connecter la lampe de test au switch.

Voir Fig.IV-2 pour le banc d'essai de fonctionnement.

Condition d'essai : - Inverseur en position croisière.

- Lampe éteinte.
- Distributeur en position reverse.

Résultat A : - la pression d'air mini nécessaire à la mise en mouvement des coquilles

est :

- Pression maxi 5psi (pression lue).

Résultat B : - la pression d'air mini nécessaire pour amener les coquilles à 102mm de leur position de contact est :

- Pression maxi 10psi.

Résultat C : - La pression d'air mini nécessaire pour amener les coquilles en contact.

- Pression maxi 20psi (pression lue).

REMARQUE :

Après l'essai, il faut contrôler les tuyauteries et clapets anti-retour pour fuites surtout au niveau des raccordements.

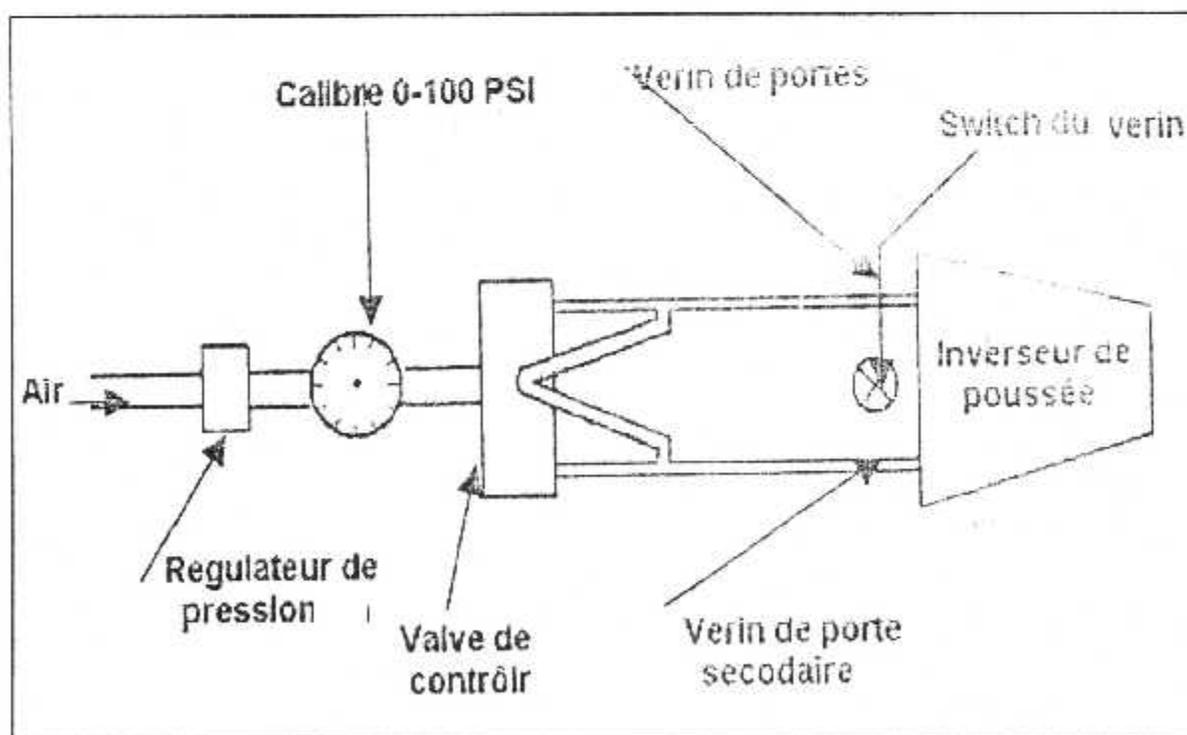


Fig.IV-2 BANC D'ESSAI DE FONCTIONNEMENT DES INVERSEURS DE POUSSEE DU JT8D

IV-b/INSPECTION ROUTINIÈRE : (Sur piste)

Cette inspection est effectuée à chaque fois qu'un inverseur a besoin d'une inspection sur piste. L'inverseur doit nettoyer complètement avant d'entreprendre l'inspection et le contrôle visuel doit être effectué à l'aide d'une lumière puissante et d'une loupe à grossissement de 10.

IV-b-1/BIELLETES ET LEVIERS DE COMMANDE DES DEMI-COQUILLES :

- a-Vérifier l'état des leviers de commande des demi-coquilles.
- b-Vérifier l'état des biellettes de commande des demi-coquilles.
- c-Vérifier s'il n'y a pas un jeu exagéré au niveau des roulements, des rotules biellettes de commande des demi-coquilles et que ne sont pas user.

IV-b-2/SUPPORTS AVANTS :

- a-Inspecter les supports avants pour criques. Aucune crique n'est tolérée sur les pattes (saillies).

IV-b-3/INSPECTION DE LA STRUCTURE :

- a-Inspecter toutes les soudures pour criques.
- b-Inspecter les raidisseurs, tirants et goussets pour criques.
- c-Inspecter les longrines pour criques.
- d-Contrôler l'état des anneaux.
- e-Contrôler l'état des joints d'air.
- f-Inspecter le revêtement pour criques et déformation .
- g-Contrôler la bonne tenue des rivets.

IV-b-4/INSPECTION DES DEMI-COQUILLES :

- a-Contrôler les revêtements intérieurs et extérieurs pour éraflures, cloquages, criques, déformations thermiques.....etc.
- b-Contrôler les bords d'attaques et de fuite pour éraflures, criques, usures, déformations... etc.

c-Contrôler les cordons de soudure pour criques.

d-Contrôler l'état des rivets et des écrous prisonniers.

e-Inspecter l'état des segments arrières.

IV-b-5/INSPECTION DES AUBES EN CASCADE :

a-Contrôler l'état des grilles en cascade.

b-Contrôler les aubes en cascade pour criques, détachements.....etc.

IV-b-6/INSPECTION DES CARENAGES INSTALLES ATOUR DES GRILLES EN CASCADE :

a-Inspecter ces carénages pour criques, déformations, déchirures.....

IV-b-7/INSPECTION DU JOINT AVANT :

a-Contrôler la bonne tenue des rivets.

b-Contrôler l'état de l'anneau.

c-Inspecter les languettes du joint pour usures exagérées.

IV-b-8/INSPECTION DE LA TUYERE D'EJECTION :

a-Examiner entièrement la tuyère d'éjection pour criques, bavures, piqûres écorchures ou corrosions

b-Contrôler les cordons de soudure pour criques.

c-Vérifier si la plaquette d'identification est bien fixée.

IV-b-9/INSPECTION DU CARENAGE DE TUYERE :

a-Contrôler l'ensemble carénage pour entailles, déchirures.

b-Contrôler la bonne tenue de tous les rivets.

c-Contrôler les cordons de soudure pour criques ...

IV-b-10/INSPECTION DU CARENAGE AVANT :

a-Inspecter ce carénage pour criques, entailles...

b-Contrôler la bonne tenue des rivets.

IV-b-11/INSPECTION DES CARENAGES DES VERINS PNEUMATIQUES :

a-Inspecter ces carénages pour criques, déchirures, déformations.

b-Vérifier la tenue des joints de soudure des rondelles cuvettes.

IV-b-12/INSPECTION DES CACHES RAILS :

- a-Inspection les caches rails pour criques, entailles.....etc.
- b-Contrôler la bonne tenue des rivets.
- c-Contrôler les cordons de soudure pour criques.

IV-b-13/DANS LE CAS D'UN INVERSEUR DE POUSSEE A CASCADE :

- a-remonter les grilles en cascade ainsi que les carénages précédemment démontés.

IV-b-14/ESSAI DE FONCTIONNEMENT : (Sur piste)

- a-effectuer un essai de fonctionnement et s'assurer qu'il n'y a pas de fuite au niveau des tuyauteries d'air.

IV-b-15/REMONTAGE DES CARENAGES DES VERINS**PNEUMATIQUES :**

- a- remonter les carénages des vérins pneumatiques.

V- RECHERCHE DE PANNE:

Tout incident ou anomalie constaté en vol par l'équipage fait objet d'un compte rendu circonstancié (compte rendu matériel "CRM")

Dont l'analyse faite à chaque escale, permettent de déterminer les actions correctives adapter (action immédiate, report jusqu'à retour à la base principale d'entretien, report à la prochaine visite programmé).

Toute anomalie constatée en vol, qu'elle est liée ou non aux travaux encours, fait objet d'une analyse similaire. Certains incidents importants sont obligatoires suivis des ensembles des vérifications et des inspections systémiques, (vol en turbulence forte, atterrissage dur)

V.1EXEMPLE DE RECHERCHE DE PANNE DE L'INVERSEUR DE POUSSEE :

Le principe consiste à définir clairement le symptôme et son interprete, et puis les procédés diagnostiques de façon logique et à choisir et appliquer pour le remède permettant le dépannage.

Pour cela, on récapitule dans le tableau suivant quelques anomalies ou symptômes avec leurs causes probables ainsi que les remèdes nécessaires selon chaque cas.

Anomalie	Cause possible	Remède
♦ Les coquilles et déflecteurs ne bougent pas.	♦ Tuyauterie d'alimentation d'air défectueuse. ♦ Vérins de déverrouillage défectueux.	♦ Remplacer la ou les tuyauteries défectueuses. ♦ Contrôler et réparer le vérin défectueux.

<ul style="list-style-type: none"> ♦ Le déplacement des coquilles et déflecteurs nécessite. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Les coquilles exercent une pression excessive sur la structure. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Contrôler et réparer les coquilles.
<ul style="list-style-type: none"> ♦ Une pression d'air supérieure à celle définie dans la charte d'essai. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Roulement du mécanisme des coquilles défectueuses. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Déconnecter les biellettes du mécanisme des coquilles et faire fonctionner l'inverseur si les roulements sont la cause du mauvais fonctionnement.
	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Bielle du déflecteur cassée ou déformée. ♦ Ensemble des vérins défectueux 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Vérifier, remplacer et rassembler correctement. ♦ Déconnecter le mécanisme des coquilles et faire fonctionner les vérins à la main. Si les vérins sont la cause de l'anomalie les réparer.
<ul style="list-style-type: none"> ♦ Impossibilité d'ouvrir ou de fermer complètement les coquilles. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Joint avant endommagé. ♦ Vérins d'inverseur défectueux. ♦ Structure déformée. 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Contrôler et réparer le joint. ♦ Contrôler et réparer les vérins. ♦ Contrôler et réparer

		les coquilles. ♦ Contrôler et réparer la structure.
♦ Au cours de la manœuvre de l'inverseur vers la position « croisière » les déflecteurs ne se ferment pas, bien que les coquilles s'ouvrent correctement.	♦ Valve séquentielle défectueuse. ♦ Tuyauterie d'alimentation air défectueuse. ♦ Bielle de commande déflecteurs défectueuse.	♦ Réparer ou remplacer la valve séquentielle. ♦ Vérifier et remplacer la tuyauterie défectueuse. ♦ Vérifier ou remplacer ou réparer les pièces défectueuses.

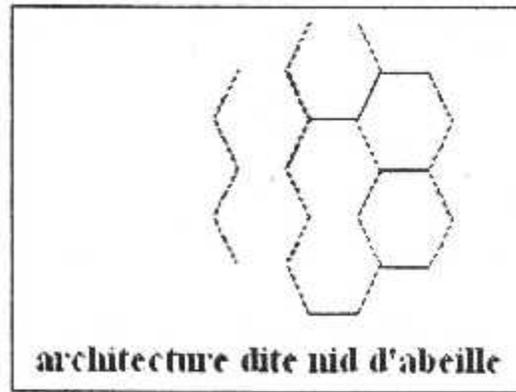
VI- LES DEVELOPPEMENTS ACTUELS ET FUTURS

VI-1/ LES RECHERCHES SUR LA MASSE :

Comme nous l'avons fait remarqué lors de la présentation de l'inverseur, celui-ci est la partie la plus lourde de la nacelle du réacteur. Il est évident que dans la recherche perpétuelle de gain de masse pour les avions, réduire la masse des inverseurs apparaît donc comme une priorité. Pour cela, les recherches se développent aux alentours de 2 méthodes pour obtenir un gain en masse (réduction).

IV-1-a/ Structure en nid d'abeille :

On utilise pour réaliser cet objectif un sandwich de matériaux. On place entre 2 couches d'alliages métalliques une structure à géométrie dite en nid d'abeille. Architecture très résistante aux contraintes concernées, à savoir torsion et flexion, et qui a l'avantage d'être en fait remplie d'air ce qui a pour effet de réduire sa masse



IV-1-b/ Utilisation de composites :

L'utilisation des matériaux composites carbone/carbone permet une utilisation pour des très hautes températures. En effet, les caractéristiques mécaniques d'une pièce fabriquée dans ce matériau augmentent avec la température. On peut donc plonger l'inverseur dans le flux primaire, très chaud, sans craindre une rupture due à la température.

Le principal inconvénient de ces structures en carbone/carbone est en premier lieu leur prix important mais aussi la technicité pour obtenir un résultat fiable et viable.

De plus, une société anglaise (RTM) propose la réalisation d'inverseurs de poussée plus légers et plus résistants en utilisant des composites tressés.

VI-2/ LES RECHERCHES SUR LE BRUIT :

Le bruit n'est pas le plus gros problème sur les inverseurs de poussée. En effet, ceux-ci ne sont utilisés que sur un laps de temps très court lors de l'atterrissage, néanmoins de nombreuses recherches ont été effectuées. Parmi les solutions apportées se trouve l'inclinaison de la porte (on doit optimiser l'angle d'ouverture de celle-ci), ainsi que l'orientation des cascades.

Les recherches sont à un point où un gain de 1 dB équivaut à 1% de plus de frais d'exploitation pour la compagnie exploitant les avions, ce qui ralentit évidemment les recherches.

CONCLUSION

CONCLUSION :

La réalisation de ce projet nous a permis d'enrichir et d'approfondir nos connaissances théoriques sur notre sujet, grâce à l'aide trouvée principalement auprès de notre promoteur et aussi bien grâce l'apport en documentation fournit par les ingénieurs de la compagnie AIR ALGERIE_ département maintenance.

Nous avons pu voir que les inverseurs, quoi que très peu connus, mettent en oeuvre une technologie de pointe et participe à la sûreté des avions.

Malgré une utilisation de très courte durée, la technicité utile à sa réalisation est très importante, non seulement dans la géométrie retenue comme par exemple la dimension des tuyères est des critères déterminants pour le choix de la technologie de l'inverseur.

Enfin nous espérons bien que notre travail servira comme document de références pour les étudiants de l'institut aéronautique, et aussi bien aux techniciens lors de la révision générale ou sur piste du système d'inverseur de poussée de l'avion B727.

BIBLIORAPHIE

BIBLIOGRAPHIE :

1) MO: maintenance and over haul manual B727.

2) Les theses :

- Etude comparative de l'inverseur de poussée du JT8D et CFM56 et leur maintenance.

- Etude et simulation des performances de l'inverseur de poussée du moteur JT8D.

3) JT8D manual (AIR ALGERIE).