

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA

Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Département d'Aéronautique

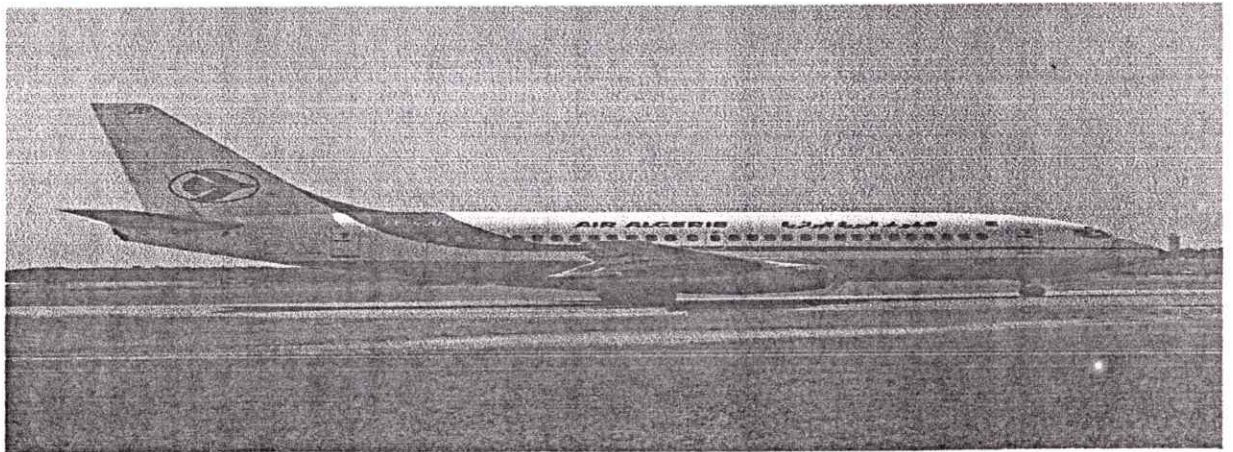
MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention du Diplôme des Etudes Universitaires Appliquées  
(D.E.U.A) en Aéronautique

Option : PROPULSION

THÈME

Etude comparative entre l'APU GTCP 85 - 129  
équipant le Boeing 737 - 200  
et l'APU GTCP 131 - 9B équipant le Boeing 737 - 800



Réalisé par :

M. MEZAOUER Abdelfatah

M<sup>lle</sup>. ZITOUNI Nesrine

Dirigé par :

M. ABDALLAH EL-HIRTSI Ahmed

M. AMROUCHE Mohamed

PROMOTION : 2004 - 2005



## Remerciements

*Nous remercions le bon Dieu le plus clément, de nous a donné la santé, la sagesse et l'envie d'accomplir notre projet.*

*Nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidé et qui nous ont comblé de conseils et d'encouragement.*

*Nos plus sincères respects s'adressent particulièrement à Messieurs AMROUCHE Mohamed, ABDALLAH EL-HIRTSI Ahmed, BEN DAHMANE et FARID.*

*Nous remercions enfin tout le personnel du département d'aéronautique de l'université de Blida.*

*Merci*

# D é d i c a c e

*Je dédie ce modeste travail à :*

- *Avant tous le monde à ma chère mère WAHIBA qui m'a soutenue énormément tout au long de mon trajet d'études*
- *A mon père DJAMEL qui m'a soutenu moralement et financièrement.*
- *A ma frangine MADINA*
- *A mes deux frangins RIAD et OMAR*
- *Sans oublier mon patient binôme FETHI et sa propre famille*
- *A ma cousine ANISSA*
- *A ma petite clique : MADINA, BELKACEM, SOFIANE et LYES et tout les amies de prés ou loin.*

*ZITOUNI NESRINE*

# D é d i c a c e

*Je dédie ce modeste travail à :*

- *Ma très chère mère MALIKA qui a été toujours là pour moi, je la remercie pour son soutien.*
- *Mon cher père ALI qui m'a soutenu durant toute ma vie.*
- *Mes frangins MOHAMED et YASSINE.*
- *Mes frangines SABRINA et SOUHILA.*
- *Toute ma famille, MEZAOUER et FERILOULI. Mes oncles et mes tantes, mes cousins et cousines.*
- *Mes amis : Hadia, Mourad, Amina, Mohamed, Belkacem, El-hadi, Saïda, Sofeïne, Mehdi, Madina, El-khièr, Kamilia, Chafik, Oussama, et à tous mes amis de près ou de loin.*
- *Mon binôme NESRINE et toute sa famille.*

*MEZAOUER ABDEL FATAH*

## SOMMAIRE

|   |    |
|---|----|
| <b><u>INTRODUCTION</u></b> .....  | 1  |
| <b><u>CHAPITRE I : GENERALITE SUR LES AVIONS BOEING 737 – 200 ET 737 – 800.</u></b> |    |
| I.1. Généralité sur l'avion 737 – 200 .....   | 2  |
| I.1.1. Caractéristiques de l'avion 737.. .....                                      | 2  |
| I.2. Généralité sur l'avion 737 – 800 .....   | 4  |
| I. 2.1. Caractéristiques de l'avion 737-800 .....                                   | 4  |
| <b><u>CHAPITRE II : GENERALITE SUR LES APU GTCP 85 – 129 ET LE GTCP 131-9B</u></b>  |    |
| II.1. Généralité sur l'APU GTCP 85 – 129.....                                       | 6  |
| II.1.1. Définition .....  | 6  |
| II.1 .2. Caractéristiques générales de l'APU GTCP 85-129 .....                      | 7  |
| II.1.3. Installation .....  | 8  |
| II.2. Généralité sur l'APU GTCP 131 – 9B .....                                      | 9  |
| II.2.1. Définition .....  | 9  |
| II.2.2. Caractéristiques .....  | 9  |
| II.2.3. Installation. ....  | 10 |
| <b><u>CHAPITRE III : DESCRIPTION GENERALE SUR LES DEUX APU</u></b>                  |    |
| III.1. Description de l'APU GTCP 85 – 129.....                                      | 12 |
| III.1.1. les modules de l'APU GTCP 85 – 129.....                                    | 13 |
| III.1.1.1. L'entrée d'air .....   | 13 |
| III.1.1.2. Le compresseur.....  | 13 |
| III.1.1.3. La chambre de combustion.....  | 14 |
| III.1.1.4. La turbine.....  | 14 |
| III.1.1.5. La tuyère d'éjection.....  | 15 |
| III.1.1.6. La Gearbox .....   | 16 |
| III.1.2. les systèmes de l'APU GTCP 85 – 129 .....                                  | 17 |
| III.1. 2.1. Système entrée d'air .....  | 18 |
| III.1. 2.2. Système de lubrification .....  | 20 |
| III.1. 2.3. Système de carburant .....  | 24 |
| III.1. 2.4. Système d'échappement .....   | 30 |
| III.1. 2.5. Système de refroidissement .....  | 31 |
| III.1.2.6. Système de soutirage .....   | 33 |
| III.1.2.7. Système de démarrage et d'allumage.....                                  | 35 |
| III.1. 2.8. Système d'indication .....  | 42 |
| III.1. 2.9. Système de drainage .....   | 44 |
| III.1.2.10. Système de contrôle et de gestion .....                                 | 45 |

|  |    |
|--|----|
| III.2. Description générale sur GTCP 131 – 9B.....         | 46 |
| III.2.1. les modules de l'APU GTCP 131 – 9B.....           | 47 |
| III.2.1.1. L'entrée d'air.....                             | 47 |
| III.2.1.2. Le compresseur de la section de puissance ..... | 47 |
| III.2.1.3. La chambre de combustion .....                  | 48 |
| III.2.1.4. La turbine .....                                | 48 |
| III.2.1.5. La tuyère d'éjection .....                      | 49 |
| III.2.1.6. Le compresseur de charge .....                  | 50 |
| III.2.1.7. La Gearbox .....                                | 51 |
| III.2.2. les systèmes de l'APU GTCP 131 – 9B .....         | 52 |
| III.2.2.1. Système entrée d'air .....                      | 53 |
| III.2.2.2. Système de lubrification .....                  | 56 |
| III.2.2.3. Système de carburant .....                      | 63 |
| III.2.2.4. Système d'échappement .....                     | 69 |
| III.2.2.5. Système de refroidissement .....                | 70 |
| III.2.2.6. Système de soutirage .....                      | 71 |
| III.2.2.7. Système de allumage et démarrage .....          | 75 |
| III.2.2.8. Système d'indication .....                      | 80 |
| III.2.2.9. Système de drainage.....                        | 84 |
| III.2.2.10. Système de contrôle électronique .....         | 86 |

## **CHAPITRE IV : GENERALITE SUR LA MAINTENANCE DES DEUX APU**

|  |    |
|--|----|
| IV.1. Introduction.....                                      | 91 |
| IV.2. Généralité de la maintenance pour APU GTCP 85-129..... | 91 |
| IV.2.1 Les modes d'entretien .....                           | 91 |
| IV.2.1.1 Entretien à vie limite.....                         | 91 |
| IV.3. Fiabilité.....   | 92 |
| IV.4. Influence de la fiabilité.....                         | 92 |
| IV.5. Type de maintenance .....                              | 93 |
| IV.5.1. La maintenance préventive.....                       | 93 |
| IV.5.1.1. Maintenance systématique.....                      | 93 |
| IV.6. Stratégie de maintenance .....                         | 93 |
| IV.7. Maintenance pour APU GTCP 131 – 9B.....                | 93 |
| IV.7.1. Les modes d'entretien .....                          | 93 |
| IV.7.1.1. Entretien à vie limite (Hard time).....            | 94 |

|  |    |
|--|----|
| IV.7.1.2. Entretien selon l'état.....                          | 94 |
| IV.7.2.3. Entretien avec surveillance de comportement CM)..... | 95 |
| IV.7.2. Maintenance programmée .....                           | 95 |
| IV.7.3. La stratégie de maintenance .....                      | 96 |
| IV.7.3.1. Maintenance en ligne.....                            | 96 |
| IV.7.3.2. Maintenance en atelier.....                          | 97 |

## **CHAPITRE V : COMPARAISON DES DEUX APU**

|  |     |
|--|-----|
| V.1. Comparaison structurales de l'APU GTCP 85-129 et de l'APU<br>GTCP 131-9B .....      | 98  |
| V.2. Comparaison des paramètres de l'APU GTCP 85-129 et de l'APU<br>GTCP 131-9B.....     | 103 |
| V.3. Comparaison de la maintenance de l'APU GTCP 85-129 et de l'APU<br>GTCP 131-9B ..... | 108 |
| V.4. Conclusion .....  | 109 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| <b><u>CONCLUSION</u></b> ..... | 110 |
|--------------------------------|-----|

### **BIBLIOGRAPHIE**

### **GLOSSAIRE**

### **UNITES DE MESURE**

## LISTE DES FIGURES

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure I.1 :</b> Avion 737 – 200.....  | 3  |
| <b>Figure I.2 :</b> Avion 737 – 800.....  | 5  |
|   |    |
| <b>Figure II.1 :</b> L'emplacement de l'APU GTCP 85 – 129.....                                      | 8  |
| <b>Figure II.2 :</b> Les attaches de l'APU GTCP 85 – 129 avec le compartiment avion.....            | 8  |
| <b>Figure II.3 :</b> Les limitations de démarrage et de soutirage d'air de l'APU GTCP 131 – 9B..... | 10 |
| <b>Figure II.4 :</b> L'emplacement de l'APU GTCP 131 – 9B.....                                      | 10 |
| <b>Figure II.5 :</b> Les points d'attaches de l'APU GTCP 131 – 9B.....                              | 11 |
|   |    |
| <b>Figure III.1 :</b> Vue de coupe de l'APU GTCP 85 – 129.....                                      | 12 |
| <b>Figure III.2 :</b> Compresseur BP et HP de l'APU GTCP 85 – 129.....                              | 13 |
| <b>Figure III.3 :</b> Chambre de combustion de l'APU GTCP 85 – 129.....                             | 14 |
| <b>Figure III.4 :</b> Turbine de l'APU GTCP 85 – 129.....   | 15 |
| <b>Figure III.5 :</b> Tuyère d'éjection de l'APU GTCP 85 – 129.....                                 | 16 |
| <b>Figure III.6 :</b> Boîte d'entraînement des accessoires de l'APU GTCP 85 – 129.....              | 17 |
| <b>Figure III.7 :</b> Système entrée d'air de l'APU GTCP 85 – 129.....                              | 18 |
| <b>Figure III.8 :</b> Composants du système entrée d'air de l'APU GTCP 85 – 129.....                | 19 |
| <b>Figure III.9 :</b> Système de lubrification de l'APU GTCP 85 – 129.....                          | 20 |
| <b>Figure III.10 :</b> Composants du système de lubrification.....                                  | 21 |
| <b>Figure III.11 :</b> Réservoir d'huile.....   | 22 |
| <b>Figure III.12 :</b> Bloc de pompes d'huile.....  | 23 |
| <b>Figure III.13 :</b> Système de carburant de l'APU GTCP 85 – 129.....                             | 25 |
| <b>Figure III.14 :</b> Pompe régulatrice du carburant.....  | 27 |
| <b>Figure III.15 :</b> Les composants du système de carburant.....                                  | 29 |
| <b>Figure III.16 :</b> Injecteurs.....  | 29 |
| <b>Figure III.17 :</b> Échappement de l'APU GTCP 85 – 129.....                                      | 30 |
| <b>Figure III.18 :</b> Système de refroidissement de l'APU GTCP 85 – 129.....                       | 31 |
| <b>Figure III.19 :</b> Système de soutirage d'air de l'APU GTCP 85 – 129.....                       | 33 |
| <b>Figure III.20 :</b> Système de démarrage de l'APU GTCP 85 – 129.....                             | 35 |
| <b>Figure III.21 :</b> Switch centrifuge.....   | 37 |
| <b>Figure III.22 :</b> Séquences de démarrage de l'APU GTCP 85 – 129.....                           | 41 |
| <b>Figure III.23 :</b> Système de protection d'incendie.....  | 43 |
| <b>Figure III.24 :</b> Commandes du système de protection d'incendie.....                           | 43 |
| <b>Figure III.25 :</b> Vue de coupe de l'APU GTCP 131 – 9B.....                                     | 46 |
| <b>Figure III.26 :</b> Compresseur de puissance de l'APU GTCP 131 – 9B.....                         | 47 |
| <b>Figure III.27 :</b> Chambre de combustion de l'APU GTCP 131 – 9B.....                            | 48 |
| <b>Figure III.28 :</b> Turbine de l'APU GTCP 131 – 9B.....  | 49 |
| <b>Figure III.29 :</b> Tuyère d'échappement de l'APU GTCP 131 – 9B.....                             | 49 |
| <b>Figure III.30 :</b> Compresseur de charge de l'APU GTCP 131 – 9B.....                            | 51 |
| <b>Figure III.31 :</b> Boîte entraînements des accessoires de l'APU GTCP 131 – 9B.....              | 52 |
| <b>Figure III.32 :</b> Composants du système entrée d'air de l'APU GTCP 131 – 9B.....               | 53 |
| <b>Figure III.33 :</b> Fonctionnement du système entrée d'air de l'APU GTCP 131 – 9B.....           | 54 |
| <b>Figure III.34 :</b> Circuit électrique entrée d'air de l'APU GTCP 131 – 9B.....                  | 55 |
| <b>Figure III.35 :</b> Réservoir d'huile.....   | 57 |
| <b>Figure III.36 :</b> Vérification de niveau d'huile.....  | 57 |



|   |    |
|---|----|
| <b>Figure III.37</b> : Bouchon magnétique.....  | 58 |
| <b>Figure III.38</b> : Bloc de pompes.....  | 59 |
| <b>Figure III.39</b> : Indicateurs les commandes du système de lubrification.....   | 60 |
| <b>Figure III.40</b> : Système de lubrification de l'APU GTCP 131 – 9B.....   | 62 |
| <b>Figure III.41</b> : pompe régulatrice de carburant.....  | 64 |
| <b>Figure III.42</b> : Régulateur de carburant, diviseur de débit, diviseur de débit solénoïde<br>Et les rampes primaires et secondaires..... | 66 |
| <b>Figure III.43</b> : Fonctionnement du diviseur de débit et le diviseur de débit solénoïde.....   | 67 |
| <b>Figure III.44</b> : Système du carburant de l'APU GTCP 131 – 9B.....   | 68 |
| <b>Figure III.45</b> : Échappement de l'APU GTCP 131 – 9B.....  | 69 |
| <b>Figure III.46</b> : Système de refroidissement de l'APU GTCP 131 – 9B.....   | 70 |
| <b>Figure III.47</b> : Système de soutirage d'air de l'APU GTCP 131 – 9B.....   | 71 |
| <b>Figure III.48</b> : Fonctionnement du système de soutirage d'air.....  | 74 |
| <b>Figure III.49</b> : Système de démarrage et d'allumage de l'APU GTCP 131 – 9B.....   | 75 |
| <b>Figure III.50</b> : Séquences de démarrage.....  | 79 |
| <b>Figure III.51</b> : Indicateurs et les commandes de L'APU.....   | 81 |
| <b>Figure III.52</b> : Fonctionnement de CDU.....   | 82 |
| <b>Figure III.53</b> : Composants de système de drainage de l'APU GTCP 131 – 9B.....  | 84 |
| <b>Figure III.54</b> : Système de drainage de l'APU GTCP 131 – 9B.....  | 85 |
| <b>Figure III.55</b> : Transfert des signaux (AVION + APU) / ECU.....   | 87 |
| <b>Figure III.56</b> : Transfert des signaux ECU / AVION.....   | 89 |
| <b>Figure III.57</b> : Logiciels d'arrêt automatique.....   | 90 |
| <br>  |    |
| <b>Figure IV.1</b> : Inspection Boroscopique pour le GTCP 131-9B.....   | 95 |

## LISTE DES TABLEAUX

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tableau II.1</b> : Désignation du GTCP 85-129.....                     | 7   |
| <b>Tableau II.2</b> : Désignation du GTCP 131-9B.....                     | 9   |
| <b>Tableau IV.1</b> : Potentiel horaire des accessoires .....             | 92  |
| <b>Tableau IV.2</b> : Potentiels horaires des accessoires .....           | 94  |
| <b>Tableau IV.3</b> : Les organes qui suivent l'entretien selon état..... | 94  |
| <b>Tableau V.1</b> : Comparaison structurale des deux APU.....            | 102 |
| <b>Tableau V.2</b> : Tableau d'immobilisation de l'APU GTCP 85-129.....   | 108 |

## ABRÉVIATION

| <u>ABRÉVIATION</u> | <u>SIGNIFICATION</u>             |
|--------------------|----------------------------------|
| APU                | Auxiliary Power Unit             |
| AR                 | Arrière                          |
| AV                 | Avant                            |
| C.C                | Chambre De Combustion            |
| C.R                | Compresseur                      |
| D                  | Disponibilité                    |
| EGT                | Exhaust Gas Temperature          |
| FCD                | Fitting Chips Dststcor           |
| FCU                | Fuel Control Unit                |
| GAP                | Groupe Auxiliaire De Puissance   |
| GTCP               | Gas Turbine Compresseur Power    |
| IGV                | Inlet Guid Vane                  |
| IGVA               | Inlet Guid Vane Actuator         |
| MTBF               | Maintenance Time Between Failure |
| MCD                | Magnetic Chip Detector           |
| PN                 | Part Number                      |
| PSI                | Pound Square Inch                |
| RG                 | Révision Générale                |
| TR/MIN             | Tour Par Minute                  |
| TUR                | Turbine                          |
| VDC                | Volte Directe Continue           |
| HP                 | Haute Pression                   |
| BP                 | Basse Pression                   |
| LOP                | Low Oil Pressure                 |
| FULL               | Normal                           |
| ADD                | Ajouter                          |
| LOW                | Bas                              |
| Assy               | Assembly                         |
| ATA                | Air Transport Association        |
| BAV                | Bleed Air Valve                  |
| DP                 | Delta Pressure Sensor            |
| DMM                | Data Memory Module               |
| ECU                | Electronic control unit          |
| IGVA               | Inlet Guide Vane Actuator        |
| PT                 | Total Pressure Sensor            |
| P2                 | Inlet Pressure Sensor            |
| SCU                | Start Converter Unit             |
| SCV                | Surge Control Valve              |
| SPU                | Start Power Unit                 |
| T2                 | Inlet Temperature                |

## المخلص

ان موضوع الدراسة التي تطرقنا إليها هو المقارنة بين المجمعين لإنتاج الطاقة (APU) هذان الأخيران هما على التوالي المجمع المنتج لطاقة GTCP 85-129 المجهز للطائرة B737-200 و المجمع المنتج لطاقة GTCP 131-9B المجمع للطائرة B737-800.

ان الهدف من عملنا هذا هو معرفة و مقارنة الأجزاء المكونة لهذين المجمعين و كذلك الطرق المتبعة لصيانتهم هذا يقودنا إلى معرفة التحسينات التي أجريت على المحرك من الجيل الجديد.

## Résumé

Notre travail à l'objet de la comparaison de deux groupes de puissance auxiliaire (APU), ces derniers sont les suivant :

L'APU GTCP 85-129 équipant l'avion B737-200 et l'APU GTCP 131-9B équipant l'avion B737-800.

Le but de notre travail est de connaître les deux groupe ainsi que ses composants, ses systèmes et ses modes d'entretien, cela nous a conduit à conclure les amélioration qui ont été apportés sur le moteur de la nouvelle génération

## Summary

The object of our study is the comparaison between the tow auxiliary power unit (APU), those last are respectably:

The APU GTCP 85-129 equipped the aircraft 737-200 and the APU GTCP 131-9B equipped the aircraft 737-800.

The purpose of this work is tow unit and those different composants, those different systems and the ways of their maintenance, this work drive us to conclude some regulation for the engine of next generation, by the easy maintenance or by the evolution concerning performances.

# INTRODUCTION

## INTRODUCTION

### INTRODUCTION

L'une des applications des turbomoteurs dans l'aviation qui ne sert pas à la propulsion est le groupe auxiliaire de puissance, en anglais Auxiliary Power Unit « APU ».

Généralement <sup>APU</sup> installé dans le cône de queue de l'avion, il fournit sur son arbre de transmission de l'énergie mécanique. Cette dernière est utilisée par un alternateur, un compresseur d'air et une pompe hydraulique.

L'APU est mis en marche lorsque l'avion est au sol. Les passagers sont ainsi confortablement installés pendant l'escale, il donne l'éclairage et le débit de l'air pour la climatisation de la cabine.

L'énorme porte de la soute à bagages s'ouvre majestueusement, actionnée d'un doigt par un mécanicien, c'est l'APU qui fournit l'assistance hydraulique. Bonne à tout faire au sol, l'APU devient en vol un gardien : en cas de panne, le voici qui peut venir au secours de l'alternateur défaillant. Il est à la fois un élément de confort et de sécurité.

Le sujet que nous venons de traiter dans ce mémoire porte sur une étude comparative d'un groupe auxiliaire de puissance monté au bord des aéronefs. L'APU de l'ancienne génération GTCP 85-129 équipant l'avion Boeing 737-200 et l'APU de la nouvelle génération GTCP 131-9B équipant le Boeing 737-800.

Cet APU est vital. Il est considéré comme un système de secours et comme un producteur d'énergie électrique et pneumatique, il est nécessaire pour le démarrage des réacteurs.

Dans notre travail, nous avons fait une analyse complète et une description de tous les composants et les systèmes des deux APU pour bien comprendre le fonctionnement de ces derniers.

Nous avons composés ce mémoire en quatre chapitres :

- Chapitre I : Généralité sur les avion
- Chapitre II : Généralité sur les deux APU
- Chapitre III : Description générale
- Chapitre IV : Généralité sur la maintenance

# CHAPITRE I

**CHAPITRE I****GÉNÉRALITÉ SUR LES AVIONS B 737-200 ET B 737-800****I.1 GENERALITE SUR L'AVION B 737-200**

Le Boeing 737-200 a été mis en service en 1972, c'est un avion biréacteur (JT 8D-15), de constructeur semi monocoque à ailes basses et à empennage horizontal fixé en bas de la dérive.

Un certain nombre d'équipements est prévu de façon à assurer la sécurité des passagers :

- Quatre portes d'évacuation ;
- Quatre issues de secours ;
- Des gilets de sauvetage ;
- Des ceintures de sécurité fixées aux sièges ;
- Des masques à oxygène.

**I.1.1 Caractéristiques de l'avion B 737-200****1. La taille**

- Envergure : 28,35 m.
- Longueur : 30,48 m.
- Hauteur : 11,28 m.

**2. Poids maximum**

- Au décollage : 49 435 kg.
- A l'atterrissage : 46 700 kg.

**3. Charge commercial**

- M=16800 kg.

**4. Moteurs**

- Deux (02) moteurs P & W JT8. D-15.
- Poussée 15500 IBS pour moteur (7031% M).

**5. Vitesses**

- Décollage : 295 Km/h.
- Croisière : moins 800 Km/h.
- Atterrissage : 250 Km/h.



**6. Capacité du réservoir**

- $M = 14600 \text{ kg}$  (19517).

**7. Altitude de croisière**

- $H = 33\ 000$  pieds.

**8. Passagers**

- 115 à 130 passagers.

**9. Consommations de carburant**

- Décollage : 8200 kg/h.
- Croisière : 2850 kg/h.



**Figure L.1 : Avion B 737-200**

**I.2 GENERALITE SUR L'AVION B 737-800**

Le Boeing 737-800 est mise en oeuvre le 31 juillet 1997, en générale si la 737-400 X on la transformé en 737-800.

Le 737-800 est disponible avec winglets depuis Mai 2001. Ceux-ci réduisent les efforts aérodynamiques qui réduisant la consommation le fuel jusque 7 %.

**I.2.1 Caractéristiques de l'avion 737-800****1. Taille**

- Envergure : 34,40 m.
- Longueur : 39,50 m.
- Hauteur : 12,50 m.

**2. Poids maximum**

- Au décollage : 78 240 kg.
- A l'atterrissage : 65 310 kg.

**3. Moteurs**

- Moteurs CFM 56 – 7 .
- Poussée 2\*26 400 IBS.

**4. Vitesses**

- Décollage : 290 Km/h.
- Croisière : 840 Km/h.
- Atterrissage : 260 Km/h.

**5. capacité du réservoir**

- M =21 320 kg.

**6. Altitude de croisière**

- H =41.000 pieds.

**7. Passagers**

- 189 passagers.

**8. Consommations de carburant**

- La consommation de carburant par heure de vol : 2 526 kg/h.

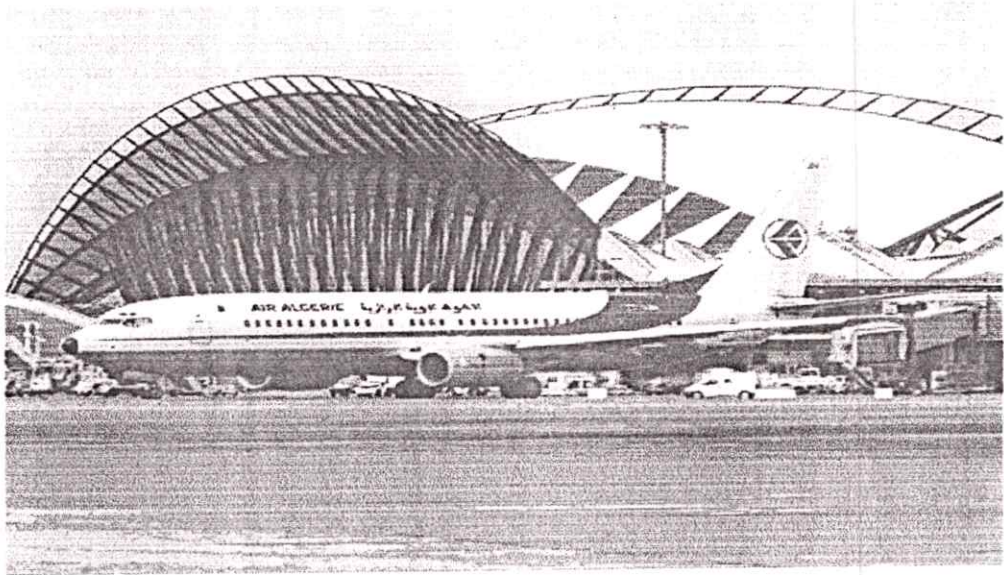


Figure I.2 : Avion B 737-800

# CHAPITRE III

**CHAPITRE II****GENERALITE SUR LES APU GTCP 85-129 ET LE GTCP 131-9B****II.1 GENERALITE SUR L'APU GTCP 85-129****II.1.1. Définition**

Les BOEING 737-200 sont équipées d'un groupe de puissance auxiliaire de type GTCP 85-129 destinés à fournir du courant électrique et de l'air comprimé (sous pression), pour l'alimentation du système pneumatique, démarrage des turbo réacteurs, dégivrage des ailes et la climatisation de la cabine.

L'APU est utilisable tant en vol qu'au sol, toutefois le soutirage d'air et/ou la puissance électrique sont limités par l'altitude.

L'APU est logé dans le cône de queue, dans un compartiment à l'arrière de l'avion (APU compartiment).

L'élément principal de l'APU est une turbine à gaz constituée d'un compresseur centrifuge à deux étages couplés sur une turbine centripète à un étage, entraînant, par l'intermédiaire d'une boîte à engrenages :

- Un alternateur 115/200 VAC – 400 Hz d'une puissance de 40 KVA et sur chargeable à 60 KVA pendant 5 min maximum ;
- Une pompe de lubrification dont une de mise sous pression et Deux pompes de récupération ;
- Un ensemble pompes et régulateur de carburant ;
- Un fan de refroidissement destiné à refroidir à travers le radiateur d'huile, l'alternateur et le capotage de l'APU ;
- Un switch centrifuge mécanique tare à 50, 95 % et à 50, 95 % et 110 % de la vitesse de rotation ;
- Une génératrice tachymétrique qui mesure la vitesse de rotation du groupe (pas sur tous les GTCP 85 – 129) ;
- Un démarreur électrique est également monté sur la boîte à engrenage.

L'alimentation en air du compresseur se fait par une porte d'admission logée à droite et à l'arrière du fuselage et par une conduite d'alimentation

Les gaz de combustion (brûlés) sont déchargés l'atmosphère à travers un conduit d'échappement

L'APU est équipé des systèmes suivants :

- Système entrée d'air ;
- système de lubrification ;
- Système du carburant ;
- Système d'échappement ;
- Système de refroidissement ;
- Système de Soutirage d'air ;
- Système de démarrage et d'allumage ;
- Système d'indication ;
- Système de drainage ;
- Système de contrôle et de gestion.

Les phases d'ouverture de la porte entrée d'air et le démarrage sont entièrement automatisés.

Lorsque l'on utilise une puissance élevée sur l'arbre, le débit d'air soutiré est automatiquement limitée ; si l'on désire obtenir un débit d'air important, il est nécessaire de limiter fortement la charge électrique.

**II.1.2 Caractéristiques générales de l'APU GTCP 85-129**

Les BOEING 737 – 200 sont équipés d'un APU du type GARRETT AIRESSEARCH GTCP 85 – 129.

| GT                                | C  | P  | 85   | 129   |
|-----------------------------------|--|--|--|---|
| Turbine à gaz<br><br>(GazTurbine) | Possibilité de<br>Soutirage d'air<br>Compresseur<br><br>(Compressor) | possibilité<br>d'obtenir la<br>puissance sur<br>l'arbre<br><br>(power) | Famille<br>(Classe ayant<br>approximativement<br>les mêmes<br>dimensions et<br>composants) | Configuration<br>Spécifique<br>(Identifie les<br>Caractères<br>Principales) |

**Tableau II.1 : Désignation du GTCP 85-129**

**1. Dimensions**

- Longueur : 1.08m.
- Envergure : 0.67m.
- Hauteur : 0.53m.
- Poids « sec » : 142 kg.

**2. Vitesses de rotation**

- A vide : 41200 TR/min à 100%.
- En charge : 40400 TR/min à 98%.

**3. EGT maximum**

- Continu = 710°C.
- Maximum= 760°C.
- vitesse de rotation d'une génératrice : 6000 RPM à 400 HZ.
- puissance électrique nominale : 40 KVA.

**4. Consommation de carburant**

- A vide : 0.84 kg/min
- En charge : 2.64 kg/min

5. Température d'huile maximale

- $T^{max} = 124 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

6. Utilisation de la charge

- Électrique et pneumatique jusqu'à 10 000 Pieds ;
- Électrique ou pneumatique de 10 000 à 17 000 Pieds ;
- Électrique uniquement de 17 000 à 35 000 Pieds.

II.1.3. Installation

L'APU est logée dans la queue de cône arrière du fuselage de l'avion. Il est fixé avec le compartiment de l'avion avec 03 attaches, 02 en avant de l'APU droit et gauche et 01 à l'arrière de l'APU droite.

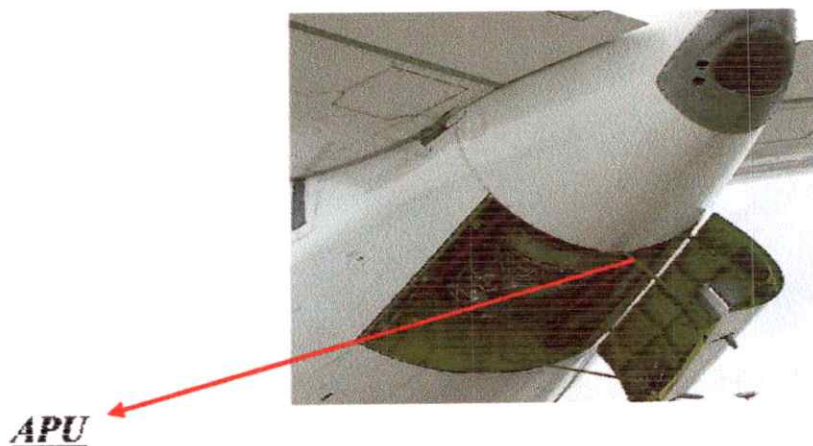


Figure II.1: L'emplacement de l'APU GTCP 85-129

Il est fixé avec le compartiment de l'avion avec 03 attaches, 02 en avant de l'APU droit et gauche et 01 à l'arrière de l'APU

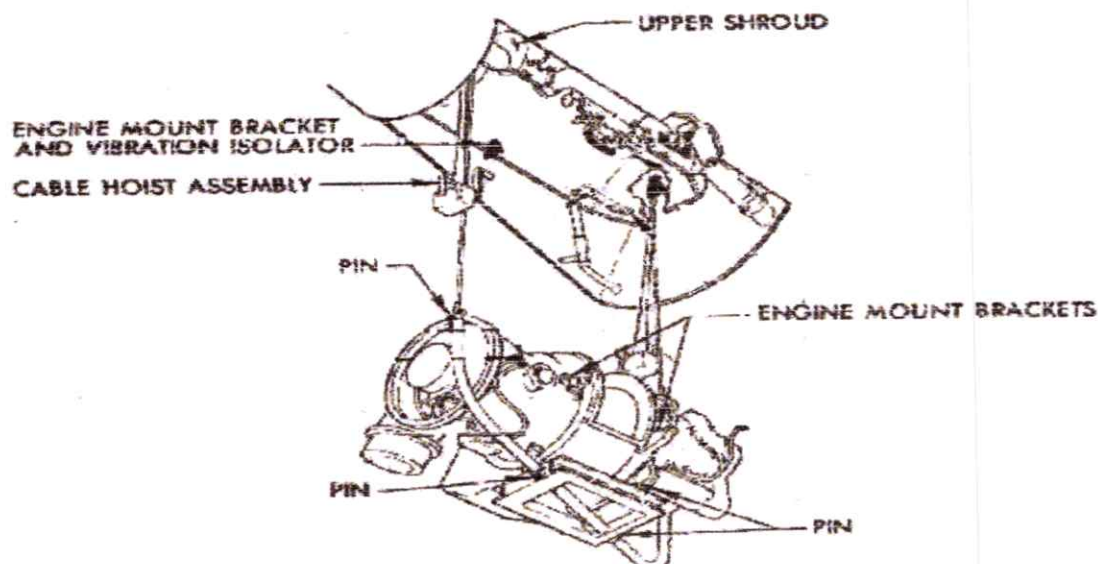


Figure II.2: Les attaches de l'APU GTCP 85 - 129 avec le compartiment avion

**II.2. GENERALITE SUR L'APU GTCP 131-9B**

**II.2.1. Définition**

Le Boeing 737-800 NG est équipé d'un APU (Auxiliary Power Unit) destiné à assurer l'alimentation de l'avion et ses différentes servitudes en air sous pression ; pour le système de conditionnement d'air et le démarrage des moteurs. De même une génératrice est prévue permettant de fournir la puissance électrique est équivalente à (115 VAC – 400 Hz). Ce moteur est de type GTCP 131-9B, construit par la maison Américaine HONEYWELL.

L'APU peut être démarré au sol ou en vol également en cas de besoin, et ce, a toutes les altitudes de vol.

Il est implanté au cône de queue de l'avion, en dessous de la gouverne de direction.

**II.2.2. Caractéristiques générales de l'APU GTCP 131-9B**

| GT                                    | C  | P  | 131   | 9B  |
|---------------------------------------|--|--|---|---|
| Turbine à Gaz<br>(Gaz Turbine Engine) | Compresseur<br>Possibilité de<br>Soutirage d'air<br>Sous-pression<br>(Compresor) | puissance<br>Possibilité<br>d'obtenir de<br>la puissance<br>sur l'arbre<br>(Power) | Classe ayant<br>Approximativement<br>Les même<br>Dimensions<br>composants | Configuration<br>spécifique<br>(BOING 737-<br>800 NG) |

**Tableau II.2 : Désignation du GTCP 131-9B**

**1. Dimensions**

- Longueur : 1,44 m.
- Envergure : 0.87 m.
- Hauteur : 0.75 m.
- Poids total : 180.62 Kg.
- Poids sec : 177 Kg.

**2. Performances**

- Vitesse de rotation : 48 800 RPM=100%.
- Et peut aller jusqu'à : 51 728 RPM= 106% (survitesse).
- EGT Maxi : 577°C (niveau de la mer et 15°C).
- Soutirage d'air : 160 livre/Heure à PSIA (niveau de la mer et 15°C).
- Charge électrique : 90 KVA (voir limitations).

**3. Limitations**

- L'énergie électrique est disponible au sol jusqu'à 41 000 Pieds d'altitude ;
- Du sol 0 picds jusqu'à 32 000 Pieds est de 90 KVA ;
- De 32 000 pieds jusqu'à 41 000 Pieds est de 66 KVA ;
- Énergie pneumatique est disponible jusqu'à 17 000 Pieds.



4. La pression de soutirage

- À la température T= 15° au niveau de la mer.
- 160 livres /Heure, 60 PSIA.
- L'APU peut démarrer au sol jusqu'à 41 000 Pieds.

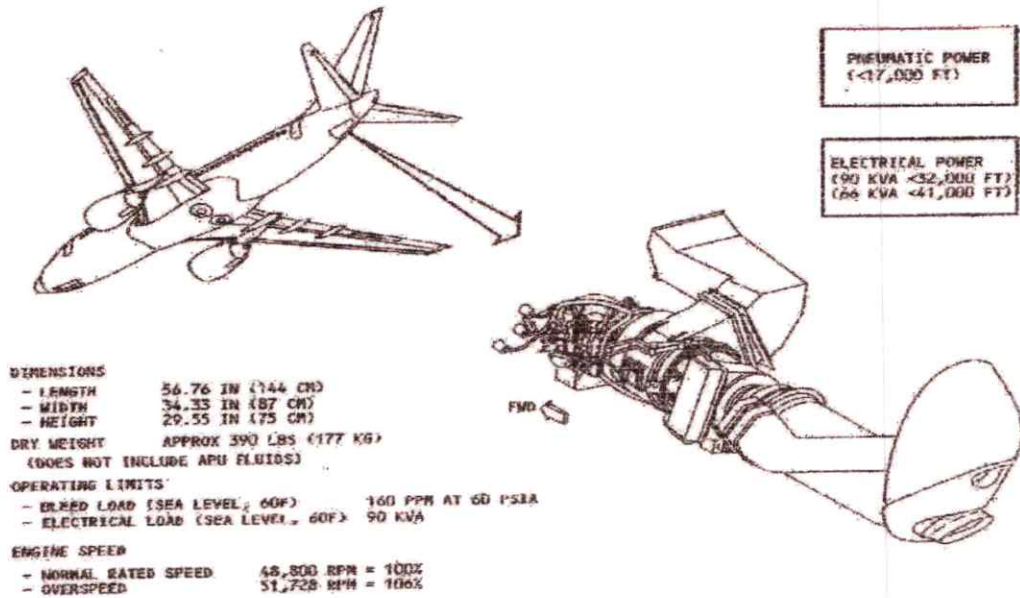


Figure II.3 : Les limitations de démarrage et de soutirage d'air pour l'APU GTCP 131-9B

II.2.3. Installation

L'APU logé dans le cône de queue à la section 48 du fuselage de l'avion. Pour accéder au compartiment de l'APU il y a deux portes qui s'ouvrent vers l'extérieur.

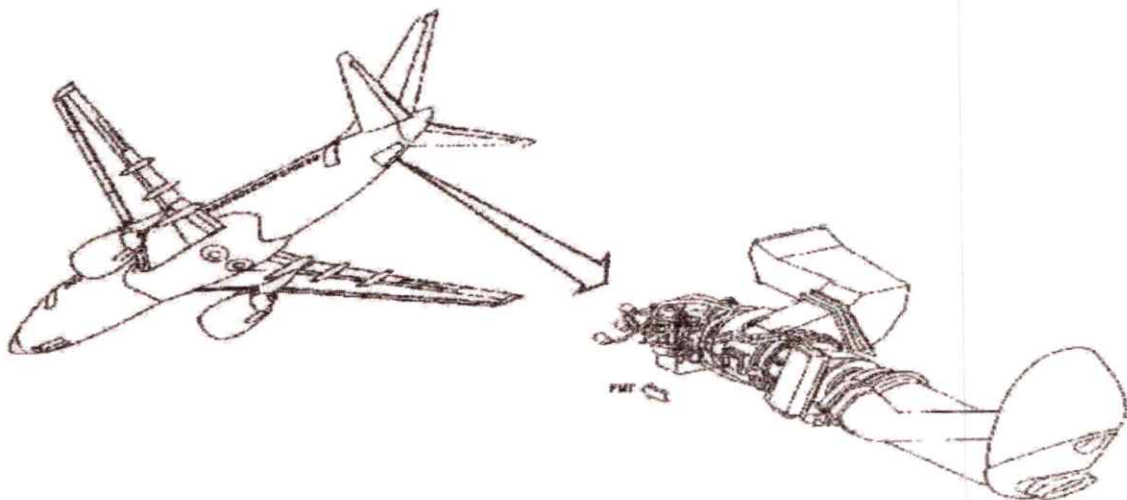


Figure II.4 : L'emplacement de l'APU GTCP 131-9B

L'APU est attaché par quatre points d'attaches, pour bien maintenir l'APU dans son compartiment. Il y a deux points d'attaches en avant (droite et gauche) et les deux autres en arrière aussi (droite et gauche).

Le point avant gauche est simple et rigide par contre les autres points d'attaches sont équipés de système d'amortissement de vibration (attache amortisseur de vibration) pour empêcher les vibrations de se transformer de la cellule de l'avion vers l'APU.

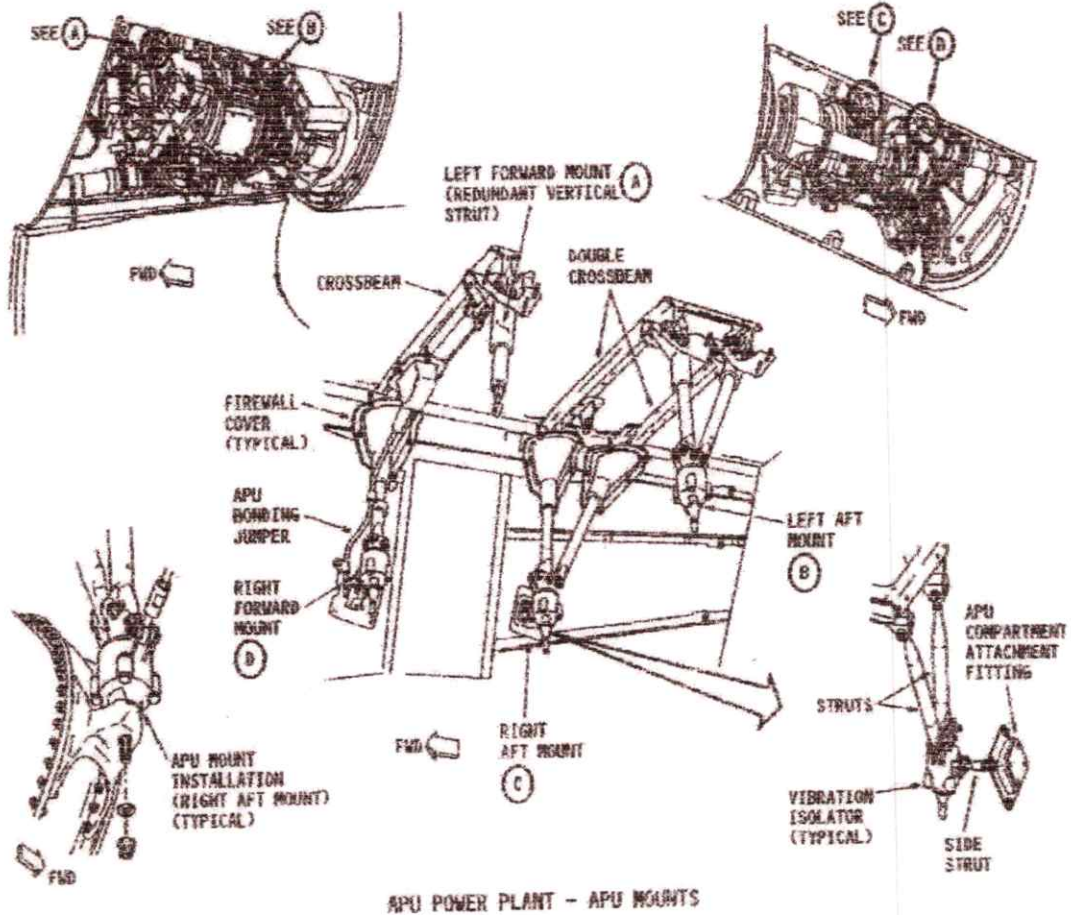


Figure II.5 : Les points d'attaches de l'APU GTCP 131-9B

Comme le risque d'incendie est toujours présent, et pour faire face au incendies dans le compartiment, ce logement est délimité avec les autres zones de l'avion par un cloison pare-feu résistant à l'incendie et équipé par un système détection incendie.

# CHAPITRE III

CHAPITRE III

DESCRIPTION GENERALE SUR LES DEUX APU

III.1. DESCRIPTION DE L'APU GTCP 85 - 129

Pour bien étudier cet APU on le divise en deux composants et systèmes.

Les modules de l'APU GTCP 85 - 129 sont :

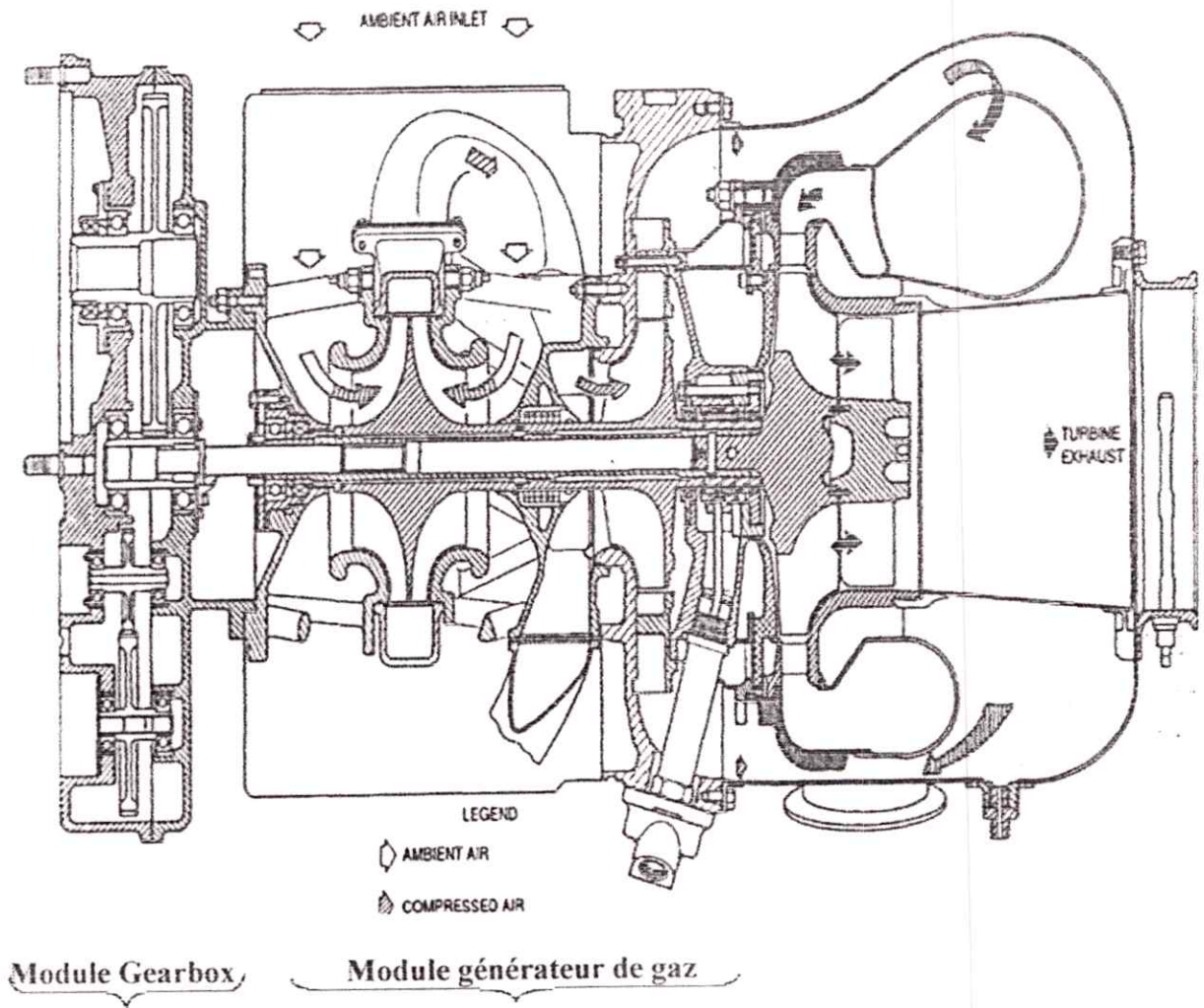


Figure III.1 : Vue de coupe de l'APU GTCP 85 - 129

### III.1.1. Les Modules le l'APU GTCP 85 – 129

L'APU à une conception modulaire, il est constitué de deux principaux modules :

- La partie génératrice de gaz ;
- La boîte d'entraînement des accessoires.

#### III.1.1.1. Entrée d'air

C'est une conduite destinée à capter l'air et l'amener dans des meilleures conditions possibles à l'entrée du compresseur, sa forme est étudiée pour que la résistance à l'avancement soit ainsi fiable pour que l'écoulement soit régulier dans tous les domaines de fonctionnement.

L'entrée d'air de l'APU est généralement constituée par un carter en alliage léger.

La partie génératrice de gaz contient :

- Les compresseur BP et HP ;
- La chambre de combustion ;
- La turbine.

#### III.1.1.2 Compresseur

Les deux rouets s'engrènent par des dentures hélicoïdales qui sont prévus à l'extrémité de leurs axes.

Le premier étage est maintenu sur l'arbre de transmission par écrou. Il est précédé d'un ensemble joint roulement qui repose sur l'extrémité de l'arbre et qui est maintenu par un écrou ainsi que par une plaque de retenue.

Le second étage du compresseur est supporté par l'arbre de transmission par un agencement à cannelures. Un joint est placé derrière cet étage pour empêcher toute fuite air. (Voir la figure III.2)

Le matériau utilisé pour le compresseur est le titane.

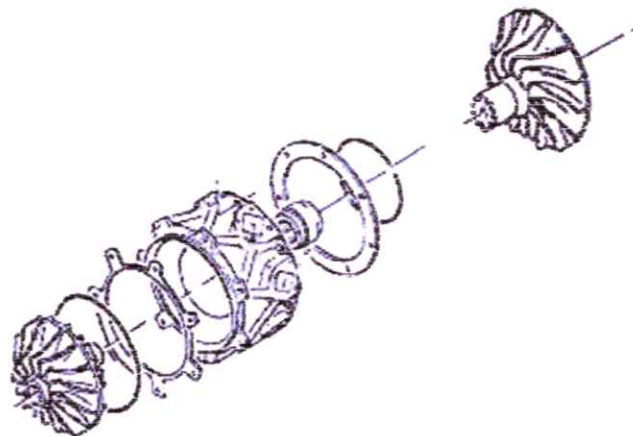


Figure III.2 : Compresseur BP et HP de l'APU GTCP 85 – 129

### III.1.1.3. Chambre de combustion

La chambre est de type tubulaire est placée latéralement dans le plénum de turbine ; son logement est fermé par un couvercle qui est fixé au plénum par un collier. Elle alimente la turbine par le biais du torus.

Le gicleur est placé dans le couvercle, il est aussi perpendiculaire à l'axe du tube à flammes. (Voir la figure III.3)

Le matériau utilisé pour le tube à flammes est CRES N – 155 (AMS 5532)

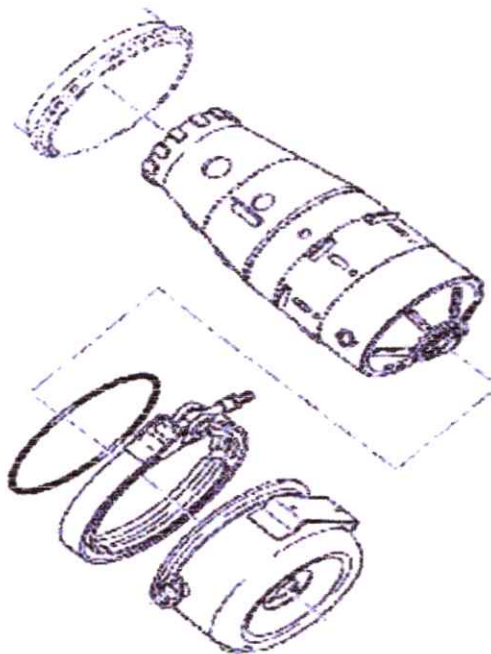


Figure III.3 : Chambre de combustion de l'APU GTCP 85 – 129

### III.1.1.4. Turbine

La turbine est constituée de deux rouets, le premier rouet est l'expulseur monté à l'arrière de l'arbre de transmission. (Voir la figure III.4)

Le matériau utilisé pour la turbine est Waspaloycond A 5425

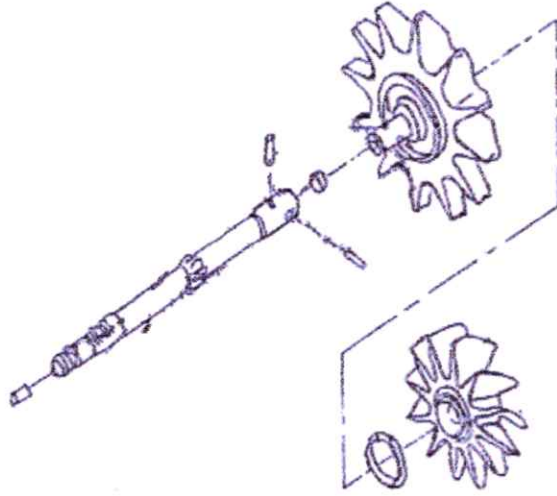


Figure III.4 : Turbine de l'APU GTCP 85 – 129

### III.1.1.5. Les supports

#### 5.1. Support arrière

La turbine est précédée par un coussinet qui est monté dans un support ; ce dernier est boulonné au Diffuseur du 2<sup>ème</sup> étage du compresseur. Chaque support est accompagné d'un joint de carbone qui est mis sous pression par l'air, pris à l'arrière du compresseur qui empêche les fuites d'huiles par un joint de carbone.

On a utilisé le coussinet à cause de la température élevée.

#### 5.2. Support avant

Il est constitué d'un roulement à bille pour supporter la grande vitesse, et la température n'est pas trop élevée.

### III.1.1.6. Tuyère d'éjection

Les gaz de combustion sont guidés vers la section d'échappement par un tuyau qui est logé dans le plénum de la turbine. (Voir la figure III.5)

Ce tuyau est supporté par le carter de la turbine et boulonné au plénum.

Le matériau utilisé est CRES 347 (MIL – S – 6721)

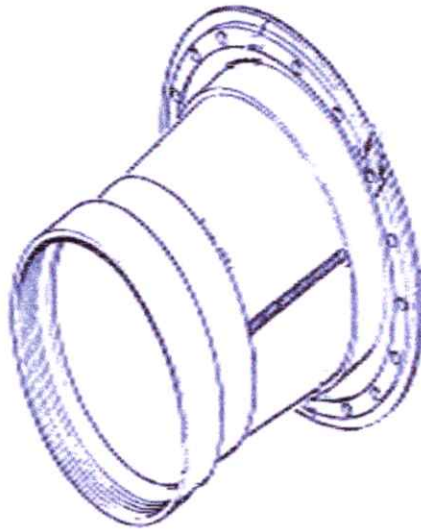


Figure III.5 : Tuyère d'éjection de l'APU GTCP 85 – 129

#### III.1.1.7. Boite d'entraînement des accessoires Gearbox

La Gearbox contient des accessoires qui font fonctionner les système de l'APU, la Gearbox tourne sur le même arbre de compresseur et de la turbine, c'est elle qui transmette la rotation par le démarreur. (Voir la figure III.6)

La Gearbox contient les accessoires suivants :

- Générateur ;
- Fan ;
- Système de régulation de carburant (FCU) ;
- Pompe à huile ;
- Démarreur ;
- Switch centrifuge.



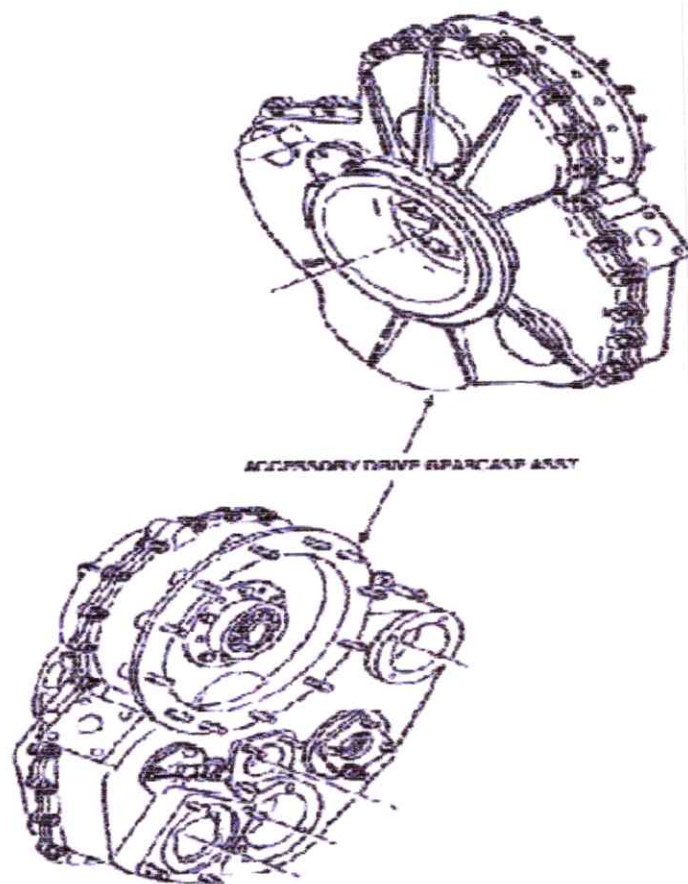


Figure III.6 : Boîte entraînement des accessoires de l'APU GTCP 85 - 129

### III.1.2. Les systèmes de l'APU GTCP 85 - 129

Dans cette partie on comprend le fonctionnement des différents systèmes de l'APU

- Système entrée d'air ;
- Système de lubrification ;
- Système de carburant ;
- Système d'échappement ;
- Système de refroidissement ;
- Système de soutirage d'air ;
- Système de démarrage et d'allumage ;
- Système d'indication ;
- Système de drainage ;
- Système de contrôle et de gestion.

III.1.2.1. Système entrée d'air

Le système entrée d'air alimente l'APU en air pour qu'il puisse fonctionner normalement.  
(Voir la figure III.7)

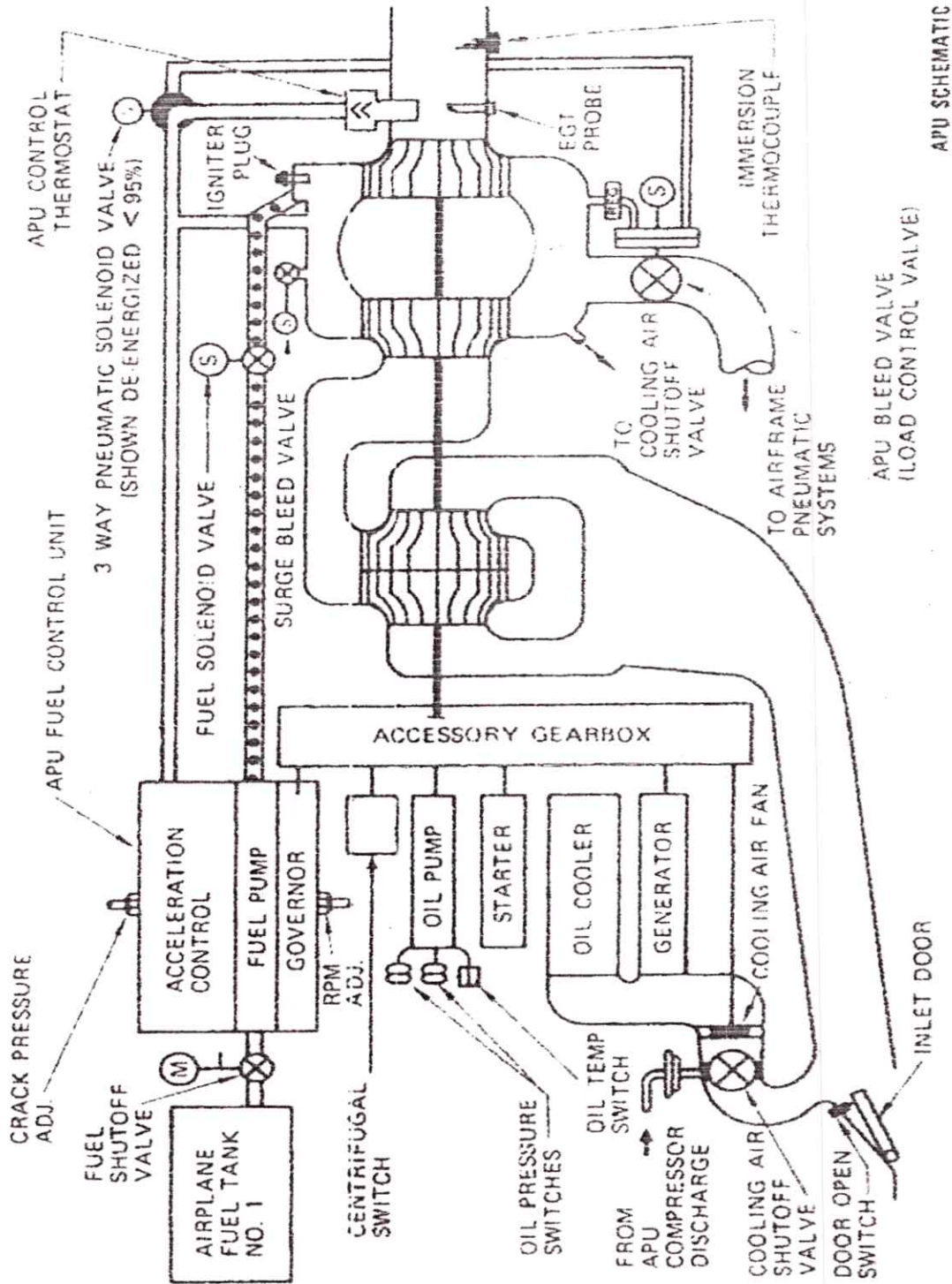


Figure III.7 : Système entrée d'air de l'APU GTCP 85 - 129

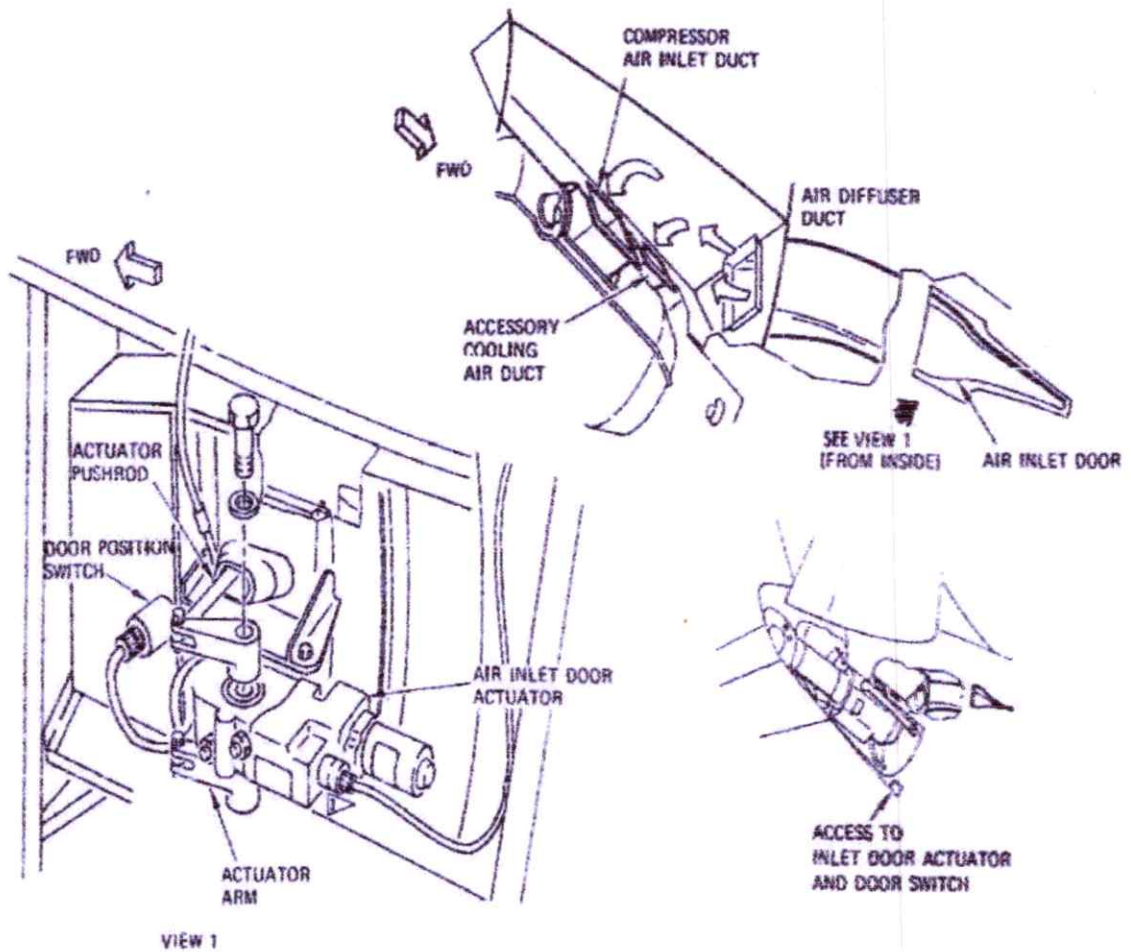
**1.1. Porte entrée d'air**

Une porte à deux positions (NOT FULL OPEN – FULL OPEN).  
(Voir la figure III.8)

**1.2. Commutateur de la porte**

Ce vérin électrique commande la porte ; il est toujours alimenté, soit lors de l'ouverture ou de la fermeture.

En cas d'incendie le vérin referme automatiquement la porte.  
(Voir la figure III.8)



**Figure III.8 : Composants du système entrée d'air de l'APU GTCP 85 – 129**

III.1.2.2. Système de lubrification

Ce circuit est destiné à la lubrification, le refroidissement et le nettoyage des supports de l'APU, les pignons et les roulements de la boîte d'engrenages et le fan.

(Voir la figure III.9)

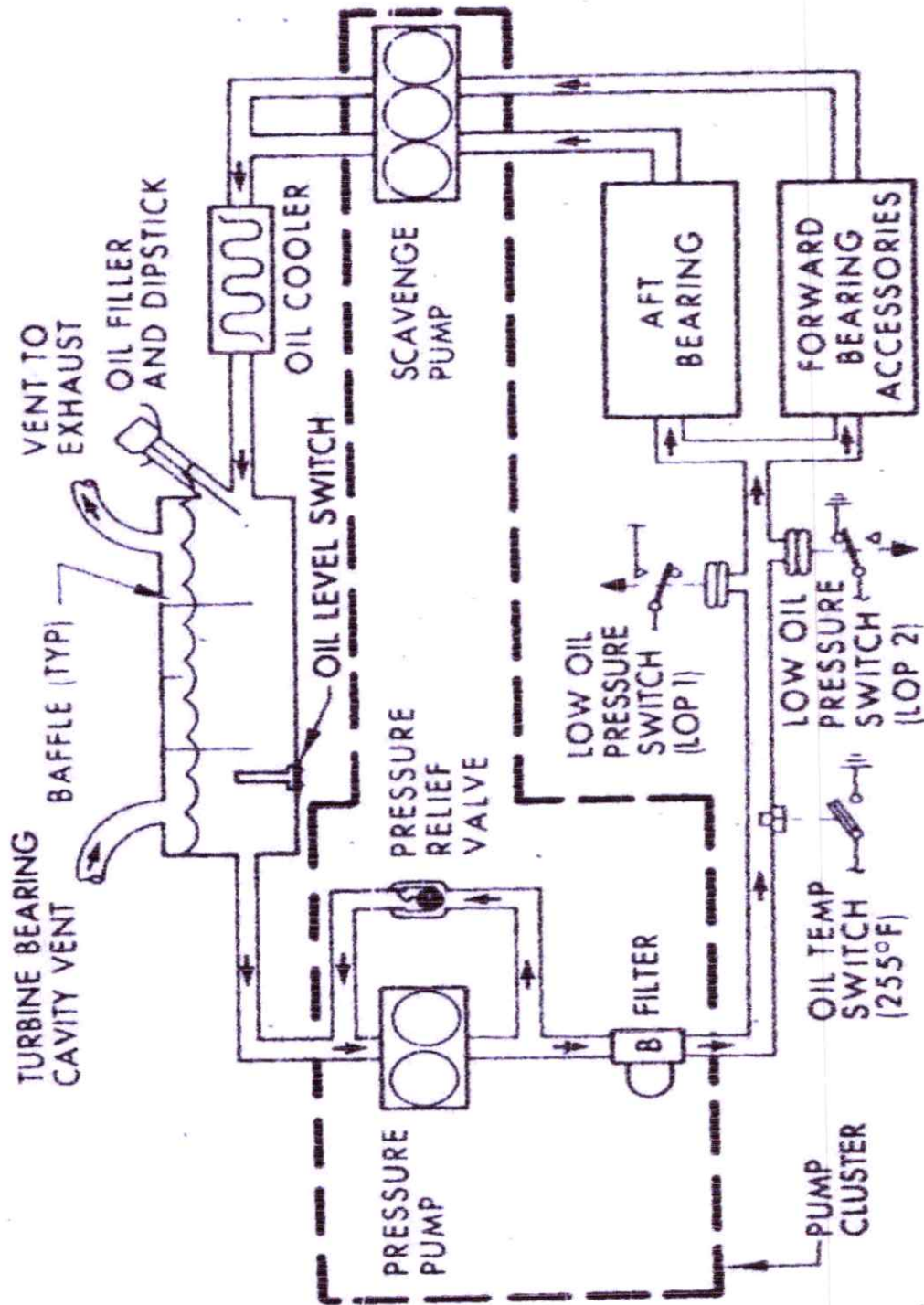


Figure III.9 : Système de lubrification de l'APU GTCP 85 - 129

Le système de lubrification de l'APU est constitué des éléments suivants :

- Un réservoir d'huile ;
- Un bloc de pompes ;
- Un filtre avec by-pass (valve incorporée) ;
- Un radiateur d'huile.

L'huile est extraite du réservoir par la pompe principale, il est dirigé vers la Gearbox, le fan et les supports de l'APU. Une partie de l'huile va à l'intérieur de la Gearbox après il est transférée par les gicleurs au roulement avant. Le support arrière est également lubrifié par un gicleur, ce dernier est monté sur le carter diffuseur du compresseur.

L'huile qui a lubrifié le roulement avant retourne dans la Gearbox tandis que celle qui a servi au support arrière est collectée dans un petit puisard situé entre le compresseur et la turbine. L'huile est extraite du puisard et de la Gearbox par la pompe de refoulement et refoulée vers le radiateur.

La cavité du support arrière communique avec le réservoir par une tuyauterie d'intercommunication (tuyauterie du reniflard). (Voir la figure III.10)

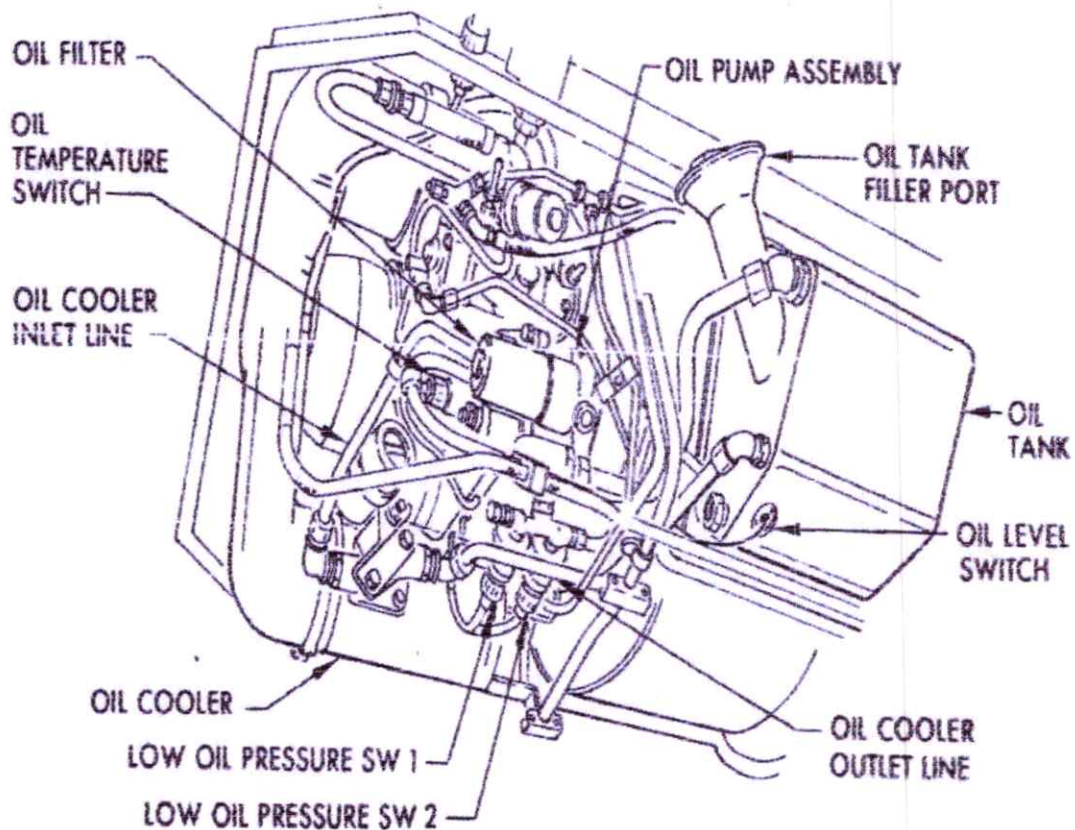


Figure III.10 : Composants du système de lubrification

### 2.1. Réservoir d'huile (Oil Tank)

Le réservoir d'huile est placé sur le côté gauche de l'APU ; son volume est 2 US gallons et sa contenance d'huile de 1,3/4 US gal. Il est équipé d' :

- Un bouchon de remplissage avec une jauge pour permettre de vérifier le niveau d'huile ;
- Un bouchon de drainage ;
- Une désaération interne qui sépare les vapeurs d'huile de l'air présent dans le circuit de récupération ; l'excès d'air est déchargée dans l'échappement de la turbine ;
- Un switch de bas niveau (LOW LEVEL SWITCH) ;
- Bouchon de vidange.

(Voir la figure III.11)

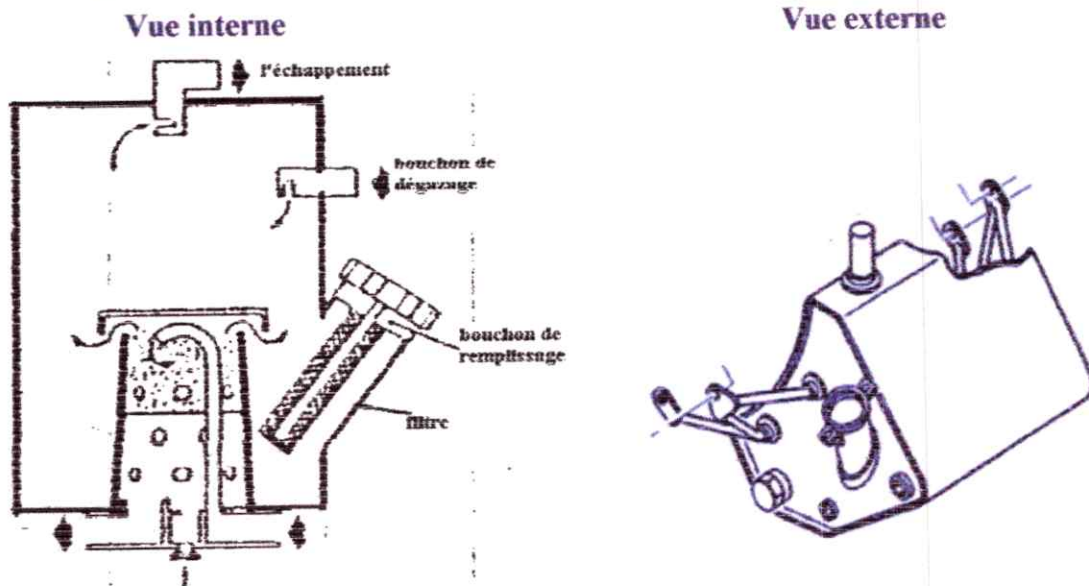


Figure III.11 : Réservoir d'huile

### 2.2. Bloc de Pompes (Lube module)

Le bloc de pompes contient les pompes de pression et de récupération sont entraînées par un arbre commun. Elles sont de type à engrenages, la pompe de refoulement comporte deux engrenages, tandis que celle de récupération est constituée de trois engrenages, l'ensemble est placé à la partie inférieure de la boîte à engrenage. (Voir la figure III.12)

La pression maximum est régulée par une valve incorporée dans la pompe ; Lorsque la pression dépasse 90 PSI, la valve s'ouvre pour maintenir une pression constante dans le circuit.

### 2.3. Filtre

Le filtre est constitué d'un élément en papier monté dans un cylindre qui est vissé dans les corps de la pompe.

Un by-pass valve s'ouvre en cas de colmatage du filtre lorsque la perte de charge atteint les 40 PSI. (Voir la figure III.12)

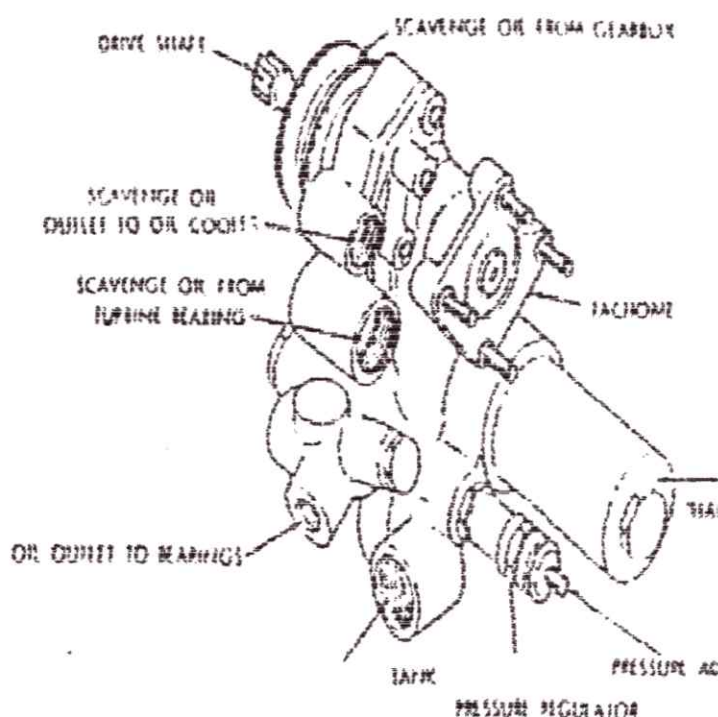


Figure III.12 : Bloc de pompes d'huile

#### 2.4. Radiateur d'huile (Oil Cooler)

C'est un échangeur de chaleur Huile/Air constituée d'un cylindre à tubes multiples en aluminium ; les tubes baignent dans l'huile et ils sont traversés par l'air fourni par le fan de refroidissement.

#### 2.5. Switch de pression d'huile

Un switch de pression est monté directement en dessous du bloc pompes, il permet durant la phase de démarrage :

- L'ouverture de la valve solénoïde de carburant ;
- Le fonctionnement du système d'allumage dès que la pression d'huile atteint 4,5 PSI (environ 10% RPM).

**III.1.2.3. Système de carburant**

La carburation a pour but de préparer un mélange composé d'air (oxygène nécessaire à la combustion) et de vapeur, du carburant, dans les proportions permettant la combustion complète en vase clos.

L'APU est alimenté en carburant par le réservoir de l'avion, le circuit APU est constitué de :

- Une valve de carburant ;
- Une pompe régulatrice de carburant ;
- Un filtre ;
- Un contrôle de surchauffe en accélération ;
- Un gicleur.

(Voir la figure III.13)



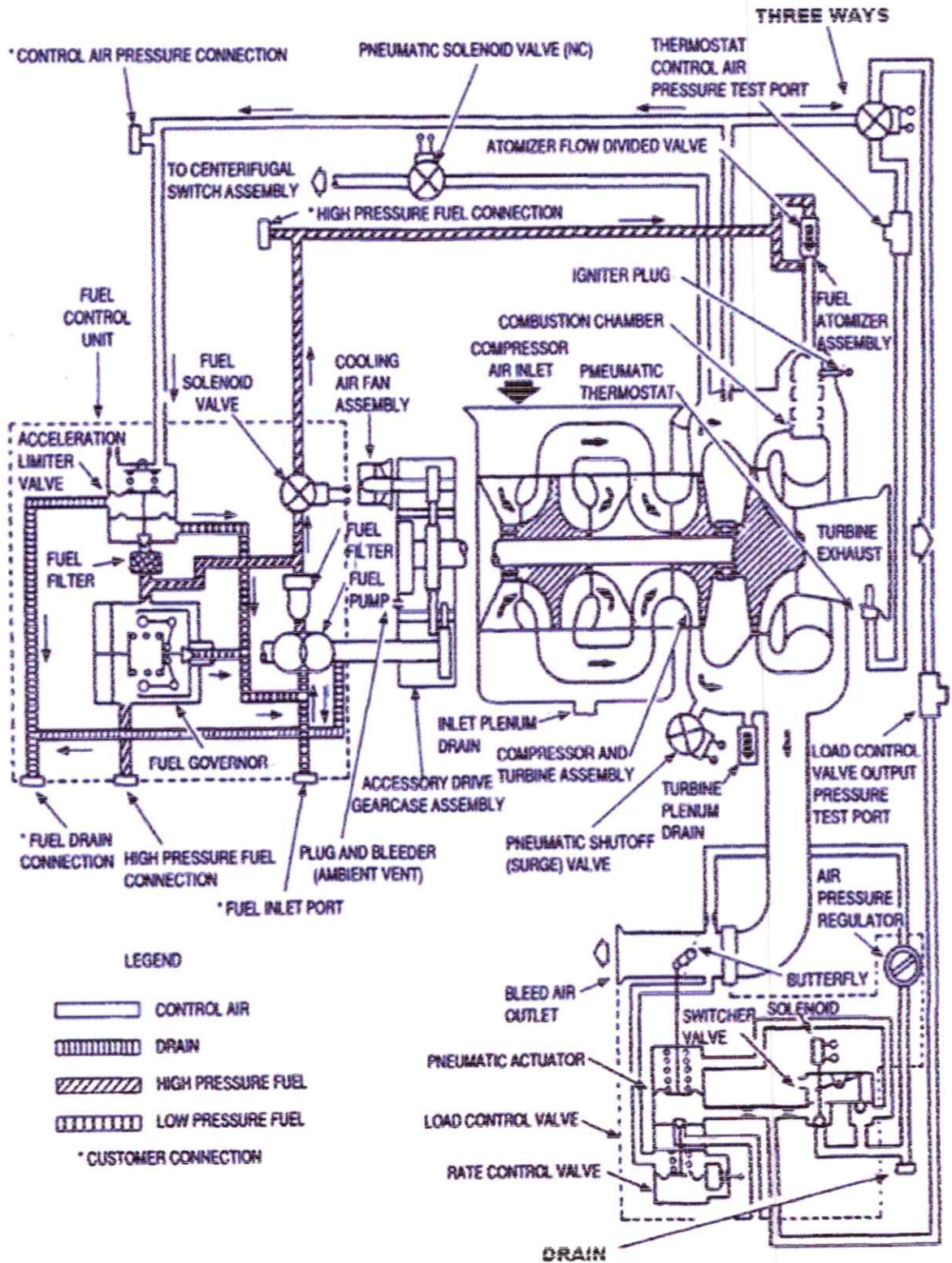


Figure III.13 : Système de carburant de l'APU GTCP 85 - 129

### 3.1. Valve de carburant (APU fuel valve)

Une valve commandée par un moteur électrique 28 VDC à double enroulement raccorde le réservoir numéro 1 avec le système de carburant, elle se referme en cas d'incendie.

### 3.2. Réchauffeur de carburant (fuel heater)

Le réchauffeur carburant est éléments qui appartient pour l'avion pas pour l'APU.

Un réchauffeur de carburant est monté sur la paroi extérieure du capotage supérieur de l'APU. Il est destiné à éviter le givrage de l'eau contenue dans le carburant et à maintenir la température de carburant entre certaines limites.

Il est alimenté en air soutiré du compresseur de l'APU ; le soutirage se fait par la conduite pneumatique logée dans le compartiment de l'APU en amont avec la valve de soutirage.

Le carburant et l'air parcourent l'échangeur dans le même sens. L'air est déchargé dans les capotages.

- **Une valve pour contrôler l'air (Air Check Valve) :** Le soutirage d'air se fait à travers une valve pour contrôler l'air, en cas de fuites dans le réchauffeur de carburant, cette dernière évite d'envoyer le carburant dans le système pneumatique.
- **Une valve pour contrôler l'huile (Fuel Check Valve) :** Une valve est montée sur le réchauffeur de carburant ; elle a pour but de maintenir toujours une quantité de carburant dans la pompe de l'APU afin de favoriser le démarrage et la lubrification de la pompe.
- **Une valve sensible pour contrôler l'huile (Fuel Sensing Control Valve) :** Une valve thermostatique, sensible à la température de carburant à la sortie du réchauffeur de carburant, cette température est compromise entre 3 et 18 °C.

### 3.3. Filtre baisse pression

Un filtre en papier est monté sur le bloc de pompes régulatrices de carburant; il protège l'entrée de la pompe. L'élément filtrant est placé dans un cylindre qui est vissé dans la tête du filtre qui fait partie du bloc de pompes.

### 3.4. Pompe de Carburant

Une pompe à engrenage est montée sur la Gearbox et intégrée au régulateur de carburant.

La pression de refoulement de la pompe varie entre 115 et 250 PSI. Le débit fourni est largement supérieur à celui requis par l'APU et l'excès de carburant est retourné à l'entrée de la pompe et le régulateur. La pompe est lubrifiée par le carburant.

### 3.5. Filtre haute pression

Un filtre est monté sur la pompe. Il est destiné à protéger la pompe régulatrice de carburant en retenant des débris métalliques provenant de la pompe.

### 3.6. Régulateur de carburant (fuel control unit)

La régulation est destinée à contrôler la phase d'accélération tout en évitant la surchauffe, et à garder plus ou moins la vitesse de rotation constante lorsque la charge de l'APU varie. (Voir la figure III.14)

Le régulateur est incorporé à la pompe .il est constitué :

- D'une accélération limiter qui contrôle la phase d'accélération tout en évitant la surchauffe ;
- D'un gouverneur centrifuge destiné à garder plus ou moins la vitesse de rotation constante lorsque la charge de l'APU varie.

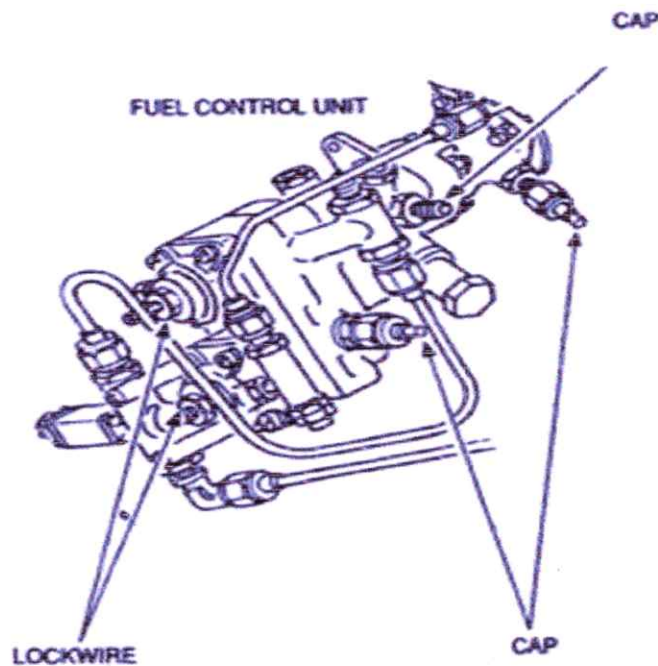


Figure III.14 : Pompe régulatrice de carburant

### 3.7. Contrôleur de surchauffe en accélération

Le contrôleur de surchauffe en accélération est essentiellement composé des valves by-pass destinés à retourner à l'entrée de la pompe une quantité variable du carburant.

A fur et à mesure que la vitesse de rotation croit, la pression de la pompe augmente. La valve by-pass s'ouvre en fonction de la force différentielle et une partie de carburant retournent à l'entrée de la pompe.

Cet agencement permet d'adapter le débit de carburant fourni à l'APU au débit d'air et de contrôler ainsi la richesse du mélange pendant la phase d'accélération et ce jusqu'au 95% RPM.

Le gouverneur est composé également des valves by-pass soumis d'une part à un ressort qui tend à le fermer et d'autre part à l'action d'une cage à masselottes entraînée par l'APU et qui tend à l'ouvrir.

Aussi longtemps que la vitesse de rotation est inférieure à 95%, le ressort est prédominant et le gouverneur n'intervient pas. A partir de 95% la force centrifuge qui agit sur la cage est suffisante pour ouvrir les by-pass valves et le débit envoyé à l'APU est réduit fortement de façon à stabiliser le RPM à 100%.

En régime, la position des valves by-pass dépend du RPM. Par exemple si la charge électrique et/ou pneumatique de l'APU augmente, la turbine a tendance à décélérer. La force agissant sur les masselottes diminue, la valve by-pass se referme. Une plus grande quantité de carburant est fournie à l'APU ce qui ramène le RPM environ à sa valeur nominale.

### **3.8. Contrôle thermostat**

Un thermostat est placé dans l'échappement de la turbine. Il a pour but d'éviter la surchauffe de l'APU lors de la phase d'accélération (RPM < 95%).

Le thermostat comprend une valve et un élément sensible à la température EGT lorsque celle-ci dépasse 727-734 °C, la valve s'ouvre et la pression de refoulement du compresseur peut s'échapper partiellement dans les gaz d'échappement. L'accélération limite ouvre sa valve by-pass ce qui réduit le débit de carburant envoyée à l'APU.

### **3.9. Valve électromagnétique à trois voies (Solénoïde Valve)**

Une valve électromagnétique raccorde le contrôle thermostat avec le régulateur de carburant lors de la phase d'accélération et de déconnecter le thermostat du régulateur de carburant lorsque la vitesse dépasse 95% RPM.

### **3.10. Valve électromagnétique d'alimentation en carburant**

Une valve électromagnétique destinée à alimenter la chambre de combustion en carburant, lorsque la pression d'huile atteint 4,5 PSI. Elle se referme à chaque arrêt manuel ou automatique de l'APU et en cas survitesse.

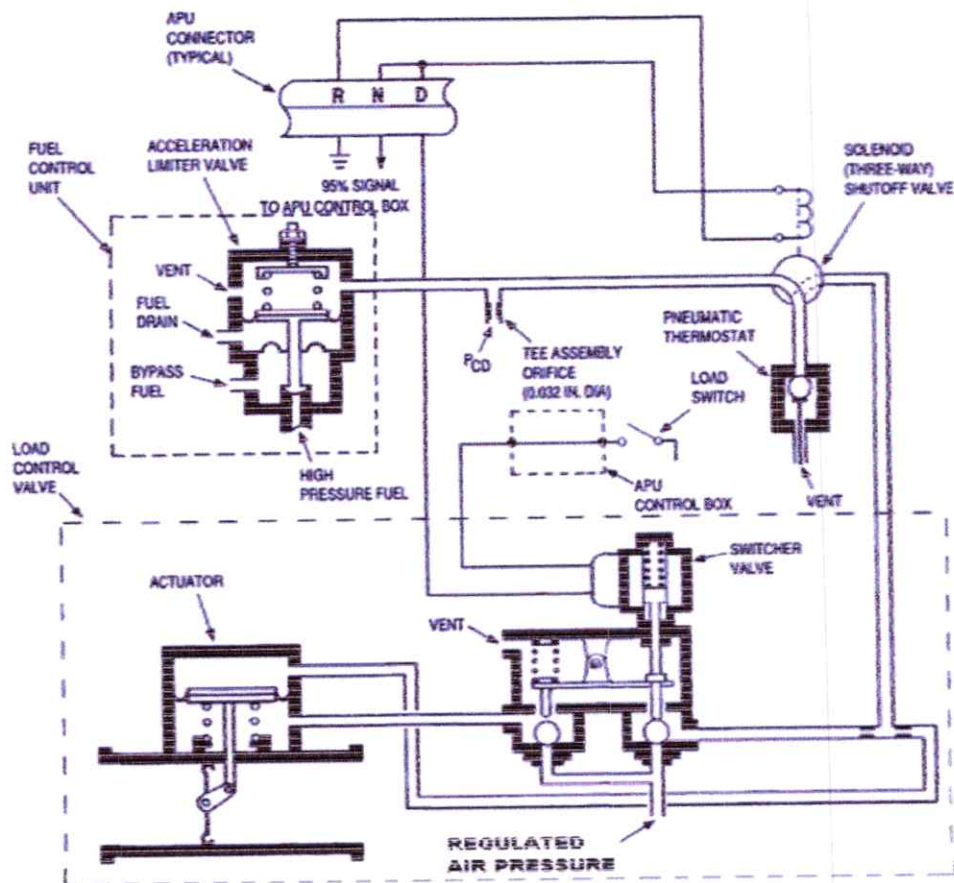


Figure III.15 : Composants du système de carburant

3.11. Injecteur

Un gicleur à doubles orifices de pulvérisation est placé dans le couvercle de la chambre de combustion. Ce dispositif permet de pulvériser convenablement le carburant sous toutes les pressions d'alimentation.

Le gicleur est équipé d'un filtre d'entrée nettoyable et d'une valve de diviseur de débit qui s'ouvre lorsque la pression de la pompe devient suffisante pour alimenter l'orifice. (Voir la figure III.16)

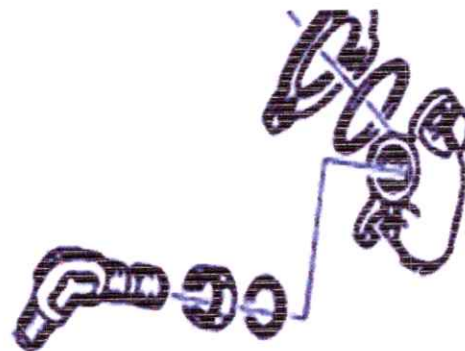


Figure III.16 : Injecteurs

#### III.1.2.4. Echappement

L'échappement, décharge les gaz de combustion à l'atmosphère par l'extrémité du cône de queue tout en réduisant le niveau de bruit.

L'ensemble comprend un tuyau d'échappement (Exhausts Duct) et la parie arrière du fuselage (Aft Fairing). (Voir la figure III.17)

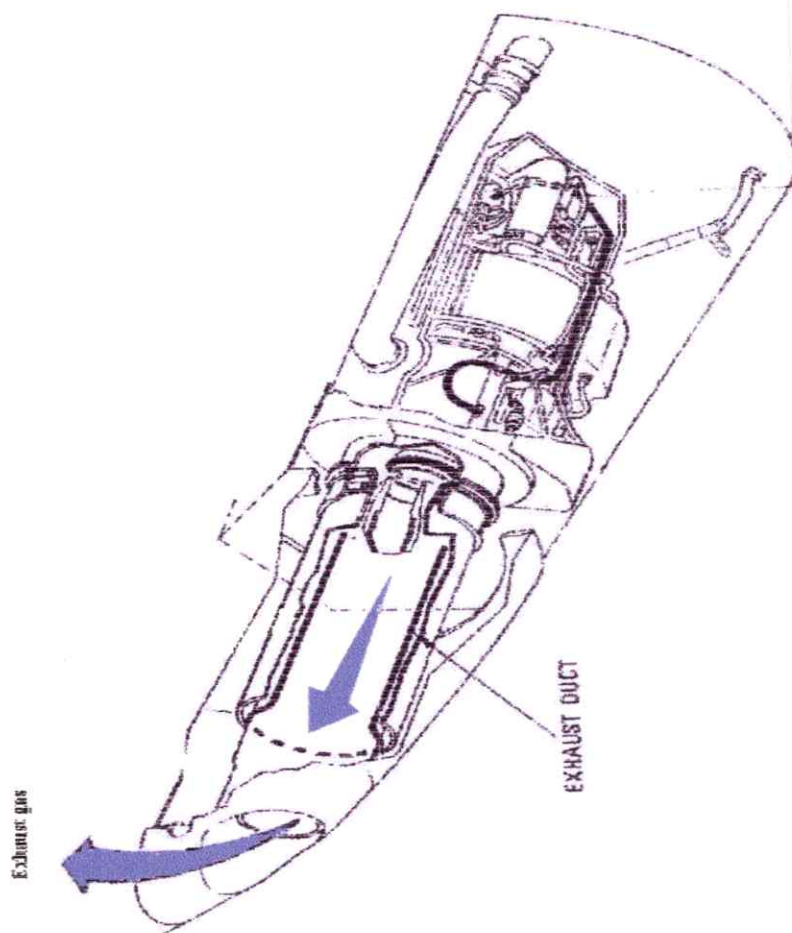


Figure III.17 : Echappement de l'APU GTCP 85 – 129

### III.1.2.5. Système de refroidissement

Ce circuit assure le refroidissement de l'alternateur et du radiateur d'huile et des capotages. (Voir la figure III.18)

Il comprend les éléments suivants :

- Une entrée d'air ;
- Une valve d'alimentation ;
- Un fan ;
- Une conduite de distribution.

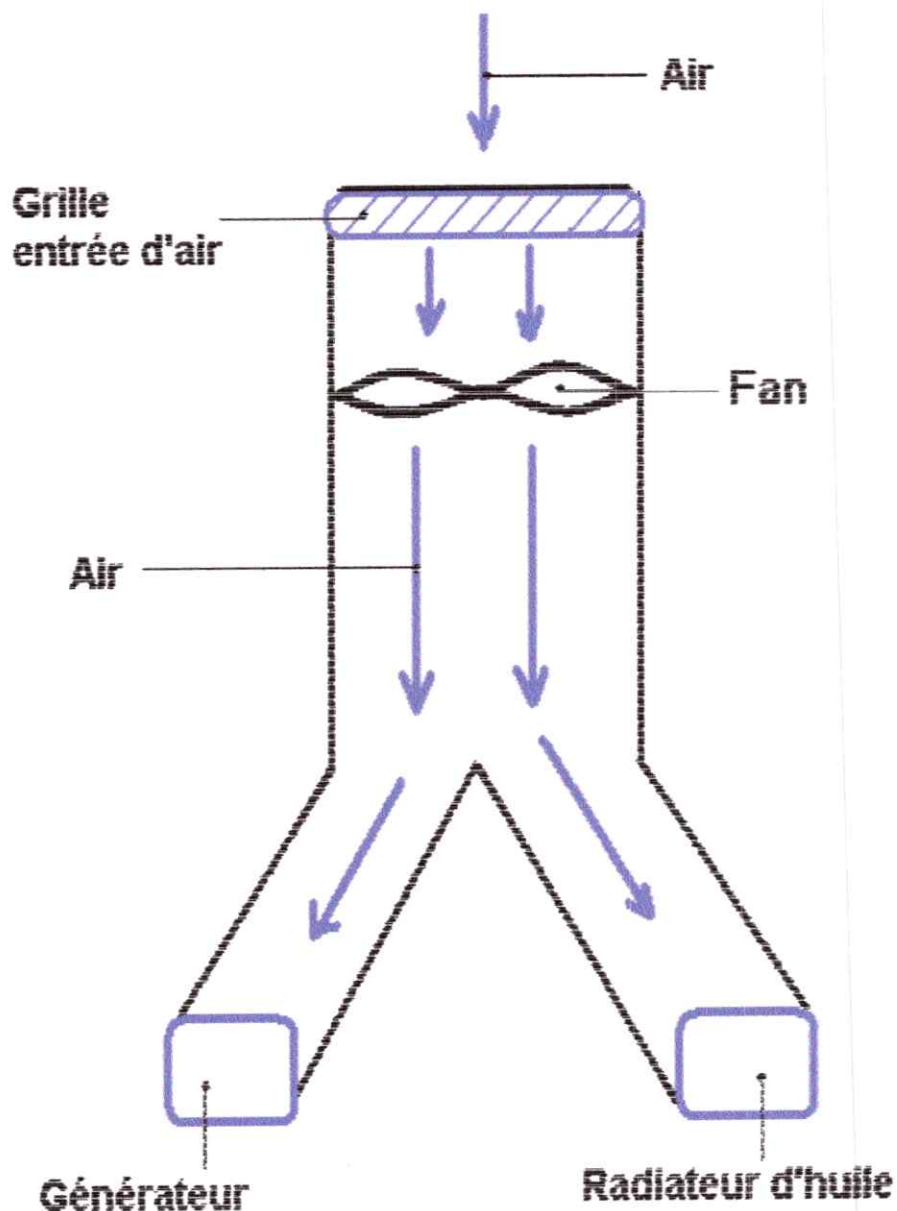


Figure III.18 : Système de refroidissement de l'APU GTCP 85 - 129

**5.1. Valve d'alimentation en air (Cooling Air SOV)**

Une valve en papillon initialement fermée permet d'alimenter le circuit de refroidissement. La valve est fixée sur la paroi extérieure de capotage supérieure.

La valve d'alimentation (SOV) est commandée par un vérin pneumatique attaché à la valve. Ce vérin comprend un diaphragme soumis à un ressort qui tient la valve fermée.

Le diaphragme est soumis à la pression de sortie du compresseur. La valve commence à s'ouvrir dès que cette pression atteint 7 PSI.

La valve se referme en cas d'arrêt de l'APU, ce qui permet en cas d'incendie de couper le circuit de refroidissement et de décharger le fréon uniquement dans les capotages.

**5.2. Fan (Cooling Air Fan)**

Un fan axial, monté sur la Gearbox, force l'air à traverser le circuit. Il est logé dans un logement T dont les branches servent à :

- Supporter le roulement et le flasque de montage du fan ;
- Amener l'air vers le fan ;
- Raccorder avec la conduite de distribution.

**5.3. Conduite de distribution (Crossover Duct)**

Une tuyauterie en forme V raccorde le fan avec le radiateur d'huile et la génératrice. L'air est finalement déchargé vers l'atmosphère à travers une découpe dans la porte.



III.1.2.6. Système de soutirage d'air

Ce circuit permet de soutirer l'air à l'arrière du compresseur pour alimenter le système pneumatique et une protection anti-pompage.

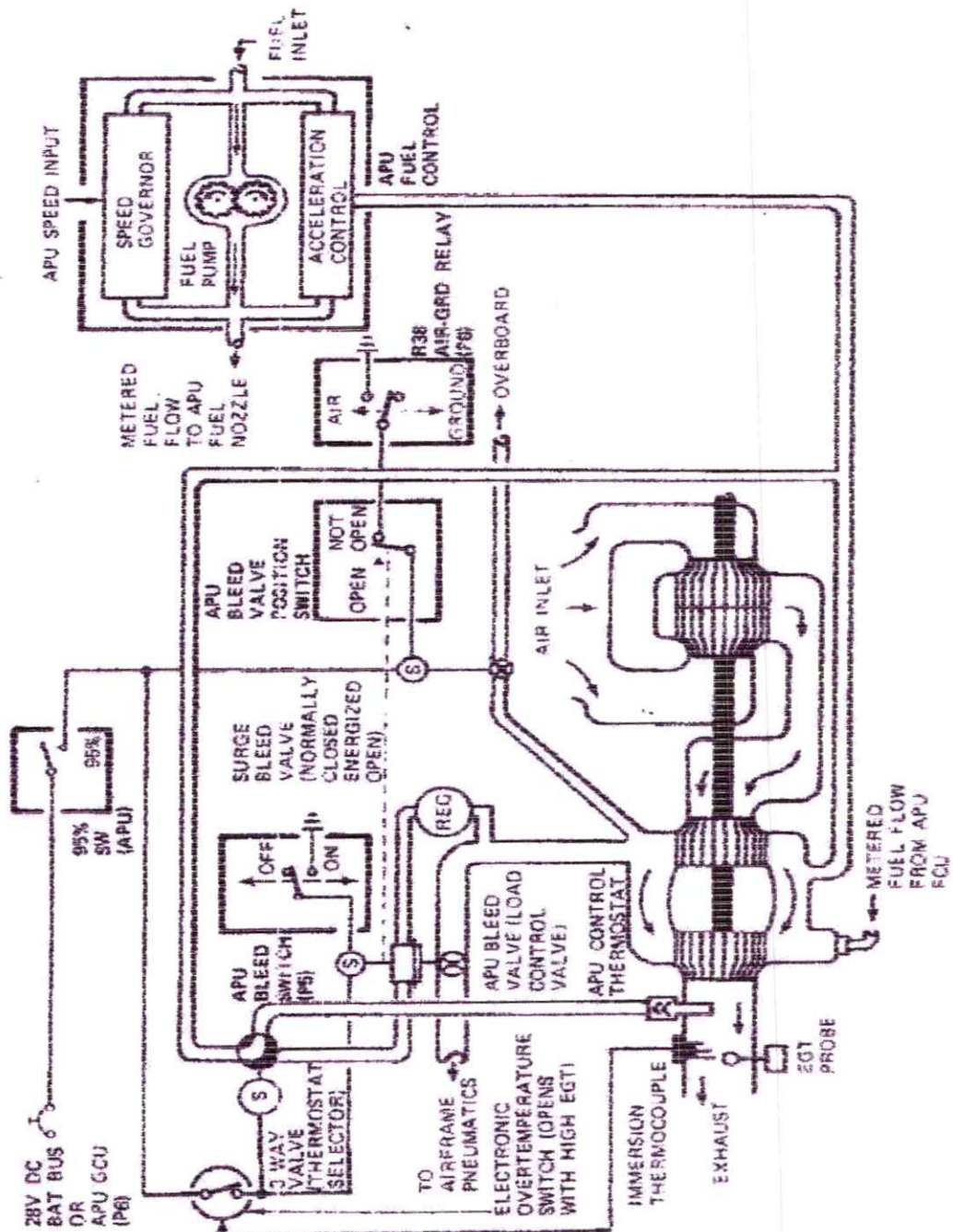


Figure III.19 : Système de soutirage d'air de l'APU GTCP 85 - 129

**III.1.2.6.1. Valve de soutirage d'air (Bleed Air Valve)**

Cette valve raccorde le système pneumatique de l'avion avec l'APU. Elle est modulante de façon à limiter la surchauffe de l'APU. En cas de surcharge de celui-ci. Elle s'ouvre :

- la RPM dépasse 95% ;
- Lorsqu'il y a une demande de soutirage par le switch de soutirage d'air ;
- l'EGT n'est pas excessif.

La valve se ferme à chaque arrêt de l'APU.

**III.1.2.6.2. Control thermostat**

Il est destiné à refermer progressivement la valve de soutirage d'air en cas de surchauffe de l'APU (EGT excessif quand il dépasse 620°C).

**III.1.2.6.3. Immersion thermocouples (T/C)**

Quatre thermocouples de types (Chromel-Alumel) sont placés dans la tuyère d'éjection de l'APU, ils sont raccordés en parallèle et ils sont de longueur différente de façon à mesurer l'EGT à des niveaux différents.

**III.1.2.6.4. Switch Over – température**

Ce switch électronique est alimenté par les thermocouples, son rôle est de fermer la valve de soutirage d'air et d'inverser la position de la valve à trois voies (SSV) en cas d'EGT excessif.

**III.1.2.6.5. Valve de décharge (Surge Control Valve)**

C'est un dispositif qui protège le compresseur de l'APU contre le pompage lorsque :

- L'APU fonctionne en Vol ;
- La vitesse de rotation est supérieure à 95% ;
- La valve de soutirage est fermée.

En vol, il faut qu'il y ait toujours un soutirage du compresseur, soit par la valve de soutirage, soit par la valve de décharge.

La valve de décharge est une simple valve électromagnétique, lorsqu'elle est excitée, elle décharge l'air vers l'atmosphère.

La condition Air/Sol réaliser par un relais air/sol qui est excité au sol pour empêcher l'ouverture de la valve de décharge.

III.1.2.7. Système de démarrage et d'allumage

L'APU est démarré par un moteur électrique (démarrreur) alimenté directement par la batterie de bord ou à l'aide d'un groupe DC au sol.

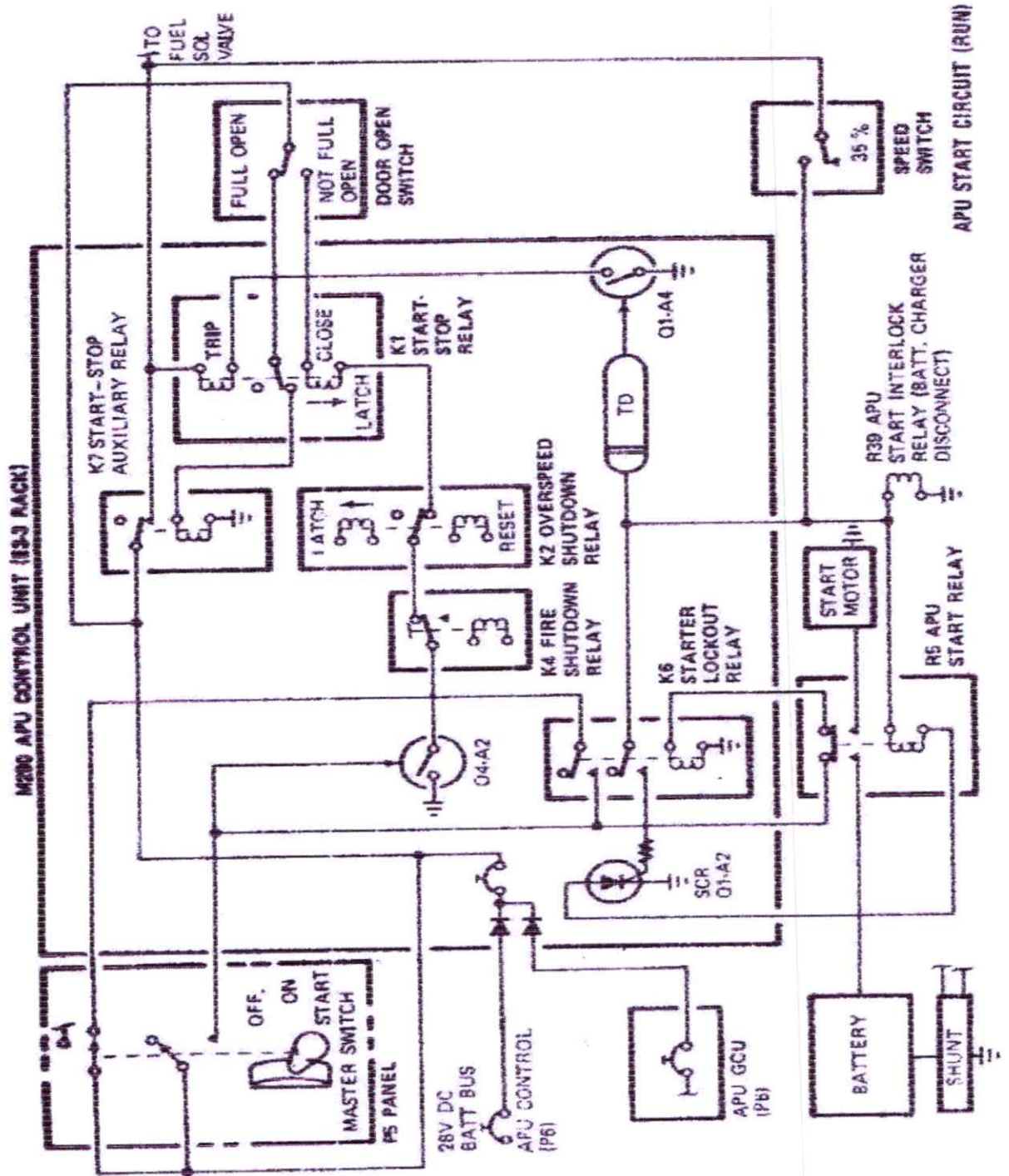


Figure III.20 : Système de démarrage de l'APU GTCP 85 - 129

**III.1.2.7.1 Les différents composants du système****1. Le relais de démarreur (Starter Relay)**

Ce relais raccorde le démarreur avec la batterie pour que la porte entrée d'air soit complètement ouverte.

**2. Le relais du clapet de verouillage (Lock – Out Relay)**

Ce relais prépare le circuit du relais de démarreur, et par conséquent la séquence de démarrage.

**3. Le délai de 90 secondes (90 Seconds Time Delay)**

Ce dispositif coupe automatiquement la séquence de démarrage, si le démarreur reste alimenté plus de 90 seconds (coupe l'alimentation du Relais de démarreur).

**4. Boite d'allumage (Ignition Unit)**

La boite d'allumage transforme les 28 VDC en courant alternatif à haute tension et en suite le transmettre à la bougie.

L'allumage fonctionne lorsque la pression d'huile de lubrification atteint 4,5 psi (environ 10% du RPM). Il est coupé à 95% du RPM.

L'allumage est obtenu par une charge lente suivie d'une décharge rapide d'un condensateur.

**5. Démarreur (Starter)**

Le démarreur est constitué d'un moteur électrique, alimenté en 28 VDC ; il entraîne l'APU et ses accessoires. Il est monté sur la partie inférieure de la Gearbox.

L'accouplement entre le démarreur et la Gearbox est réalisé par un embrayage de disques à friction et par une roue à crochets. Les cliquets sont solitaires d'un disque entraîné par le démarreur tandis que la roue est à l'intérieure de la Gearbox.

Lorsque le démarreur tourne, la force centrifuge qui agit sur les cliquets fait basculer ceux-ci et ils s'engagent dans les découpés de la roue ce qui entraîne l'APU. Dès que le démarreur n'est plus alimenté et comme la vitesse de rotation de l'APU est supérieure à celle du démarreur, les cliquets ont repoussé par la roue. Comme la force centrifuge sur les cliquets diminue progressivement, ceux-ci écartent davantage de la roue.

Le choc initial d'embrayage est absorbé par l'embrayage à disques et le ressort qui sert également à limiter le couple du démarreur et par conséquent le courant absorber.

**III.1.2.7.2. Commandes de l'APU**

Les commandes de l'APU sont réunies sur le panneau supérieur avant, au sol le panneau de contrôle, sur le panneau électronique arrière est dans le compartiment électronique.

**2.1. Switch principal (Master switch)**

Ce switch à trois positions OFF – ON – START est sur le panneau supérieur avant, il est en rappel de START vers ON.

**.1. START ou ON**

- La valve de carburant de l'APU s'ouvre et ensuite les portes d'entrée d'air ;
- Les circuits du switch d'incendie à distance et les alarmes sont armés ;
- L'APU démarre (après l'ouverture des portes d'entrée d'air) si le switch est mis en START au préalable.

**2. START**

- Le circuit de démarrage est préparé ;
- Le circuit de contrôle est armé.

**3. ON**

Tous les circuits électroniques restent alimentés.

**4. OFF**

- La valve de carburant de l'APU se ferme et ensuite la porte d'entrée d'air ;
- Le switch centrifuge simule une survitesse ce qui fait arrêter l'APU ;
- Les alarmes sont désactivées (sauf en cas d'une survitesse).

**2.2. Switch de soutirage (APU Bleed air Switch)**

Il permet l'ouverture de la valve de soutirage si :

- La vitesse de rotation est supérieure à 95% ;
- Il n'y a pas de surcharge (EGT excessif).

**2.3. Switch de la batterie (Switch Battery)**

Il permet de raccorder la batterie à 28 VDC et d'alimenter aussi les circuits électroniques de l'APU.

**2.4. Switch de protection incendie (Fire switch)**

Ce switch à deux positions NORMAL – FIRE ; en position FIRE, il excite l'équipement d'arrêt automatique et un relais, ce qui fait arrêter l'APU.

**2.5. Switch de survitesse (overspeed switch)**

Il doit être utilisé au sol après un arrêt automatique dû à une survitesse si l'on veut réutiliser l'APU.

**III.1.2.7.3. Séquence de fonctionnement de Démarrage et d'accélération****3.1. Switch principal en START**

- La valve de carburant de l'APU s'ouvre et ensuite la porte entrée d'air ;
- Le circuit de démarrage est armé (Lock - Out Relay) ;
- La protection d'arrêt automatique est déverrouillée et le circuit d'alimentation électrique est armé ;
- Le circuit des alarmes est armé et l'étiquette basse pression d'huile (LOW OIL PRESSURE) s'allume.

**3.2. Switch principale en ON**

Dés que la porte entrée d'air est complètement ouverte :

- Le relais du démarreur est excité, l'APU démarre ;
- Le Lock - Out Relay est désexcité ;
- Le délai de 90 seconds est alimenté.

Lorsque la pression d'huile atteint 4,5 PSI, l'allumage fonctionne et la valve solénoïde de carburant s'ouvre.

Le régulateur de carburant règle le débit de carburant pour contrôler la phase d'accélération assistée par le contrôle thermostat.

Dés que la pression de refoulement du compresseur atteint 7 PSI, la valve d'alimentation (SOV) s'ouvre.

**À 50% de RPM :**

- Le switch centrifuge coupe l'alimentation du relais de démarreur et du délai de temps.
- L'étiquette basse pression d'huile (LOW OIL PRESSURE) s'éteint à 55 PSI, de pression d'huile.

**À 95% du RPM :**

- L'allumage est coupé ;
- La protection basse pression d'huile, les circuits de la valve de soutirage d'air et de la valve de décharge sont allumés ;
- La valve solénoïde électromagnétique à trois voies change de position et isole le control thermostat du régulateur de carburant ;
- Le compteur horaire fonctionne ;
- Le relais (95% Relay) arme le circuit d'arrêt volontaire de l'APU ; ce relais s'auto-excite ensuite en court-circuitant, les conditions 95% et l'EGT excessif ;
- La génératrice de l'APU peut être utilisée ;
- Le régulateur amène l'APU à 100% de sa vitesse.

**III.1.2.7.4. Fonctionnement en régime**

- La valve de soutirage d'air s'ouvre lorsque le switch de soutirage d'air de l'APU est mis en ON ;
- Le régulateur de carburant maintient plus au moins la vitesse de rotation constante ;
- En cas de surcharge (EGT trop élevée), le control thermostat referme progressivement la valve de soutirage ;
- Si l'EGT devient excessif, l'Over – température switch déplace la valve solénoïde à trois vois ;
- La valve de décharge s'ouvre en vol si la valve de soutirage d'air est fermée.

**III.1.2.7.5. Séquences de démarrage de l'APU**

- On met le switch de la batterie sur la position ON ;
- On actionne le switch principale de commande (MCS) le switch de contrôle principal pour le démarrage momentané ;
- On actionne le switch de commande principale (MCS) sur la position ON ;
- La valve d'isolement de carburant et la porte entrée d'air sont complètement ouvertes (START) ;
- Le démarreur est excité.

**À 10% RPM:**

Le Switch de séquence de pression d'huile se ferme approximativement à 4 PSI, c'est à dire approximativement 10%, la valve solénoïde de carburant se ferme et le système d'allumage est excité.

**À 50% RPM:**

Le switch à 50% s'ouvre et il fait arrêter le démarreur (le fonctionnement de carburant est limité par un circuit temporisateur).

**À 52% RPM:**

Le switch de baisse pression d'huile s'ouvre à 55 PSI (52% approximativement) et le voyant bas pression d'huile s'éteint.

**À 95% RPM:**

Le switch centrifuge à 95% est excité. Le switch de soutirage d'air est armé. La valve pneumatique à trois vois est excité Le système d'arrêt automatique est armé et l'allumage est arrêté.

**À 100% RPM :**

Le switch centrifuge règle la vitesse sur 100% - 42000 RPM

(Voir la figure III.22)

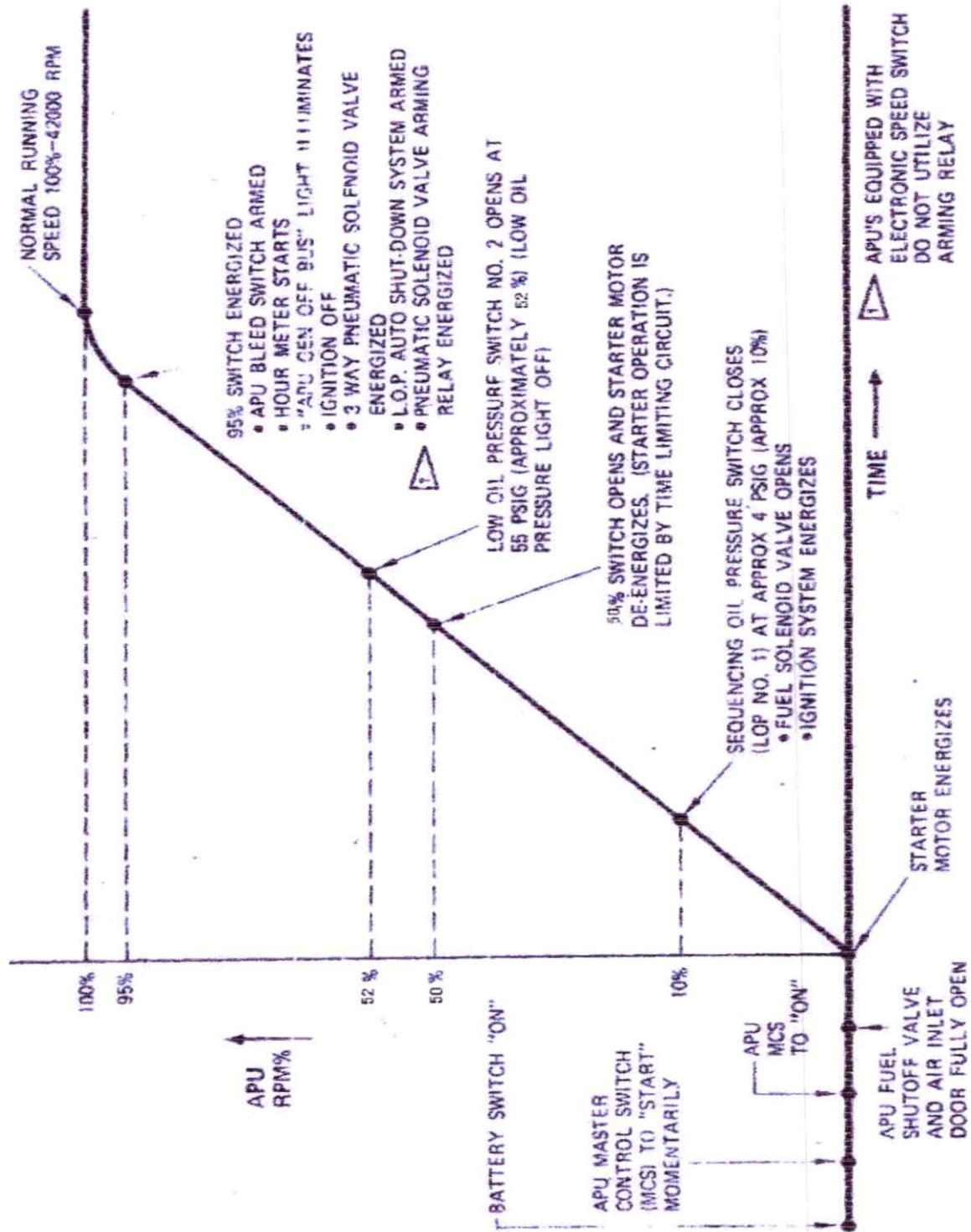


Figure III.22 : Séquences de démarrage de l'APU GTCP 85 - 129



**III.1.2.8. Système d'indication de l'APU**

Les alarmes sont placées sur le panneau supérieur avant :

**III.1.2.8.1. Quantité insuffisante d'huile (Low Oil Quantity)**

- Allumé si le niveau dans le réservoir devient inférieur à une quantité déterminée.

**III.1.2.8.2. Pression insuffisante d'huile (Low Oil Pressure)**

- Allumé à l'arrêt et au démarrage de l'APU ;
- En régime s'allume lorsque la pression d'huile devient insuffisante.

**III.1.2.8.3. Température élevée d'huile (High Oil Temperature)**

- Allumée en cas de surchauffe de l'huile ;
- Reste allumé à l'arrêt de l'APU même lorsque la surchauffe disparaît.

**III.1.2.8.4. Master caution**

S'allume lorsque l'arrêt automatique de l'APU est provoqué par :

- La baisse pression d'huile ;
- La surchauffe de l'huile ;
- La survitesse ;
- L'équipement d'arrêt automatique qui ne fonctionne pas lors de l'arrêt volontaire de l'APU.

**III.1.2.8.5. Détection d'incendie (Fire détection)**

La détection d'incendie fonctionne :

- La séquence de démarrage est interrompue ;
- La valve de carburant de l'APU se ferme et ensuite la porte entrée d'air ;
- La valve solénoïde de carburant se ferme.

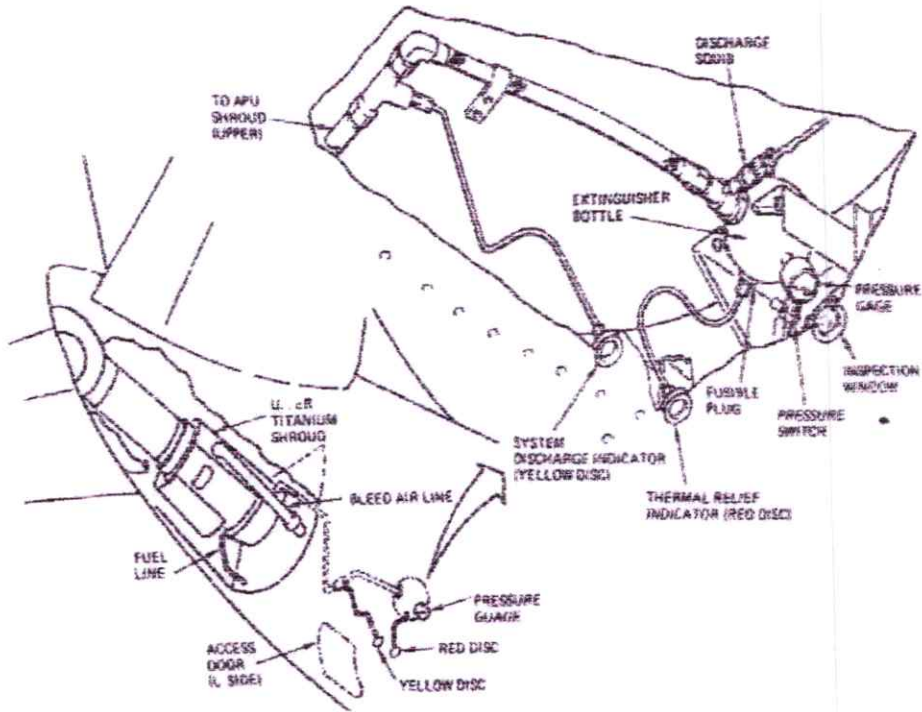


Figure III.23 : Système de protection d'incendie

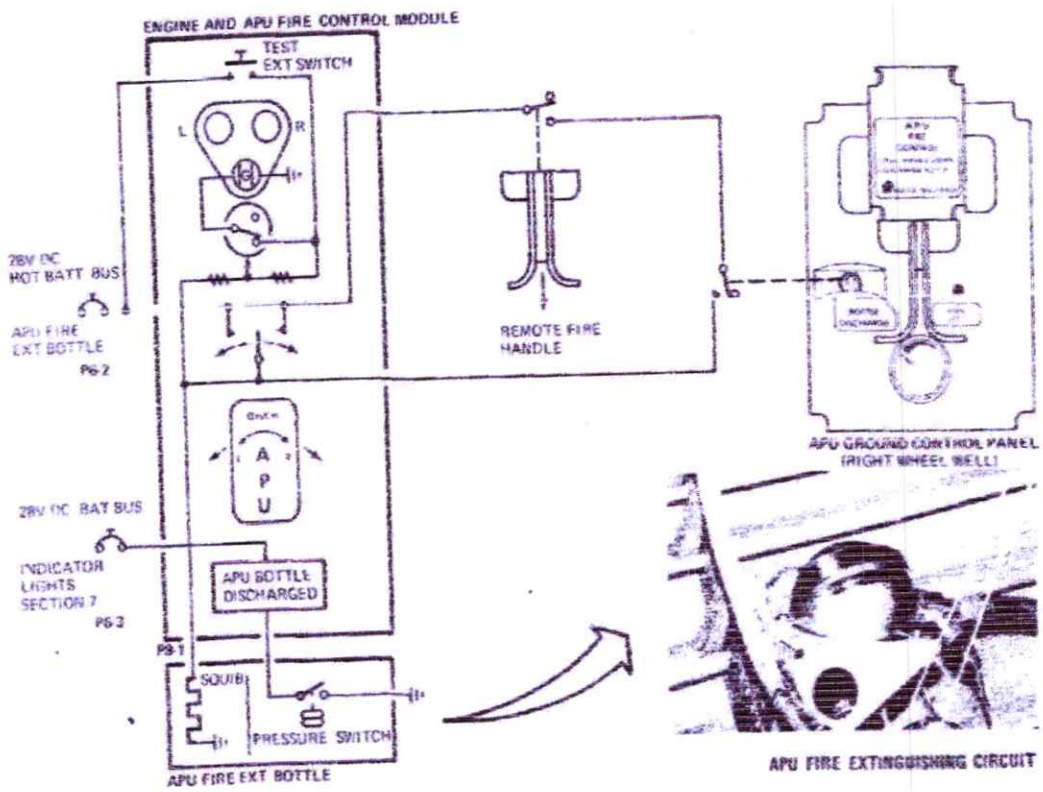


Figure III.24 : Commandes du système de protection d'incendie

**III.1.2.8.6. Sécurités**

De nombreuses sécurités produisent l'arrêt automatique de l'APU. Le dispositif d'arrêt se verrouille et ne peut être déverrouillé qu'au démarrage suivant :

- Le délai de 90 seconds (90 seconds time delay) ;
- Baisse pression d'huile (Low oil pressure) ;
- Haute température d'huile (High oil temperature) ;
- Détection d'incendie (Fire detection) ;
- Switch de la batterie (Battery switch) : au sol si le contacteur de batterie est mis en OFF, L'APU s'arrête ;
- Survitesses (Overspeed) : lorsque la vitesse de rotation dépasse 110%.

**III.1.2.8.7. Instruments de l'APU**

- **Indicateur de l'EGT (EGT indicator)** : renseigne la température totale des gaz d'échappement.
- **Compteur horaire (Elapsed time indicator)** : ce compteur horaire totalise les heures de fonctionnement de l'APU dès que le RPM dépasse 95%.
- **Génératrice tachymétrique** : peut être montée pour contrôler la vitesse de rotation de l'APU au sol (pas sur tous les APU GTCP 85 – 129).

**III.1.2.9. Système de drainage**

Le rôle du système de drainage est d'évacuer les fluides résiduels de l'APU, mais non pas tous les fluides résiduels. Ce système est très simple.

Le système de drainage se compose de :

- Deux drains pour la valve de carburant (FCU), un pneumatique et l'autre pour le carburant, l'évacuation est vers l'extérieur ;
- Un drain pour la chambre de combustion ;
- Un drain pour la pompe à huile dont les substances sont évacués dans le réservoir.

**III.1.2.10. Système de contrôle et de gestion**

L'APU est indépendant de l'avion, il a sa propre commande. L'APU est commandé par le switch centrifuge, ce dernier qui donne les ordres à l'APU pour qu'il puisse fonctionner normalement.

Le switch centrifuge surveille l'APU par :

- La séquence de démarrage ;
- La séquence d'accélération ;
- La séquence de vitesse nominale ;
- L'arrêt de l'APU normalement ;
- L'arrêt automatique de l'APU en cas de défaut.

**III.1.2.10.1. Signaux venant de l'APU vers le switch centrifuge**

Le switch centrifuge reçoit un nombre des signaux de l'APU :

- La vitesse de rotation RPM ;
- L'EGT ;
- Surchauffage d'huile ;
- Baisse pression d'huile.

**III.1.2.10.2. Arrêts de l'APU**

Il y a deux arrêts pour l'APU :

- Arrêt normal volontaire ;
- Arrêts automatiques de protection.

**2.1. Arrêt normal**

L'arrêt normal est obtenu quand on met le switch de l'APU on position OFF (arrêt), elle fait une simulation d'arrêt automatique mais elle est en réalité volontaire :

1. Ferme la valve de soutirage ;
2. Ferme la valve de carburant ;
3. Ferme la porte entrée d'air ;
4. Désexcite l'alternateur.

**2.2. Arrêts automatiques de protection**

1. Survitesse de rotation ;
2. Température l'EGT excessif ;
3. Température d'huile excessive ;
4. Baisse pression d'huile.

III.2. DESCRIPTION DE L'APU GTCP 131-9B

Les modules de l'APU GTCP 131 - 9B sont :

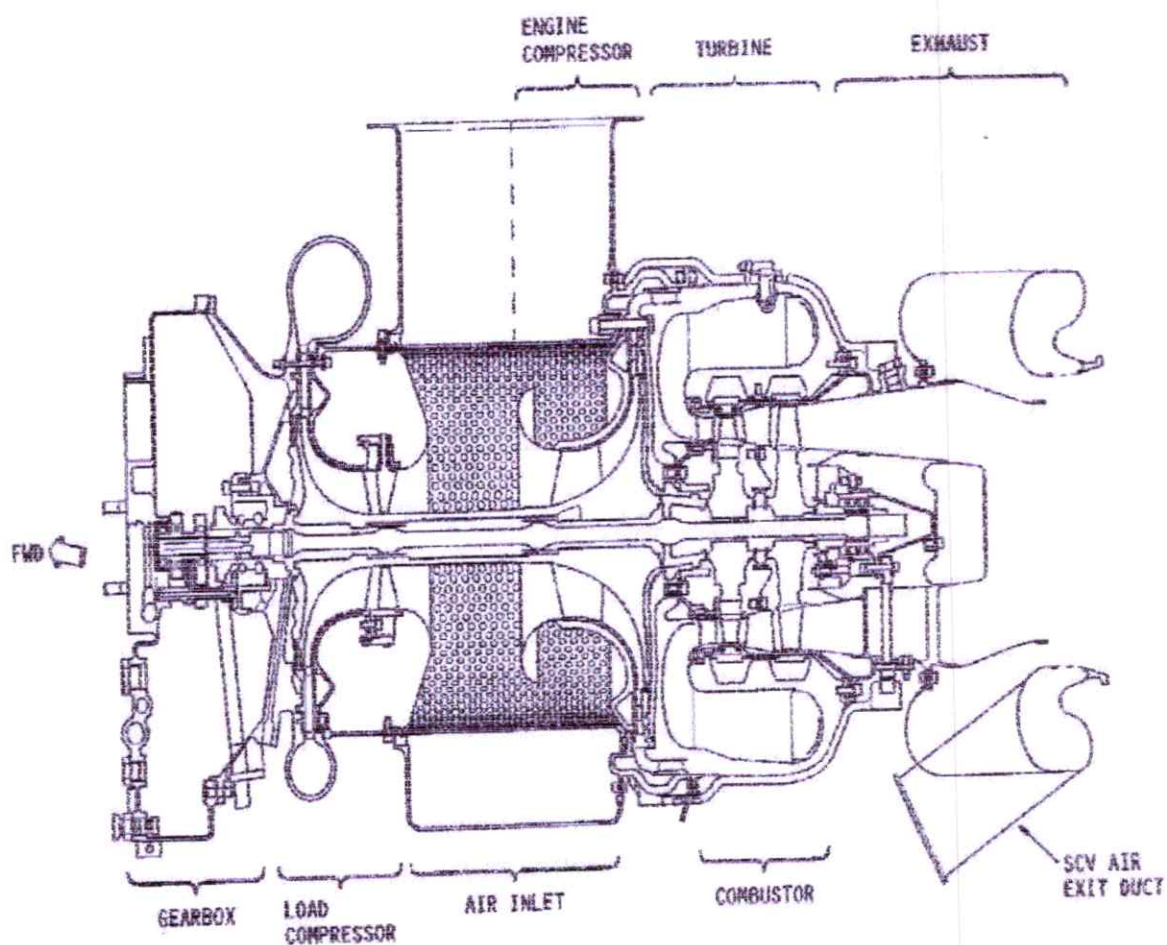


Figure III.25 : Vue de coupe de l'APU GTCP 131 - 9B

Pour bien étudier l'APU on le divise en deux composants et systèmes.

### III.2.1. Les modules de l'APU GTCP 131-9B

L'APU à une conception modulaire, il est constitué de trois modules principaux :

- La partie génératrice de puissance ;
- Le compresseur de charge ;
- La boîte d'entraînement des accessoires.

#### III.2.1.1. Entrée d'air

L'entrée d'air est un dispositif qui conduit l'air vers le compresseur de puissance.

La partie génératrice de gaz comprends :

- Compresseur centrifuge à un seul étage ;
- Chambre de combustion annulaire à flux inversé ;
- Turbine axiale à deux étages.

#### III.2.1.2. Compresseur de la section de puissance

Le compresseur de puissance est un compresseur à un seul étage, cet étage est suivi d'un diffuseur et d'un rouet.

Le disque compresseur est une conception d'une seule pièce en alliage de titane.

Le disque compresseur est installé dans une construction composée d'un enveloppe extérieure, un enveloppe de face et une conduite d'intercommunication. Cette conduite contient le diffuseur et les aubes de rouet. (Voir la figure III.26)

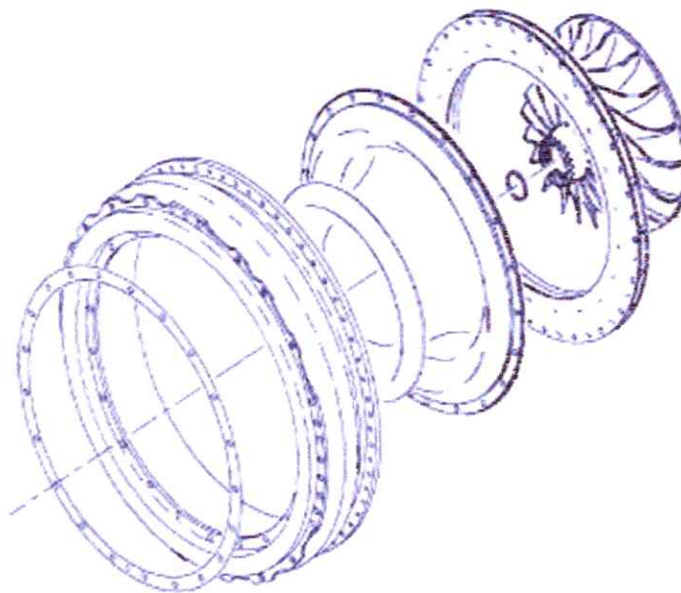


Figure III.26 : Compresseur de puissance de l'APU GTCP 131 – 9B

### III.2.1.3. Chambre de combustion

L'air fourni par le compresseur de puissance est envoyé vers la chambre de combustion, cette dernière est annulaire du type à flux inversé.

Dans la chambre de combustion l'air comprimé est mélangé avec le carburant, ce mélange est allumé par une bougie à un étincelle, à cet effet la chambre de combustion est équipée de 10 injecteurs doubles (10 primaires et 10 secondaires).

Environ de 20% du débit d'air est destinée pour la combustion, le reste 80% est utilisé pour le refroidissement de la chambre de combustion et les gaz d'échappement. (Voir la figure III.27)

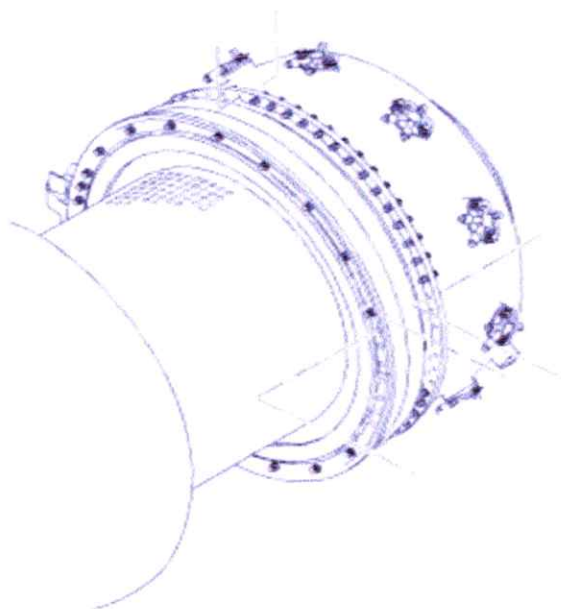


Figure III.27 : Chambre de combustion de l'APU GTCP 131 – 9B

### III.2.1.4. Turbine

Le sens d'écoulement des gaz en provenance de la chambre de combustion est inversé de 180° avant entrée dans la turbine.

Il s'agit d'une turbine axiale à deux étages, le premier étage à 36 aubes et le deuxième étage contient 32 aubes remplaçables montées avec les plaquettes de frein qu'ils sont en alliage de titane. (Voir la figure III.28)

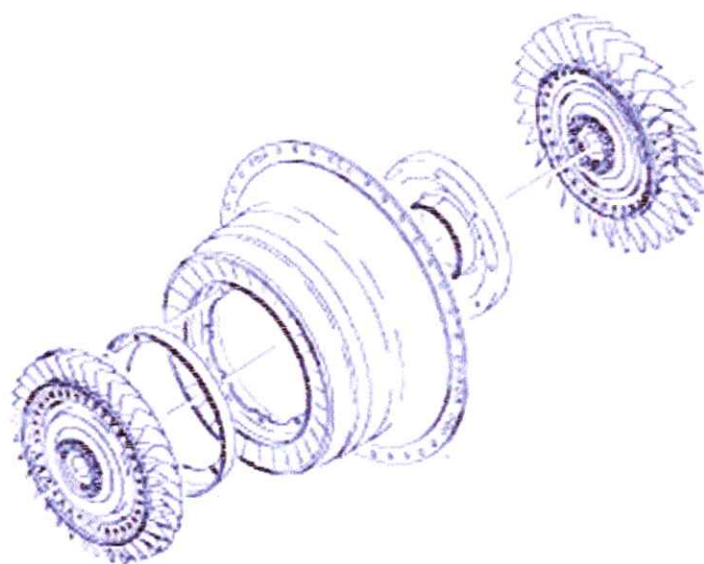


Figure III.28 : Turbine de l'APU GTCP 131 – 9B

#### III.2.1.5. Tuyère d'éjection

Le conduit de refoulement est situé entre la sortie de la turbine arrière et le cône de queue, cette dernière est agencée en capot que l'on ouvre pour procéder aux travaux de réparation.

La cloison par feu arrière est équipée d'un point incombustible. De plus la conduite d'échappement est entourée d'une isolation inflammable et diminue aussi le bruit.

Une ligne de drainage est prévue à la conduite d'échappement pour éviter l'accumulation d'eau et de carburant.

Dans l'échappement de l'APU deux harnais de thermocouples sont prévus. Chaque harnais comporte deux sondes, ces sondes consistent en deux thermocouples de longueur différente. Ces thermocouples sont du type alumel-chromel. (Voir la figure III.29)

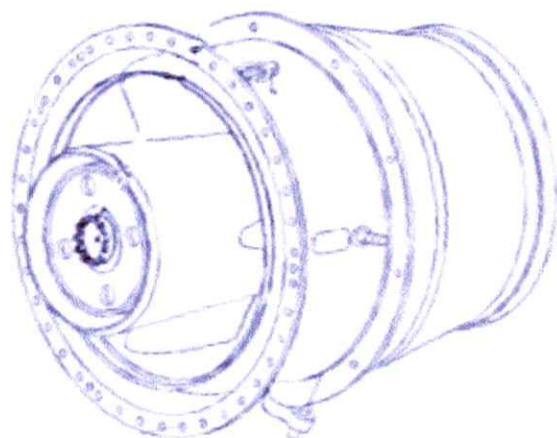


Figure III.29 : Tuyère d'échappement de l'APU GTCP 131 – 9B



**III.2.1.6. Support de la partie génératrice de gaz**

L'ensemble rotatif de la partie génératrice de gaz est monté sur un axe (arbre de raccordement) à l'aide des deux pièces de connexion.

L'ensemble rotatif est supporté par deux roulements :

**III.2.1.6.1. Roulement à billes de compresseur de puissance**

Un roulement à billes simple est monté avant le compresseur de puissance.

Il se ferme par un joint carbone qui est suivi par un joint labyrinthe, ce dernier est mis sous pression par l'air provenant du compresseur et qui est évacué à travers l'axe de la chambre de combustion.

**III.2.1.6.2. Roulement à galet arrière de la turbine**

Ce roulement à galet est placé derrière le deuxième étage de la turbine, ce roulement est fermé par un joint carboné.

Les fuites d'huile sont éventuellement empêchées par un déserteur d'huile.

Les autres joints sont encore prévus entre les différents étages. Ils sont du type labyrinthe.

**III.2.1.7. Compresseur de charge**

Le compresseur de charge est de forme centrifuge. Il est constitué d'un seul étage, Il est moulé, ses aubes sont fixées avec le moulage.

L'axe du compresseur de charge est accouplé avec l'axe de la partie génératrice de gaz à l'aide d'un arbre d'accouplement avec cannelures.

Les aubes régulatrices de débit d'air (IGV) sont placées à l'entrée du compresseur de charge qui permet la régulation de débit d'air qui est fourni par le compresseur de puissance qui est liée avec la turbine.

Les aubes sont réparties en deux parties l'une est fixé, l'autre est mobile, la partie mobile peut être ouverte jusqu'au  $115^\circ$ , à cet degré sont complètement ouvertes. Les aubes se ferment mais pas complètement, ils sont fermés à  $15^\circ$  pour le refroidissement du compresseur de charge.

Elles sont commandées par un vérin des aubes régulatrices du débit (IGVA), ce dernier commande la régulation du débit d'air, il se trouve sur le côté droit de l'APU. Il utilise la pression de carburant qu'elle est régulée par la valve de carburant (FCU), ce dernier est commandé par l'unité de contrôle électronique (ECU). (Voir la figure III.30)

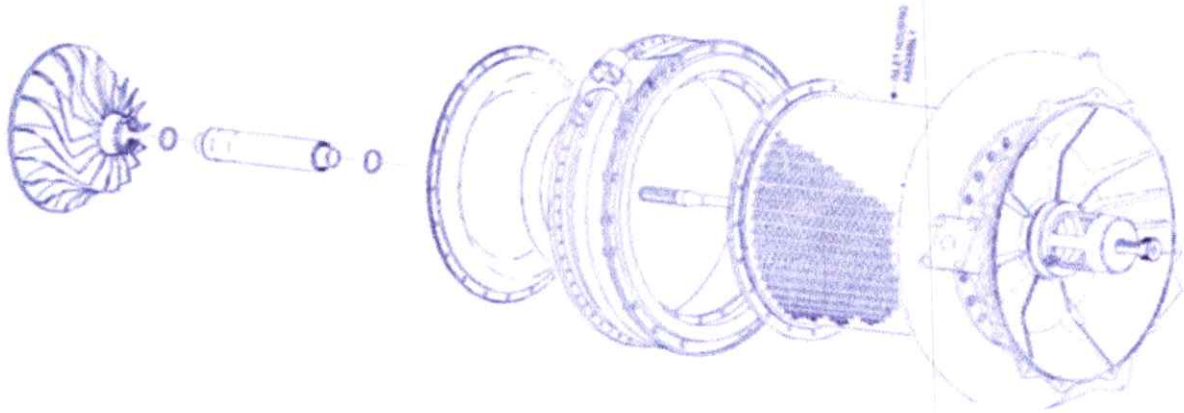


Figure III.30 : Compresseur de charge de l'APU GTCP 131 – 9B

#### III.2.1.8. Gearbox (Boite d'entraînement des accessoires)

Le compresseur de charge, la turbine et la boîte d'accessoires sont tous tournés par le même arbre. Cette rotation va ensuite entraîner les accessoires dans la Gearbox. (Voir la figure III.31)

Les accessoires entraînés par la Gearbox sont :

- Démarreur/alternateur ;
- Bloc de pompes ;
- La pompe régulatrice de carburant ;

Les accessoires portés sur la Gearbox sont :

- Filtre d'huile ;
- Filtre de carburant ;

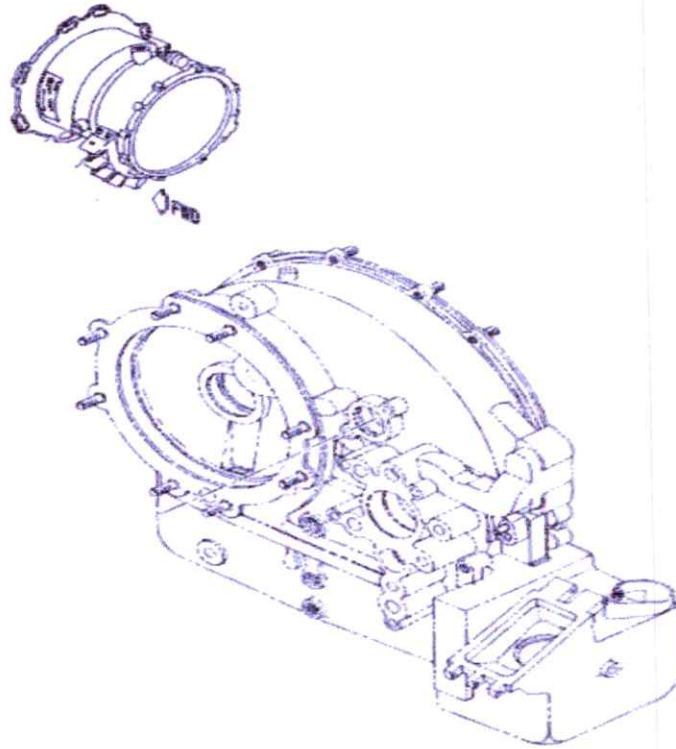


Figure III.31 : Boîte entraînements des accessoires de l'APU GTCP 131 – 9B

### III.2.2. Les systèmes de l'APU GTCP 85-129

L'APU est également doté des systèmes suivants :

- Système entrée d'air.
- Système de lubrification.
- Système de carburant.
- Système d'échappement.
- Système de refroidissement.
- Système de soutirage d'air.
- Système de démarrage et d'allumage.
- Système d'indication.
- Système de drainage.
- Système de contrôle et de gestion.

III.2.2.1. Système entrée d'air

Le rôle de l'entrée d'air est d'amener et conduire l'air ambiant vers la partie génératrice de gaz et le compresseur de charge. (Voir la figure III.32)

Ce système est constitué de plusieurs composants :

- Volet entrée d'air ;
- Générateur de tourbillons ;
- Vérin électrique du volet entrée d'air ;
- Switch du volet entrée d'air ;
- Diffuseur ;
- Carter entrée d'air.

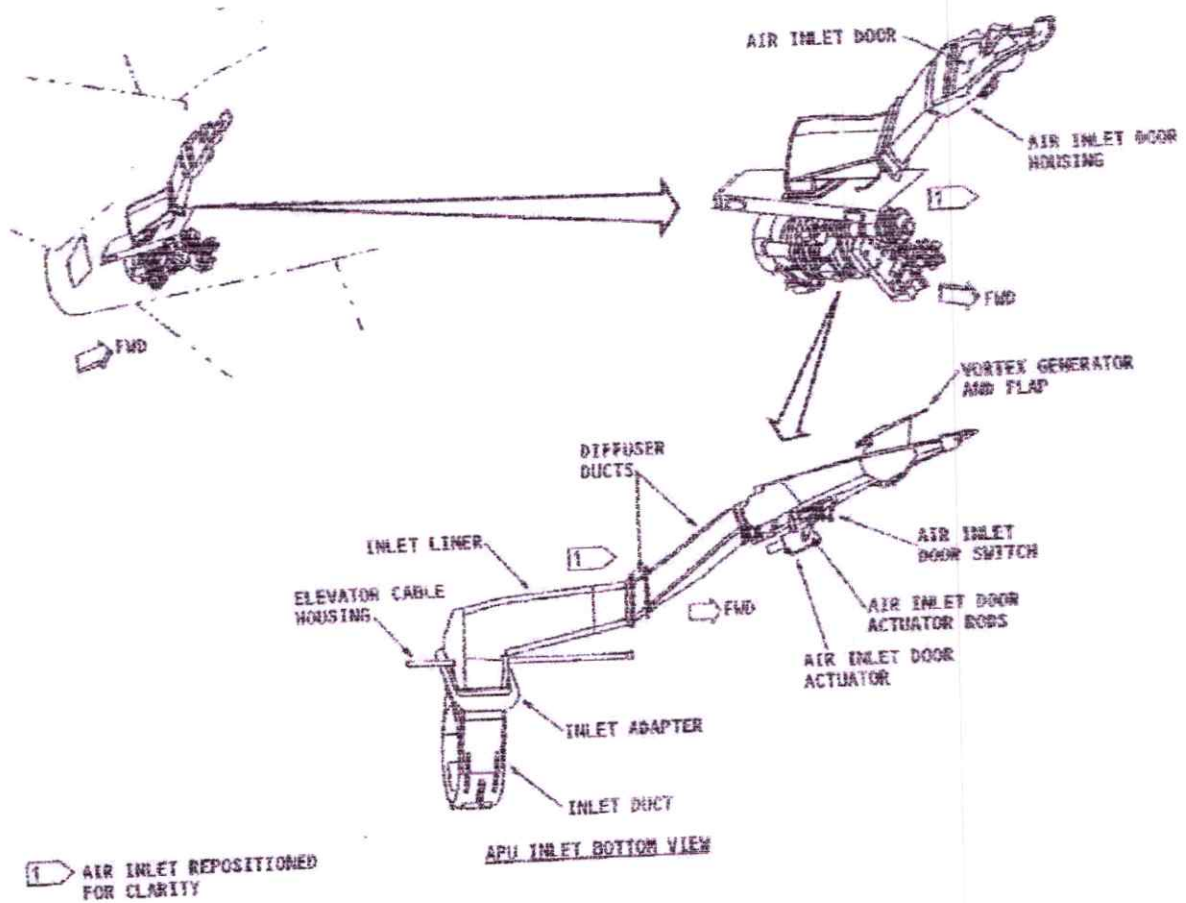


Figure III.32: Composants du système entrée d'air de l'APU GTCP 131 – 9B

III.2.2.1.1. Description du système entrée d'air

Le volet entrée d'air se trouve à l'arrière du fuselage dans le côté droit, il est équipé d'un filtre de protection (une Grille) qui empêche les corps étrangers de se pénétrer vers l'APU et ses systèmes, sa manœuvre est commandée par un vérin électrique qui assure l'ouverture et sa fermeture. Toute cette manœuvre est gérée par l' « ECU ». (Voir la figure III.33)

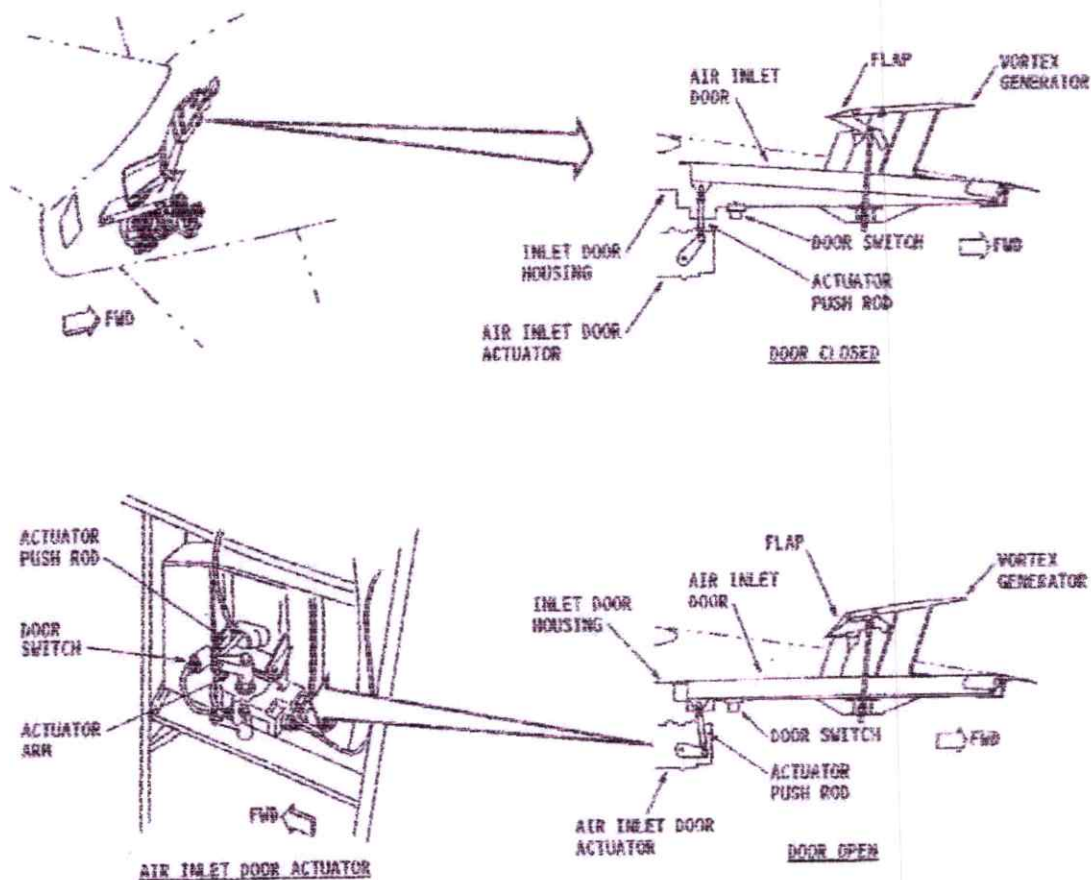


Figure III.33: Fonctionnement du système entrée d'air de l'APU GTCP 131 – 9B

III.2.2.1.2. Fonctionnement du système entrée d'air

Quand on met le switch principal de l'APU dans la position START le signal est envoyé vers l'ECU, en suite on met le switch dans la position ON, l'ECU ouvre la valve de carburant pour permettre le passage du carburant. Quand le switch de la valve de carburant est ouvert, elle envoie un signal pour ouvrir la porte entrée d'air. Lorsque le volet entrée d'air est complètement ouvert le switch de volet entrée d'air envoie un signal de pleine ouverture vers l'ECU. Quand on met le switch principal sur la position OFF, l'ECU ferme la valve de carburant ensuite son switch ferme le volet entrée d'air, lorsque ce dernier est complètement fermé le signal de plein fermeture est envoyée vers l'ECU. (Voir la figure III.34)

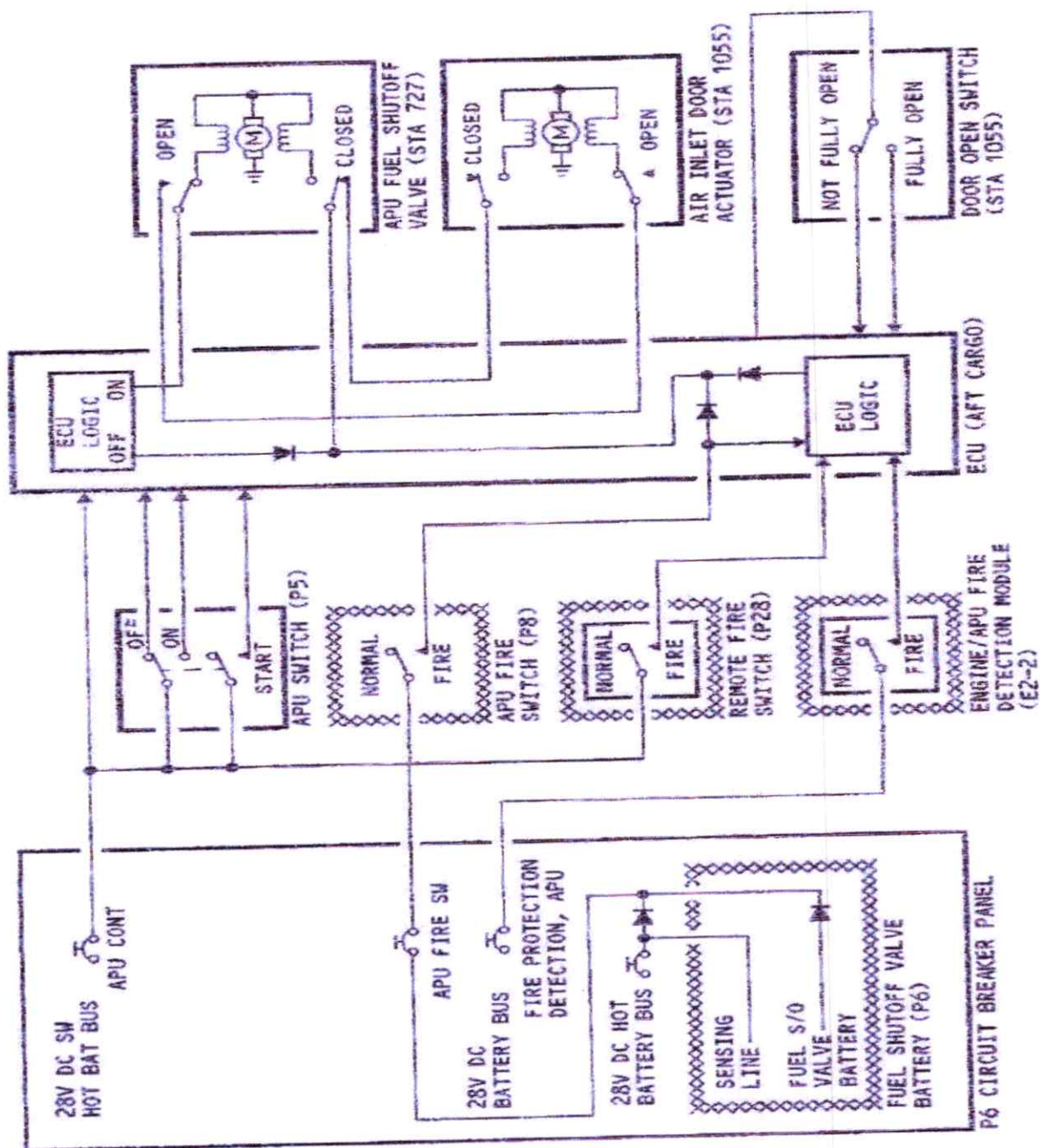


Figure III.34: Circuit électrique entrée d'air de l'APU GTCP 131 - 9B

### III.2.2.2. Systeme de lubrification

#### III.2.2.2.1. Généralités sur le système de lubrification

Le système de lubrification ou système de graissage fournit d'huile pour lubrifier, refroidir et nettoyer les éléments tournants de l'APU.

1. **Lubrification** : la lubrification a un rôle très important est d'empêcher les frottements de contact, pour le bon fonctionnement des éléments tournants.
2. **Refroidissement** : en cas de surchauffe il faut refroidir ses éléments alors on utilise l'huile comme une substance de refroidissement.
3. **Nettoyage** : le système de graissage son un rôle est de nettoyer les paliers, il débarrasse les débris et aussi c'est un élément de contrôle (Diagnostique).

#### III.2.2.2.2. Différents composants du système de lubrification

Le circuit de lubrification comprend :

- Un réservoir d'huile qui forme une seule cavité avec la Gearbox ;
- Un bloc de pompes ;
- Un filtre de pression d'huile équipé d'un by-pass et un indicateur de colmatage ;
- Un filtre de démarreur/alternateur équipé d'un by-pass et un switch de pression différentielle ;
- La vanne de contrôle de température ;
- Un régulateur de pression d'huile ;
- Un switch de baisse pression d'huile ;
- Une sonde de température d'huile ;
- Un radiateur d'huile.

#### 2.1. Réservoir d'huile (Oil Tank)

C'est là où l'huile est stockée, il est collé avec la Gearbox, il se trouve au côté gauche de la Gearbox. (Voir la figure III35)

Le réservoir d'huile comprend les éléments suivants :

- Un séparateur air/huile se trouve à l'intérieur du réservoir ;
- Un bouchon de remplissage par gravité ;
- Une manette de trop plein (Dégazage) ;
- Une fenêtre d'indication de niveau ;
- Transmetteur de quantité d'huile ;
- Un bouchon magnétique.

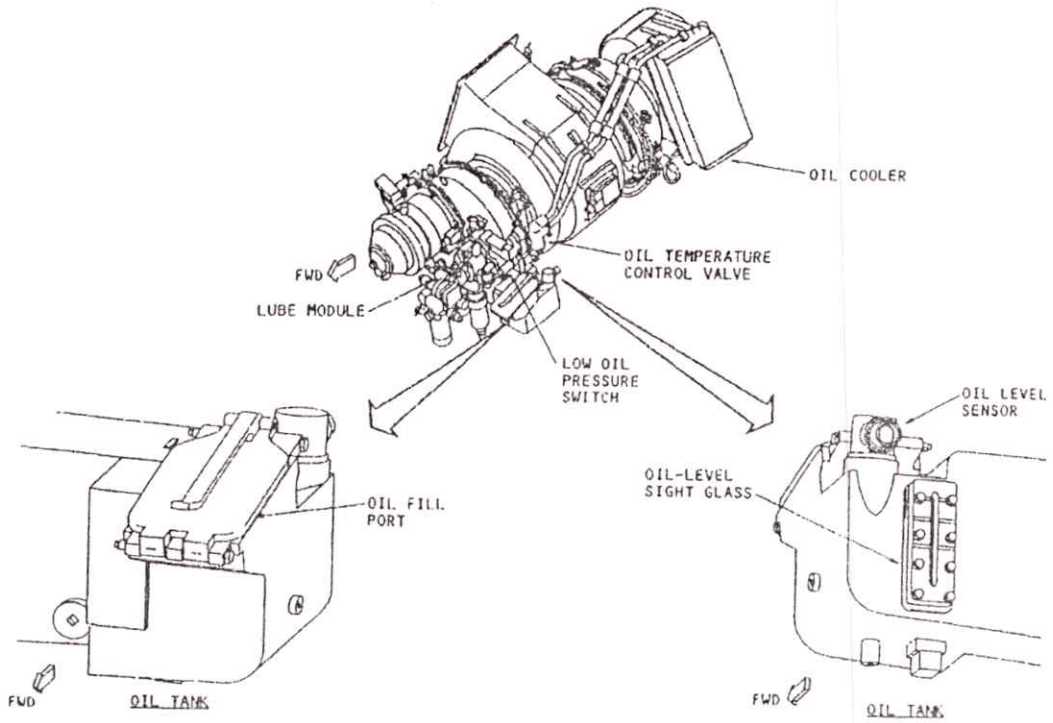


Figure III.35 : Réservoir d'huile

2.2. Niveau d'huile

On peut vérifier le niveau d'huile par deux méthodes soit :

- Directement sur l'indicateur du niveau d'huile sur le réservoir.
- Sur l'écran d'affichage (CDU).

(Voire la figure III.36)

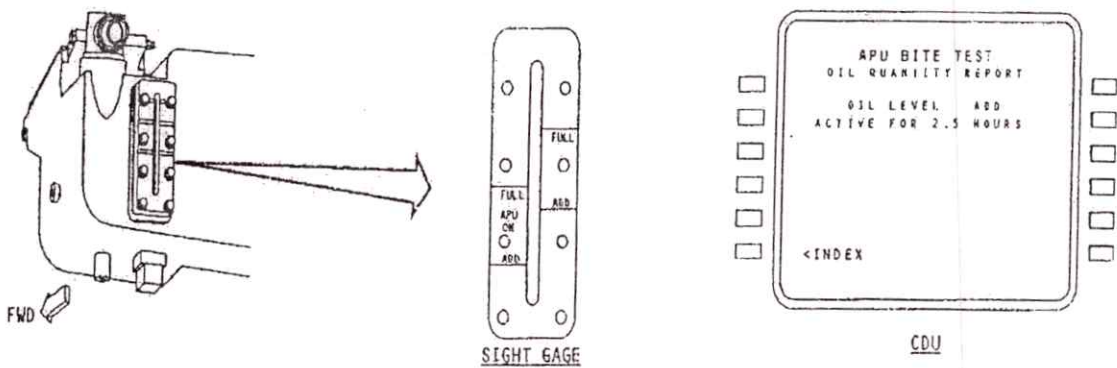


Figure III.36: Vérification de niveau d'huile



### 2.3. Remplissage d'huile

On fait le remplissage d'huile au sol quand l'APU est en arrêt. On peut remplir l'huile par gravité.

### 2.4. Bouchon magnétique

Le bouchon magnétique sert à capter les impuretés métalliques et à la vidange. (Voir la figure III.37)

Le bouchon magnétique se trouve en bas de la Gearbox, il contient les éléments suivants :

- Un bouchon magnétique ;
- Un clapet anti-retour ;
- Un drain ;
- Un aimant ;
- Un ressort.

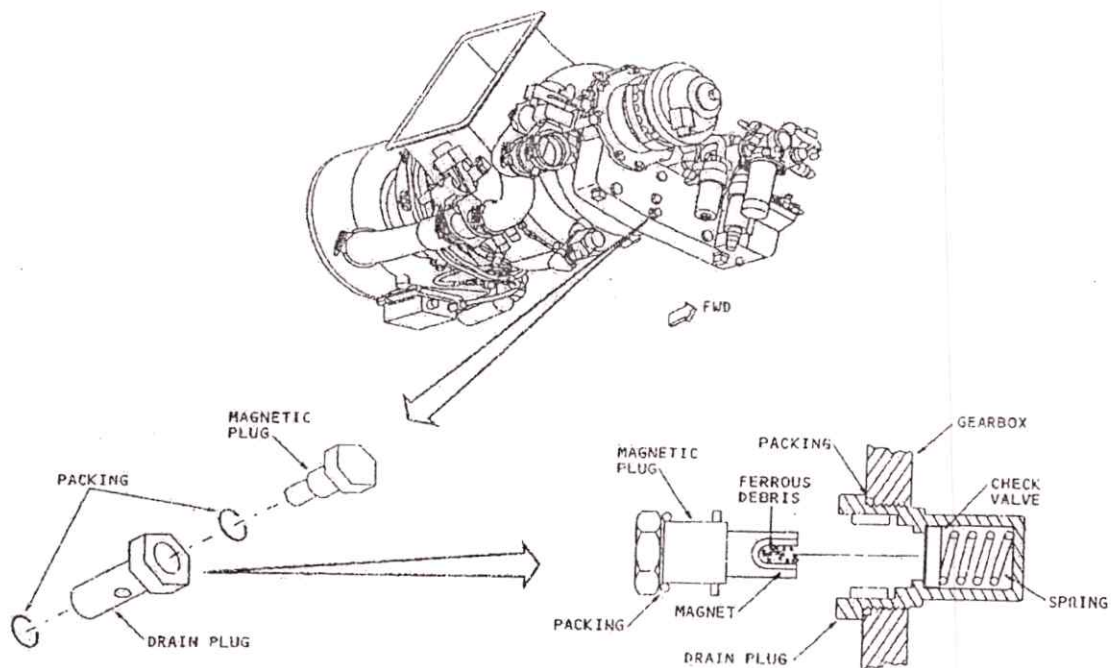


Figure III.37 : Bouchon magnétique

### 2.5. Bloc de pompes (Lube Pump)

Le bloc de pompes contient un ensemble de pompes, trois pompes de refoulement et quatre pompes de récupération.

Le bloc de pompes sont tournés par l'arbre de la Gearbox, le régulateur de pression et le relief valve est aussi tourné par le même axe. (Voir la figure III.38)

Ce bloc de pompes contient les éléments suivants :

- Indicateur de filtre ;
- Le switch d'un filtre by-pass;

- Filtre d'huile ;
- Filtre générateur ;
- Capteur de température d'huile.

### 2.6. Filtre

Il se trouve sur le bloc de pompes, il sert à nettoyer l'huile des débris indésirables et à éviter la contamination du système. (Voir la figure III.38)

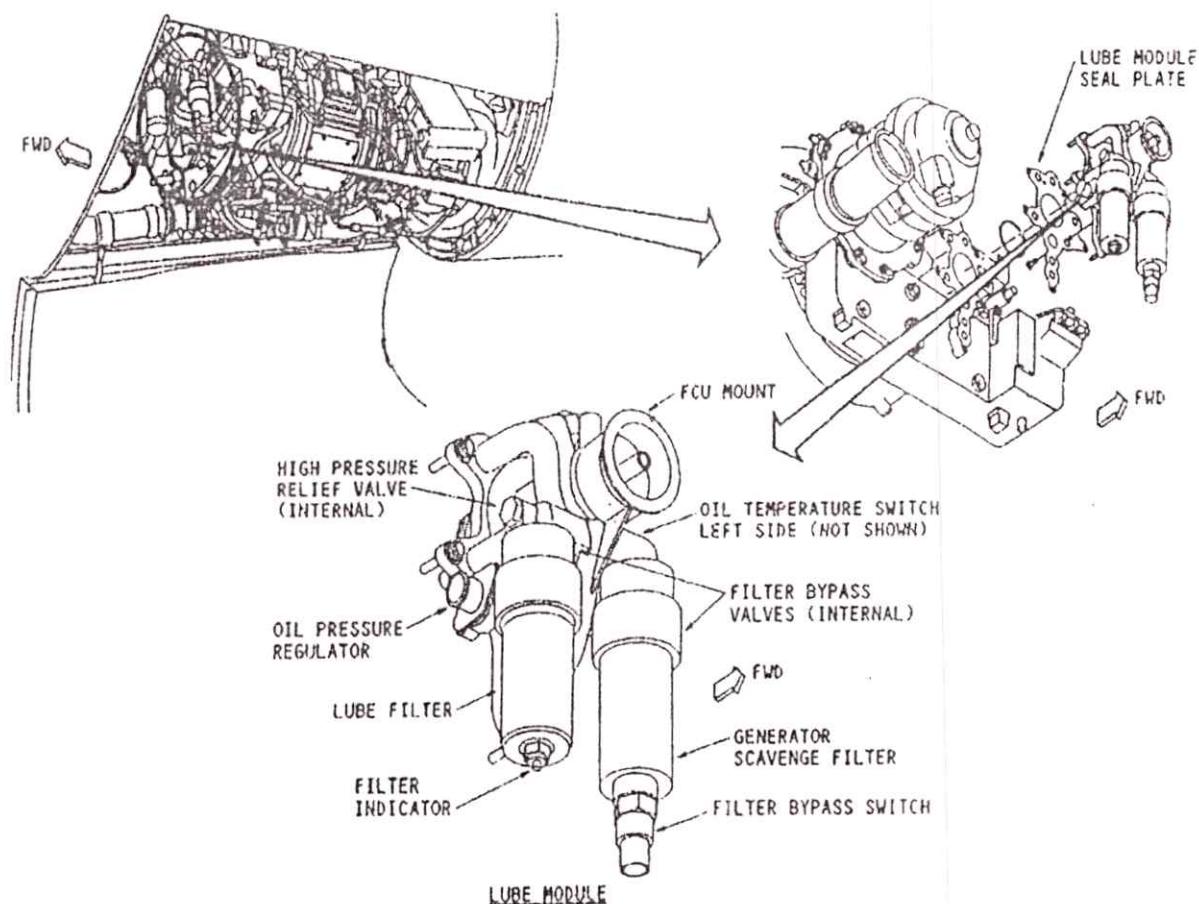


Figure III.38 : Bloc de pompes

### 2.7. Régulateur de pression

Il maintient la pression d'huile entre 60 et 74 PSI.

### 2.8. Clapet de surpression

Son rôle est de faire retourner l'huile vers les pompes de récupération en cas de surpression pour éviter la défaillance du système. Il est conçu pour maintenir une pression de 200 à 280 PSI.

### 2.9. La vanne de contrôle de température

Quand la température d'huile est inférieure à 60 °C la vanne est fermée et l'huile ne passe pas à travers le radiateur d'huile.

Quand la température d'huile dépasse 78 °C la vanne s'ouvre et l'huile passe à travers le radiateur d'huile.

À une pression différentielle  $\Delta P = 50$  PSI la vanne s'ouvre en cas de colmatage de radiateur.

### 2.10. Filtre by-pass d'huile

Le filtre est équipé d'un système de by-pass, quand la pression différentielle de filtre  $\Delta P$  est de 26 à 40 PSI et l'indicateur de colmatage apparaît sur le cockpit.

Si la pression différentielle  $\Delta P$  est de 50 à 70 PSI le by-pass s'ouvre.

### 2.11. Switch de pression différentielle et le filtre by-pass de l'alternateur

Quand la pression différentielle  $\Delta P$  est de 30 à 40 PSI pendant 5 secondes le Switch envoie un signal à l'unité de contrôle électronique (ECU), ce dernier arrête l'APU par un arrêt automatique, c'est une protection mais a condition que :

- Pression différentielle élevée ;
- Température d'huile : *élevée*
- Arrêt du l'APU après 90 secondes ;
- Avion au sol.

### 2.12. Sonde de température

La sonde de température d'huile envoie un signal vers l'ECU pour arrêter l'APU à condition que :

La vitesse RPM > 90%, la température d'huile sera supérieure à 143 °C.

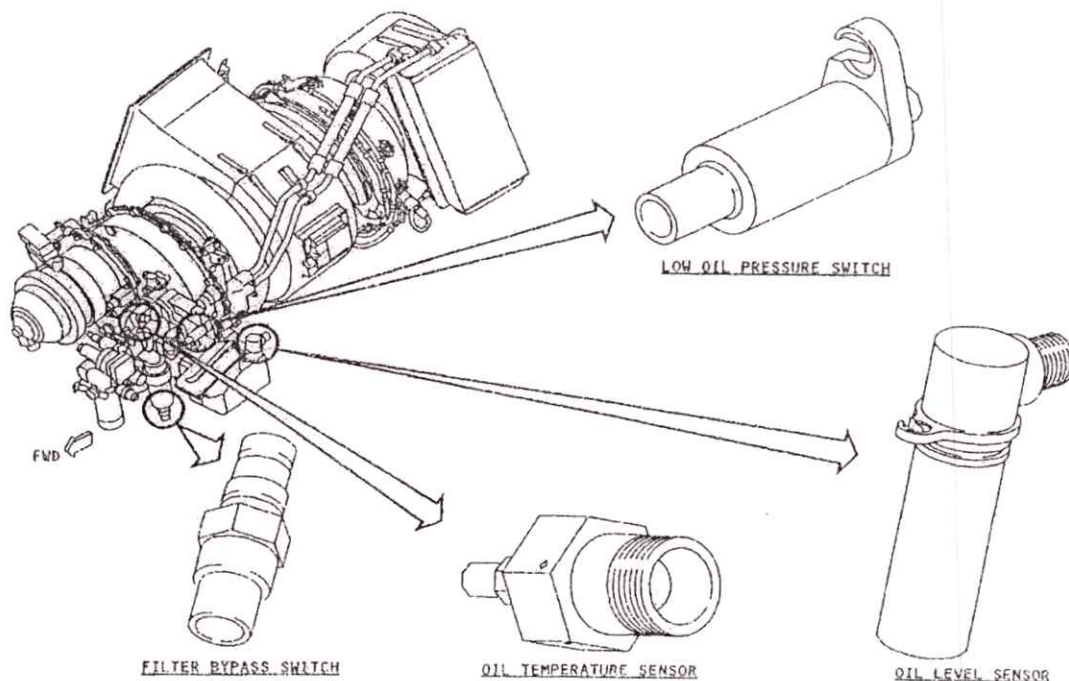


Figure III.39 : Indicateurs les commandes du système de lubrification

**2.13. Radiateur d'huile (Oil Cooler)**

Il se trouve sur le côté gauche de l'APU, il s'agit d'un échangeur air/huile pour refroidir l'huile.

L'air ambiant provient de l'extérieur, après son aspiration, il passe à travers le radiateur.

**III.2.2.2.3. Fonctionnement du système de lubrification**

L'huile du réservoir traverse les trois pompes de pression, il passe à travers le régulateur de pression puis vers le filtre de pression d'huile et le filtre de démarreur/alternateur pour aller lubrifier, refroidir et nettoyer le démarreur/alternateur, la boîte d'entraînement des accessoires et les roulements, en fin l'huile est récupéré par les quatre pompes de récupération et il est envoyé vers le réservoir. (Voir figure III.40)

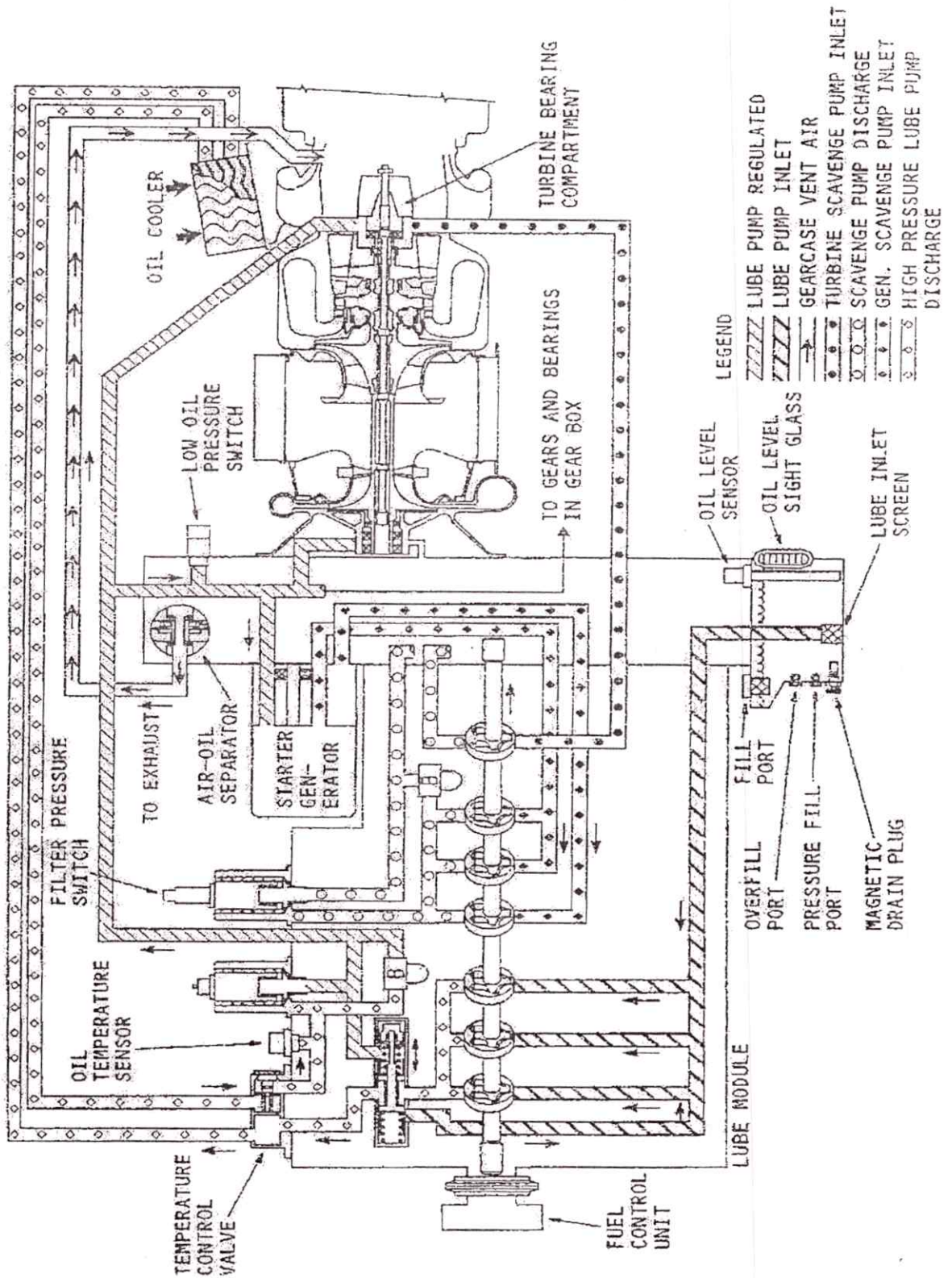


Figure III.40 : Système de lubrification de l'APU GTCP 131 – 9B

### III.2.2.3. Système de carburant

#### III.2.2.3.1. Généralités sur le système de carburant

Le rôle du système de carburant est:

- L'alimentation et la régulation du débit de carburant des dix injecteurs doubles de la chambre de combustion à tous les régimes durant le fonctionnement de l'APU.
- L'alimentation du vérin des aubes régulatrices du débit (IGVA).
- L'alimentation de la valve de décharge (SCV).

#### III.2.2.3.2. Différents composants du système de carburant

Le système de carburant comprend :

- Le régulateur de carburant (FCU) ;
- Le diviseur de débit ;
- Le diviseur de débit solénoïde ;
- La rampe de carburant primaire ;
- La rampe de carburant secondaire ;
- Dix injecteurs double (primaire et secondaire).

#### 2.1. Régulateur de carburant (Fuel control unit) (FCU)

Le rôle du régulateur de carburant est la régulation du débit de carburant vers les injecteurs et la régulation des séquences de démarrage.

Il fournit aussi le débit de carburant à la haute pression pour fonctionner les vérins hydrauliques comme :

- Vérin des aubes régulatrices de débit (IGVA) ;
- La valve de décharge (SCV).

Le régulateur de carburant est commandé par l'unité de contrôle électronique (ECU), est monté sur le bloc de pompes où ils ont le même axe, aussi sont installés sur la Gearbox. (Voir la figure III.41)

Le régulateur de carburant comprend les éléments suivants :

- Un filtre d'entrée ;
- Une pompe à haute pression ;
- Un capteur de surpression ;
- Un filtre à haute pression ;
- Un régulateur de pression différentielle ;
- Un galet doseur ;
- Une vanne de pressurisation et de débit ;
- Une vanne du régulateur de pression ;
- Une valve solénoïde de carburant ;
- Une sonde de température de carburant.

#### 2.2. Filtre d'entrée

Le filtre d'entrée filtre le carburant du système avant d'aller à la pompe à haute pression.

### 2.3. Pompe de carburant à haute pression

La pompe de carburant à haute pression est une pompe à engrenage, elle pressurise le carburant avec une pression maximale est de 900 PSI.

### 2.4. Clapet de surpression

Il est conçu pour fonctionner à une pression de 950 PSI.

### 2.5. Filtre à haute pression

C'est un filtre qui filtre le carburant à haute pression.

### 2.6. Régulateur de pression différentielle

Il maintient la pression  $\Delta P$  de 50 PSI. Il consiste à envoyer l'excès de carburant vers le bloc de pompes pour éviter la surchauffe ou la survitesse.

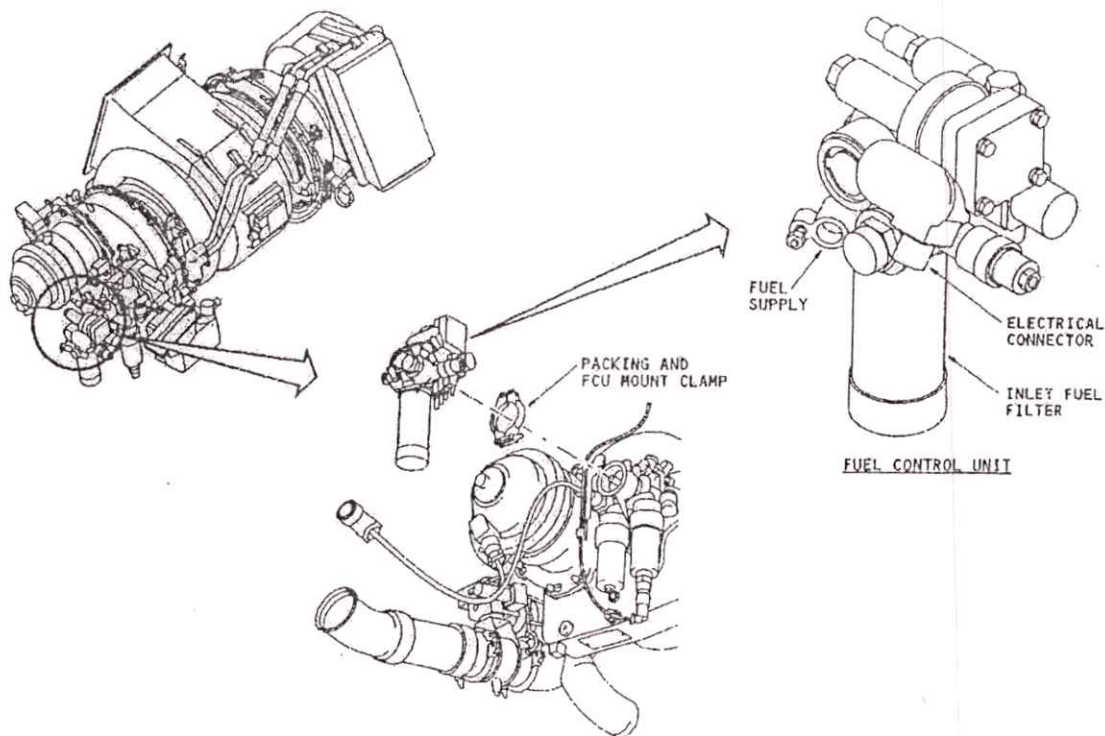


Figure III.41 : Pompe régulatrice de carburant

### 2.7. Galet doseur

Le carburant venant de la pompe à haute pression est envoyé au galet doseur dont la quantité de carburant est dosée en fonction des conditions de fonctionnement.

Le galet doseur est une électrohydraulique servo-vanne qui est commandée par l'unité de contrôle électronique.

**2.8. Vanne de pressurisation du débit**

Cette vanne permet de garder la pression carburant à 250 PSI pour l'envoyer vers :

- Le vérin des aubes régulatrices de débit (IGVA) ;
- Le vérin de la valve de décharge (SCV).

**2.9. Valve solénoïde de carburant**

La valve solénoïde de carburant reçoit le carburant qui vient du galet doseur.

Lors du démarrage de l'APU, l'ECU donne un signal qui va vers la valve solénoïde de carburant pour ouvrir à 7% RPM.

Lors de l'arrêt de l'APU, l'ECU donne un signal qui va vers la valve solénoïde de carburant pour la fermer.

**2.10. Sonde de température de carburant**

Elle transmet la valeur de température vers l'ECU .

**2.11. Diviseur de débit**

Il permet de partager le carburant pour alimenter les injecteurs primaires et/ou secondaires à travers le diviseur solénoïde. (Voir la figure III.43)

**2.12. Diviseur de débit solénoïde**

Il permet d'empêcher d'alimenter les injecteurs secondaires en carburant dans des conditions anormales de fonctionnement.

Le diviseur de débit solénoïde est contrôlé par le régulateur de carburant (FCU), ce dernier est commandé par l'ECU.

Entre 7% et 30% RPM l'ECU électronique maintient le diviseur de débit solénoïde fermé, empêchant le carburant d'alimenter les injecteurs secondaires afin d'éviter l'extinction de la flamme lors de démarrage de l'APU.

Entre 30% et 40% l'ECU ouvre le diviseur de débit solénoïde afin d'alimenter les injecteurs secondaires. (Voir la figure III.43)

L'ECU utilise les paramètres  $P_2$  et  $T_2$  pour commander le diviseur de débit solénoïde.

**2.13. Rampe de carburant primaire**

Il est destiné pour amener le carburant vers les injecteurs primaires.  
(Voir la figure III.42)

**2.14. Rampe de carburant secondaire**

Il est destiné pour amener le carburant vers les injecteurs secondaires.  
(Voir la figure III.42)



### 2.15. Injecteurs

La chambre de combustion est équipée de dix injecteurs doubles (primaires et secondaires). (Voir la figure III.42)

Ses injecteurs contiennent :

- Un filtre des injecteurs primaires.
- Un filtre des injecteurs secondaires.

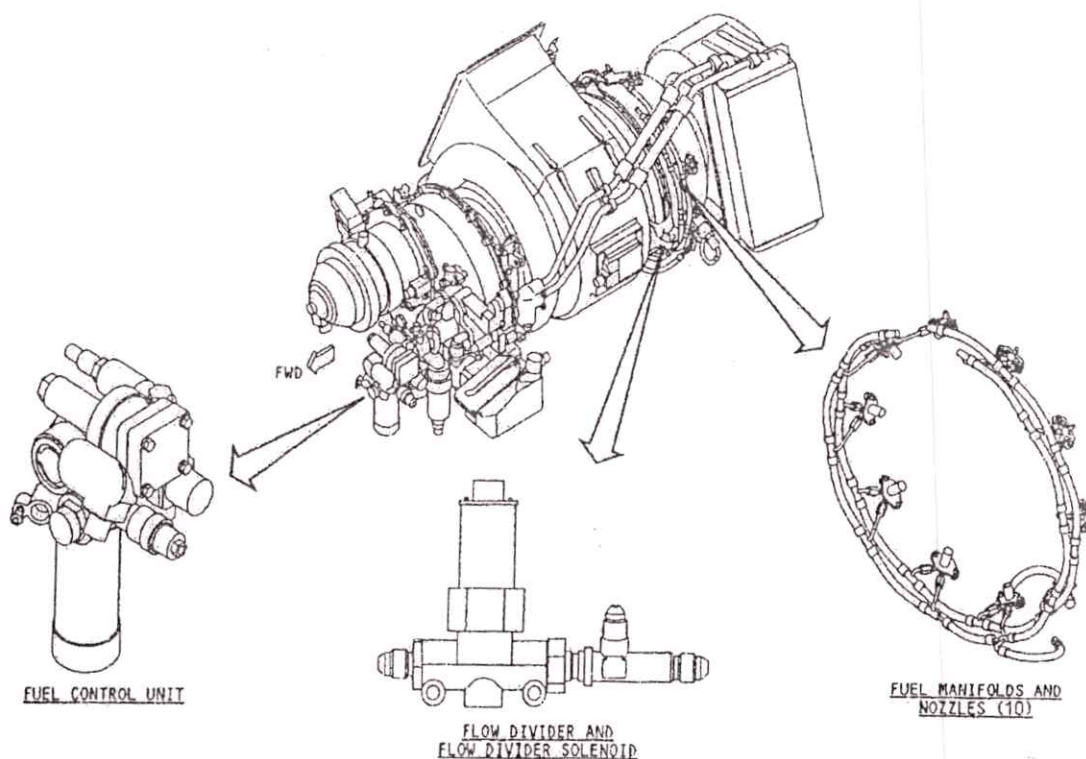


Figure III.42 : Régulateur de carburant, diviseur de débit, diviseur de débit solénoïde  
Et les rampes primaires et secondaires

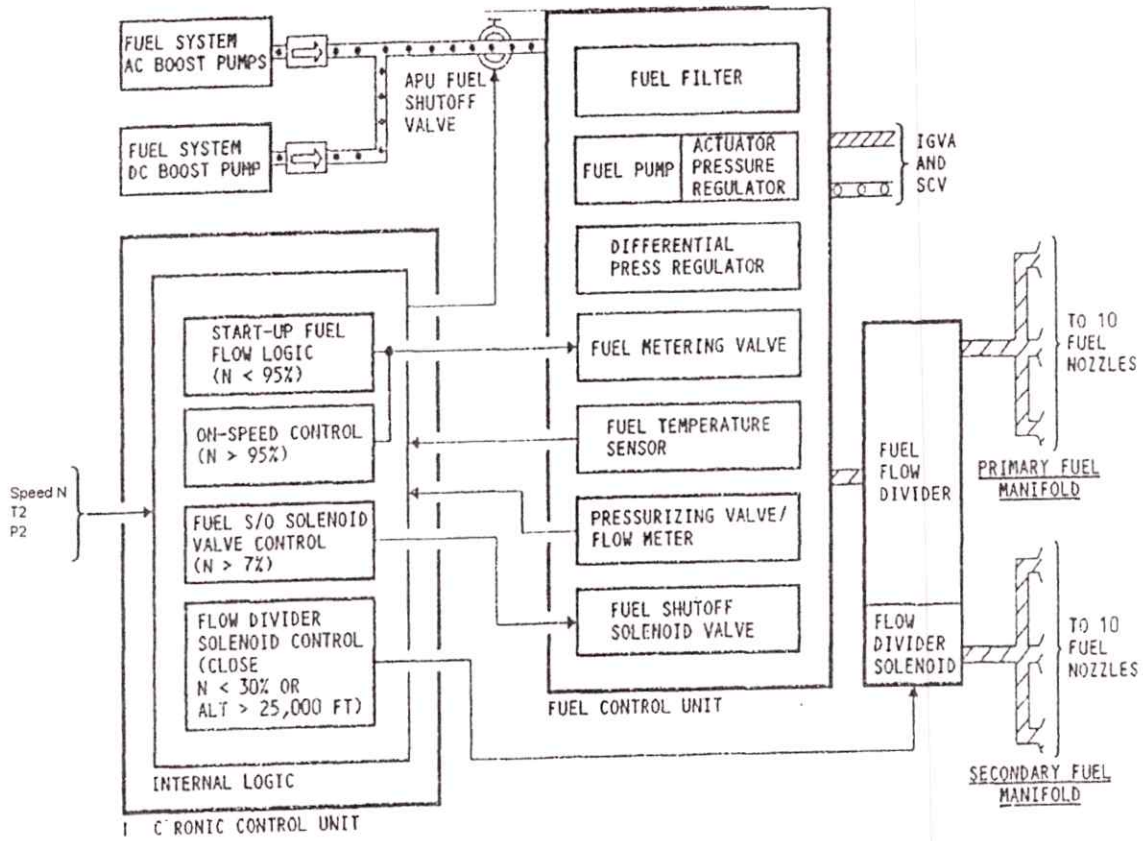


Figure III.43 : Fonctionnement du diviseur de débit et le diviseur de débit solénoïde

III.2.2.3.3. Fonctionnement du système de carburant

L'APU est alimenté en carburant à partir d'un réservoir de carburant (aile d'avion). Ce réservoir est équipée de :

- Deux pompes électriques alternatives (115 VAC) ;
- D'une pompe électrique continue (28 VDC).

Si les pompes électriques du courant alternatives (115 VAC) sont en marche la pompe électrique au courant continue est en arrêt.

Si les pompes électriques du courant alternatives sont en arrêt la pompe électrique du courant continue se déclenche automatiquement pour alimenter l'APU.

Le carburant arrive vers la pompe de carburant à haute pression puis à travers le filtre à haute pression vers le galet doseur, en suite vers la valve solénoïde de carburant puis vers le diviseur de débit pour alimenter les injecteurs primaires et secondaires.

(Voir la figure III.44)

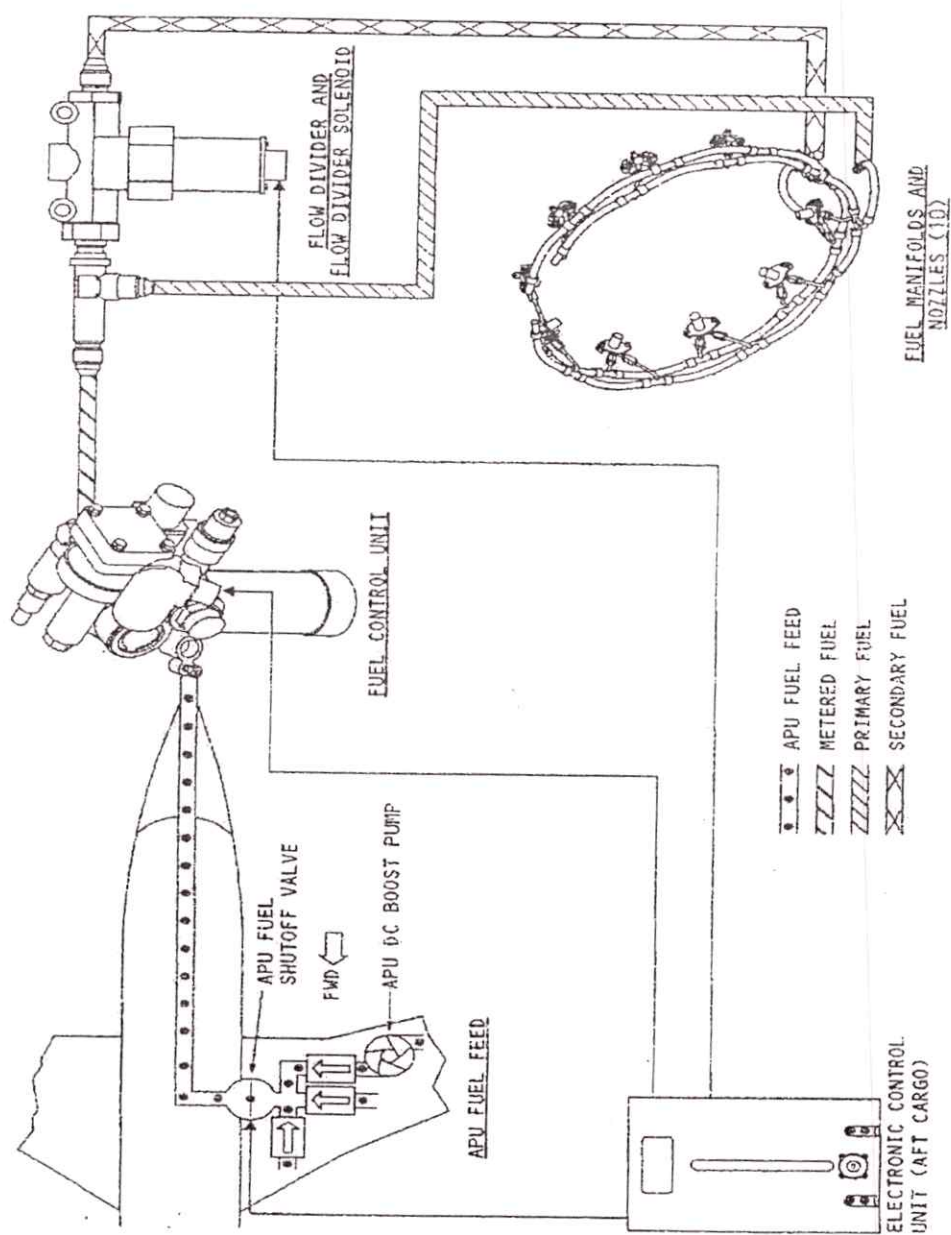


Figure III.44 : Système de carburant de l'APU GTCP 131 - 9B

III.2.2.4. Echappement

La conduite d'échappement dégage les gaz d'échappement de l'APU vers l'extérieur.  
(Voir la figure III.45)

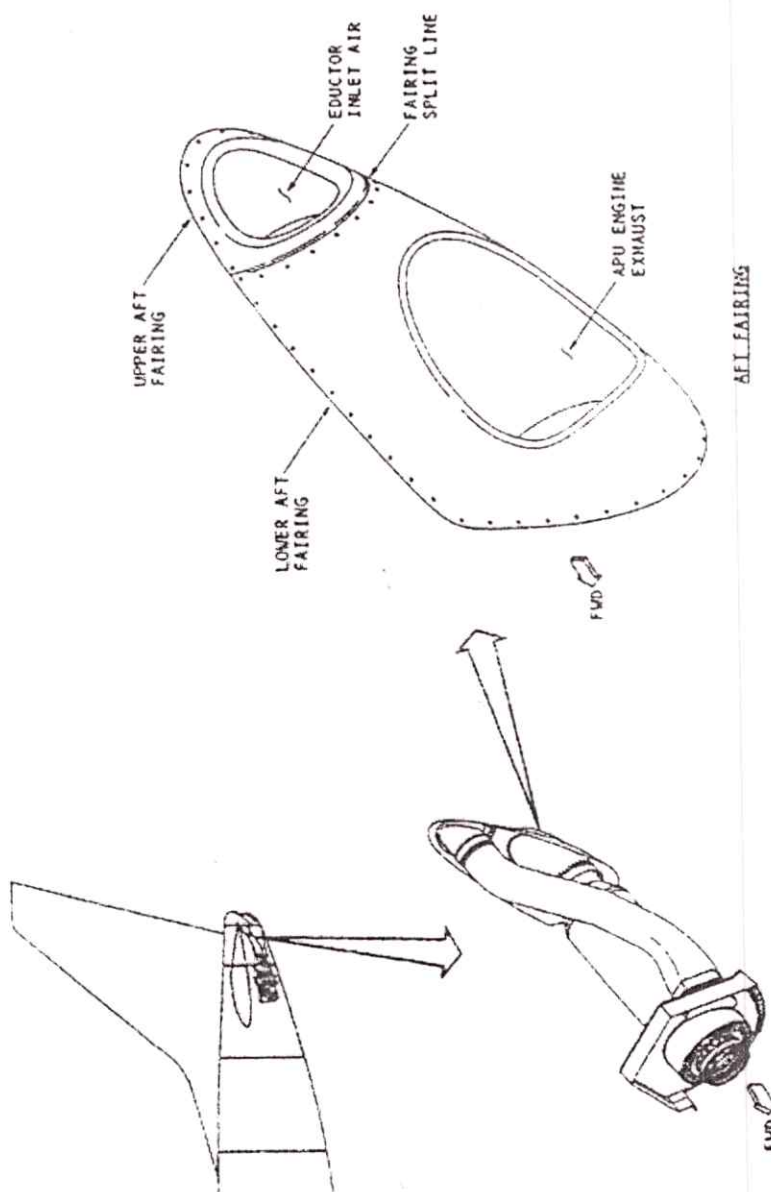


Figure III.45 : Échappement de l'APU GTCP 131 – 9B

### III.2.2.5. Système de refroidissement

C'est une opération très simple consiste à une aspiration d'air ambiant en passant par le radiateur, l'air est accéléré au niveau d'une section conçue spécialement pour créer une dépression, ce qui provoque la circulation d'air atmosphérique vers l'échappement. (Voir la figure III.46)

Le système de refroidissement se compose essentiellement de :

- Conduite de l'air ambiant.
- Radiateur air/huile.

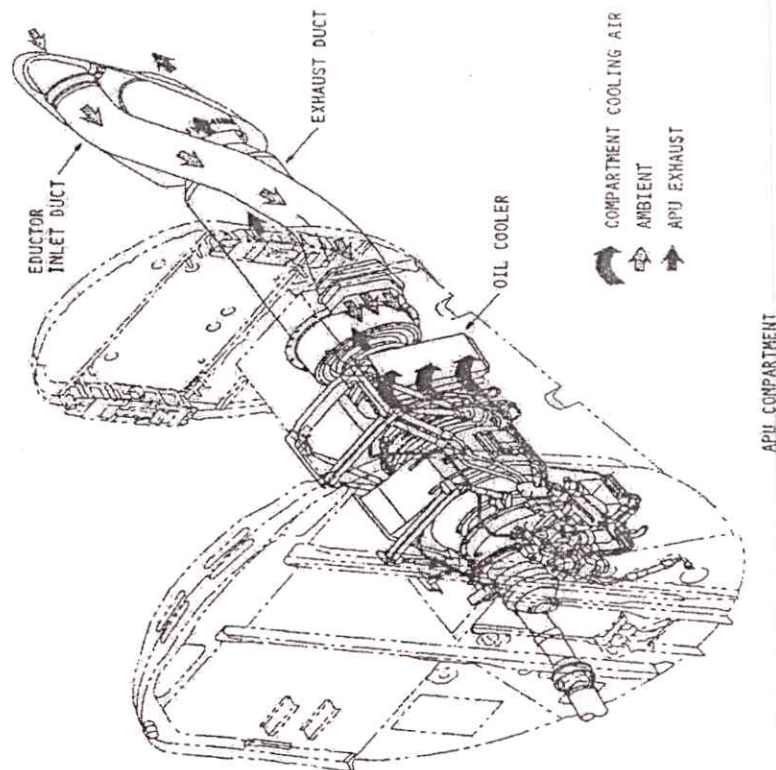


Figure III.46 : Système de refroidissement de l'APU GTCP 131 – 9B

III.2.2.6. Système de soutirage d'air

Le système de soutirage d'air de l'APU alimente le collecteur pneumatique de l'avion pour :

- Le démarrage des réacteurs ;
- Le conditionnement d'air ;
- La pressurisation.

L'air s'écoule vers le compresseur de charge via les aubes mobiles régulatrices du débit d'air (IGV).

A l'aide de ces aubes mobiles le débit du compresseur de charge est adapté au besoin pneumatique de l'avion.

Le système pneumatique de l'avion est lié à l'APU par la valve de soutirage. Pour protéger le compresseur de charge contre le pompage, une vanne de décharge est prévue. Cette vanne si elle est ouverte dirige une partie de l'air comprimé à l'échappement de l'APU limitant le gradient de pression dans le compresseur pour empêcher le pompage. (Voir la figure III.47)

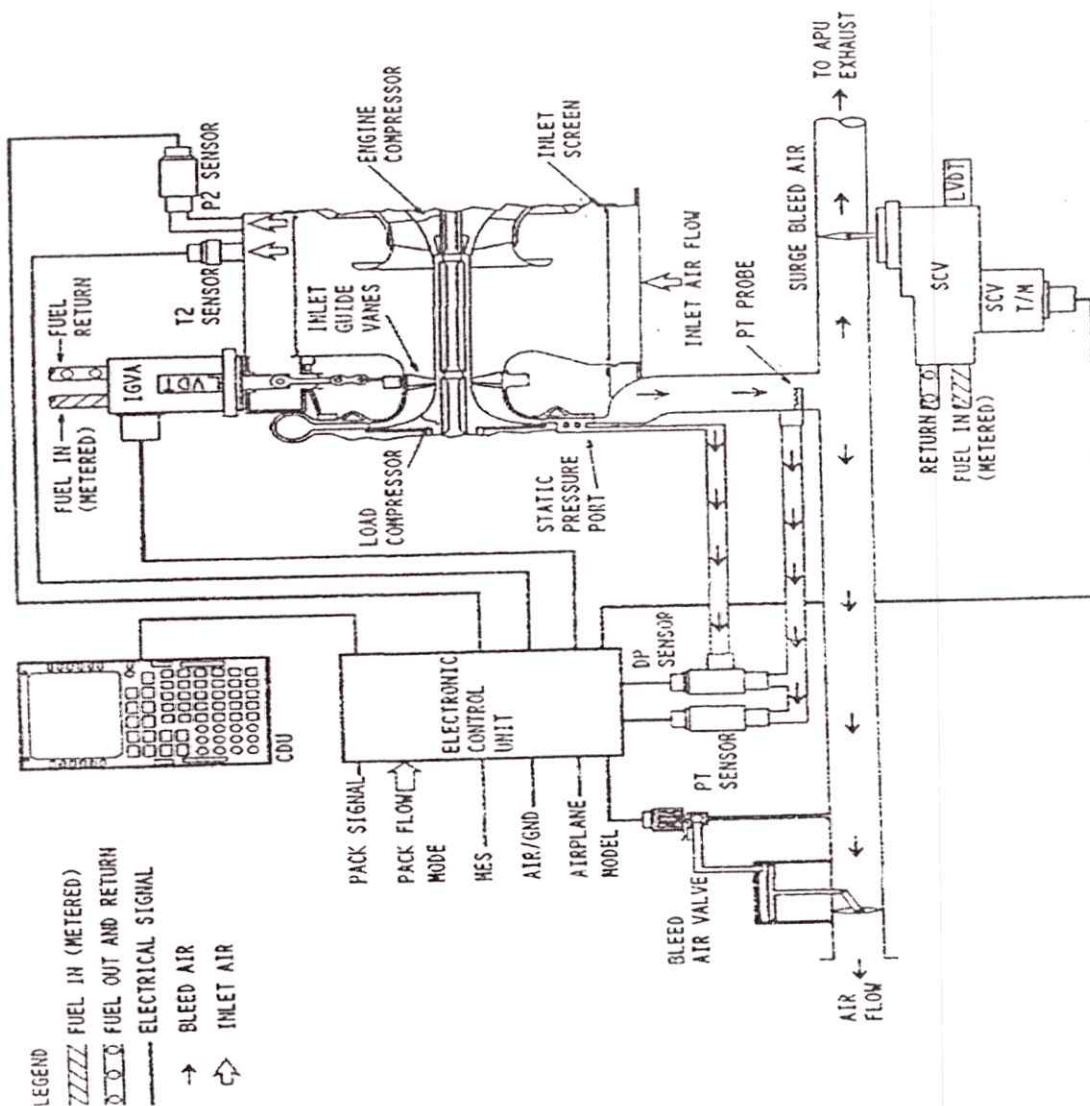


Figure III.47 : Système de soutirage d'air de l'APU GTCP 131 - 9B

### III.2.2.6.1. Différents composants du système de soutirage d'air

Le système de soutirage se compose de :

- Un compresseur de charge ;
- Des aubes mobiles régulatrices du débit d'air (IGV) ;
- Un vérin des aubes mobiles régulatrices de débit d'air (IGVA) ;
- Une valve de soutirage ;
- Capteurs de pression (Pt,  $\Delta P$ , P2) ;
- Une valve de décharge.

#### 1.1. Compresseur de charge (load compresor)

Le compresseur de charge est un compresseur centrifuge à un seul étage, il est entraîné par la turbine.

#### 1.2. Aubes régulatrices du débit (Inlet Guid Vane)

Les aubes mobiles régulatrices du débit (IGV) sont montées autour du compresseur de charge, elles sont au nombre de 16 aubes et commandées par un vérin électrohydraulique (IGVA) et ce dernier commandées par l'ECU.

Elles sont fermées à 15° et complètement ouvertes à 115°. Ces aubes sont fermées durant l'accélération et tant qu'il n'y a pas de demande de soutirage.

#### 1.3. Vérin des aubes régulatrices du débit (Inlet Guid Vane Actuator)

Il se trouve sur le côté droit de l'APU il est constitué de :

- Une Prise électrique ;
- Un indicateur de position de la vanne (LVDT) ;
- Un Vérin ;
- Une Tuyauterie d'alimentation en carburant ;
- Une tuyauterie de retour de carburant ;
- Un drain.

#### 1.4. Valve de soutirage d'air (Bleed Air Valve)

Elle se trouve sur le côté droit avant l'APU. C'est une valve électropneumatique. Elle contient les éléments suivants :

- Un papillon ;
- Un vérin pneumatique ;
- Un solénoïde de commande ;
- Une prise électrique ;
- Indication visuelle de position ;
- Un ensemble de switch de fin de course.

Elle est commandé par un switch de soutirage se trouve au cockpit panneau supérieur p5. Quand le switch de soutirage est sur la position :

## 1. Arrêt

L'ECU ferme la valve de soutirage en désexcitant le solénoïde.

## 2. Marche

L'ECU ouvre la valve de soutirage en excitant le solénoïde, la valve de soutirage elle ne s'ouvre que si le RPM est supérieur à 95%, la valve de soutirage est fermée durant la phase d'accélération et tant qu'il n'y a pas demande de soutirage.

### 1.5. Capteurs de pression

Trois capteurs de pression sont montés :

- $P_2$  à l'entrée de l'APU ;
- $P_1$  et  $\Delta P$  au-dessus de la valve de décharge.

Ces capteurs mesurent les pressions du compresseur de charge et les convertissent en signaux électriques pour enfin les envoyer vers l'ECU.

### 1.6. Valve de décharge (Surge Bleed Valve)

Elle évite le pompage du compresseur de charge, elle est localisée sur le côté droit de la conduite de décharge. Elle est électrohydraulique commandée par l'ECU.

Elle comprend les éléments suivants :

- Un papillon ;
- Un couple moteur ;
- Vérin ;
- Prise électrique ;
- Une tuyauterie d'alimentation en carburant ;
- Une tuyauterie de retour de carburant ;
- Un drain de carburant ;
- Un indicateur de position de la vanne (LVDT) ;
- Un indicateur visuel de position.

Lors du pompage l'ECU ouvre la valve de décharge, l'air est alors évacué vers l'échappement, évitant aussi le pompage du compresseur de charge.



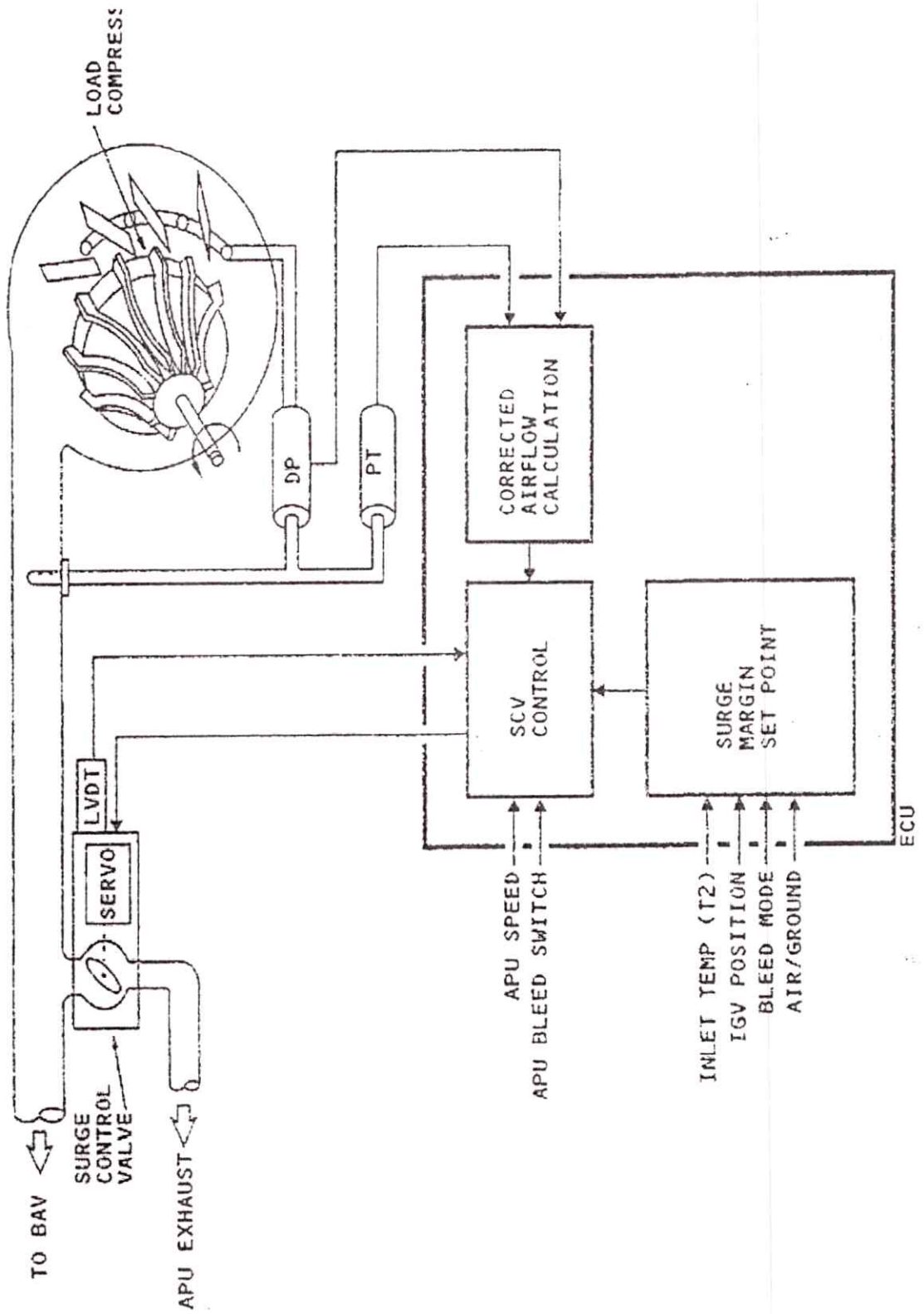


Figure III.48 : Fonctionnement du système de soutirage d'air

III.2.2.7. Système de démarrage et d'allumage

III.2.2.7.1. Généralités sur le système de démarrage et d'allumage

Le rôle du système de démarrage et d'allumage est d'assurer le démarrage au sol et en vol à tous les altitudes, ainsi que l'accélération, et l'allumage du mélange air/carburant dans la chambre de combustion. (Voir la figure III.49)

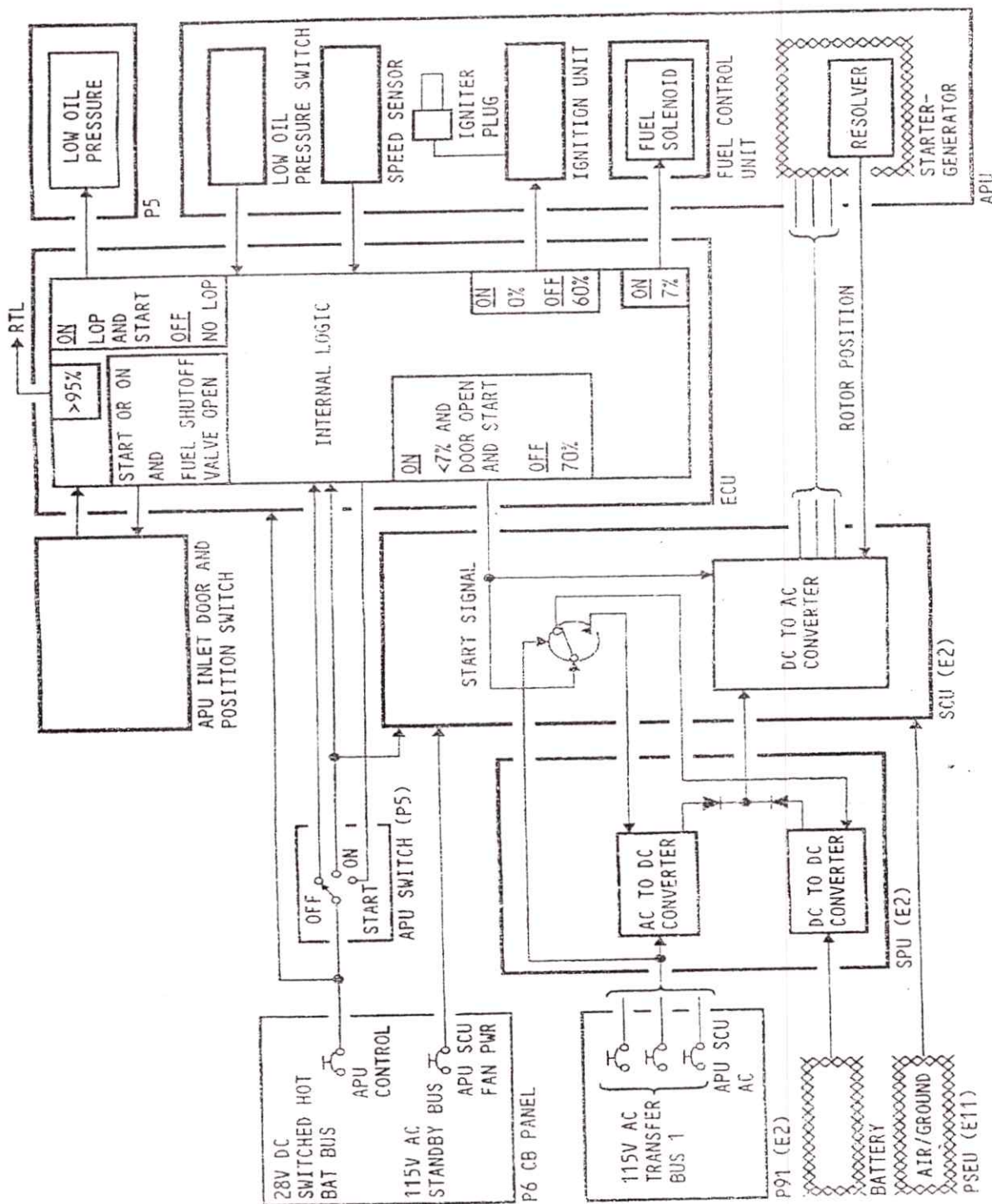


Figure III.49 : Système de démarrage et d'allumage de l'APU GTCP 131 - 9B

### III.2.2.7.2. Différents composants du système de démarrage et d'allumage

Le système de démarrage et d'allumage comprend les éléments suivants :

- Une boîte d'allumage ;
- Un câble de bougie ;
- Une bougie ;
- Un contrôleur de démarrage (SPU) ;
- Un convertisseur de démarrage (SCU) ;
- Un démarreur/alternateur ;
- L'ECU commande la séquence de démarrage et d'allumage.

#### 2.1. Boîte d'allumage (ignition unit)

La boîte d'allumage fournit l'étincelle à l'APU lors de démarrage. L'ECU excite la boîte d'allumage à 0% RPM, et la désexcite à 60% RPM.

#### 2.2. Contrôleur de démarrage (SPU)

Le contrôleur de démarrage amplifie énergie électrique (115 VAC ou le 28 VDC) en 270 VDC. Le contrôleur de démarrage est localisé dans la soute électrique.

#### 2.3. Convertisseur de démarrage (SCU)

Le convertisseur de démarrage convertit les 270 VDC en génération électrique au courant alternative pour alimenter le démarreur/alternateur de l'APU. Le convertisseur se trouve dans la soute électronique.

#### 2.4. Démarreur/alternateur (starter)

Le démarreur/alternateur pèse 24,7 Kg, il entraîne la Gearbox lors du démarrage et fournit une puissance électrique de 90 KVA pour alimenter le réseau de bord électrique avion au sol et en vol.

Le démarreur / alternateur de l'APU a deux rôle :

- Le premier rôle est l'alimentation de la génération électrique alternative en (115 VAC) au sol ;
- Le deuxième rôle est l'alimentation de la génération électrique alternative (115 VAC).

En vol en secours (en cas de perte de l'alternateur moteur).

Le démarreur/alternateur est contrôlé par un contrôleur qui se trouve dans la soute électrique (AGCU). Le panneau de la génération est localisé au cockpit panneau P5-4, P5-5, P5-13.

1. P5-4 :

Il comprend les éléments suivants :

- Un switch pour le moteur 1 deux positions (OFF/ON) ;
- Un switch pour le moteur 2 deux positions (OFF/ON) ;
- Deux switch pour le démarreur/alternateur de l'APU à deux positions chacun (OFF/ON) ;
- Un switch pour le groupe de parc à deux positions (OFF/ON) ;
- Un switch sous cache bus transfert à deux positions (OFF/auto) ;
- Un voyant de l'alternateur de l'APU déconnecté ;
- Un voyant du groupe de parc disponible ;
- Un voyant pour chaque alternative moteur.

2. P5-13 :

Un switch de la batterie faire fonctionné :

- Un sélecteur rotatif pour génération électrique au courant continue ;
- Un sélecteur rotatif pour génération électrique au courant alternative.

3. Au sol :

Quand les réacteurs sont à l'arrêt :

- Les deux transferts BUS 1 et 2 ;
- Le transfert BUS 1 pour le switch (APB) et le relais de ligne (BTB 1) ;
- Le transfert BUS 2 pour le switch (APB) et le relais de ligne (BTB 2).

4. En vol :

- Par les génératrices moteur.

### III.2.2.7.3. Séquences de démarrage

Quand on met le switch principal de l'APU sur la position :

#### 3.1. START

Le signal de démarrage va vers l'ECU, le switch principal revient automatiquement sur position ON.

#### 3.2. ON

L'ECU commande les composants suivants :

- L'ouverture de la valve solénoïde de carburant.
- Ouverture de la porte entrée d'air.
- L'allumage du voyant de baisse pression d'huile ;
- La bougie est excitée ;
- Le signal va vers le contrôleur de démarrage (SPU) pour amplifier les 115 VAC ou 28 VDC en 270 VDC ;
- Le convertisseur de démarrage convertit les 270 VDC en 115 VAC ;
- Le démarreur tourne.

#### À 7% RPM

L'ECU excite la vanne solénoïde de carburant et l'ouvre, c'est le début de la combustion et de l'accélération.

#### À 30% RPM

L'ECU éteint le voyant de baisse pression d'huile.

#### À 60% RPM

L'ECU désexcite la boîte d'allumage.

#### À 70 RPM

L'ECU désexcite le démarreur.

#### À 95% RPM

L'ECU arme l'alternateur et allume le voyant bleu (alternateur APU déconnecté).

#### À 100% RPM

L'ECU régule la rotation de l'APU à 100%.

(Voir la figure III.50)

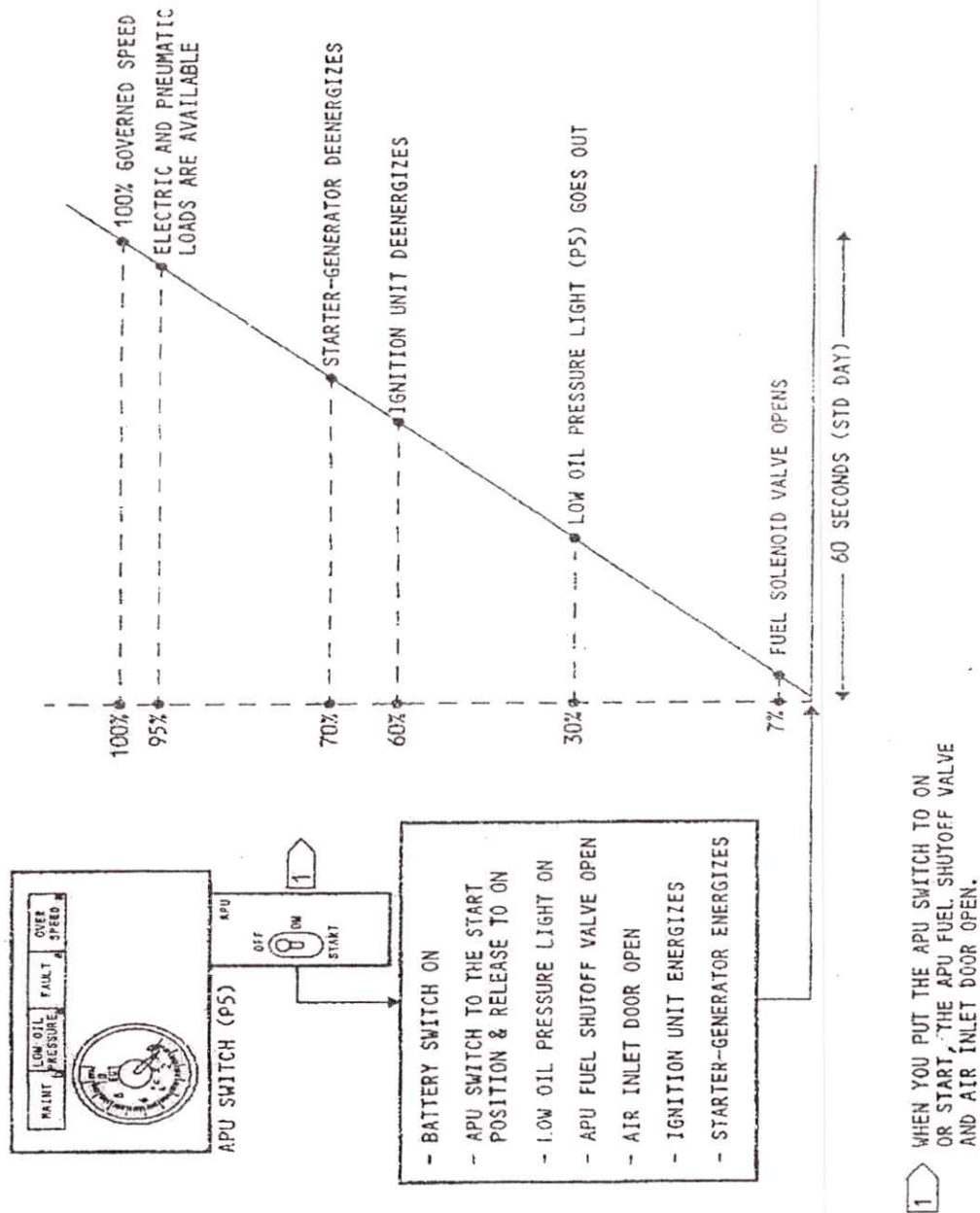


Figure III.50 : Séquences de démarrage

III.2.2.7.4. Séquence d'arrêt normal

L'APU est arrêté normalement en mettant le switch principal sur position OFF alors on aura :

- La valve de soutirage se referme ;
- Une temporisation de 60 secondes ;
- L'ECU déconnecte l'alternateur ;
- La valve de carburant se referme ;
- La valve solénoïde de carburant est désexcitée ;
- À 7% RPM c'est la séquence d'arrêt de l'APU.

### III.2.2.8. Système d'indication

Le système d'indication comprend les composants suivants :

- Un indicateur de température excessif EGT ;
- Un voyant de maintenance ;
- Un voyant baisse pression d'huile ;
- Un voyant de panne ;
- Voyant de survitesse ;
- Écran d'affichage voltage batterie ;
- Écran d'affichage (CDU) ;
- Détection d'incendie.

#### III.2.2.8.1. EGT

Il se trouve à la sortie de la tuyère d'éjection, et son voyant se trouve dans le cockpit sur le panneau supérieur P5, il est constitué de :

- Une aiguille indicatrice de la température de gaz d'échappement ;
- Une graduation de 0°C jusqu'à 1100°C.

#### III.2.2.8.2. Voyant de maintenance (quantité d'huile)

Ce voyant s'allume en bleu pour indiquer une baisse quantité d'huile dans le réservoir. Il se trouve au cockpit sur le panneau supérieur P5, Il est alimenté en 28 VDC.

#### III.2.2.8.3. Voyant baisse pression d'huile

Il se trouve sur le panneau P5. Il s'allume ambre :

- Lors du démarrage s'éteint à 30% RPM ;
- Quand il y a un arrêt automatique de protection il s'éteint à 30% RPM.

#### III.2.2.8.4. Voyant de panne

Il se trouve au cockpit sur le panneau supérieur P5 , il s'allume ambre dans les 17 cas d'arrêt automatiques de protection, ils s'éteignent à 30% RPM.

#### III.2.2.8.5. Voyant de survitesse

Il se trouve au cockpit sur le panneau supérieur P5, il s'allume ambre quand il y a une survitesse. Il est alimenté en 28 VDC

#### III.2.2.8.6. Voyant APU disponible

Il se trouve au cockpit sur le panneau supérieur P5, il s'allume en bleu quand la vitesse de rotation de l'APU atteint 95% RPM. Ce qui indique que l'APU est disponible et peut donner :

- Énergie électrique ;
- Énergie pneumatique.

Il est alimenté en 28 VDC

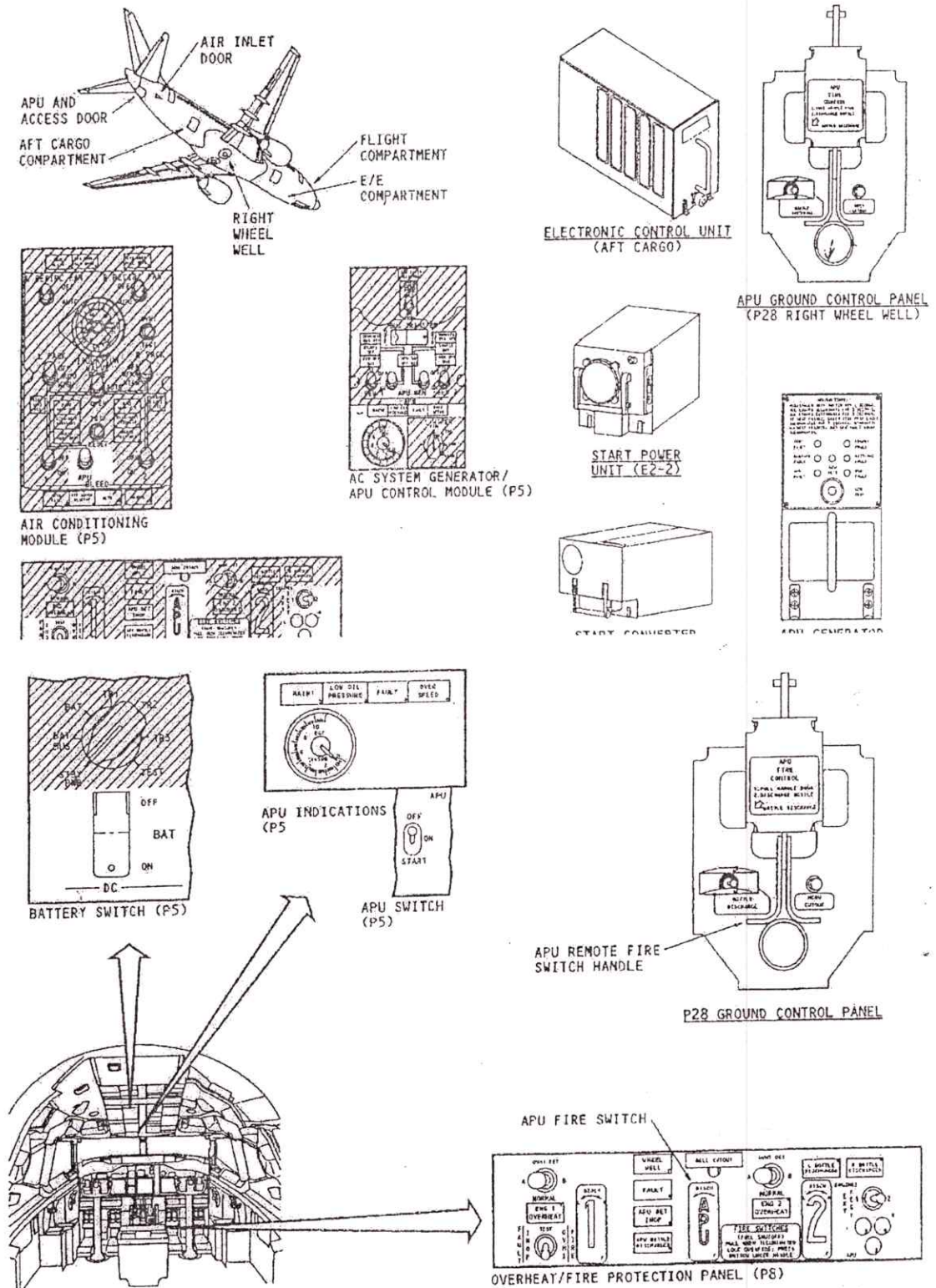


Figure III.51 : Indicateurs et les commandes de L'APU





**III.2.2.8.9. Détection d'incendie**

Le système anti-incendie de l'APU permet la détection d'incendie et entre en action pour éteindre un éventuel cas d'incendie dans le compartiment APU, Ce système comprend les éléments suivants :

- Une poignée coupe feu au cockpit panneau P8 ;
- Une bouteille d'extincteur se trouve dans le logement APU ;
- Une boucle de détection d'incendie. ;
- Un bouton de test d'incendie ;
- Un bouton de test du système de percussion bouteille ;
- Un voyant (APU DET INOP) ;
- Une alarme et un bouton pour arrêter l'alarme.

Au logement train principal droit panneau P 28 on trouve :

- Une poignée coupe feu ;
- Une alarme ;
- Bouton pour arrêter l'alarme ;
- Switch de percussion.

### III.2.2.9. Système de drainage

#### III.2.2.9.1. Description du système de drainage

L'APU est équipé d'un système de drainage pour évacuer les substances qui résident dans les parties de l'APU comme l'huile et le carburant, afin d'empêcher l'accumulation possible des ses substances.

Le système de drainage est constitué des composant incombustibles. Les lignes de drainage évacuent les liquides qui sont transportés vers le collecteur de drainage, ensuite ils sont aspirés par une conduite qui est situé sur le capot de l'APU. Pour évacuer les liquide vers l'extérieur.

#### III.2.2.9.2. Différents composants du système de drainage

Le système de drainage est composé de :

- Collecteur de drainage avant ;
- Collecteur de drainage central ;
- Collecteur de drainage arrière.

Le collecteur de drainage avant recueille les substances qui arrivent de :

- Régulateur carburant (FCU) ;
- La valve de décharge ;
- Le vérin des aubes mobile (IGVA).

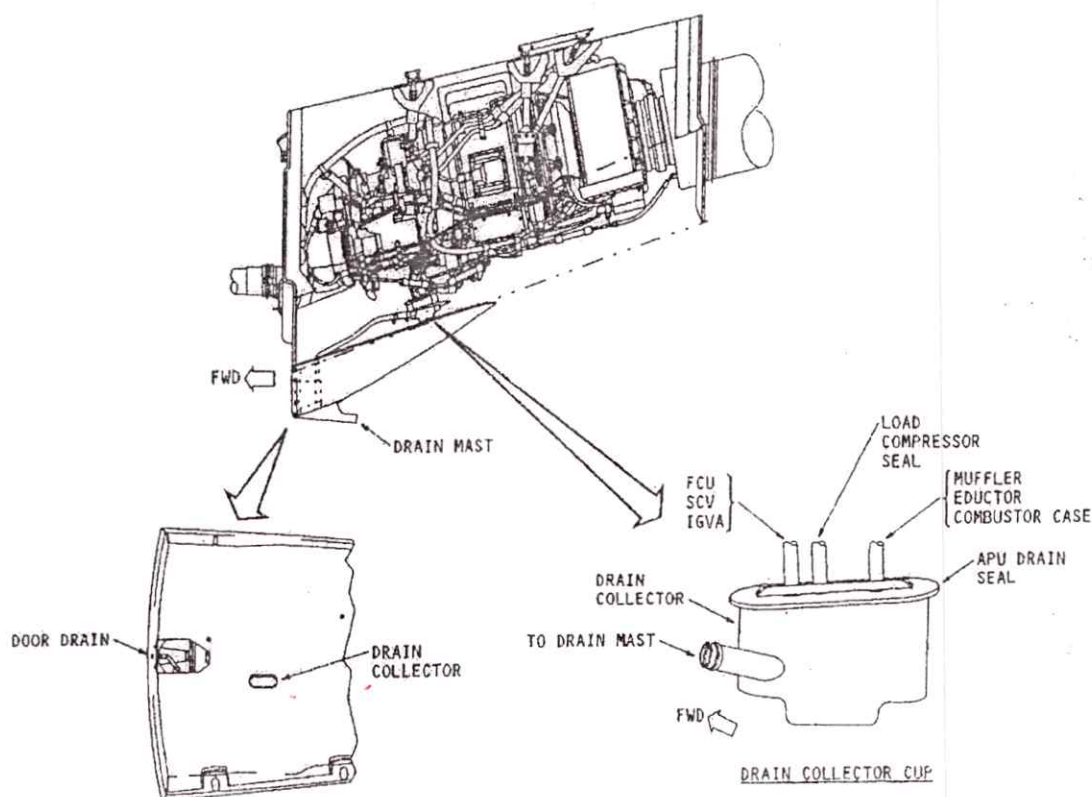


Figure III.53: Composants du système de drainage de l'APU GTCP 131 – 9B

Le collecteur de drainage central recueille les substances d'huile qui arrivent du compresseur de charge.

Le collecteur de drainage arrière recueille les substances de carburant qui arrivent du carter et la chambre de combustion. (Voir la figure III.54)

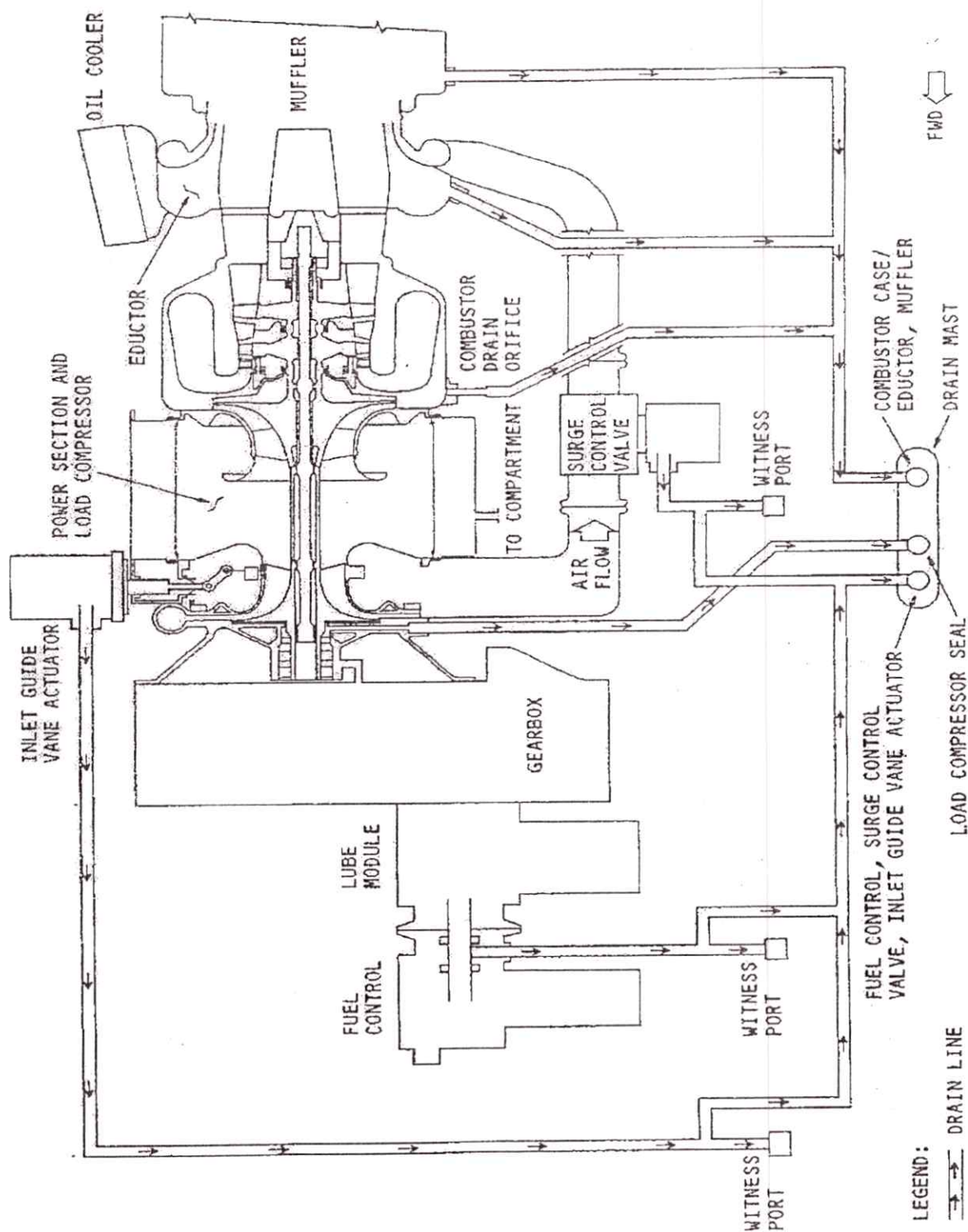


Figure III.54 : Système de drainage de l'APU GTCP 131 - 9B

**III.2.2.10. Le système de contrôle et de gestion (ECU)**

L'APU est commandé, contrôlé et surveillé automatiquement par l'ECU.

L'ECU est un microprocesseur digital installé dans la soute électronique de l'avion, sa longueur est de 33 cm, la largeur est de 20 cm et la hauteur est 16 cm, il pèse environ 8 Kg.

L'ECU assure le fonctionnement des fonctions suivantes :

- Séquence de démarrage ;
- Séquence d'accélération ;
- Séquence de vitesse nominale ;
- Commande, contrôle et surveillance tous les systèmes de l'APU ;
- Affiche la vitesse de rotation de l'EGT et la quantité d'huile au niveau de l'écran CDU ;
- L'arrêt normal de l'APU ;
- Les arrêts automatiques de l'APU ;
- Mémorise les pannes et les informations par défaut ;
- Transmettre les données de l'APU vers le DMM.

**III.2.2.10.1. Alimentation de l'ECU**

L'ECU est alimenté électriquement par la batterie principale en 28 VDC par SWITCH HOT BATTERY BUS.

**III.2.2.10.2. Signaux venant de l'APU**

L'ECU reçoit des signaux venant de l'APU :

- La vitesse de la rotation RPM ;
- Température à l'entrée de l'APU T2 ;
- Température de carburant ;
- Pannes de l'APU ;
- L'EGT ;
- Température et pression à l'entrée ;
- Surchauffe d'huile ;
- Baisse pression d'huile ;
- Quantité d'huile ;
- La position de la porte entrée d'air ;
- La position de la vanne de refroidissement ;
- La position du vérin des IGV ;
- Position de la valve de soutirage ;
- Switch de pression différentielle du filtre alternateur ;
- Signal de pression différentielle  $\Delta P$  ;
- Signal de pression total Pt ;
- Deux capteurs de vitesse ;
- Module de mémoire(DMM).

L'unité de contrôle électronique (ECU) envoie les données de l'APU au calculateur de gestion du vol.

Le calculateur de gestion du vol affiche les informations de l'APU sur l'écran d'affichage (CDU).

- Numéro de série de l'APU ;
- Numéro de série de (CDU) ;
- Pannes de l'APU ;
- Données de maintenance ;
- Pages d'état de APU ;
- Quantité d'huile.

#### **III.2.2.10.4. Signaux de l'ECU vers l'APU**

- Valve de soutirage ;
- Voyant de l'APU disponible ;
- Galet de doseur ;
- Valve solénoïde du diviseur de débit de carburant ;
- La boîte d'allumage ;
- Les aubes régulatrices (IGV) ;
- Valve de décharge.

#### **III.2.2.10.5. Signaux de ECU vers système avion**

- Indication EGT ;
- Voyant de panne (ambre) ;
- Valve de carburant ;
- Porte entrée d'air ;
- Voyant de baisse pression d'huile (ambre) ;
- Voyant de maintenance (bleu) ;
- Voyant de survitesse (ambre) ;
- Voyant APU disponible (bleu) ;
- Commande de démarrage ;
- Commande de délestage de la charge électrique.

(Voir la figure III.56)

L'unité de contrôle électronique (ECU) à un programme de test qui opère selon les modes suivants :

- Mode bite (système de test incorporé à l'équipement) ;
- Mode de surveillance.

Il à la capacité de mémoriser 99 pannes

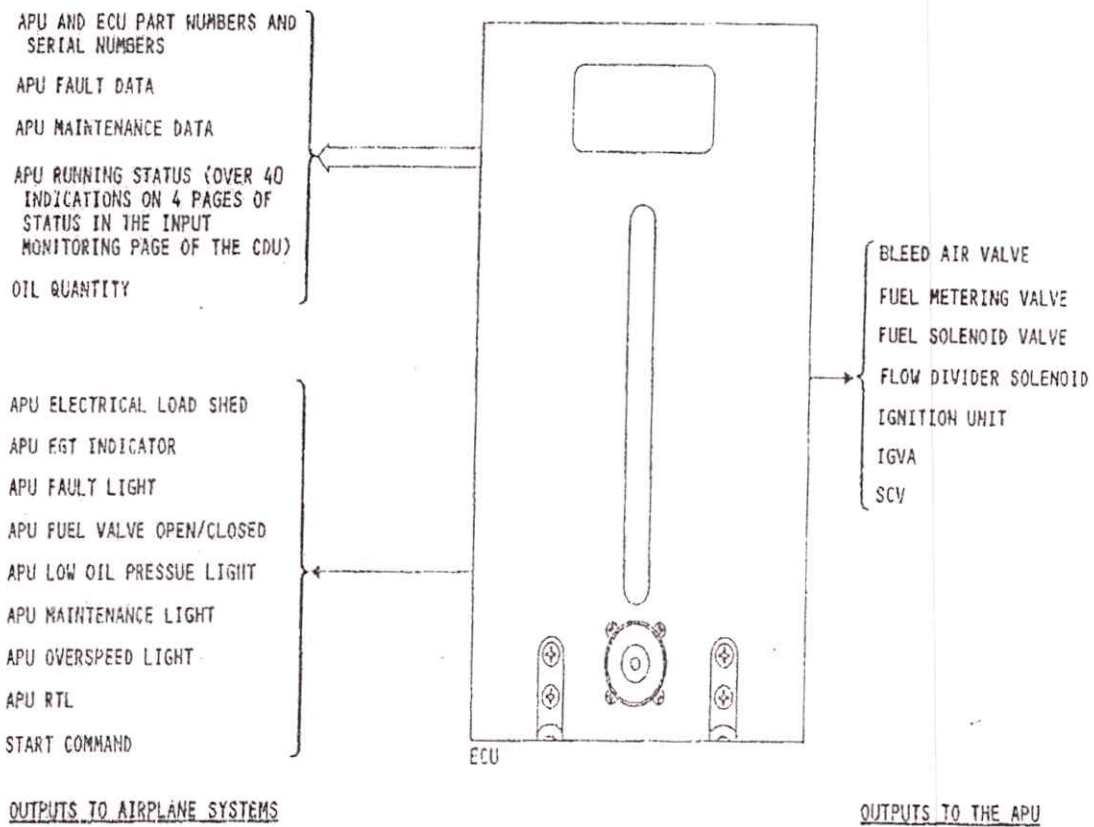


Figure III.56 : Transfert des signaux ECU / AVION

### III.2.2.10.6. Arrêt de l'APU

L'unité de contrôle électronique (ECU) a deux systèmes d'arrêt de l'APU :

- arrêt normal ;
- arrêts automatiques.

#### 6.1. Arrêt normal

L'arrêt normal est obtenu quand on met le switch de l'APU sur la position OFF (arrêt), elle fait une simulation d'arrêt automatique mais volontaire :

1. Ferme la valve de soutirage ;
2. Ferme la valve de carburant ;
3. Ferme la porte entrée d'air ;
4. Désexcite l'alternateur ;
5. Ferme la valve diviseur de débit solénoïde.

6.2. Arrêts automatiques

Au cours du fonctionnement de l'APU, il y a des cause qui engendre les détériorations. Alors pour protéger l'APU, ils ont conçue les arrêts automatiques.

1. Valve de carburant fermé ;
2. Perte d'alimentation électrique au courant continue ;
3. ECU défaille ;
4. Incendie (Feu APU) ;
5. Porte entrée d'air défailante ;
6. Surchauffe d'entrée d'air ;
7. Perte le signal de l'EGT ;
8. Perte le signal de rotation ;
9. Pas d'accélération ;
10. Pas de rotation ;
11. Pas de flamme ;
12. Colmatage du filtre d'huile ;
13. Surchauffe d'huile ;
14. Surchauffe de l'APU ;
15. Pompage ;
16. Capteur défailant ;
17. Sous vitesse.

(Voir la figure III.57)

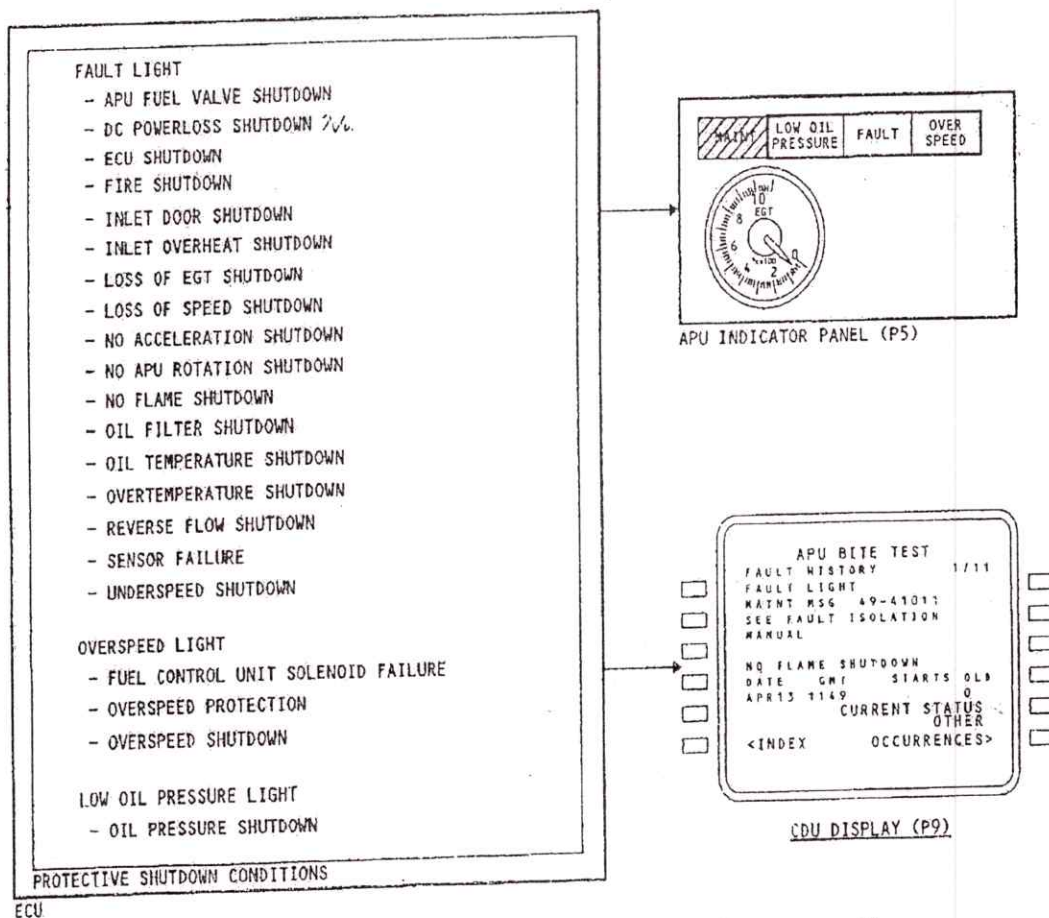


Figure III.57 : Logiciels d'arrêt automatique



# CHAPITRE IV

CHAPITRE IVGENERALITE SUR LE SYSTEME DE MAINTENANCE DES DEUX APUIV.1. INTRODUCTION :

La maintenance est l'ensemble des actions et d'opérations permettant le maintient des performances du potentiel et la disponibilité du matériel, on distingue deux types :

- L'entretien suivant le potentiel c'est à dire le moteur ou l'équipement est entretenu en effectuant des visites périodiques et des inspections intervenant à des potentiels ;
- En plus des visites périodiques représentant la maintenance lourde, qui intervient après des déposes programmées des moteurs suivant un planning d'entretien, on procède aussi à des travaux de maintenance non programmés, il s'agit d'une action corrective nécessaire après les déposes prématurées des moteurs pour pannes.

IV.2. GENERALITE DE LA MAINTENANCE POUR L'APU GTCP 85-129IV.2.1. Les modes d'entretien des éléments de l'APU GTCP 85-129

Les modes d'entretien des éléments de l'APU consistent à étudier :

- Entretien à vie limite ;
- Entretien selon état ;
- Entretien avec surveillance de comportement.

IV.2.1.1. Entretien à vie limite (hard time)

On dit qu'un élément fait l'objet d'un entretien avec vie limite, signifie que cet élément devra être déposé avant d'atteindre son potentiel.

Les organes qui sont maintenus par ce mode d'entretien sont des composants accessibles mais qu'on ne peut pas suivre leurs états (pas des paramètres significatifs de leur état de dégradation) on dépose l'APU pour des travaux ateliers dans les cas suivants :

- Pour une révision générale : chaque 5000 heures ;
- Pour une inspection de la partie chaude : chaque 2500 heures ;
- Lors d'une défaillance majeure (dépose non programmée).

| <u>Désignation de l'organe</u> | <u>Limite d'exploitation</u> |
|--------------------------------|------------------------------|
| Pompe à l'huile                | 5000 HR                      |
| FCU                            | 5000 HR                      |
| FAN ventilateur                | 5000 HR                      |
| Démarrreur                     | 6000 HR                      |
| Alternateur                    | 6000 HR                      |
| Switch centrifuge              | 12000 HC                     |
| Radiateur d'huile              | 5000 HR                      |

RG=5000 HR

5000HR=8000HC

Tableau IV.1 : Potentiel horaire des accessoires

### IV.3. FIABILITE

La norme française NF X 06-005 définit la fiabilité d'un dispositif comme étant la probabilité qu'il accomplisse une fonction requise dans des conditions données pendant un temps donné.

Une de ses principales caractéristiques est qu'elle ne peut être vérifiée avec exactitude à la réception du produit puisqu'elle repose sur des essais d'une assez longue durée.

Elle se caractérise aussi par la MTBF, traduction de (Mean Time Between Failure), traduite par « la moyenne des temps de bon fonctionnement ». La MTBF correspond à l'espérance mathématique de la variable aléatoire par rapport à la date d'apparition d'une panne.

### IV.4. INFLUENCE DE LA FIABILITE

L'intervention la plus économique, la plus rentable, est le remplacer ou de réparer un élément avant qu'il tombe en panne, et si c'est possible juste avant la défaillance. Les utilisateurs ont bien remarqué que le taux de défaillance était le même et parfois plus important dans les 50 HDV qui suivaient la révision générale (RG) que dans les 50 HDV qui les précédaient de là est née l'idée de ne pas démontrer inutilement.

La mise en application des programmes de surveillance, mettent en ouvre les moyens de saisir les premières causes des pannes et intervenir avant.

La maintenance est associée à ces techniques pour atteindre trois objectifs :

- Assurer la sécurité du vol au plus haut niveau ;
- Recherche la meilleure disponibilité de l'avion ;
- Diminuer le coût d'entretien.

#### IV.5. TYPES DE MAINTENANCE POUR L'APU GTCP 85-129

##### IV.5.1. La maintenance préventive

C'est une maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un équipement, dans ce type, on distingue :

##### IV.5.1.1. Maintenance systématique

C'est une intervention de maintenance prévue, préparée et programmée la date probable d'apparition d'une défaillance, elle doit permettre d'éviter les pannes au cours d'utilisation, effectuer un contrôle opérationnel pour un fonctionnement.

#### IV.6. STRATÉGIE DE MAINTENANCE DE L'APU GTCP 85-129

Description du GTCP 85-129 en tant qu'un objet de maintenance.

A cause de sa conception non modulaire, l'APU GTCP 85-129 à niveau de fiabilité relativement inférieur par rapport aux APU de conception modulaire son équipement est classique, c'est à dire système de contrôle, d'indication des paramètres de fonctionnement de instrument non sophistiqué, toujours comparativement aux APU de la nouvelle génération.

Pour la maintenance de l'APU GTCP 85-129, de base sur les résultats d'une étude conduite par le constructeur dans le but de déterminer les méthodes et échéances de maintenance avec lesquels, les coût d'exploitation sont minimisés en assurant un maximum de fiabilité de l'APU. Il est préconisé d'adapter un programme de maintenance composée essentiellement de deux types, une maintenance programmée et une autre non programmée.

- La maintenance programmée consiste à voir les cartes utilisées durant chaque type de visite, pour se renseigner sur les différentes opérations à faire, elle est effectuée pour réduire la probabilité de défaillance d'un élément de l'APU et faite suivant un potentiel fixe ;
- La maintenance non programmée et une dépose prématuré, intervenant suite à une anomalie de fonctionnement ou à des dégâts physiques qui sert à démonter l'APU de l'avion pour la réparation ou l'inspection en atelier avant qu'il n'atteint la limite de son potentiel, exprimé généralement en heures de vol (HDV).

#### IV.7. GENERALITE DE LA MAINTENANCE POUR GTCP 131-9B

##### IV.7.1. Les modes d'entretien des éléments de l'APU GTCP 131-9B

Les modes d'entretien des éléments de l'APU consistent à étudier :

- Entretien à vie limite (disques turbine) ;
- Entretien selon état ;
- Entretien avec surveillance de comportement.

IV.7.1.1. Entretien à vie limite (hard time)

Il concerne uniquement les disques turbine qui possèdent une vie limite de 30000 heures de fonctionnement, une limite qu'on atteint presque jamais en exploitation.

Dans ce mode de maintenance, les éléments sont disposés à échéance fixe. Ils sont alors révisés (motion de potentiel) ou retirés du service (notion de vie limite).

| <u>Désignation</u>      | <u>Limite d'exploitation</u> |
|-------------------------|------------------------------|
| Démarrateur/Alternateur | Selon état                   |
| FCU                     | Selon état                   |
| Pompe à huile           | Selon état                   |
| Radiateur d'huile       | Selon état                   |
| Vérin IGV               | Selon état                   |

Tableau IV.2 : Potentiels horaires des accessoires

IV.7.1.2. Entretien selon l'état

Le mode consiste à effectuer les procédures de maintenance selon l'état des éléments. Cela implique une surveillance pour déterminée l'état, des inspections répétitives ou des essais qui sont effectués dans le but de déterminer l'état des équipements. La périodicité de chaque inspection est établie de façon à mettre en évidence une diminution de la résistance à la défaillance, avant que la défaillance ne se produise ou devienne critique.

| <u>Désignation</u>            | <u>Mode de contrôle</u>       |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Turbine                       | CND – inspection boroscopique |
| Compresseur de puissance      | CND – inspection boroscopique |
| Compresseur de charge         | CND – inspection boroscopique |
| Gear box                      | CND – analyse spectrométrique |
| Les supports avant et arrière | CND – analyse spectrométrique |
| Chambre de combustion         | CND                           |
| Joint de carbone              | CND                           |

Tableau V.3 : Les organes qui suivent l'entretien selon état

- Inspection boroscopique

Pour le GTCP 131 – 9B les constructeurs ont introduit des emplacements très précis pour introduire le borscope pour une meilleure inspection.

Les emplacements sont introduite comme indique la figure :

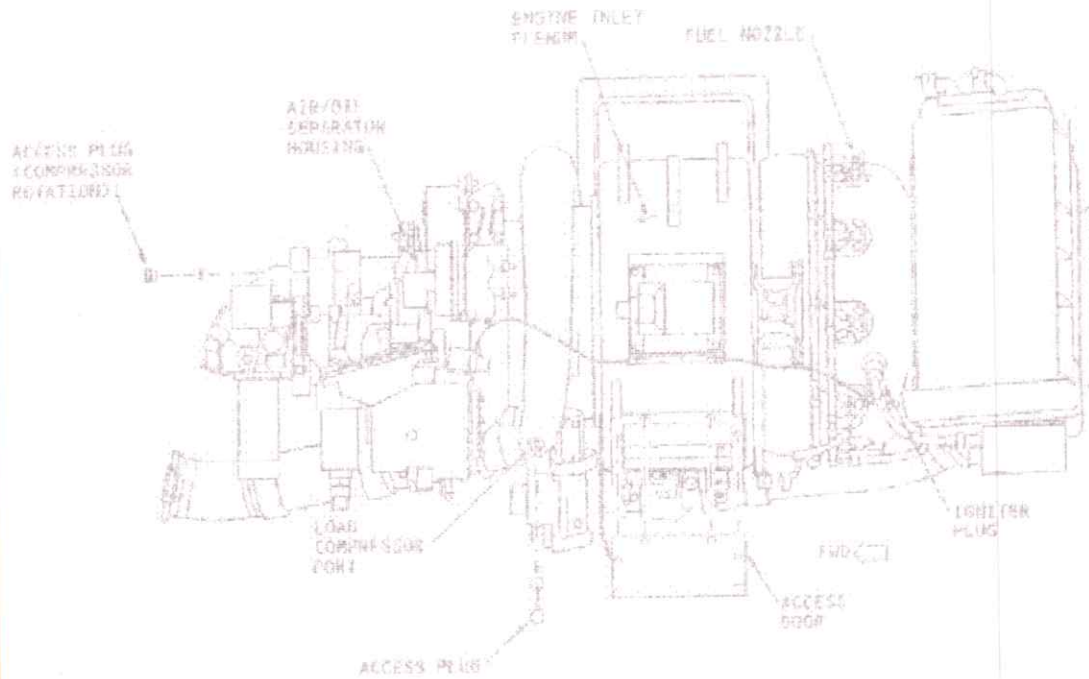


Figure IV.1 : Inspection Boroscopique pour le GTCP 131-9B

#### IV.7.1.3. Entretien avec surveillance de comportement (condition monitoring) (CM)

La maintenance avec la surveillance de comportement du GTCP 131-9B est basé sur la connaissance de comportement de l'élément dont on surveille la durée de vie et l'entretien appliqué lors de la détection de la défaillance.

Les éléments qui suivent la maintenance avec surveillance de comportement sont ceux qui représentent un danger pour le fonctionnement de l'APU et sont : les valves, les capteurs et les indicateurs, les thermocouples, la valve de soutirage, les switches et le module de mémoire.

#### IV.7.2. Maintenance programmée

L'APU de la nouvelle génération GTCP 131-9B est déposé, lorsqu'il tombe en panne, cette génération des APU n'a pas une vie limite de fonctionnement.

L'ensemble APU déposé comprend :

- Le moteur APU ;
- Démarreur /Alternateur ;
- Les supports de montage du moteur ;
- Module de mémoire donnée.

Les éléments des différentes parties de l'APU ont des fonctions variées, ils sont soumis à des contraintes très dures, des températures élevées, des gaz corrosifs, des vibrations et des tensions mécaniques importantes dues aux forces centrifuges.

Pour cela le service de planification effectue la prévention des pannes à effectuer des visites périodiques et des inspections intervenant à des potentiels déterminés.

### **IV.7.3. La stratégie de maintenance de l'APU GTCP 131-9B**

La maintenance de l'APU GTCP 131-9B nécessite un entretien préventif et curatif pour augmenter sa fiabilité ou diminuer les pannes au cours d'utilisation.

Il existe deux méthodes de maintenance :

- Maintenance en ligne (sur avion) ;
- Maintenance en atelier (remise en état).

#### **IV.7.3.1. Maintenance en ligne**

La maintenance en ligne engendre plusieurs inspections :

- Inspection de routine ;
- Vérification de fonctionnement ;
- Inspection selon état ;
- Inspection boroscopique.

La maintenance de cet APU est très améliorée par l'introduction de l'unité de contrôle électronique (ECU) et le module de mémoire de données (DMM)

#### **1.1. Module de mémoire de données**

Il est localisé sur le côté gauche de l'APU son rôle est de garder en mémoire :

- Les données de l'APU ;
- Les heures de fonctionnement ;
- Le numéro de série de l'APU ;
- Le nombre de démarrage de l'APU ;
- Le nombre d'arrêt de l'APU ;
- Les données de démarrage.

L'unité de contrôle électronique (ECU) contrôle les données qui vont vers le module de mémoires de données.

L'unité de contrôle électronique (ECU) lié le module de mémoires de données (DMM) pendant le démarrage de l'APU et lui donne les informations récentes lors de l'arrêt de l'APU.

Le module de mémoires de données peut être lut sur l'écran d'affichage (CDU). Les données de l'APU son classées en six pages, ces six pages apparaissent sur l'écran d'affichage (CDU)

### 1.2. Page 2

Elle donne les données concernant l'unité de contrôle électronique (ECU) :

- Référence (Part number);
- N° de series (Serial number);
- La référence du logiciel de fonctionnement.

### 1.3. Page (input/ monitoring)

Elle affiche les données de l'APU et les données avion. Elle comporte :

- Page 1
- Page 2
- Page 3
- Page 4

### 1.4. Page de quantité d'huile (oil quantity)

Elle affiche le quantité d'huile APU elle affiche tris 03 niveaux d'huile :

- Remplit (Full);
- Ajouter (Add);
- Bas (Low).

#### IV.7.3.2. Maintenance en atelier

L'APU est envoyé en atelier s'il y a une panne sévère ne pouvant être dépannée en ligne. Jusqu'à ce jour, et après 4 ans environs d'exploitation, on a enregistré 3 cas de dépose APU pour toute la flotte de 12 appareils de ce type.



# CHAPITRE V

## CHAPITRE V

## COMPARAISON DES DEUX APU

## V.1. COMPARAISON STRUCTURALE DE L'APU GTCP 85-129 ET DE L'APU GTCP 131-9B

Nous allons voir dans cette comparaison les modifications structurales apportées sur l'APU GTCP 131-9B de la nouvelle génération au niveau des modules et leurs composant et les différents systèmes qu'ils sont développés par rapport à l'APU GTCP 85-129, plus qu'il y a des améliorations il on a d'autre qu'ils était éliminer ou ajouter et tout sa c'est pour assurer un meilleur fonctionnement de l'avion et pour avoir des conditions favorables pour le client.

|                                | <u>GTCP 85-129</u>  | <u>GTCP 131-9B</u>  |
|--------------------------------|---|---|
| <u>Constructeur</u>            | GARRETT   | HONEYWELL   |
| <u>Caractéristiques</u>        |   |   |
| Dimension :                    | Langueur : 10,8cm   | Langueur : 14,4m  |
| Poids sec :                    | 142kg   | 177kg   |
| Performances :                 |   |   |
| Vitesse de rotation (vide) :   | (100% RPM) = 41 200   | (100% RPM) = 48 800   |
| Vitesse de rotation (charge) : | (98% RPM) = 40 400  | (106% RPM) = 51 728<br>Valeur à vérifier  |
| EGT maximum :                  | =760°C  | =577°C  |
| Limitation :                   | Possibilité de démarrer l'APU et soutirage d'air jusqu'à 10000 Pieds.<br><br>Possibilité de démarrer l'APU ou soutirage d'air à partir de 10 000 jusqu'à 17 000 Pieds.<br><br>Possibilité de démarrer uniquement à partir de 17 000 jusqu'à 35 000 Pieds. | Possibilité de soutirage d'air jusqu'à 17 000 Pieds.<br><br>Possibilité de démarrer l'APU à tous les altitudes à 32 000 Pieds est de 90 KVA.<br>41 000 Pieds est de 66 KVA. |
| <u>Fixation</u>                | 3 point d'attaches.   | 4 point d'attaches.   |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><u>Entrée d'air</u></p>   | <p>entrée d'air simple.</p>  | <p>entrée d'air avec grille de protection pour protéger le compresseur.</p>  |
| <p><u>Construction</u></p> <p>Section de puissance :</p>   | <p>Compresseur centrifuge à deux étages.</p> <p>Chambre de combustion tubulaire.</p> <p>Turbine centrifuge à échappement tangentiel à un seul étage.</p> <p><b>Echappement :</b></p> <p>Elle contient un thermocouple et un thermostat.</p> <p>La Gear box entraîne les accessoires.</p> | <p>Compresseur centrifuge à un seul étage.</p> <p>Chambre de combustion annulaire à flux inversé.</p> <p>Turbine axiale à échappement axial à deux étages.</p> <p><b>Echappement :</b></p> <p>Elle contient deux thermocouples pour la protection.</p> <p>Conduite d'échappement avec atténuateur de bruit.</p> <p>La Gear box entraîne les accessoires et au même temps un réservoir d'huile.</p> |
| <p><u>Circuit de lubrification</u></p> <p>Bloc de pompes :</p> <p>Refroidissement d'huile :</p> <p>Réservoir d'huile :</p> | <p>Une pompe de pression d'huile.</p> <p>Deux pompes de récupération d'huile.</p> <p>radiateur air huile+ventilateur (Fan).</p> <p>Un bouchon de remplissage.</p> <p>Filtre pour vérifier le niveau d'huile.</p>   | <p>Trois pompes de pression d'huile.</p> <p>Quatre pompes de récupération d'huile.</p> <p>Le refroidissement d'huile est assuré par un radiateur qui aspire l'air de l'extérieur.</p> <p>Un bouchon de remplissage par gravité.</p> <p>Une fenêtre d'indication du niveau d'huile.</p> <p>Un bouchon magnétique :</p> <p>Un drain.</p> <p>Un aimant.</p> <p>Un ressort.</p>                        |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><u>Circuit de carburant</u></p> <p>Rôle :</p>                                       | <p>Alimentation d'un injecteur duplex pour la combustion.</p>  | <p>Alimentation de 10 injecteurs double pour la combustion.</p> <p>Un diviseur du débit qui fait fonctionner que 10 injecteurs à un altitude de 25 000 Pieds.</p>  |
| <p><u>Circuit de démarrage</u></p> <p>Composition :</p> <p>Séquence de démarrage :</p> | <p>Démarrateur électrique 28 VDC par la batterie APU.</p> <p>Switch centrifuge</p> <p>La valve de carburant se ferme et ensuite la porte d'entrée d'air</p> <p>Armé le circuit de démarrage</p> <p><b>Position ON :</b></p> <p>Le relais du démarreur est excité.</p> <p>Le relais du clapet de verrouillage est excité.</p> <p>Le délai de 90 secondes est alimenté</p> <p>L'allumage est coupé.</p> <p>La protection basse pression d'huile et la valve de soutirage et la valve de décharge sont allumées.</p> <p>La valve à trois voies isole le thermostat et le régulateur de carburant.</p> | <p>Démarrateur/Alternateur 115VAC du groupe ou 28VDC de la batterie de l' APU, un seul accessoire qui fait le travail des deux.</p> <p>Contrôleur du démarrage (SPU)</p> <p>Convertisseur de démarrage (SCU)</p> <p>ECU fait le test de pré démarrage</p> <p>Armé le circuit de démarrage</p> <p><b>Position ON :</b></p> <p>Ouverture de la valve solénoïde de carburant.</p> <p>Ouverture de la porte d'entrée d'air.</p> <p>Excitation de la bougie.</p> <p>Voyant basse pression s'allume.</p> |



|   |   |   |
|---|---|---|
| <p><u>Système de drainage</u></p>       | <p>Deux drains pour la valve de carburant (FCU), un pneumatique et l'autre pour le carburant, l'évacuation est vers l'extérieur.</p> <p>Un drain pour la chambre de combustion.</p> <p>Un drain pour la pompe à huile dont les substances est évacué dans le réservoir.</p> | <p><b>Collecteur avant :</b></p> <p>Collecte les substances de :<br/>Régulateur de carburant (FCU)<br/>La valve de décharge (SBV)<br/>Le vérin des aubes régulatrices de débit (IGVA)</p> <p><b>Collecteur central :</b></p> <p>Collecte les substances du :<br/>Compresseur de charge</p> <p><b>Collecteur arrière :</b></p> <p>Collecte les substances de :<br/>La chambre de combustion et du Carter.<br/>Après tous les collecteurs se réuni pour évacuer leurs substances.</p> |
| <p><u>Gestion de fonctionnement</u></p> | <p>Switch centrifuge</p> <p>4 cas d'arrêt automatique</p>   | <p>ECU</p> <p>17 arrêts automatiques</p> <p>Test de surveillance</p> <p>Test de pré démarrage</p> <p>ECU mémorise les pannes au niveau du module de mémoire de données (DMM)</p> <p>Affiche les pannes et les paramètres de l'APU sur l'écran d'affichage (CDU)</p>   |

Tableau V.1 : Comparaison structurale des deux APU

## V.2. COMPARAISON DES PARAMETRES DE L'APU GTCP 85-129 ET DE L'APU GTCP 131-9B

La comparaison des deux machines nous montre clairement l'évolution technologique sur le plan constructif comme sur le plan entretien et maintenance, ce qui permet aux organismes d'entretien de mieux gérer leurs potentiels, gagner du temps et les ressources énergétique, tout en travaillant dans des meilleures conditions d'organisation. On cite ici quelques avantages :

V.2.1. L'introduction d'un compresseur autonome d'un seul étage qui fonctionne uniquement pour fournir l'air comprimé nécessaire pour les différentes servitudes de l'avion.

V.2.2. Élimination du fan (ventilateur), l'accessoire qui a toujours posé des problèmes techniques connus chez beaucoup de compagnies aériennes. Lorsque le FAN tombe en panne, son remplacement n'est possible qu'en atelier en raison de sa position sur l'APU, donc on est obligé chaque fois à déposer l'APU pour le remplacer, et ça nécessite le retrait de l'avion de l'exploitation et son blocage durant cette opération.

Cette élimination a été effectuée grâce à l'installation d'un échangeur de chaleur, il s'agit d'un radiateur Air/Huile.

L'air de refroidissement, provient de l'extérieur (air ambiant), passe à travers le radiateur, grâce à une baisse de pression, ensuite il sera acheminé vers l'extérieur et chassé par les gaz d'échappement.

V.2.3. Le remplacement de la génératrice et le démarreur par un seul accessoire (starter/generator) qui fait le travail des deux à la fois, il joue le rôle du démarreur pendant le démarrage et se transforme en générateur d'électricité pendant le fonctionnement de l'APU pour alimenter les servitudes de l'avion.

Cette solution a donné un énorme avantage au moteur en allégeant son poids de quelques kilogrammes ce qui est très important sur le plan économique de l'avion en général. En plus de ça, pour la maintenance il est beaucoup plus rentable de gérer un seul accessoire au lieu de deux, en commençant par le coût des pièces de rechange et du consommable, le nombre d'accessoires nécessaires au magasin, leurs outillages spécifiques, bancs d'essai, qualifications du personnel, ....etc.

V.2.4. L'installation de l'unité de contrôle électronique (ECU), c'est le cerveau de l'APU qui gère son fonctionnement et qui possède toute les informations (paramètres de fonctionnements, données du vol, historique des pannes et de fonctionnement, les logiciels de gestion des éléments qui compose l'APU et toute l'interface avec les servitudes de l'avion), il surveille et assure la protection de l'APU en permanence.

Dans le cas où l'un des paramètres de fonctionnement sort du diapason de fonctionnement normal, l'ECU intervient instantanément ; il donne l'information au personnel de bord et agit s'il est nécessaire, cette nécessité est jugé par l'ECU lui-même il agit pour arrêter l'APU dans 17 cas de pannes qui peuvent survenir durant son fonctionnement, tout en donnant l'information au personnel à bord. Ces cas qu'on appelle « arrêt automatique » sont les suivants :

- 1- **Perte d'alimentation électrique continue :**  
Si l'ECU n'est pas alimentée électriquement pendant 50 milli secondes (1).
- 2- **valve de carburant :**  
Cette valve ne s'ouvre pas pendant 29 secondes.
- 3- **ECU défaillant :**  
Si un des composant de l'ECU est défaillant.
- 4- **Incendie :**  
Si le système de détection d'incendie détecte un feu d'APU.
- 5- **Volets entrée d'air hors service :**  
Si l'ECU ne reçoit pas le signal d'ouverture des volets d'entrée d'air pendant 30 secondes après l'ordre.
- 6- **Surchauffe d'entrée d'air :**  
Si la température d'entée du compresseur est supérieure à 180° C pendant 3 secondes.
- 7- **Perte de thermocouples :**  
Si les deux thermocouples sont défaillants.
- 8- **Perte de capteur de vitesse :**  
Si les deux capteurs de vitesse sont défaillants.
- 9- **Pas d'accélération :**  
Après l'allumage et avant 95% RPM Si l'accélération est inférieure à 0.2% par seconde pendant 1.25 secondes.
- 10- **Pas de rotation :**  
Si la vitesse est inférieure à 7%, 20 secondes après que l'ECU à donnée le signal du démarrage au convertisseur du démarrage (SCU).
- 11- **Pas de flamme :**  
Si l'EGT est inférieure à 149°C, 20 secondes après que l'ECU ouvre la vanne solénoïde de carburant.
- 12- **Colmatage du filtre d'huile :**
  - Moteurs à l'arrêt pendant plus de 50 secondes ;
  - Température d'huile supérieure à 380°C ;
  - Avion au sol ;
  - Filtre du démarreur/alternateur colmaté pendant plus de 5 secondes.



**13- Température d'huile :**

La surchauffe d'huile si sa température dépasse 143°C pendant 10 secondes.

**14- Surchauffe de l'APU :**

Vitesse de rotation supérieure à 95%, température des gaz d'échappement excessive.

**15- Pompage :**

Si le débit d'air de prélèvement de charge décroît à 0 pendant 06 secondes.

**16- Capteurs de pression :**

Si le capteur de pression est hors service.

**17- Sous vitesse :**

- Accélération d'APU est inférieure à 0.5% par secondes ;
- Vitesse de l'APU est inférieure à 85%.

Si c'est deux conditions existant pendant 10 secondes.

En plus de ces arrêts automatiques de protection l'ECU peut arrêter l'APU dans deux autres cas de défaillance, ces deux cas sont les suivants :

- Survitesse ;
- baisse pression d'huile.

Ces deux cas sont liés a sont propre voyant d'indication, et ce, en raison de leurs importance.

V.2.5. L'introduction des logiciels de gestion de fonctionnement au niveau des accessoires de l'APU et leur interface avec l'avion.

V.2.6. Installation d'un séparateur de débit qui a un rôle de gérer la quantité de carburant envoyée à la combustion selon le besoin, pour une consommation rationnelle du carburant, qui a pour rôle de réduire le coût et en même temps ne donner du carburant que le nécessaire pour éviter les surchauffes, ça préserve les pièces et augmente leurs durées de vie.

V.2.7. La conception de l'avion est un grand exploit pour le constructeur et un énorme travail, mais la maintenance de cet avion pour une durée de vie plus longue que possible est un autre exploit pour les compagnies aériennes.

La maintenance aéronautique a donc pour but de maintenir et de rétablir l'avion en opération pour une durée de vie longue et une utilisation rassurante comme tout appareil l'avion est exposé à des pannes et des problèmes de fiabilité de ses systèmes (hydrauliques, électriques...)

La maintenance est basée sur la fiabilité (MBF) est essentiellement une fonction du temps, c'est par ailleurs une notion statistique issue à l'origine de considération purement économiques visant à concilier la réduction.

Des coûts d'entretien et l'augmentation de la disponibilité. L'évolution très rapide des méthodes et outils lié à la maintenance (avec objectif de « 0 panne »).

C'est l'un des moyens utilisé pour atteindre les objectifs réglementaires de la sécurité, son étude est indispensable car elle détermine quantitativement le degré de confiance qu'un utilisateur peut atteindre réellement les niveaux de requis de sécurité et de disponibilité des équipements afin d'aboutir une amélioration globale de la sécurité, disponibilité et des aspects économiques de l'exploitation.

#### V.2.7.1. Principes de la fiabilité (MBF) :

Parmi les principes de la MBF, on cite :

- Déterminer pour chaque équipement les défaillances les plus préjudiciables pour l'entreprise ;
- Estimer la criticité des équipements à travers une échelle de classement ;
- Estimer les actions de maintenance préventive à travers un arbre de décision ;
- Simuler le plan de maintenance préventive issu de l'étude et confirmer sa justification technico-économique.

La mise en place de la maintenance corrective pour l'APU consiste à rechercher systématiquement l'amélioration du matériel installé par :

- les travaux destinés ont facilité les opérations de la maintenance ;
- les travaux du développement pour l'amélioration de la production.

Alors il faut choisir un mode d'entretien qui permet d'économiser le temps des interventions, que ce soit sur avion ou en atelier, d'où son énorme avantage d'éviter les immobilisation de l'avion.

V.2.8. Possibilité de statuer sur l'état technique et prévoir les pannes (faire la diagnostique) alors il faut une meilleure connaissance des fonctions, une compréhension c'est-à-dire comment un équipement peut défaillir et quelles sont les causes premières pour converger sur une liste de tâches proposées qui soit applicables et en évaluant la caractéristique du défaillance, comprendre comment et quand l'observateur remarque une défaillance et comment il l'interprète.

La détection et le compte rendu des défaillances dépendent des éléments principaux :

- L'observateur doit être en position de détecter la défaillance. cette bonne position peut être une localisation physique, un moment particulier dans le temps, ou l'accès à un équipement d'inspection qui peut révéler cette condition.
- L'observateur doit avoir des critères qui lui permettant d'identifier si le défaillance.

Il est important de prendre en compte les différents point de références de plusieurs catégories de personnels chargés de détecter les défaillances : l'équipage de l'avion, les mécaniciens au sol, les mécaniciens des ateliers et même les passagers.

Les membres de l'équipage sont généralement les seules personnes en position d'observer le fonctionnement des équipements dans leur environnement normal, alors quand un avion dans un atelier de maintenance est dans un environnement statique.

Dans la plupart des équipements complexes, la capacité des équipages à observer les défaillances est facilitée par une instrumentation, des indicateurs d'alarme ou d'autres appareils de contrôle. Cette instrumentation permet également à l'équipage de déterminer si les éléments qui sont encore en état de marche fonctionnent aussi bien qu'ils le devraient, dans certains cas une performance réduite est une indication d'une défaillance.

Une défaillance correspond à la présence d'une condition insatisfaisante qui est relative à une situation spécifique et du point de vue d'un observateur particulier, c'est pour sa l'effet global d'un tel approche est de développer un travail d'équipe motivant pour que l'entreprise aura des bénéfices qui sont :

- Plus grande sécurité et intégrité environnementale ;
- Meilleure performance opérationnelle ;
- Plus grande efficacité économique de la maintenance ;
- Durée de vie prolongée d'équipement coûteux ;
- Plus grande motivation du personnel.

### V.3. COMPARAISON DE LA MAINTENANCE DE L'APU GTCP 85-129 ET DE L'APU GTCP 131-9B

La maintenance a pour but de maintenir ou a remettre l'avion d'être exploiter normalement comme il était avant donc sa nécessite des travaux ou de opérations d'entretien importants qui consistent à un démontage complet, à des inspections détaillées, au remplacement systématique de tous les éléments consommables.

Pour effectuer la révision générale de l'APU GTCP 85-129, on le dépose complètement en partie simple, pour contrôler et inspecter chaque élément de l'APU dans l'atelier révision moteur, cette visite se fait chaque 5000 HDV.

En exploitant ces dossiers, on a recensé les éléments portés dans le tableau suivant :

| Numéros de série | Heures de fonctionnement | Nombre de dépose |
|------------------|--------------------------|------------------|
| P 34 861         | 20 900                   | 14               |
| P 34 865         | 22 400                   | 17               |
| P 34 867         | 22 500                   | 11               |
| P 34 890         | 24 000                   | 11               |
| P 34 912         | 19 300                   | 12               |
| P 34 917         | 20 300                   | 17               |
| P 34 924         | 20 200                   | 13               |
| P 35 018         | 22 100                   | 15               |
| P 35 022         | 22 200                   | 17               |
| P 35 025         | 18 100                   | 10               |
| P 35 050         | 21 700                   | 15               |
| P 35 083         | 23 000                   | 18               |
| P 35 086         | 19 600                   | 15               |
| P 35 103         | 19 600                   | 11               |
| P 35 174         | 15 700                   | 11               |
| P 35 471         | 12 900                   | 8                |
| P 35 553         | 11 800                   | 10               |
| P 35 557         | 11 000                   | 8                |
| P 35 602         | 11 400                   | 9                |
| N : 19           | $\Sigma = 35\ 8700$      | $\Sigma = 242$   |

Tableau V.2 : Tableau d'immobilisation de l'APU GTCP 85-129

Remarquant que le nombre de dépose est trop élevé par rapport au heures de fonctionnement, et sa pose beaucoup de problèmes au compagnie aérienne.

Ces déposes sont réparties en deux catégories :

1<sup>ère</sup> catégorie : dépose programmée :

Pour les APU GTCP 85-129, on a deux types de déposes programmées :

- HSI (Hihgt temperator Section Inspection) inspection de la partie chaude qui s'effectue chaque 2500 heures de fonctionnement.
- RG : révision générale qui s'effectue chaque 5000 heures de fonctionnement.

2<sup>ème</sup> catégorie : déposes non programmées :

Ces déposes sont les conséquences des défaillances des APU.

### V.3.1. Histogrammes des déposes

Selon les relevés de l'historique, les 242 déposes se répartissent comme suit :

- 85 Déposes programmées soit 35.12%.
- 157 Déposes non programmées soit 64.88%.

Donc les résultats obtenus de l'étude montre que les arrêts non programmés est largement supérieur à celui des arrêts programmés, alors la fiabilité ou le degré de confiance de cette APU (GTCP 85-129) est très bas que celui du constructeur et pour laquelle la politique de maintenance adoptée pour l'APU GTCP 131-9B est « l'entretien à vie limite » prend le grand part de responsabilité.

Ajouter à ça, les résultats évoqués dans l'historique des pannes montre qu'un pourcentage très élevé des arrêts non programmés pour cause de défaillance par rapport au nombre totale de tous les arrêts observés.

En guise des résultats obtenus le constructeur a décidé de faire une amélioration pour l'APU GTCP 131-9B de la disponibilité d'un dispositif qui passe par un croisement de sa fiabilité et l'adoption d'une nouvelle politique de maintenance alors le pourcentage des arrêts non programmés ont diminués (trois déposes par ans), donc un gain en frais d'entretien qui prendra une réduction des longs arrêts de production, une réduction du stock des pièces de rechange.

### V.4. CONCLUSION :

L'étude qui vient d'être effectuée nous a permis de se sentir de la concurrence qui existe entre les compagnies aériennes internationale pour avoir un service de qualité qui exige des moyens important et un temps relativement longs tout en minimisant les dépenses globales pour garder une image de marque durement acquise à ça clientèle

CONCLUSION

## CONCLUSION GÉNÉRALE

---

### CONCLUSION GENERALE

Le travail que nous avons traité dans ce sujet est une étude comparative entre l'APU GTCP 85 - 129 de l'ancienne génération équipant le B737-200 et l'APU GTCP 131-9B de la nouvelle génération équipant le B737-800.

Une description générale des deux APU nous a permis de connaître leurs systèmes et leurs composants pour bien les comparer.

La comparaison a permis de connaître la différence et la modification apportée sur l'APU de la nouvelle génération.

En constatant que les constructeurs ont apporté des améliorations sur l'APU de la nouvelle génération. Ces améliorations ont été faites pour l'évolution de l'équipement. Elles sont bénéfiques sur le plan d'exploitation.

Finalement, nous pouvons dire que cette étude a été bénéfique, pour nous, sur le plan théorique et pratique, et nous espérons que ça sera de même pour les étudiants qui s'intéressent à cette étude et doit servir comme une bonne référence.

## GLOSSAIRE

| <u>ANGLAIS</u>         | <u>FRANÇAIS</u>                   |
|------------------------|-----------------------------------|
| Auxiliary power unit   | Groupe auxiliaire de puissance    |
| Bleed air valve        | Valve de soutirage d'air          |
| Surge control valve    | Valve de décharge                 |
| Fuel control unit      | Régulateur du carburant           |
| Switch                 | Contacteur, switch (interrupteur) |
| Lok-out Relay          | Relais de blocage                 |
| Low Oil Pressure       | Basse pression d'huile            |
| Over Head panel        | Tableau ou panneau supérieur      |
| Remote fire Switch     | Switch d'incendie à distance      |
| Forward fire Switch    | Panneau supérieur avant           |
| Aft electronic Switch  | switch électronique arrière       |
| Control panel          | Tableau de commande               |
| Electronic compartment | Compartiment électronique         |
| Glare shield           | Écran de soleil                   |
| Selector               | Sélecteur                         |
| Fire shut down         | Relais d'incendie dérivé          |
| Master caution light   | Voyant d'avertissement principal  |
| Annunciator light      | Annonciateur d'éclairage          |
| Solenoid               | Solénoïde électro – aimant        |
| Nozzle box             | Carter turbine                    |
| Oil seal               | Joint d'étanchéité d'huile        |
| Actuator               | Vérin                             |
| By pass                | Déviation, dérivation             |
| Relief valve           | Clapet de surpression (décharge)  |
| Plenum                 | Plénum                            |
| Baffle                 | Cloison, haut parleur             |
| Duct                   | Conduite                          |
| Inlet                  | Entrée                            |
| Outlet                 | Sortie                            |
| Pressure Pump          | Pompe de refoulement              |
| Scavenge Pump          | Pompe de récupération             |
| Oil Cooler             | Radiateur d'huile                 |
| Aft Bearing            | Support arrière                   |
| Forward bearing        | Support avant                     |
| Exhaust                | Échappement                       |
| Vent                   | Air                               |



## Les unités de mesure

**PSI** : unité de pression =  $0,07 \text{ Kg/ Cm}^2$

**° F** : degré fahrenheit unité de température  $^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} * 9/5) + 32$   $^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) * 5/9$

**Hz** : Hertz unité de fréquence

**H** : unité de temps heure

**Inch** : unité de mesure linéaire 1 inch = 0.225 m

**Pieds** : unité de mesure d'altitude 1 Pieds = 0.3084m

## **BIBLIOGRAPHIE**

### **Pour l'APU GTCP 85 – 129**

- Overhaul Manual chapitre 49 (APU GTCP 85-129) SB 18/98
- Components Manual and Maintenance (CMM) chapitre 49 APU GTCP 85-129)
- Illustrated Parts and Components (IPC) chapitre 49 APU GTCP 85-129)

### **Pour l'APU GTCP 131 – 9B**

- Training Manual chapitre 49 (APU GTCP 131 – 9B)
- Engine Manual chapitre 49 (APU GTCP 131-9B)
- Illustrated Parts and Components (IPC) chapitre 49 (APU GTCP 131-9B)
- Honeywell manual chapitre 49 (APU GTCP 131-9B)