

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE DE BLIDA 1**

**Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales**

Département de Construction



**MEMOIRE**

**Pour l'obtention du diplôme**

**MASTER Aéronautique**

*Option : Avionique*

***Etude et tests d'un convertisseur statique dans la génération  
électrique d'un Boeing 737-800 NG***

**Présenté par :**

- ❖ Mr. ADDA Takfarinas
- ❖ Mr. BENAOUZIA Samir

**Dirigé par :**

- ABDALLAH Mohamed : **promoteur**
- LARAB Djaffar : **Encadreur**

Blida - Septembre 2014

## Résumé :

*L'énergie électrique a toujours été utilisée à bord des aéronefs sur les premiers appareils. Cette énergie ne serve qu'aux circuits d'allumage des moteurs à pistons, de puis son utilisation n'a fait qu'augmenter (radio, éclairage, chauffage, commandes de vols...etc.) durant les années soixante.*

*Les alternateurs permettaient d'obtenir des puissances comprises entre 40 à 100 KW De nos jours les avions embarquent des puissances toujours très importantes, à titre d'exemple un avion conçu dans les années quatre-vingt-dix le A330/440 embarquait une puissance de 300KW le B787 conçu en 2010 embarque une puissance de 1000 KW tout ça nous permet de voir l'importance de l'énergie électrique.*

*Très peu de thème de fin d'étude ont abordé ce sujet ces dernières années à cause de l'indisponibilité de faire de la pratique dans des ateliers de maintenance. Cette année, Air Algérie nous a permet de faire de la pratique et c'est une bonne initiative. **Notre thème qui consiste à étudier et faire des tests et de la maintenance sur des convertisseurs statiques ou des onduleurs** qui sont des dispositifs d'électronique de puissance qui permettent une alimentation sans interruption. Ce dispositif convertit le courant continu (batterie d'accumulateur) ou (super condensateurs) en courant alternatif monophasé en absence de réseau électrique c'est-à-dire en cas de secours. Sachant qu'en aéronautique le mot « **secours** » implique donc une importance primordiale pour la poursuite du fonctionnement de beaucoup d'équipements sans interruption.*

## Abstract

*The power has always been used in aircraft on the first devices. This energy is utilized exclusively ignition reciprocating engines circuits, then its use has been increasing (radio, lighting, heating, flight controls...etc.) in the sixties.*

*The generators were able to provide power ratings from 40 to 100 KW*

*Today boarded planes very high power forever, for example an aircraft designed in the late ninety the A330 / 440 embarked power 300KW B787 designed in 2010 sailed a power of 1000 KW it all allows us to see the importance of electrical energy.*

*Few ending theme study addressed this subject in recent years due to the unavailability of practice in maintenance workshops. This year, Air Algeria allows us to practice and it is a good initiative. Our theme is to study and testing and maintenance on static converters or inverters are electronic devices that allow power supply without interruption. This device converts direct current ( storage battery ) or (super capacitors ) single phase alternating current power network in the absence of that is to say in the event of emergency . Knowing that aircraft the word " help" implies paramount importance to the continued operation of many facilities without interruption.*






## REMERCIEMENTS

*En premier lieu, nous remercions ALLAH le tout-puissant, qui nous a donné le courage et la volonté pour bien mener ce modeste travail.*

*Ainsi, nous nous permettons d'exprimer ici nos sincères reconnaissances à notre promoteur Mr : M. ABDALLAH, notre encadreur Mr : DJ. LARAB, et le chef d'atelier Mr : A.HASSIB qui ont proposé et dirigé ce travail, pour leurs suivis et leurs conseils.*

*Nos sincères remerciements vont aussi à monsieur le président et messieurs les membres du jury pour avoir expertisé notre travail et nous avoir honorés par leurs présences.*

*En fin, que tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce long travail ; trouvant ici l'expression de nos remerciements les plus sincères.*



# DÉDICACE

*Je dédie ce modeste travail, aux êtres les plus chers, et à qui je dois reconnaissance et dévouement et en qui je ne cesserai de remercier à savoir :*

*Mes parents, mon frère et ma sœur.*

*A tous les Amis qui m'ont soutenu durant tout mon cursus universitaire et avec lesquels j'ai partagé des moments inoubliables.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.*

*Enfin à vous qui prenez la peine de lire ce mémoire.*

*A. Takfarinas*

# DÉDICACE

*Je dédie ce modeste travail, aux êtres les plus chers, et à qui je dois reconnaissance et dévouement et en qui je ne cesserai de remercier à savoir :*

*Mes parents, mes frères et sœurs.*

*A tous les Amis qui m'ont soutenu durant tout mon cursus universitaire et avec lesquels j'ai partagé des moments inoubliables.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.*

*Enfin à vous qui prenez la peine de lire ce mémoire.*

*B .Samir*

## TABLE DES MATIERES

Liste des figures

Acronymes

Introduction générale

### CHAPITRE I : Généralités

I.1	Introduction : .....	1
I.2	Présentation du sujet : .....	1
I.3	Historique De L'entreprise : .....	2
I.3.a	Présentation de l'entreprise : .....	2
I.3.b	Missions et objectifs d'Air Algérie : .....	2
I.3.c	Objectifs de la direction technique : .....	4
I.3.d	Organisation de la direction technique: .....	4
I.4	Flotte actuelle d'Air Algérie : .....	5
I.5	Présentation De L'appareil Boeing 737 NG : .....	6
I.5.a	Fiche Technique De B 737-800(NG) : .....	7
I.5.b	Caractéristique De L'avion Boeing 737-800 (NG) : .....	7
I.5.c	Autres caractéristiques du B737 NG : .....	8
II	Conclusion: .....	11

### Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

I	Introduction : .....	12
II	Les différents réseaux du système électrique : .....	14
II.1	Le Réseau Alternatif : .....	14
II.1.a	IDG : (Integrated Drive Generator): .....	14
II.1.b	Générateur d'APU : .....	16
II.1.c	L'alimentation par le Groupe De Parc (figure 5) : .....	17
II.2	Réseau Continue (DC): (figure 7): .....	19
II.2.a	TRUs ou Transformateurs (figure 8): .....	19
II.2.b	Chargeur de batterie (figure 10) : .....	20
II.2.c	La batterie (figure 11): .....	20
II.2.d	Autobus Chaude de Batterie : .....	21

II.3	Système d'alimentation générale (STANDBY POWER) :	22
II.3.a	Convertisseur statique (figure 14):	22
III	Principe de fonctionnement de la génération électrique :	22
III.1	Au Sol :	22
III.1.a	Alimentation par le groupe de parc :	22
III.1.b	Alimentation par l'APU :	24
III.2	Fonctionnement en vol :	25
III.2.a	IDG1 :	25
III.2.b	IDG2 :	25
III.3	Fonctionnement en cas de panne :	25
III.4	Les différents cas de pannes en vol :	26
III.4.a	IDG1 en marche et IDG2 en panne :	26
III.4.b	IDG2 en marche et IDG1 en panne :	26
III.5	Remplacement des IDGs par l'APU :	27
III.5.a	L'IDG1 en panne :	27
III.5.b	L'IDG2 en panne :	27
IV	Contrôle :	27
IV.1	Contrôles manuels et indication (figure 15):	27
IV.1.a	P5-13 Electrical Meters, Battery and Galley Power Module (figure 16):	29
IV.1.b	P5-5 Commande du générateur et module d'alimentation de secours (figure 17) :	29
IV.1.c	P5-4 Système de générateur du Courant alternatif, et module d'APU (figure 18):	30
V	Conclusion:	30

## **Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique**

I	Introduction :	31
II	Principes de base de l'électronique de puissance :	31
II.1	Intérêt de la commutation pour les échanges d'énergie :	31
II.2	Les sources statiques et dynamiques :	31
II.3	Les Interrupteurs :	31
II.3.a	Nombre de segments, régime statique et dynamique:	31
II.3.b	Quelques exemples d'interrupteurs :	32



III	Les Convertisseurs Statiques :.....	35
III.1	Structure des convertisseurs :.....	35
III.2	Les différents types de convertisseurs: .....	35
III.2.a	Conversion ALTERNATIF/ALTERNATIF : Le GRADATEUR .....	35
III.2.b	Conversion CONTINU/ CONTINU: le HACHEUR : .....	36
III.2.c	Conversion ALTERNATIF/ CONTINU : le REDRESSEUR.....	36
III.2.d	Conversion CONTINU /ALTERNATIF : l'ONDULEUR.....	37
IV	Généralités sur les Onduleurs :.....	38
IV.1	Introduction :.....	38
IV.2	L'Onduleur Monophasé en Pont :.....	38
IV.2.a	Mailles de Conduction:.....	39
IV.2.b	Redressement mono alternance :.....	39
IV.3	Le Redressement Double Alternance :.....	41
IV.3.a	Redressement Double Alternance Avec Transformateur A Point Milieu (P2): .....	41
IV.3.b	Redressement Avec Pont De Graëtz (PD2) :.....	41
IV.4	Redressement en triphasé: .....	41
IV.4.a	Le Redressement Triphasé Simple Alternance (P3):.....	42
IV.4.b	Le Redressement Triphasé Double Alternance (PD3): .....	42
V	Conclusion :.....	42

## **Chapitre IV : Description et fonctionnement**

I	Introduction :.....	43
II	L'étude théorique de chaque bloc du schéma de fonctionnement :.....	45
II.1	Résumé :.....	45
II.2	L'étude Détaillée De Chaque Bloc :.....	47
II.2.a	IEM :.....	47
II.2.b	Logic power supply (alimentation d'énergie): .....	49
II.2.c	Flyback :.....	53
II.2.d	Bridge inverter (Inverseur De Pont:) :.....	59
II.2.e	Étages de puissance de pont assemblée:.....	63
III	Conclusion :.....	68

## Chapitre V : Essai et dépannage

I	Introduction :	69
II	Procédures de test :	69
III	Test :	72
III.1	Essai De Résistance D'Isolation	73
III.2	Essai De Tension De Résistance Diélectrique (Fig V.3)	73
III.3	Test avant les essais de performance électriques :	73
III.4	Essai De Charge Linéaire :	73
III.4.a	Test à vide :	73
III.4.b	Test avec une charge de 1,0 pf et de 500 VA :	74
III.4.c	Test à 500VA avec une charge de 8pf (400 W ; 300VARS) :	74
III.4.d	Test a 560v avec une charge de 1 pf :	74
III.4.e	Test à 1000v avec une charge de 1 pf :	74
III.4.f	Test à 1000VA avec une charge de 8 pf :	75
III.5	Test avec une charge non linéaire :	75
III.6	Test à distance on/off:	77
III.7	Essai De Court -Circuit :	78
III.8	Essai De Surcharge :	78
IV	Analyse De Panne :	80
V	Aides De Dépannage :	80
V.1	Organigramme De Dépannage (Voir Le Schéma 106) :	80
V.2	Schémas et diagrammes de câblage:	82
V.3	Formes d'onde De Point test De mesure:	82
VI	Dépannage Détaillé :	82
VI.1	Organigramme de dépannage :	82
VI.2	Prise de terre :	82
VI.3	Teste du transistor bipolaire :	83
VI.3.a	Le teste du bloc d'alimentation d'énergie :	83
VI.4	Le teste du bloc flyback :	84
VI.4.a	La forme du signale de Q14 et Q17	84
VI.4.b	La forme du signal aux bornes de Q13 Q15 Q16	84
VI.4.c	La forme du signale au niveau des drains et les Gates de Q4, Q5, Q8 et Q9	85
VI.4.d	Le test des comparateurs du convertisseur flyback :	85

VI.5	Le test du bloc BRIDGE INVERTER : .....	88
VI.5.a	Le signale de la base de Q32 : .....	88
VI.5.b	Le signale du transistor Q32 au niveau de l'émetteur : .....	88
VI.5.c	La forme du signale a la base de Q12 : .....	89
VI.5.d	La forme du signale au collecteur de Q12 : .....	89
VI.5.e	La forme du signale au Gates de Q11 : .....	90
VI.5.f	La forme du signal aux drains de Q11 : .....	90
VI.6	Le dépannage du bloc BRIDGE INVERTER : .....	91
VII	Conclusion : .....	91

## CONCLUSION GENERALE

### Références

# LISTE DES FIGURES

## CHAPITRE I : Introduction générale.....01-10

Fig. I.1 : Organigramme d'Air Algérie.....	03
Fig. I.2 : Organigramme d'organisation de la DT.....	05
Fig. I.3.a : Dimensions de l'avion B 737-800 (NG).....	09
Fig. I.3.b : Dimensions de l'avion B 737-800 (NG). ....	10

## CHAPITRE II : Description du réseau de génération électrique.....01-10

Fig. II.1 : Schema descriptif de la génération et de la distribution de l'énergie électrique.....	12
Fig. II.2 : Description de l'IDG. ....	14
Fig. II.3 : Emplacement de l'IDG sur le boîtier d'accessoires. ....	14
Fig. II.4 : Description du générateur d'APU. ....	15
Fig. II.5: Alimentation par le groupe de parcs.....	16
Fig. II.6: Prise de courant externe.....	17
Fig. II.7: Génération et distribution en continue.....	18
Fig. II.8: Allure du transformateur.....	18
Fig. II.9: Emplacement des transformateurs.....	18
Fig. II.10: Chargeur de batterie.....	19
Fig. II.11: Allure de la batterie cadmium /nickel.....	20
Fig. II.12: Capteur de température des batteries.....	21
Fig. II.13: Cellule équipent la batterie.....	21
Fig. II.14: Allure du convertisseur statique.....	22
Fig. II.15: Module de commande P5.....	28
Fig. II.16: Module de commande P5-13.....	29
Fig. II.17: Module de commande P5-5.....	30
Fig. II.18: Module de commande P5-4.....	30

## **CHAPITRE IV : Description et fonctionnement ..... 43-68**

<b>Fig. IV.1 : Tableau pour les différents types des convertisseurs statiques.....</b>	<b>43</b>
<b>Fig. IV.2 : Allure du convertisseur statique.....</b>	<b>44</b>
<b>Fig. IV.3 : Tableau des caractéristiques techniques pour les convertisseurs statiques.....</b>	<b>45</b>
<b>Fig. IV.4 : Schéma général des différents blocs du convertisseur statique. ....</b>	<b>46</b>
<b>Fig. IV.5 : Schéma électrique du bloc IEM.....</b>	<b>48</b>
<b>Fig. IV.6 : Schéma électrique du bloc d'alimentation d'énergie.....</b>	<b>52</b>
<b>Fig. IV.7 : Schéma électrique du bloc Flyback Logic Control. ....</b>	<b>58</b>
<b>Fig. IV.8 : Schéma électrique de l'étage de puissance du pont assemblé (I). ....</b>	<b>65</b>
<b>Fig. IV.9 : Schéma électrique de l'étage de puissance du pont assemblé (II). ....</b>	<b>66</b>
<b>Fig. IV.10 : Schéma électrique de l'étage de puissance du pont assemblé (III).....</b>	<b>67</b>

## **CHAPITRE V : Essai Et Dépannage .....69-91**

<b>Fig. V.1 : Tableau des équipements utilisés pour le test.....</b>	<b>70</b>
<b>Fig. V.2 : Schéma de connexion des équipements de test au convertisseur statique. ....</b>	<b>71</b>
<b>Fig. V.3 : Façade frontale du convertisseur statique.....</b>	<b>72</b>
<b>Fig. V.4 : Schéma du test avec une charge non linéaire (I,II).....</b>	<b>76</b>
<b>Fig. V.5 : Schéma du test avec une charge non linéaire(III).....</b>	<b>77</b>
<b>Fig. V.6 : (Tableau 102):Données de références pour les essais de performances électriques.....</b>	<b>79</b>
<b>Fig. V.7 : Organigramme des étapes à suivre pour le Dépannage. ....</b>	<b>81</b>
<b>Fig. V.8 : La forme du signal d'un transistor Q14 du bloc d'alimentation. ....</b>	<b>83</b>
<b>Fig. V.9 : La forme du signal aux collecteurs des transistors Q14 Q17.....</b>	<b>84</b>
<b>Fig. V.10 : La forme du signal aux collecteurs des transistors Q13 Q15 Q16.....</b>	<b>84</b>
<b>Fig. V.11 : Le signal du convertisseur flyback au niveau des drains de Q4, Q5, Q8 et Q9. ....</b>	<b>85</b>
<b>Fig. V.12 : La forme du signal de U14. ....</b>	<b>85</b>
<b>Fig. V.13 : La forme du signal à la base de Q32 du pont du convertisseur. ....</b>	<b>87</b>
<b>Fig. V.14 : La forme du signal à l'émetteur de Q32. ....</b>	<b>87</b>
<b>Fig. V.15 : La forme du signal du test de Q12.....</b>	<b>88</b>
<b>Fig. V.16 : La forme du signal au collecteur de Q12. ....</b>	<b>88</b>
<b>Fig. V.17 : La forme du signal aux portes de Q11. ....</b>	<b>89</b>
<b>Fig. V.18 : La forme du signal aux drains de Q11.....</b>	<b>89</b>

## ACRONYMES

### Abréviation :

**AC** : « *Alternative current* » courant alternatif.

**AGB**: «*Accessory Gear Box*» Boîtier d'accessoires

**AGCU**: «*APU Generator Control Unit*» Unité de contrôle générateur d'APU

**APB**: «*Auxiliary Power Breaker* » Interrupteur de groupe

**APU**: « *Auxiliary power unit* ». Unité d'énergie Auxiliaire

**BAT**: «*Battery*» Batterie

**BITE**: « *Built-in Test Equipment*» Equipment de test incorporé

**BPCU**: «*Bus Power Control Unit*» Boite de controle

**BPP**: «*Bus Protection Panel*» Panneau de protection de la barre

**BTB**: « *Tie Bus Breakers* » Interrupteur Bus de liaison

**CSD**: « *Constant Speed Driver* » Entraînement à vitesse constante

**DC**: « *Direct current* » courant continue

**EP** : «*Extern power* » Groupe de Parc

**EPC**: «*Extern power cut-in*» Contacteur de groupe de parc

**GCB**: « *generator circuit breaker* » Contacteur du Circuit de l'Alternateur

**GCR**: « *Generator Control Relay*» Relais excitation

**GCU**: « *Generator control unit* » Unité de contrôle de générateur

**GND SVC**: «*Grownnd Service*» service au sol

**GPCU** : « *Generator Control Power Unit*» Boitier de contrôle de groupe de parc

**IDG**: « *Integrated Drive Generator* » Alternateur à Entraînement Intégré

**INV** : « *Inverter*» Convertisseur

**Pmg** : « *Permanent Magnetic Generator*» générateur à aimant permanent

**PWR** : « *Power*» Energie

**RCCB**: «*Relay Command Contactor Breaker*» Relais de Contrôle du Contacteur

***RLY***: «Relay» Relais

***SCU***: «*Start Converter Unit*» Unité de Convertisseur de Démarrage

***SPCU***: «*Stand-by Power Control Unit*» Unité de Contrôle d’Alimentation de Secoure

***SPU***: «*Start Power Unit*» Unité de Démarrage d’Alimentation

***SW***: «*Switch*» Interrupteur

***TRU***: « Transformer Rectifier Unit » Transformateur Redresseur

***XFR*** : « Transforme» Transformation

## **Introduction générale :**

Les travaux menés dans ce projet de fin d'études ont porté sur l'étude théorique des opérations et des blocs composants les convertisseurs statiques à bord des Aéronefs. Afin d'assurer une description meilleure de ces derniers, nous avons proposé le modèle installé à bord du Boeing, le B 737-800 NG du type 1C1000-1C-2090 P/n S282T004.

Pour cela, on a dédié les chapitres II et III à la présentation de l'ensemble des définitions et des outils nécessaires pour l'étude du convertisseur statique. En effet, après une brève description du réseau électrique et ses différents types, ses modes de fonctionnement (en état normal, en état de panne) et les différents cas de pannes dans le chapitre II, quant au 3e chapitre, il explique les principes de base de l'électronique de puissance, les différents types d'interrupteurs et de convertisseurs statiques ainsi que les types de redressements.

L'étude du convertisseur pour laquelle on a dédié le chapitre IV, consiste à la répartition de tout l'ensemble en plusieurs blocs, puis étudiés chacun de ces derniers en détail à savoir le bloc EMI, le bloc d'alimentation d'énergie, le convertisseur Flyback, le convertisseur à Pont et Étages de puissance de pont assemblée.

L'exploitation de ce type d'équipement fait l'objet de plusieurs pannes défilantes. Cela représente les principales raisons pour lesquelles on a exposé les étapes et les méthodes utilisées pour repérer les pannes en premier lieu puis les réparer en second tout en respectant les instructions décrites par les manuels de maintenances de ce type d'équipement. Une partie de ces étapes et méthodes seront illustrées dans le chapitre V en s'appuyant sur les tests fait au niveau du laboratoire de l'électricité du département d'avionique à la base de maintenance d'Air Algérie.



# Chapitre I : Généralités

---

## I.1 Introduction :

L'objet de ce travail porte sur l'étude technique de la génération électrique de secours à bord d'un avion de type Boeing 737 NG.

Ce type de générateur que l'on peut définir par le convertisseur statique intervient dans le cas de panne de toutes les sources primaires de courant alternatif. Ce dernier est alimenté par la batterie 28V, il permet de fournir un courant alternatif 115v /400 HZ pour les servitudes principales (Radar, train d'atterrissage, les éléments de communication ... etc.) pour accomplir le vol en toute sécurité.

Le réseau électrique à bord du 737 NG, alimente les équipements de bord et les différents systèmes qui fonctionnent à base de l'énergie électrique. Ce réseau doté d'un dispositif de commande automatique et manuel et aussi d'un équipement de test intégré le (BITE) et de plusieurs sources alternative ce qui fait de lui un réseau fiable et facile à conserver.

Le réseau de distribution électrique comprend trois sous réseaux :

Réseau alternatif (AC).

Réseau continue (DC).

Réseau de secours (Stand-by).

En fin la mise en marche de cet équipement avec des tests en laboratoire du convertisseur statique et de sa maintenance feront l'objet du dernier chapitre de notre travail ce sont des applications adéquates pour l'exploitation de tous les équipements embarqués.

## I.2 Présentation du sujet :

Notre sujet consiste à faire une étude technologique de la génération du courant alternatif de secours à bord d'un avion de type Boeing 737 NG.

L'intérêt apporté à cet équipement est qu'il est le dernier accessoire de la génération a courant alternatif et son utilisation est limité par le temps car il est alimenté par la batterie d'une heure d'autonomie.

Pour cela nous nous efforcerons dans la suite de notre travail à expliquer, le rôle et le principe de fonctionnement de cet équipement et ses principaux composants.

# Chapitre I : Généralités

## I.3 Historique de l'entreprise :

### I.3.a Présentation de l'entreprise :

La compagnie AIR ALGERIE est une compagnie aérienne nationale.

C'est en 1947 qu'Air Algérie en tant que compagnie a été créé pour pallier aux besoins du transport des français établis en ALGERIE et prie le nom officiel d'AIR ALGERIE.

Après l'indépendance, le 18.02.1963, l'Algérie nationalisa à hauteur de 51% du capital social d'Air Algérie et devient ainsi l'actionnaire principale de la compagnie du transport aérien.

Le 15.02.1972 la compagnie devient entièrement nationale après que l'état eu récupéré le reste des actions détenues par les sociétés étrangères.

Le 30.07.1983 par le décret N° 83-405, le transport aérien sur les lignes domestiques est confié à la compagnie « INTER-AIR-SERVICE ».

**Le 14.11.1984 par le décret N° 84-347, les activités d'AIR ALGERIE sont de nouveaux élargies aux activités de l'entreprise « INTER-AIR-SERVICE », à ce titre Air Algérie répand la dénomination suivante :**

« ENTREPRISE NATIONALAE D'EXPLOITATION DES SERVICES AERIENS ».

Le 17.02.1997 la compagnie devient une E.P.E Air Algérie (SPA) Entreprise Publique Economique -société par actions – (Détenue par le holding service, unique actionnaire publique au compte de l'état).

### I.3.b Missions et objectifs d'Air Algérie :

#### ❖ *Mission :*

L'entreprise AIR ALGERIE est une entreprise de prestation de service dans le domaine des transports aériens de passagers et de fret. Elle est chargée d'assurer :

L'exploitation des lignes aériennes intérieures et internationales en vue de garantir les transports publics de personnes, de bagages, du fret et du courrier.

# Chapitre I : Généralités

L'offre des prestations de services à des fins commerciales, éducatives et scientifiques pour des besoins de l'agriculture, de protection civile, de l'hygiène publique, de l'action sanitaire et du transport des personnes et de la marchandises à la demande.

Dans le domaine des activités commerciales :

- La vente et l'émission de titres pour son compte ou pour le compte d'autres compagnies de transport liés par conventions mutuelles.
- L'achat, et l'affrètement d'aéronefs.
- La représentation, l'assistance et toute prestation en rapport avec son objet.
- L'obtention de toute licence, tout permis de survoler et toute autorisation des états étrangers pour l'accomplissement des opérations d'entretien, de réparation, de révision et de toutes opérations de maintenance des équipements et des types d'aéronefs, soit pour son propre compte ou pour le compte des tiers dans le cadre des conventions d'assistance mutuelles.

## ❖ **Objectifs :**

Air Algérie s'est fixée comme objectifs :

- Une meilleure gestion de l'entreprise afin de fournir aux gestionnaires des informations fiables dans les meilleurs délais impartis.
- L'amélioration de la qualité offerte à sa clientèle
- Gestion du personnel
- Formation du personnel
- Représentation de l'entreprise au sein des organisations nationales et internationales.

## ❖ **Description de l'organisme d'accueil :**

Air Algérie est une entreprise organisée en secteurs d'activités comme suit :

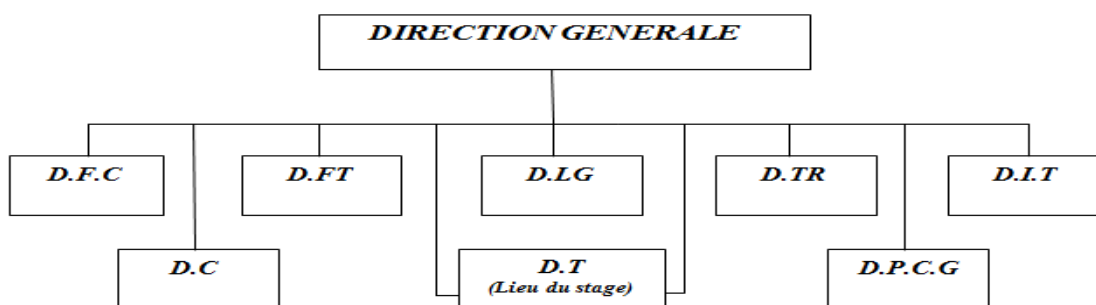


Fig. I.1 : Organigramme d'Air Algérie

# Chapitre I : Généralités

Nous citerons à titre d'exemple quelques directions :

◆ Direction financière (D.F.C) :

La direction financière est chargée de la mise en œuvre de la politique générale de l'entreprise dans les domaines financiers et comptables.

◆ Direction des transports (D.TR) :

La direction des transports est chargée essentiellement des opérations d'embarquement des passagers et leurs bagages dans toutes les escales

◆ Direction technique (D.T) :

La direction technique est chargée essentiellement des opérations d'entretien et de maintenance des aéronefs.

### I.3.c Objectifs de la direction technique :

La direction technique a plusieurs rôles, les plus importants sont :

- Mettre en œuvre les moyens humains à l'exécution des programmes d'entretien dans les meilleures conditions.
- Aligner les avions selon le programme établi par la direction d'exploitation avec un minimum d'écart.
- Représentation de l'entreprise au sein des organisations internationales sur le plan technique.
- Amélioration de la qualité des services de la direction technique.

### I.3.d Organisation de la direction technique:

La direction technique est chargée d'assurer la maintenance des appareils propres à Air Algérie ainsi que ceux qui lui sont confiés par les tiers (étrangers), elle est organisée et structurée pour faire face aux travaux d'entretien de réparation et de révision des équipements et accessoires.

Le personnel de maintenance est en majeure partie, d'agent ayant un profil technique correspondant aux qualifications requises pour l'entretien des avions et leurs équipements. La direction technique est organisée en sous-directions, chacune a un rôle déterminé dont la description de quelques-unes à titre d'exemple est confiée à l'organigramme ci-après. Juste pour rappel que ce schéma change souvent aux grés des changements du personnel de gestion.

# Chapitre I : Généralités

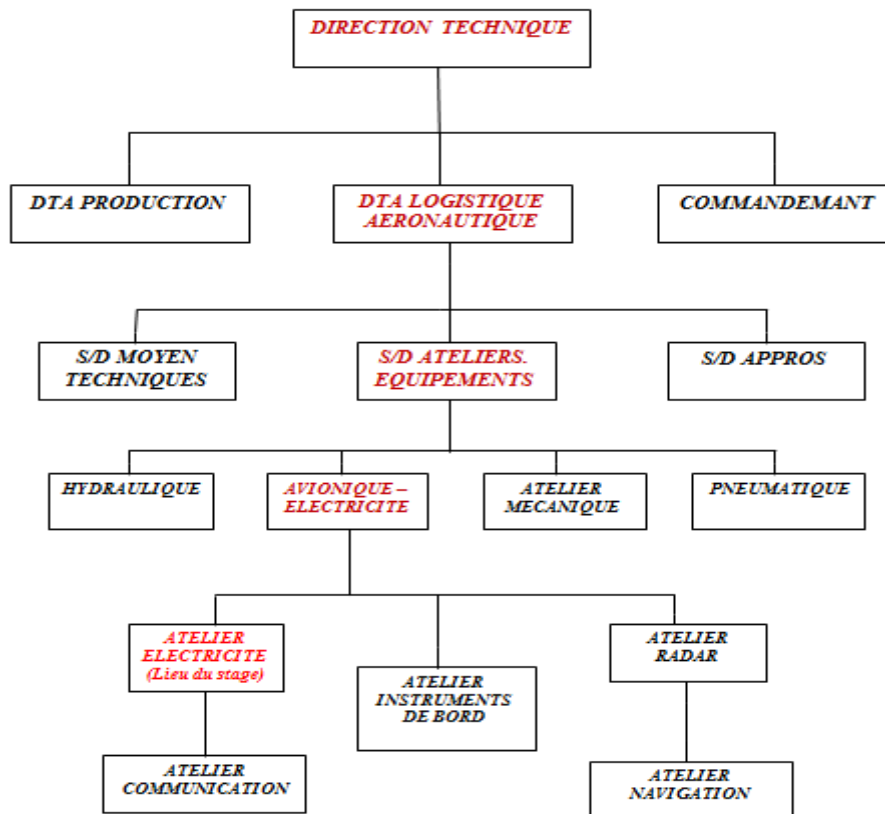


Fig. I.2 : Organigramme d'organisation de la DT

## I.4 Flotte actuelle d'Air Algérie :

Air Algérie a acquis dans son histoire des aéronefs toujours à la pointe de la technologie pour répondre aux besoins de sa clientèle. Une opération de rajeunissement de sa flotte a été entamée par l'acquisition de 14 avions Boeing B737 nouvelles générations et de 5 avions gros-porteurs airbus A330-200 pour le transport à long et moyen-courrier et 8 avions de transport régional donc court courrier du type ATR 72-500. La dite opération est continue vers le renforcement de la flotte par le lancement d'opération d'achat de 5 autres avions B737 NG et de 4 avions type ATR 72-600 toujours dernière génération.

# Chapitre I : Généralités

## I.5 Présentation De L'appareil Boeing 737 NG :

Boeing s'est vu retourner à la planche à dessin pour offrir à ses clients une nouvelle génération de 737 techniquement évoluée capable de répondre aux nouvelles exigences du transport commercial.

Le Boeing 737 est un avion très utilisé par les compagnies aériennes pour leurs vols domestiques et moyen-courrier. Depuis son premier vol le 9 avril 1967, le Boeing 737 a été décliné en 9 versions et produit en 5942 exemplaires (chiffres donnés par Boeing en février 2009), ce qui en fait l'avion le plus vendu au monde.

La première version du Boeing 737-100 a été exploitée commercialement par Lufthansa, le 10 février 1968. Produit en seulement 30 exemplaires, il sera vite remplacé par le Boeing 737-200 offrant une plus grande capacité. Il s'agit de biréacteurs ((deux moteurs de type JT8D) (1144 ont été produits) un sous chaque demi-aile)) ce dernier partage 60% de sa cellule avec le Boeing 727, y compris les moteurs de même type (3 sur le B727) cela été dans le but de limiter les coûts.

Le premier vol du Boeing 737-200 se déroulera le 8 août 1967 et son premier vol commercial sera opéré par United Airlines le 28 avril 1968 entre Chicago et Grand Rapids. Le 737-200 sera vendu en plus de 2000 exemplaires dont 865 737-200 Advanced.

Dans les années 1980 Boeing décide de moderniser ses avions et une deuxième génération de 737 va être produite, les 737-300, 400 et 500. Près de 2000 avions de cette seconde génération de 737 équipées de réacteurs CFM56-3 plus moderne et plus économique.

Face à la montée en puissance d'Airbus au début des années 1990 et le succès de son A320 Boeing lance une nouvelle génération de son appareil moyen-courrier, le 737NG avec un cockpit moderne entièrement numérique et une nouvelle motorisation. Le Boeing 737 Next Generation sera décliné en 4 versions, le 737-600, 700, 800 et 900. Avec une voilure plus étendue et des moteurs plus efficaces, le Boeing 737 NG est en mesure désormais d'effectuer des vols capables de traverser le continent.

Le plus petit de ces avions de nouvelle génération et le Boeing 737-600, de même taille que le 737-500. Il fera son premier vol le 22 janvier 1998 et sera exploité le 18 septembre 1998 par Scandinavian Airlines System. Construit en 68 exemplaires le Boeing 737-600 sera vite remplacé par des appareils offrant une plus grande capacité, les 737-700 et 800 qui représentent aujourd'hui l'essentiel des

# Chapitre I : Généralités

commandes de Boeing 737 par les compagnies aériennes. Le Boeing 737-700 avec sa capacité maximale de 149 sièges est le concurrent direct de l'Airbus A321. Le 737-800 pouvant accueillir jusqu'à 189 passagers s'attaque à l'Airbus A320 tandis que le Boeing 737-900ER et ses 215 places maximales est en compétition avec l'Airbus A321. Le prix catalogue des Boeing 737 varient de 50 à 85 millions de dollars selon les modèles.

La compagnie nationale du transport aérien (Air Algérie) compte à nos jours une vingtaine d'appareils de ce type, 15 de **B737-800**, 5 de **B737-600** et 3 de **B737-300**.

## ***I.5.a*** Fiche Technique De B 737-800(NG) :

Type d'avion : avion de ligne

Constructeur : Boeing

Années du premier vol : 1997

Pays : États-Unis

## **I.5.b** Caractéristique De L'avion Boeing 737-800 (NG) :

<b>Spécifications</b>	<b>U.S.</b>	<b>Métriques</b>
Vitesse Max	Mach 0.82	
Vitesse de croisière	Mach 0.785 ou 477noeuds	853 k/h
Moteurs	CFMI CFM56-7	
Autonomie Maximale	5060 Nm	5665 km
Plafond opérationnel	41000 pieds	12497 m
Capacité en Carburant	6875 gallons	26020 L
Poids max au décollage	174200 livres	79010 kg
Longueur	125,5 pieds	39.5 m
Envergure	112,7 pieds	34.3 et 35.8
Hauteur	41,16 pieds	12.55 m
Passagers	162 / 189	

# Chapitre I : Généralités

## I.5.c Autres caractéristiques du B737 NG :

### ❖ Référence :

Vitesse Max = 0.82 Mach ou 340Kt

Turbulence = 0.76 Mach ou 280Kt

### ❖ Flaps ou Volets à l'atterrissage :

1, 2, 5 = 250 kt (*suivant charge*)

10 = 210 kt

15 = 200 kt

16 = 190 kt

30 = 175 kt

40 = 162 kt

### ❖ Phase de décollage :

Vitesse 80kt, annoncer « **80 nœuds** » (*sortie de zone RTO, freinage d'urgence*),

Vitesse 130kt, annoncer « **V1** » (*délester la roue avant*),

Vitesse 150kt, annoncer « **Rotation** » (*décollage*),

A 10° d'inclinaison, annoncer « **V2** »,

Taux de montée positif, rentrer le train d'atterrissage,

A 1000Pieds, rentrer les volets progressivement,

Vitesse 250kt jusqu'à 10000pieds,

A 10000Pieds couper phares d'atterrissage.



# Chapitre I : Généralités

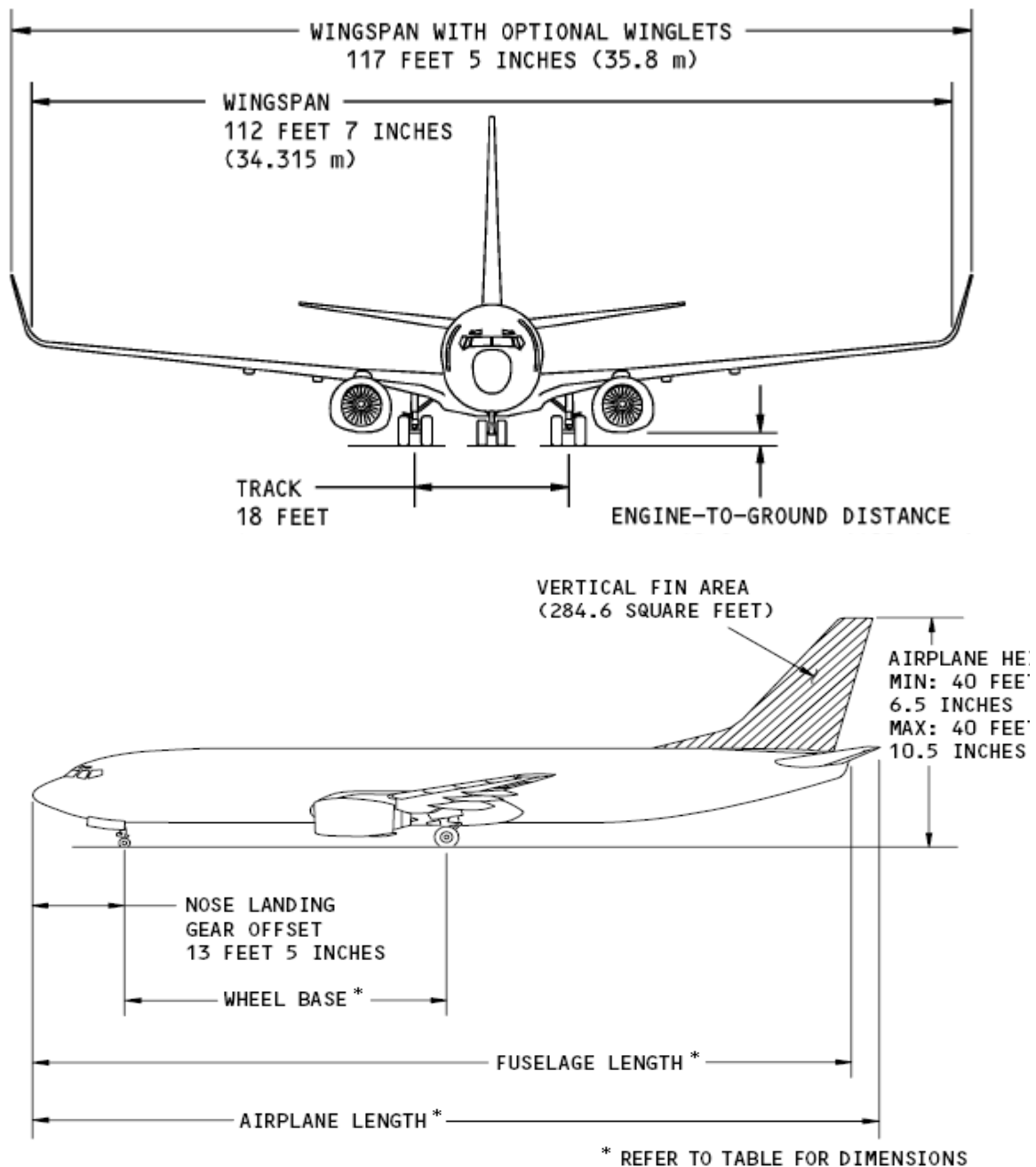


Fig. I.3.a: Dimensions de l'avion B 737-800 (NG)

Created with

# Chapitre I : Généralités

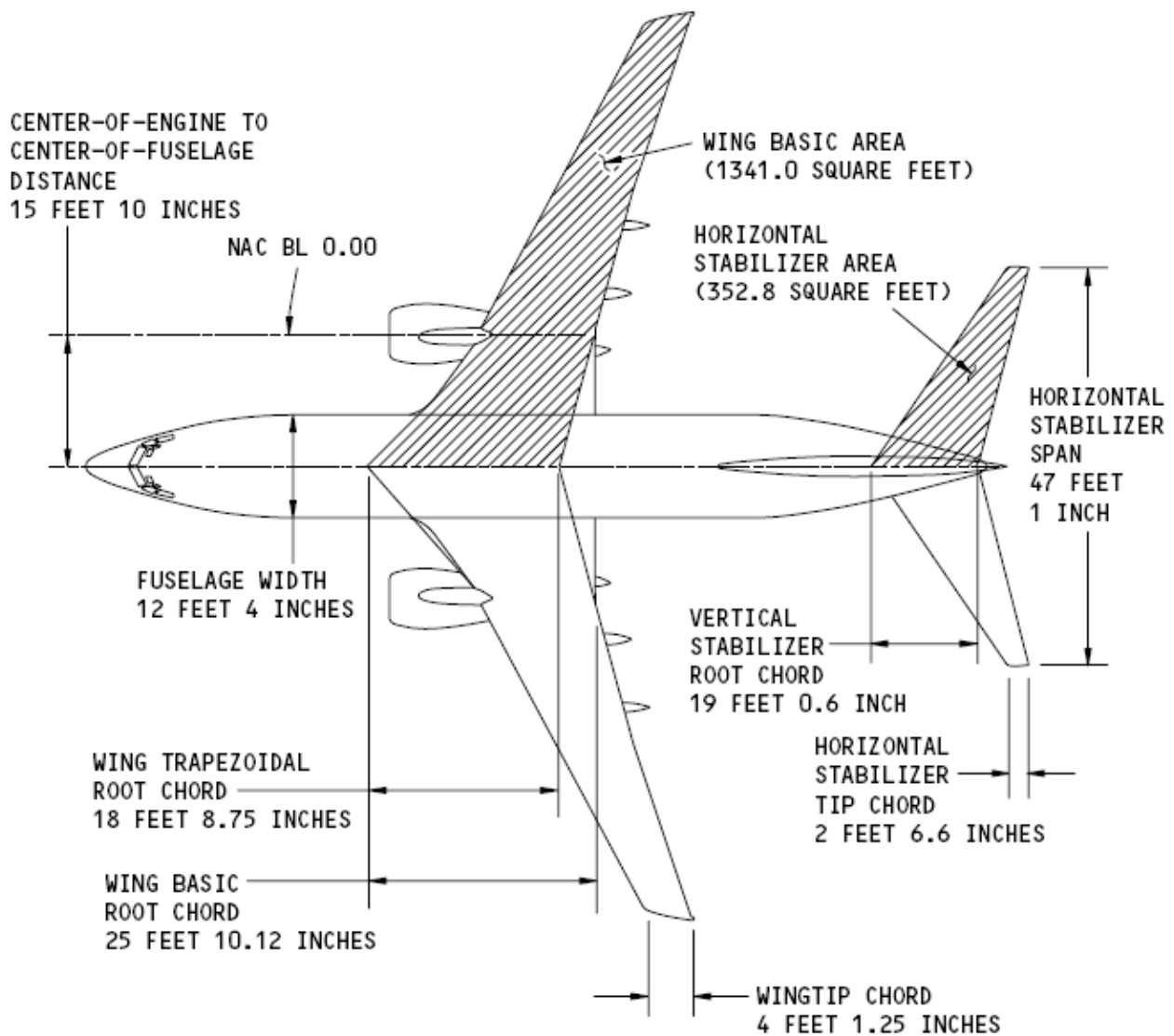


Fig. I.3.b: Dimension de l'avion B 737-800 (NG)

# Chapitre I : Généralités

---

## II Conclusion :

Dans ce chapitre, on a présenté le sujet de recherche où l'on a exposé les détails de l'étude. Ensuite, on a procédé à la présentation de l'entreprise puis on a défini ses différents objectifs et ceux de ses différentes sous-direction en particulier la direction technique. Enfin, on a présenté l'appareil le B 737 NG là où l'on a exposé sa fiche technique et ses différentes caractéristiques pour permettre de mieux connaître l'avion.

## Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

### I INTRODUCTION :

Afin d'assurer le bon fonctionnement des éléments de ses aéronefs, le constructeur BOEING a préconisé trois sources d'énergies à savoir : sources d'énergies pneumatique, hydraulique et électrique.

Pour notre étude nous nous intéressons à l'énergie électrique, l'avion nécessite non seulement des tensions alternatives mais également des tensions continues, telles que la batterie et la tension alternative abaissée redressée ceci d'une part et d'une autre, BOEING a placé un système de secours sur l'avion en cas de perte des sources d'énergies principales IDG1 et IDG2, ces sources sont représentées par l'APU et le convertisseur statique.

Comme on l'a déjà indiqué, la génération et la distribution de l'énergie électrique a bord du Boeing 737 NG est basée sur trois réseaux qu'on peut définir comme suit :

**-le réseau alternatif(AC).**

**-le réseau continu(DC).**

**-le réseau de secours(STAND-BY).**

Pour résumer on donne le tableau ci-dessous :

<b>ALTERNATIVE(AC)</b> <b>(3PH 115/200 V_400HZ)</b>	<b>CONTINUE(DC)</b> <b>115/28 V</b>
<b>FONCTIONNEMENT NORMAL</b>	
-Deux alternateurs de 90 KVA -Démarreur-générateur d'APU (90 KVA) -Puissance externe (groupe de parc) (90 KVA).	Trois transformateurs redresseurs (TR1, TR2, TR3)
<b>SECOURS (STAND-BY)</b>	
Convertisseur statique Monophasé 115V_400HZ	Une batterie de nickel cadmium



## Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

Il existe deux règles à tenir sur la génération du courant alternatif à bord d'un Boeing 737 :

- 1- les sources du courant alternatif ne peuvent pas fonctionner en parallèle. Seulement un seul générateur : IDGs, l'APU, ou le groupe de parc peut alimenter l'autobus de transfert.
- 2- Si une deuxième source est connectée, la première source sera automatiquement désactivée.

## II LES DIFFERENTS RESEAUX DU SYSTEME ELECTRIQUE :

### II.1 Le Réseau Alternatif :

Le système de génération alternative est un système triphasé comportant quatre fils qui fonctionne à une tension nominale de 115/200 V, 400 Hz. Il est composé d'autobus de transfert, d'office, un autobus de secours à Courant alternatif. Et des autobus de service sol. Les autobus de transfert sont reliés par des autobus et un système d'interrupteur d'autobus (BTB). Si le réseau est en état de fonctionnement normal (**IDG1** et **IDG2**) connecte alors, les BTB s'ouvrent pour empêcher le fonctionnement parallèle des générateurs. Si seulement une seule source d'énergie alimente le réseau, alors un ou les deux BTB seront fermés pour alimenter les deux autobus de transfert.

Les sources de courant alternatif : le groupe de parc, les générateurs d'APU, les **IDGs** et les convertisseurs statiques.

#### II.1.a **IDG** : (Integrated Drive Generator):

C'est la source normale de génération de courant alternatif En vol. Il y a deux IDGs sur l'avion. Chacun assure une puissance de 115/200v AC à 400 Hz. L'IDG peut fournir jusqu'à 90 KV.

#### ❖ **Description et fonctionnement (figure II.2) :**

L'IDG est un ensemble d'une section hydromécanique d'entraînement à vitesse constante (CSD) et un générateur à CA. L'IDG inclut également un générateur permanent d'aimant (pmg) pour la puissance de contrôle et d'excitation. La lubrification et le refroidissement des composants du CSD et du générateur sont assurés par le même circuit d'huile. La section de CSD entraîne le générateur à une vitesse constante de 24.000 t/mn. Le générateur assure 115/200v AC, 400 Hz et une puissance de 90 KV.

## Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

L'IDG est un générateur du courant alternatif triphasé. Ce dernier comporte un générateur d'excitation à courant alternatif et un générateur principal. Le générateur (pmg) est un rotor comportant un aimant et un redresseur de pmg.

Le rotor de pmg induit une tension alternative dans le redresseur pendant que le générateur tourne. La tension de pmg se dirigera vers le boîtier de contrôle de l'alternateur GCU qui permet de rectifier la tension alternative de pmg au courant continu.

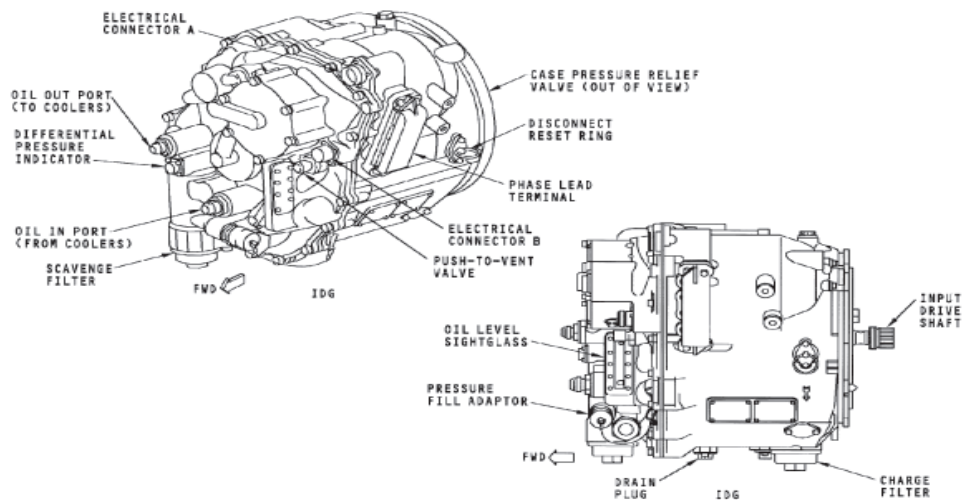


Fig.II. 2 :L'IDG

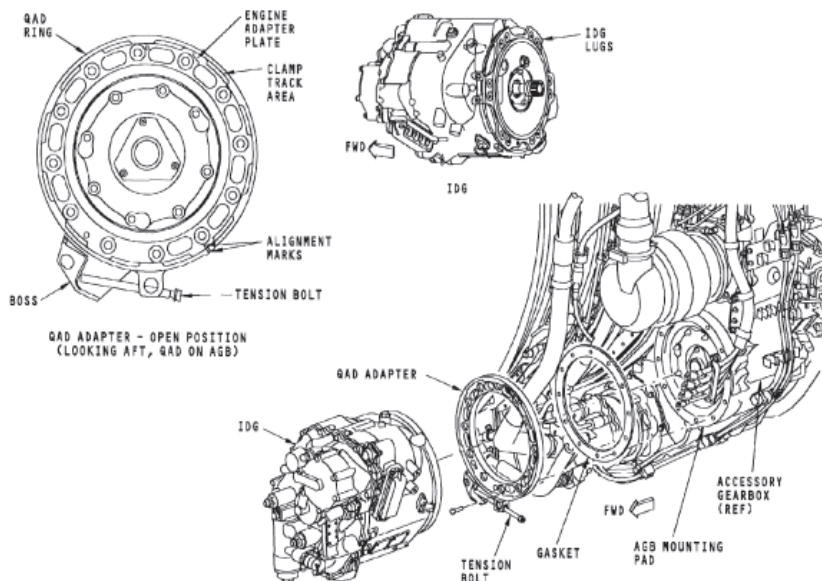


Fig. II.3 : Emplacement de L'IDG sur le boîtier d'accessoire

## Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

### II.1.b Générateur d'APU :

Le générateur d'APU a deux fonctions. D'abord, l'APU fournit le courant alternatif pour les fonctionnements au sol et assurer le courant électrique pendant le vol comme réserve aux IDG. Le démarreur-générateur met en marche également l'APU.

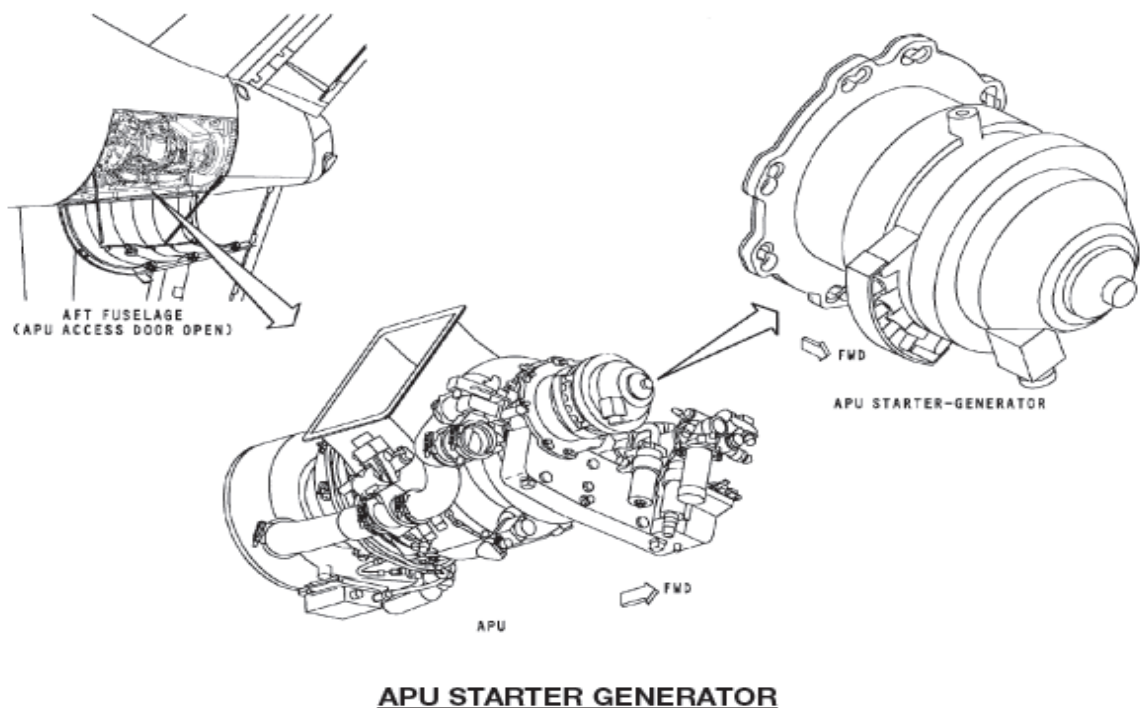
#### ❖ Description Générale (figure II.4):

Le démarreur-générateur d'APU est une machine triphasée, sans brosse et refroidie à huile, qui tourne à 12.000 t/mn. Le générateur inclut ces composants :

- un exciteur
- un générateur principal
- un générateur permanent d'aimant (pmg)

Le pmg assure la puissance pour la mise en train, et le contrôle de tension du canal d'APU.

L'APU fournit 3 phases, 115/200 V à 400Hz et une puissance de 90 KVA en-dessous de 32.000 pieds (9753 mètres) et peut fournir 66 KVA à 41.000 pieds (12.496 mètres).



**Fig. II. 4 : description du générateur d'APU**



## Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

### II.1.c L'alimentation par le Groupe De Parc (figure II. 5) :

Le panneau de puissance externe est l'endroit pour l'indication de raccordement du courant alternatif externe et pour l'utilisation de puissance.

La source d'énergie externe fournit le courant alternatif à l'avion entre temps autres composants électriques d'avion changent le courant alternatif en alimentation DC.

L'unité de puissance externe et ces composants:

- prise de courant externe
- conjoncteur de puissance externe (EPC)
- unité de commande de puissance d'autobus (BPCU)



**Fig. II.5 : Alimentation par le groupe de parcs**

#### ❖ Description Générale :

La puissance externe est la source normale en courant alternatif pour le système électrique de l'avion lorsqu'elle est au sol. Elle nous laisse mettre les IDGs et l'APU hors circuit et alimente aussi le chargeur de batterie.

## Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

L'unité de commande de puissance d'autobus (BPCU) contrôle la distribution de la puissance externe sur l'avion. Le BPCU comporte l'équipement de test intégré (MORSURE) pour le dépannage du système d'alimentation externe.

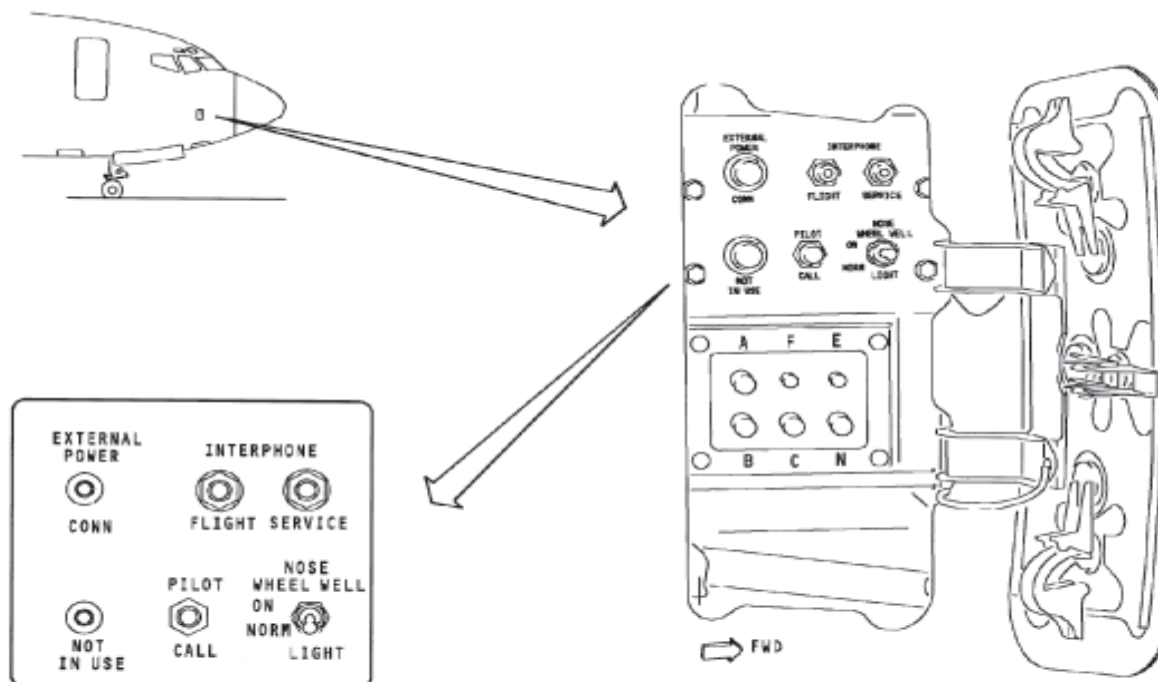
Les commutateurs du système AC, générateur, module d'APU et l'élasticité propre avant de panneau nous permet le contrôle manuel et l'indication de la puissance externe.

### ❖ **Prise du courant Externe (figure II.6):**

Le panneau de puissance externe est l'endroit pour l'indication de raccordement du courant alternatif externe et l'utilisation de la puissance. Elle est située à la droite de la partie inférieure du fuselage d'avant.

La section de contrôle et d'affichage a ces composants:

- indicateur de connexion de puissance externe
- indicateur de puissance externe **pas en service**
- cric d'interphone de vol
- service du cric d'interphone
- commutateur d'appel du pilote.
- commutateur de commande de lumière de logement du train avant.



**Fig. II.6 : Prise de courant externe**

## Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

### II.2 Réseau Continue (DC): (figure II.7):

Le réseau continue (DC) permet de fournir l'alimentation en 28 V DC en utilisant les différentes sources de générations continue.

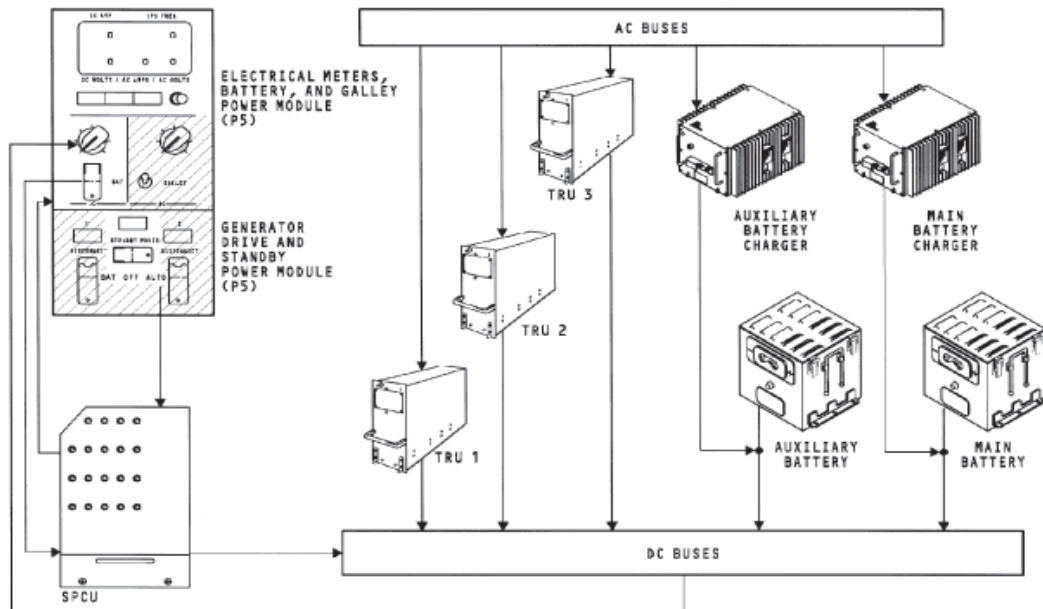


Fig. II.7 : Génération et distribution en continue

#### II.2.a TRUs ou Transformateurs Redresseur (figure II.8):

Ils permettent de transformer l'énergie alternative 115V AC triphasée en 28V DC non réglé. Chaque TRU peut fournir jusqu'à 75 A quand l'air de refroidissement d'avion est disponible.

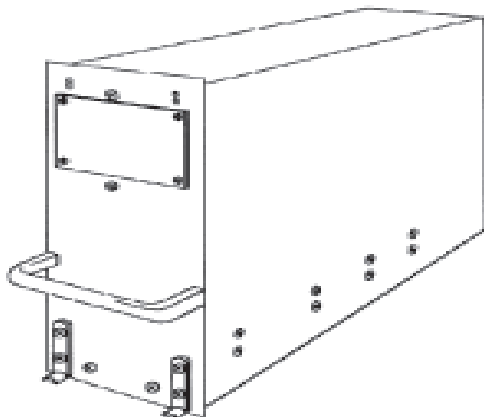


Fig. II.8 : Allure du transformateur redresseur

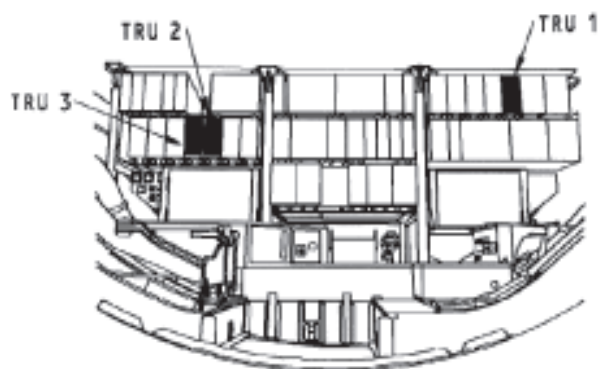


Fig. II.9 : Emplacement des transformateurs

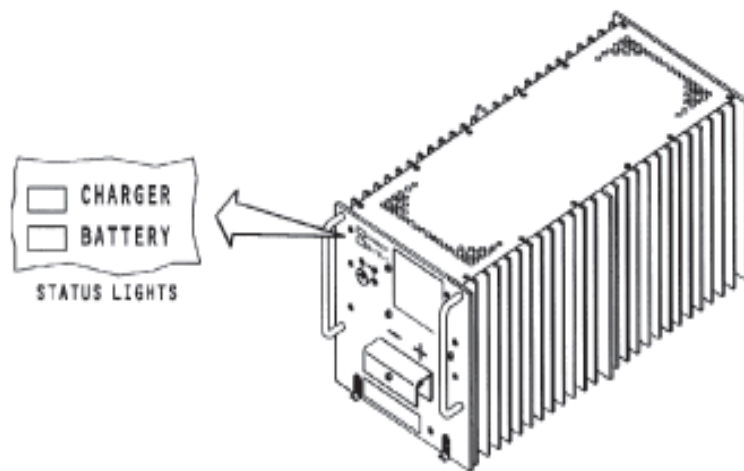
### II.2.b Chargeur de batterie (figure II.10) :

#### ❖ Le chargeur de batterie principale :

Alimenté par le réseau alternatif, le chargeur assure le chargement permanent de la batterie et alimente les barres bus du réseau continu (DC).

#### ❖ Le chargeur de batterie auxiliaire :

Il est conçu juste pour charger la batterie auxiliaire qui est à son tour alimenté par une source d'énergie de 115 V AC triphasée en étoile en mode normale.



**Fig. II.10 : Chargeur de batterie**

### II.2.c La batterie (figure II.11):

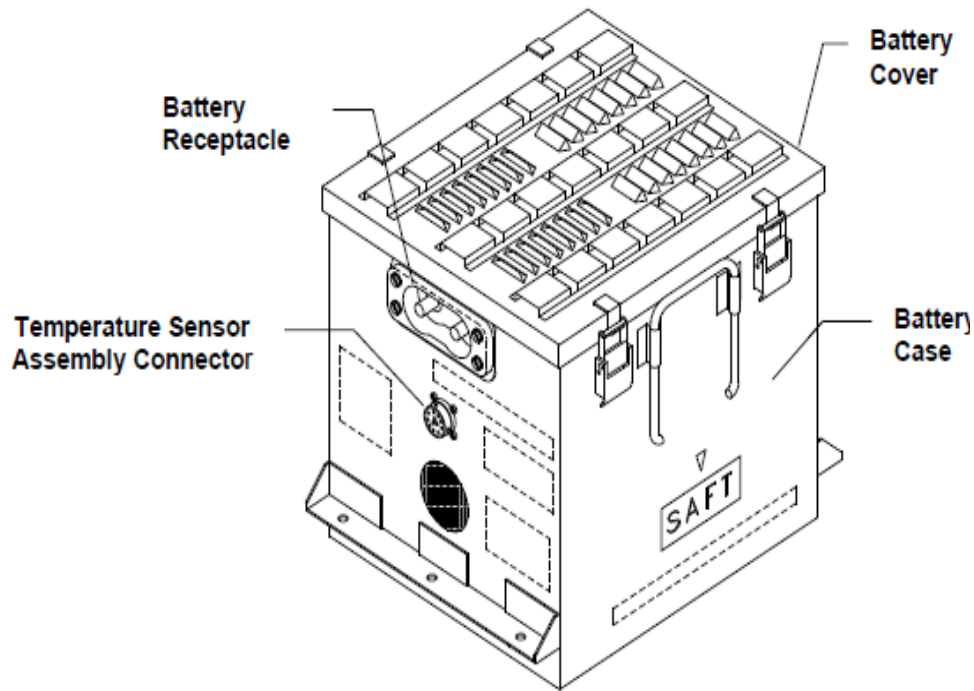
La batterie de cadmium nickel permet de générer une énergie au système de secours ou pour l'amorçage de l'APU.

La batterie se compose de 20 cellules emballées par un cache et un capteur de température.

Le détecteur inclut un thermostat monté sur la face de la cellule d'extrémité de la rangée centrale des cellules et permet de mesurer la température interne de la batterie.

Une thermistance de contrôle de charge est située entre les cellules 6 et 9 dans la rangée centrale des cellules ; Elle fournit un signal au chargeur pour compenser la charge selon la température de batterie.

Ces batteries assure un minimum de 60 minutes d'alimentation DC de réserve et leurs capacité est de **48 ampère-heure**.



**Fig. II.11 : Allure de la batterie cadmium /nickel**

Tension:	
Nominal :	24,0 V
Tension de circuit ouvert, entièrement chargée :	26,0 V
Poids :	43,54 Kg (96 livres)
Dimensions (Maximum):	
Taille :	289,56 mm (11,4 pouces)
Longueur (parenthèses latérales y compris) :	330,20 mm (13,0 pouces)
Largeur (poignées y compris) :	279,40 mm (11,0 pouces)
Borne d'assemblage des Cellules:	M10 X 1,25, fileté de l'extérieur
Nombre de cellules assemblées:	20
Modèle de cellules:	Saft-Type Cvh-531-ka
Capacité Évaluée :	53 A au taux d'une heure
Fin de capacité de vie :	48 A au taux d'une heure
Pression De Mise à l'air libre:	0,14 à 0,7 Bar
Matériel D'Assemblage De Cellules:	polyamide
Matériel De Caisse De Batterie:	Acier inoxydable
Électrolyte:	Hydroxyde De Potassium

❖ Le capteur de température (figure 12):

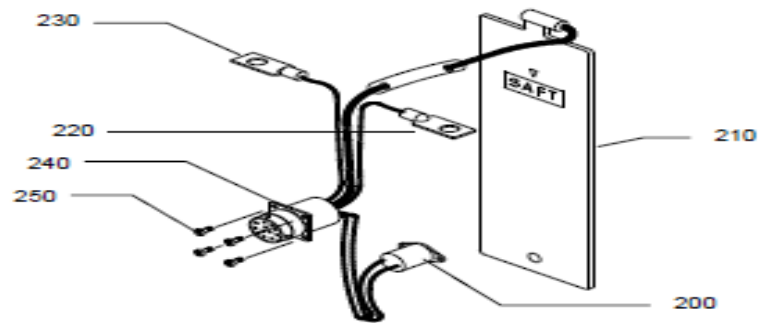


Fig. II.12 : Capteur de température

Le thermostat déconnectera le chargeur si la température de batterie dépasse une limite de fonctionnement sûre.

❖ Cellule de batterie (figure 13):

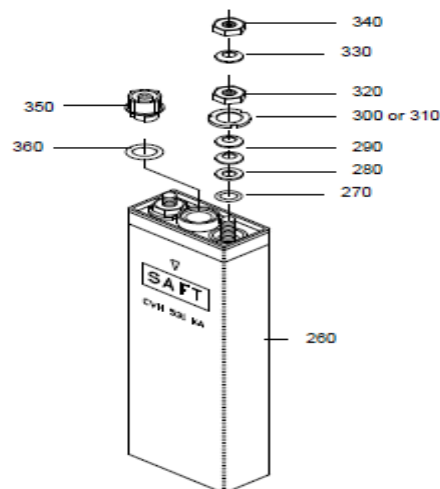


Fig. II.13 : Cellule équipant la batterie

### II.2.d Autobus Chaude de Batterie :

L'autobus chaud de batterie reçoit de l'énergie DC à partir de la batterie principale ou du chargeur à l'aide d'une barre omnibus à 28V DC qui est alimentée par la batterie principal ou son chargeur dans le fonctionnement normale. Mais dans le cas contraire l'alimentation se fera par la batterie principale et de la batterie auxiliaire.

## Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

### II.3 Système d'alimentation générale (STANDBY POWER) :

Le système d'alimentation de secours **STANDBY POWER** permet d'assurer une tension monophasée 115 V CA, 400. cette tension est générée par le convertisseur statique qui est alimenté par les batteries à travers le Relai de contrôle **RCCB**, ce dernier est un disjoncteur qui permet de mettre les deux batteries en parallèle.

#### II.3.a Convertisseur statique (figure II .14):

Le convertisseur statique suivant convertit la tension 28 V DC en une tension AC 115 V /400 Hz monophasé

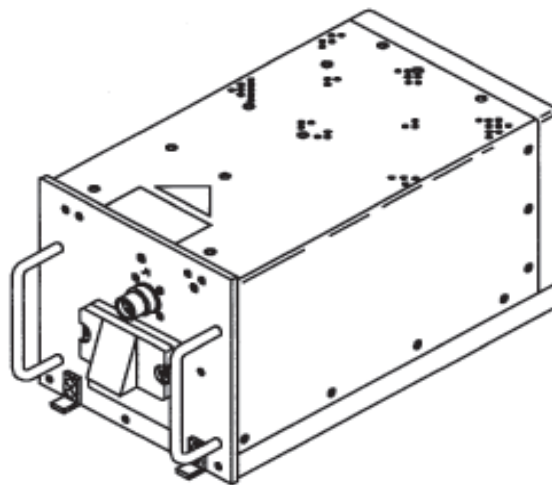


Fig. II.14 : Allure du convertisseur statique

### III Principe de fonctionnement de la génération électrique :

#### III.1 Au Sol :

Les sources d'énergie électrique au sol sont représentées par l'Unité d'Energie Auxiliaire **APU** et le groupe de parc.

#### III.1.a Alimentation par le groupe de parc :

En appuyant sur le bouton GRD SVC on effectue une connexion d'une tension de 115 v aux bornes des deux GRD et GRD SVC BUS2 à travers des deux relais de transfert GRD SVC BUS1 RLY1 et GRD SVC XFR RLY2.

-le relais GRD SVC XFR RLY1 est en position II, il assure l'alimentation du GRD SVC BUS1, à son tours ce dernier alimente le chargeur de batterie auxiliaire aux BAT CHGR

Pour la charge de AUX BAT.

## Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

- le relais GRD SVC XFR RLY2 est en position II, il assure l'alimentation de GRD SVC BUS2 qui à son tours alimente le chargeur de batterie principale MAIN BAT CHGR pour charger la batterie principale MAIN BAT, et en même temps il assure l'alimentation de la batterie chaude HOT BAT BUS ainsi que la GRD SVC BUS qui reste toujours alimentée.

En mettant le Switch BAT sur la position ON, les relais correspondant sont mis alors sous tension automatiquement pour alimenter les BUS suivants :

DC STBY BUS

SW HOT BAT BUS

BAT BUS

AC STBY BUS à travers le convertisseur statique.

Quand on branche le groupe de parc, le voyant GRD POWER AVAILABLE, s'affiche en bleu.



La lumière de « **GRN POWER AVAILABLE** » illumine quand le groupe de parc de la bonne qualité est relié à l'avion. La lumière ne s'éteint pas après que le groupe de parc soit relié à un autobus.

En mettant le Switch GRD PWR sur la position ON, on aura la fermeture des relais EPC et BTB1 ainsi que BTB2 afin de fournir de l'énergie aux deux autobus de transfert AC XFR BUS1 et AC XFR BUS2.

L'alimentation de GRD SVC BUS1 est assurée par le relais GRD SVC XFR RLY1 qui est en position I, comme il alimente le chargeur de batterie auxiliaire AUX BAT CHGR.

en même temps l'AC XFR BUS1 alimente :

GALLEY

MAIN BUS1

AC STBY BUS à travers le relais STBY NORMAL RLY.

TRU1 : sert à transformer et à redresser la tension de 115V AC en 28 DC pour alimenter la DC BUS1 qui fournit la tension au BUS DC STBY BUS à travers le relais STBY NORMAL RLY.

L'alimentation de BUS AC XFR BUS2 est assuré par le relais BTB2 ,pour alimenter le BUS GRD SVC BUS2 à travers les relais GRD SVC XFR RLY2 qui alimentent aussi le chargeur de batterie principale MAIN BAT CHGR afin d'assurer la charge de la batterie principale



## Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

MAIN BAT ,en plus de ça il alimente le BUS HOT BAT BUS qui reste toujours branchée pour fournir de l'énergie en 28V DC au BUS GRD SVC DC BUS à travers le relais GRD SVC BUS RLY ,et fournit le 28V DC au BUS SW HOT BUS RLY et alimente le convertisseur statique à travers le relais RCCB.

En même temps le bus AC XFR BUS2 alimente :

GALLEY

MAIN BUS2

TR2 : qui fournit le 28 V DC

BUS2, TRU3 : alimente la BAT BUS

### III.1.b Alimentation par l'APU :

Une fois l'APU démarrée, le BPCU contrôle la tension et la fréquence puis il envoie un signal vers les GCPI et GCP2 pour contrôler les BTB1 et BTB2 pour alimenter les BUS AC XFR BUS

La fermeture des relais APB et BTB1 permet d'alimenter le BUS AC XFR BUS1 qui, a son tour alimente le BUS GRD SVC BUS1 par le relais GRD SVC XFR RLY1 qui est en position (I), il assure aussi l'alimentation du chargeur de batterie auxiliaire AUX BAT CHGR afin de charger la batterie.

Le BUS AC XFR BUS1 permet aussi d'alimenter chacun de :

-AC STBY BUS à travers les relais STBY NORMAL RLY

-TRU1 : pour transformer la tension 115V AC en 28V DC pour alimenter le bus DC BUS1 qui fournit la tension à la DC BUS à travers le relais STBY NORMAL RLY.

La fermeture des relais APB et BTB2 permet d'alimenter la bus AC XFR BUS2 qui sers à son tours d'alimenter la bus GRD SVC BUS2 par le relais GRD SVC XFR RLY2 qui est en position (I)

Il assure aussi l'alimentation du chargeur de batterie principale MAIN BAT CHGR ,afin de charger la batterie principale MAIN BAT et encore il assure l'alimentation de la batterie chaude HOT BAT BUS qui reste toujours alimentée pour fournir de l'énergie de 28V DC à la GRD SVC DC BUS à travers le relais GRD SVC BUS ELY et fournit aussi le 28V DC à la SW HOT BAT BUS à travers le relais SW HOT BAT BUS RLY et alimente le convertisseur statique à travers le circuit breaker RCCB.

La bus AC XFR BUS2 alimente aussi chacun de:

-GALLEY

-MAIN BUS2

## Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

-TRU2 : fournit le 28V DC pour alimenter le DC BUS2.

-TRU3 : alimente la BAT BUS à travers le relais BAT BUS NORMAL RLY.

### III.2 Fonctionnement en vol :

Dans ce cas l'alimentation par l'énergie électrique s'effectue à l'aide des IDGs, ces derniers sont entraînés par les moteurs, et chaque IDG fonctionne indépendamment de l'autre.

#### III.2.a IDG1 :

La fermeture du relais GCB1 permet d'alimenter la bus AC XFR BUS1 qui à son tours alimente la bus GRD SVC BUS1 à travers le relais GRD SVC XFR RLY1 ce dernier alimente le chargeur de batterie auxiliaire AUX BAT CHGR pour assurer le chargement continu de la batterie.

#### III.2.b IDG2 :

La fermeture du relais GCB2 permet d'alimenter le bus AC XFR BUS2 qui à son tours alimente le bus GRD SVC BUS2 à travers le relais GRD SVC XFR RLY2 cette dernière alimente le chargeur de batterie principale MAIN BAT CHGR pour assurer le chargement continu de la batterie et assure l'alimentation de la HOT BAT BUS qui reste toujours alimentée pour fournir de l'énergie de 28V DC à la GRD SVC DC BUS à travers le relais GRD SVC BUS ELY et fournit aussi le 28V DC à la SW HOT BAT BUS à travers le relais SW HOT BAT BUS RLY et alimente le convertisseur statique à travers le circuit Breker RCCB.

### III.3 Fonctionnement en cas de panne :

Pendant le vol, si une source d'énergie tombe en panne, le système électrique coupe automatiquement la puissance sur quelques autobus pour diminuer la charge électrique, ce procédé est désigné sous le nom du " **délestage** ". Les barre « GALLEY BUS » seront les premières à être désactiver.

Si la charge continue à être plus grande que le courant électrique disponible, les autobus principaux « MAIN BUS » à courant alternatif seront désactivés. Jusqu'à ce que la charge est moins que la limite du système, en revanche si la charge diminue, la plupart des autobus seront réactivé automatiquement, en effet l'alimentation se fera par l'**IDG2**.

Dans le cas où le deuxième générateur « **IDG2** » tombe en panne, les « **GCB1** et **GCB2** » s'ouvrent et les « **BTB1** et **BTB2** » se ferment pour connecter le générateur d'APU.

### III.4 Les différents cas de pannes en vol

#### III.4.a IDG1 en marche et IDG2 en panne :

Dans ce cas, le GCB2 s'ouvre pour couper l'IDG2 du reste du réseau à l'instant les relais BTB1 et BTB2 se ferment pour alimenter la bus AC XFR BUS2.

Cela se fait en mettant le Switch GRD PWR du module de génération sur la position **ON** cette action provoque l'apparition du voyant **GEN OFF BUS2** qui indique que **AC XFR BUS2** n'est pas alimenté par l'**IDG2**.

La lumière du « **GEN OFF BUS** » nous indique que la puissance de l'autobus de transfert n'est pas fournie à partir de l'**IDG**.



Dans ce cas le voyant **SOURCE OFF2** également s'allume pour indiquer que la source appropriée n'alimente pas la bus **AC XFR BUS2**



La lumière peut également illuminer quand un commutateur de générateur « **GCB** » est ouvert ou le générateur ne fournit pas la puissance à l'autobus de transfert.

#### III.4.b IDG2 en marche et IDG1 en panne :

De même dans ce cas, le **GCB1** s'ouvre pour isoler l'**IDG1** du réseau, les relais **BTB1** et **BTB2** vont se fermer pour permettre à l'**IDG2** d'alimenter le bus **AC XFR BUS1**.

Le bus AC XFR BUS2 alimente le GRD SVC DC BUS2 à travers le relais GRD SVC XFR DC RLY2 qui est en position I, à son tour ce dernier alimente le MAIN BAT CHGR pour charger la batterie MAIN BAT. Du fait l'alimentation continue est assurée par le HOT BAT BUS pour fournir l'énergie de 28 V DC à la GRND SVC DC BUS à partir du relais SW HOT BAT BUS RLY qui est en état de fonctionnement continu pour alimenter le convertisseur statique par l'intermédiaire du circuit breaker **RCCB**.

Les TRU2 et TRU3 continuent d'être alimentés.

## Chapitre II : Description du réseau de génération électrique

### III.5 Remplacement des IDGs par l'APU :

#### III.5.a L'IDG1 en panne :

Dans ce cas, au moment où on met le Switch APU GEN à la position ON les relais APB et BTB1 vont se fermer pour alimenter la bus AC XFR BUS1 et la AC XFR BUS2 reste alimenté par l'IDG2.

#### III.5.b L'IDG2 en panne :

Dans ce cas, au moment où on met le Switch APU GEN à la position ON les relais APB et BTB2 vont se fermés pour alimenter le bus AC XFR BUS2 et le AC XFR BUS1 reste alimenté par l'IDG1.

### IV Contrôle :

Les BPCU et les GCU contrôlent et protègent le système électrique.

Le GCU contrôle et affiche la qualité de l'alimentation, en effet il génère un signal pour fermer l'interrupteur. Les GCU et les BPCU se communiquent l'un avec l'autre, d'où le BPCU surveille des positions d'interrupteur pour le système électrique puis contrôle les signaux envoyé par les DCU et les états des interrupteurs (BTBs) pour éviter les courts-circuits.

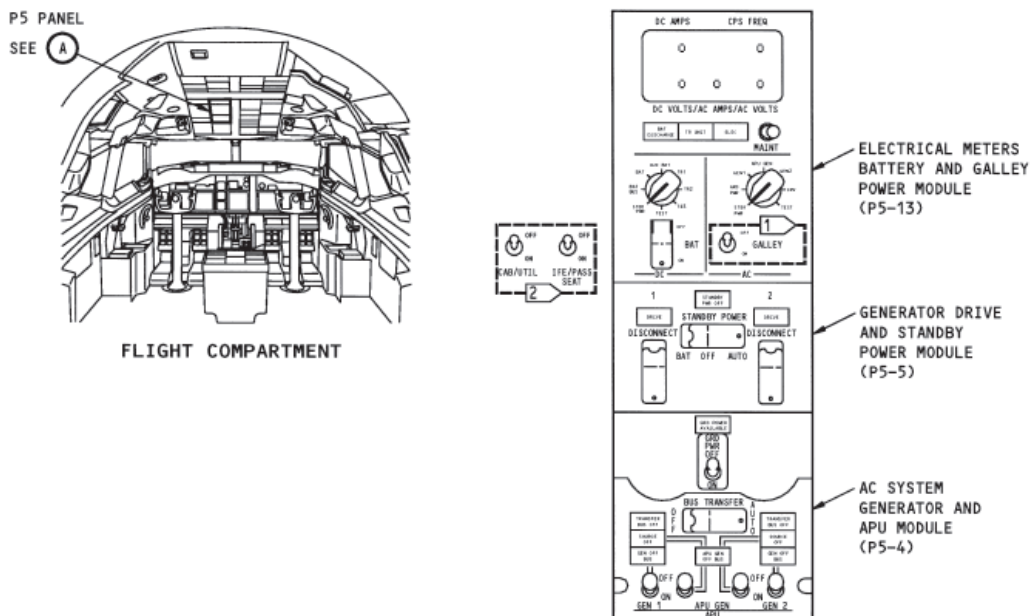
Le BPCU contrôle également la puissance aux autobus et aux offices principaux.

Si l'alimentation électrique est trop haute, le BPCU ouvre l'office et les relais principaux de hangar de charge d'autobus. La conception fiable laisse le système fonctionner avec l'échec du BPCU ou d'un GCU.

SCU contrôle la tension de générateur d'APU. L'AGCU fonctionne avec la SCU pour surveiller et garder la bonne puissance de générateur d'APU. Si l'énergie électrique de l'APU est d'une qualité inférieure l'AGCU ouvre l'interrupteur de puissance d'APU (APB) pour conserver le circuit.

#### IV.1 Contrôles manuels et indication (figure II.15):

Le panneau P5 supérieur avant contient ces trois secondaire-panneaux (modules) qui permettent le contrôle et les indications pour le réseau électrique.



**Fig. II.15 : Module de commande P5**

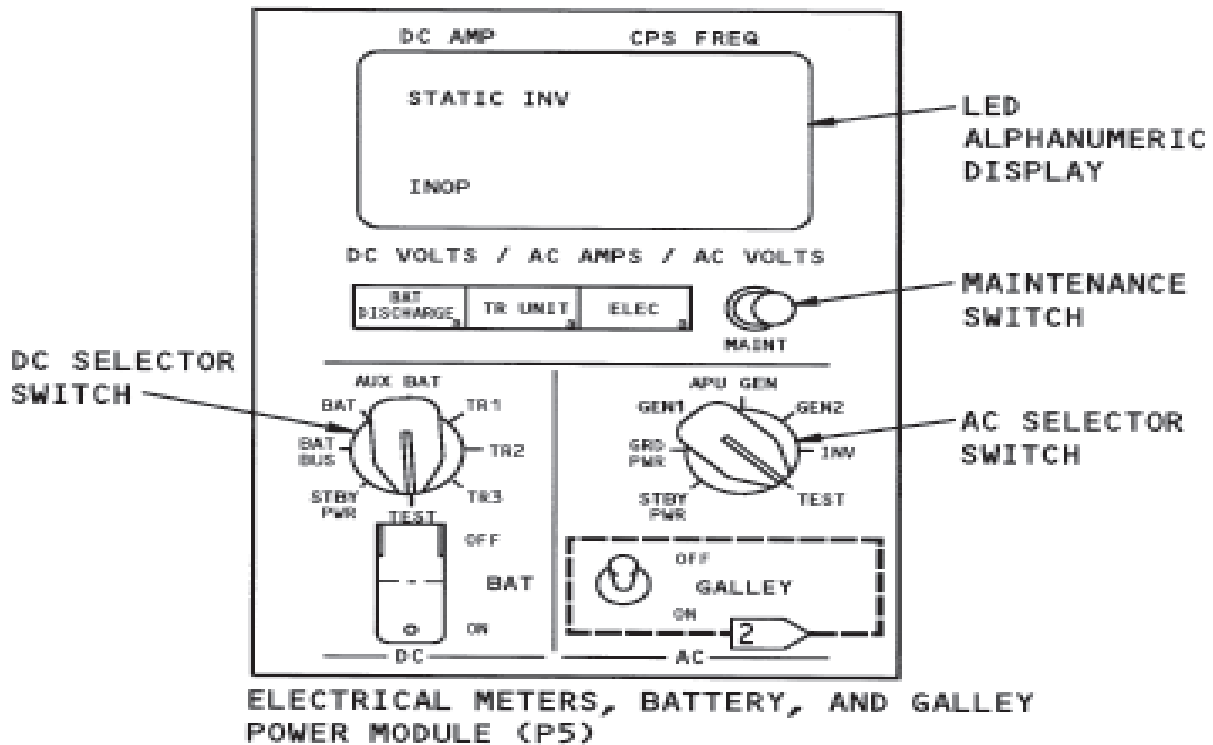
### IV.1.a P5-13 Electrical Meters, Battery and Galley Power Module (figure II.16):

Le commutateur de batterie contrôle les relais qui fournissent la puissance à la batterie aux barres omnibus courant continues et aux autobus de secours.

Le sélecteur de mètre à courant alternatif est un commutateur rotatoire de sept-position.

Il permet de choisir le canal à courant alternatif pour montrer les sections de VOLTS, ampères (intensité) et de FREQ de l'affichage alphanumérique. Il sert aussi à sélectionner le choix de GEN1, de GEN d'APU, ou de GEN2 en mode, indique l'affichage de la tension, le courant et la fréquence et permet aussi de choisir les alimentations de secours.

On utilise la position "TEST" du sélecteur de mètre à Courant alternatif. Quand on fait la MORSURE P5-13.



**Fig. II.16 : Module de commande P5-13**

### IV.1.b P5-5 Commande du générateur et module d'alimentation de secours (fig II.17) :

Utilisé pour un débranchement manuel des arbres d'entrée d'IDG dans la boîte d'engrenages d'accessoires du moteur (AGB). Le levier de début de moteur doit également être en position de ralenti pour faire un débranchement manuel d'un IDG.

La lumière d'entraînement de générateur montre un défaut de fonctionnement d'IDG. La lumière s'allume aussi quand la pression d'huile d'IDG est inférieure à la limite de fonctionnement ou dans le cas d'une fréquence non conforme.

Le commutateur d'alimentation générale permet le contrôle manuel pour neutraliser les autobus de secours ou pour dépasser le contrôle automatique des autobus de secours de l'autobus de transfert 1 à courant alternatif pour l'alimentation de batterie et du convertisseur.

La lumière de STANDBY PWR OFF s'allume quand les autobus suivant ne sont pas alimentés:

- autobus de secours a courant alternatif.
- autobus de secours a Courant continue.
- autobus de batterie.

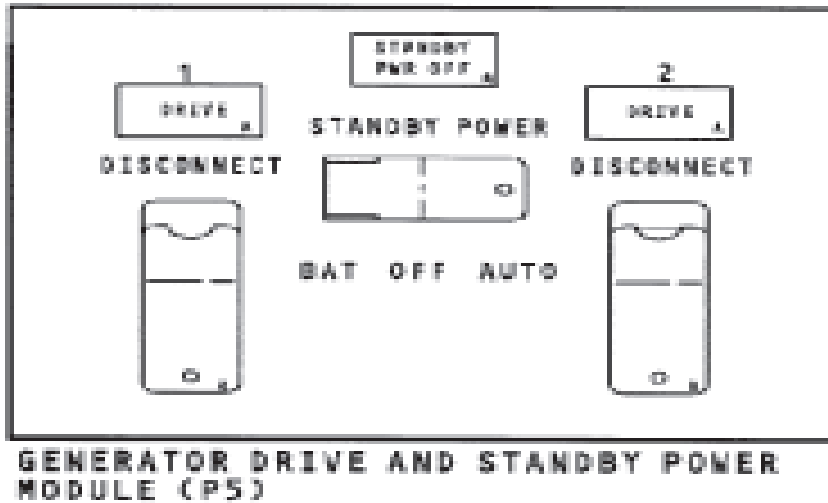
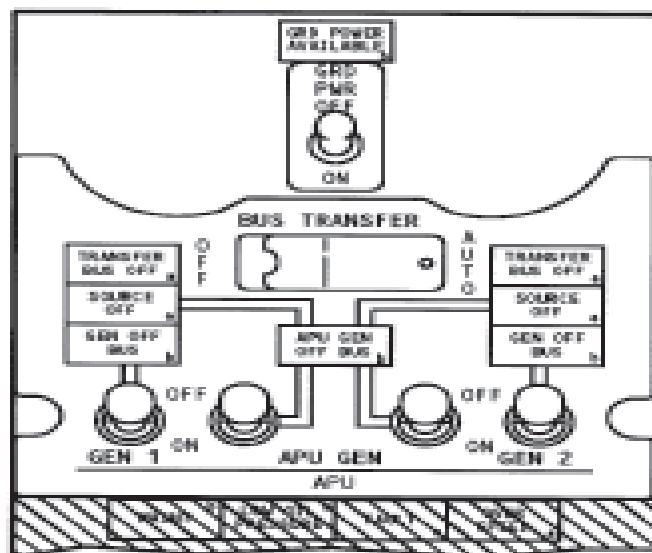


Fig. II.17 : Module de commande P5-5

IV.1.c P5-4 Système de générateur du Courant alternatif, et module d'APU (fig II. 18):

Ce module permet de contrôler les deux commutateurs d'APU. Chaque commutateur fournit les signaux "Marche/Arrêt" électriques pour laisser l'GCU de l'APU (AGCU) de fermer l'interrupteur de puissance d'APU (APB).

Le commutateur de transfert d'autobus fournit le contrôle "Marche/Arrêt" de la fonction automatique d'autobus de transfert. Le BPCU contrôle les interrupteurs (BTBs).



AC SYSTEMS, GENERATOR AND APU MODULE (P5)

Fig II.18 : Module de commande P5-4

### **V Conclusion :**

L'utilisation de l'énergie électrique à bord d'un avion est en augmentation exponentielle dans ces dernières années, car l'utilisation de cette énergie est plus avantageuse, à titre d'exemple, la facilite d'adaptation et de transport, la souplesse d'emplois. Le seul inconvénient est le risque d'incendie résulté de défaut de court-circuit.

L'emploi de fréquence élevée permet de réduire le poids des équipements de bord.

Dans ce domaine il aurait été possible d'élever encore ces fréquences, mais il ne faut pas oublier que les pertes par hystérésis ou par le courant de Foucault sont en fonction de la fréquence et viennent diminuée le rendement des appareils, alors on dit que la fréquence de 400HZ est en réalité un compromis entre les avantages et les inconvénients.



# Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique

## I Introduction :

L'électronique de puissance concerne le **traitement de l'énergie électrique**. Elle permet de convertir cette énergie disponible sous une forme donnée (continue, alternative, basse ou haute tension, etc..) en une autre. Dans ce contexte, ce n'est pas le niveau de puissance ou d'énergie traitée qui détermine ses spécificités, ce sont les applications et leurs contraintes d'usage. Ainsi, nous considérerons comme relevant du champ de la conversion statique d'énergie électrique, donc relevant de ses méthodes de description et d'analyse, un dispositif qui serait logé dans une montre bracelet (niveau de puissance de l'ordre de  $10\mu\text{W}$ ) au même titre qu'un système d'alimentation d'une locomotive de plusieurs MW.

## II Principes De Base De L'électronique De Puissance :

### II.1 Intérêt de la commutation pour les échanges d'énergie :

L'électronique de puissance est une électronique de commutation : idéalement, un interrupteur ouvert ou fermé ne dissipe pas d'énergie. Ainsi, il est possible de transférer de l'énergie entre une source d'entrée et une charge de sortie en contrôlant son transfert. A chaque cycle de commutation, un quantum d'énergie est donc transféré (ou stocké si un dispositif existe dans la structure) entre la source d'entrée et la sortie.

### II.2 Les Sources Statiques Et Dynamiques :

Les sources électriques existantes sont des générateurs de tension ou de courant, continus ou alternatifs. Par définition et en régime statique, une source de tension idéale impose une tension indépendamment du courant qui la parcourt ; une source de courant idéale impose un courant indépendamment de la tension à ses bornes.

Par extension, on parlera de sources dynamiques de tension ou de courant des dipôles tels que respectivement la tension et le courant ne peuvent varier instantanément à leurs bornes. Ce comportement est observé pour un condensateur (source dynamique de tension) ou une inductance (source dynamique de courant).

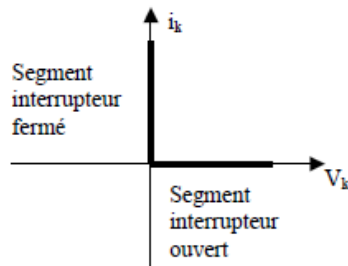
### II.3 Les Interrupteurs :

#### II.3.a Nombre de segments, régime statique et dynamique:

Un interrupteur idéal est considéré comme un dipôle orienté en convention récepteur, comme représenté sur la figure suivante. Sa caractéristique statique est donc composée des différents segments situés sur les axes du repère  $(v_k, i_k)$ . Ainsi, on peut envisager des interrupteurs à 2, 3

## Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique

ou 4 segments qui seront adaptés à la nature et aux réversibilités des sources et des charges. Noter que pour un interrupteur idéal, la **caractéristique statique est non dissipative**.



On doit également préciser la caractéristique dynamique d'un interrupteur : c'est la trajectoire suivie par le point de fonctionnement pour passer d'un point situé sur un segment à un point situé sur un autre segment : cette trajectoire peut passer dans un des  $\frac{1}{4}$  de plan ou suivre les axes comme on le verra plus loin. L'aspect dynamique est important car il permet de mettre en évidence la notion de **pertes par commutation**. En effet, lors d'une commutation (i.e. le point de fonctionnement parcourt une certaine trajectoire), l'énergie dissipée s'écrit :

$$W = \int v_k(t) i_k(t) dt$$

Cette énergie ne peut être que  $>0$  ou nulle (interrupteur nécessairement dissipatif), ce qui a pour conséquences que :

- Soit le point de fonctionnement se déplace le long des axes dans des quadrants où les segments sont de signes opposés (quadrants 2 et 4) :  $W=0$ , ce type de commutation est nommé « commutation spontanée ».
- Soit il se déplace dans un  $\frac{1}{4}$  de plan où les segments sont de mêmes signes : quadrants 1 et 3,  $W>0$ , on parle alors de **commutation commandée** à l'amorçage ou au blocage.

Commutation spontanée d'un interrupteur : commutation commandée d'un interrupteur:  
 $W > 0$

### II.3.b Quelques exemples d'interrupteurs :

#### ❖ La Diode :

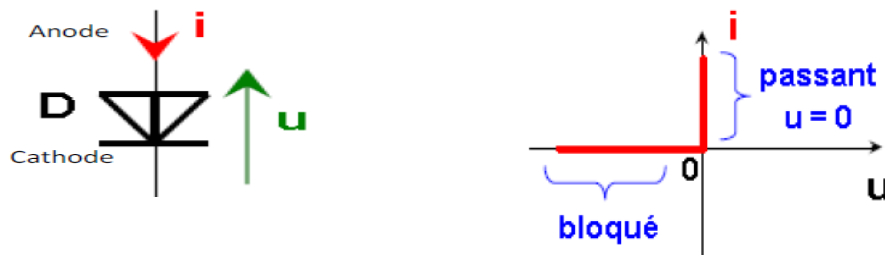
La diode est un dipôle qui ne laisse passer le courant électrique que dans un sens.

-La diode passe de l'état bloqué à l'état passant lorsque **u** ou **i** change de signe (positif).

-La diode passe de l'état passant à l'état bloqué lorsque **u** ou **i** change de signe (négatif).

## Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique

-La commutation est spontanée car elle ne dépend que de signe du courant ou de la tension du circuit extérieur.



Ce dipôle est souvent appelé diode de redressement car il est utilisé pour réaliser les redresseurs qui permettent de transformer le courant alternatif du secteur en courant continu.

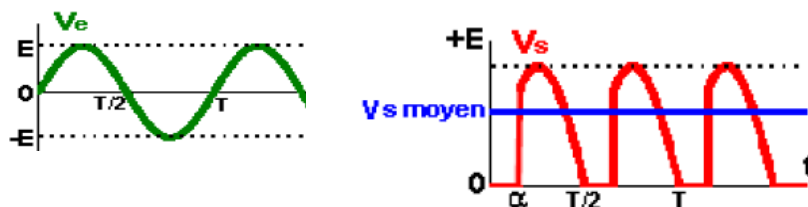
Comme composant discret (composant utilisé isolément), elles peuvent servir de détrompeur dans un circuit où la polarité est indispensable au bon fonctionnement en empêchant la circulation du courant dans le mauvais sens. Elles peuvent aussi être utilisées en courant alternatif pour diminuer la puissance fournie à un récepteur : en supprimant l'une des alternances, elles permettent de diviser par deux la puissance transmise à la charge pour un coût très modique.

### ❖ Le Thyristor :

Le thyristor est une diode commandée qui ne permet donc le passage du courant que dans Un sens. De plus il n'est commandable qu'à la fermeture. L'ouverture s'effectue lors de la disparition du courant direct **IA**.

Le thyristor se comporte donc comme une diode dont la mise en conduction dans le sens passant sera autorisée par une impulsion de courant sur la gâchette (retard  $\alpha$  à l'amorçage réglable).

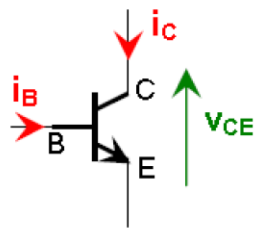
Prenons l'exemple du redressement commandé. On retarde l'amorçage du thyristor pour régler la valeur moyenne.



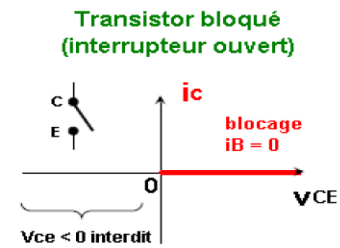
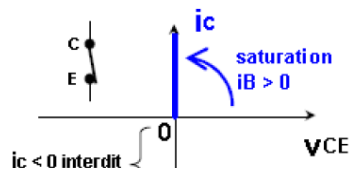
# Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique

## ❖ Le Transistor bipolaire :

Cet interrupteur est commandable à l'ouverture et à la fermeture, la commutation se fait par une action électrique (injection d'un courant de base  $i_B$ ).



Transistor saturé  
(interrupteur fermé)

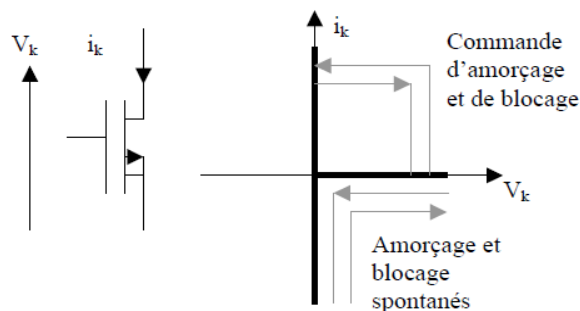


## ❖ Le transistor MOS et l'IGBT :

Ces transistors, plus performants, ont le même comportement que le bipolaire à la différence qu'ils se commandent avec une tension (le courant de commande est très faible).

## ❖ Le Mosfet :

C'est un interrupteur à 3 segments, commandable à l'amorçage et au blocage. Le 3<sup>ème</sup> segment ( $I_k > 0$ ) est dû à la diode de structure de ce composant. Si le composant n'a pas été spécifié pour pouvoir l'utiliser, il faut éviter de la faire fonctionner. Dans certaines applications (commutation douce), on peut toutefois l'utiliser quel que soit la technologie du composant.



caractéristique statique et dynamique d'un MOSFET

## III Les Convertisseurs Statiques :

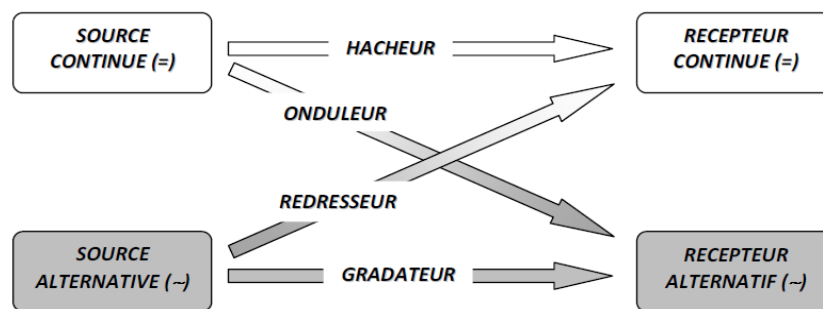
Un convertisseur statique est un système permettant d'adapter la source d'énergie électrique à un récepteur donné.

# Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique

-On trouve un convertisseur alternatif continu dans l'alimentation d'appareils électroniques (TV, ordinateurs, chargeurs de téléphones...) qui transforment la tension alternative sinusoïdale du réseau EDF en tension continue.

-Un onduleur de secours transforme la tension continue des batteries en tension alternative pour alimenter, par exemple, du matériel informatique.

Suivant le type de machine à commander et suivant la nature de la source de puissance, on distingue plusieurs familles de convertisseurs statiques (schéma ci-contre):



## III.1 Structure des convertisseurs :

La structure des convertisseurs dépend de :

- La nature des sources d'entrée et de sortie (tension ou courant);
- Le type de sources d'entrée et de sortie (polyphasé).

On parle alors de :

- convertisseurs statiques directs;

Tension → Courant

Courant → Tension

- convertisseurs statiques indirects

Tension → Tension

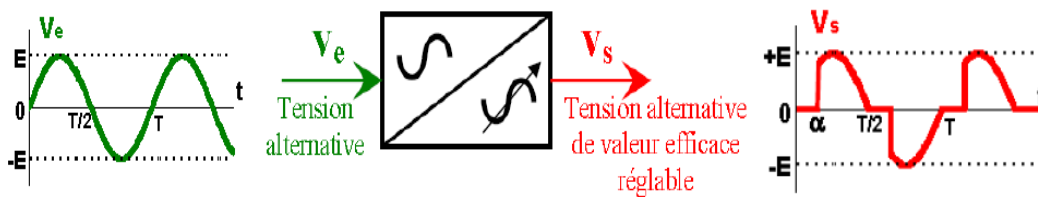
Courant → Courant

## III.2 Les différents types de convertisseurs:

### III.2.a Conversion ALTERNATIF/ALTERNATIF : Le GRADATEUR

Le gradateur est un montage qui permet de faire varier la valeur de la tension efficace aux bornes d'une charge telle qu'un moteur sans changer la fréquence de l'onde alternative de

# Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique

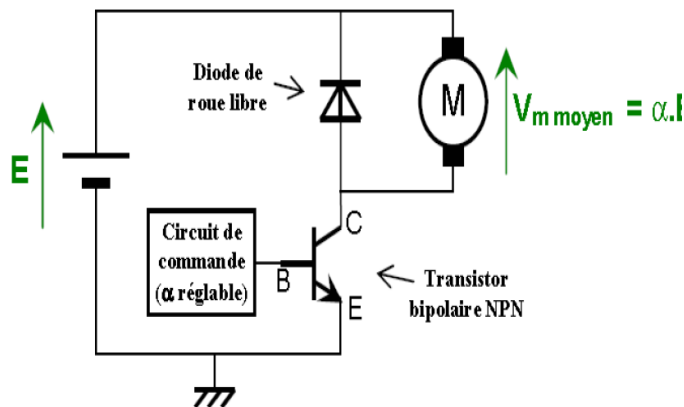
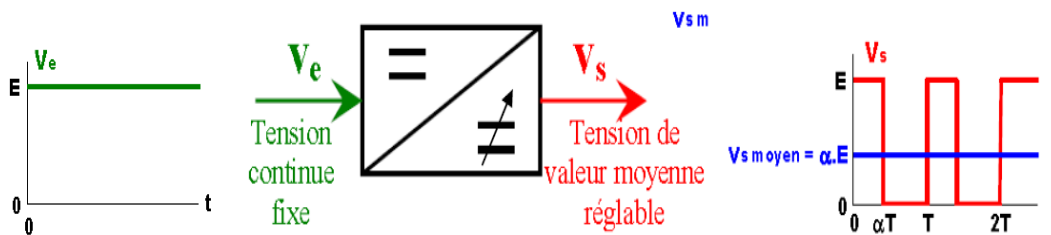


Ce montage est très fréquent dans le domaine domestique, au niveau notamment des variateurs de lumière pour lampes halogènes.

### III.2.b Conversion CONTINU/ CONTINU: le HACHEUR :

Le hacheur permet d'alimenter une charge sous une tension continue réglable à partir d'une source continue fixe. Cette source peut être par exemple une batterie d'accumulateurs ou provenir d'une autre conversion préalable comme un redresseur à diodes. On obtient une tension de valeur moyenne variable en établissant et interrompant périodiquement

L'alimentation de la charge par la source grâce à des interrupteurs électroniques.

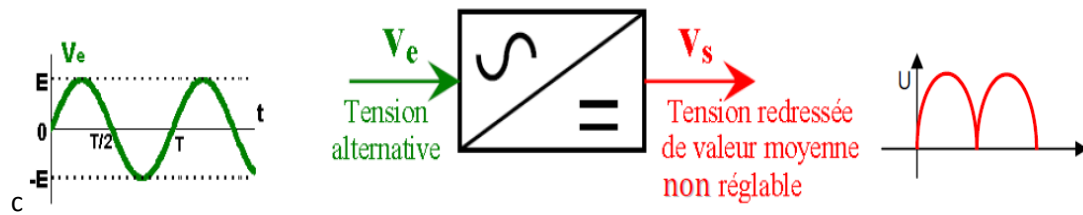


### III.2.c Conversion ALTERNATIF/ CONTINU : le REDRESSEUR

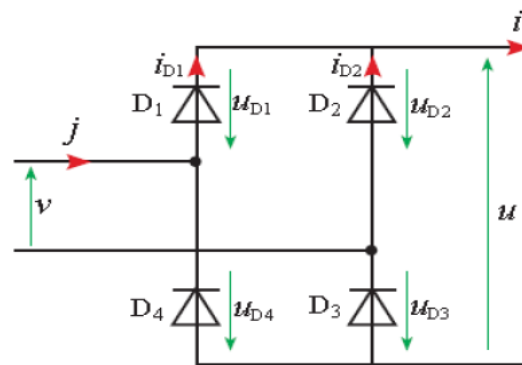
Le redressement est la conversion d'une tension alternative en une tension continue. On l'utilise pour alimenter un récepteur en continu à partir du réseau de distribution alternatif. Il existe deux types de redresseurs :

# Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique

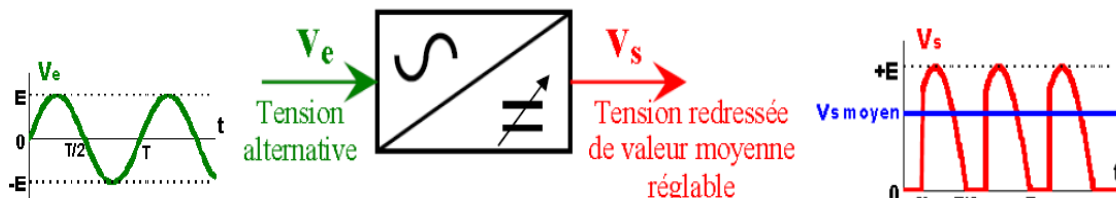
## ❖ Redresseur Non Commandé :



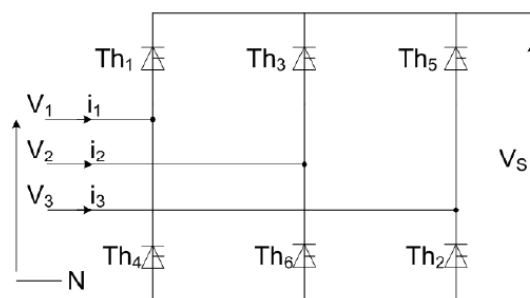
Le redresseur non commandé : Il est composé de diodes montées en pont. Ici en pont monophasé appelé pont de GRAETZ .représenter ci-contre :



## ❖ Le redresseur commandé :



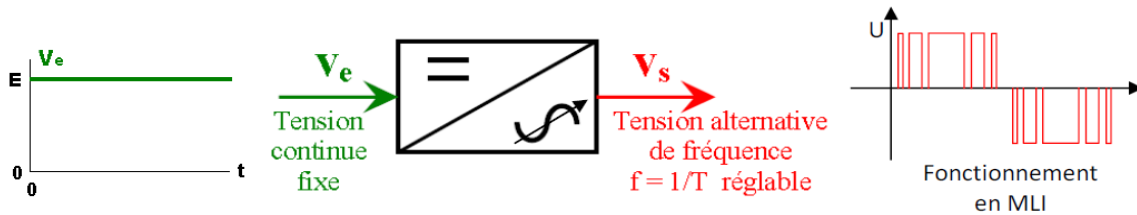
Le **redresseur commandé** est composé de thyristors montés en pont. Ici en pont triphasé.



### III.2.d Conversion CONTINU /ALTERNATIF : L'ONDULEUR

Un convertisseur continu-alternatif permet d'obtenir une tension alternative (éventuellement réglable en fréquence et en amplitude) à partir d'une source de tension continue.

# Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique



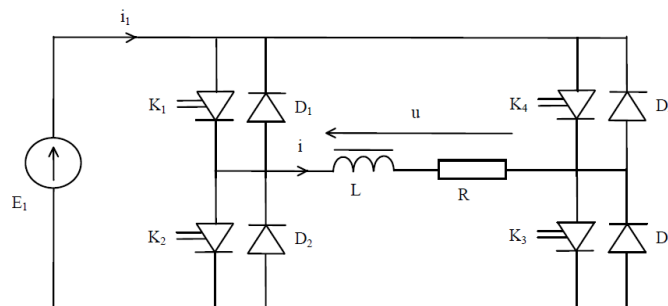
## IV Généralités sur les Onduleurs :

### IV.1 Introduction :

Les onduleurs sont des convertisseurs statiques permettant, à partir d'une tension continue, d'obtenir des grandeurs électriques alternatives

### IV.2 L'Onduleur Monophasé en Pont :

L'onduleur monophasé en pont est un montage constitué de 4 soupapes (IGBT, MOS, ...) schématisés par les 4 interrupteurs  $K_1, K_2, K_3, K_4$ , avec leurs diodes de roue libre. Le schéma de principe de ce montage est donné ci-dessous.



- Le montage est constitué de deux bras d'onduleur: le bras A constitué de  $K_1$  et  $K_2$ , le bras B constitué de  $K_4$  et  $K_3$ .
- Si on considère A,  $K_1, K_2, B, K_4, K_3$  comme des variables logiques (fonctionnement en soupapes), on obtient les équations logiques suivantes:

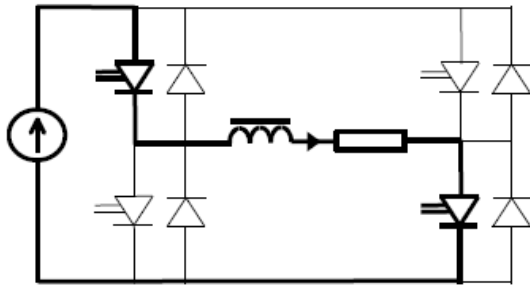
Soupape $K_i$	$K_i=0 \Rightarrow$ Transistor bloqué	$K_i=1 \Rightarrow$ Transistor saturé
Bras A	$A = 0 \Rightarrow K_1 = 0, K_2 = 1$	$A = 1 \Rightarrow K_1 = 1, K_2 = 0$
Bras B	$B = 0 \Rightarrow K_3 = 1, K_4 = 0$	$B = 1 \Rightarrow K_3 = 0, K_4 = 1$



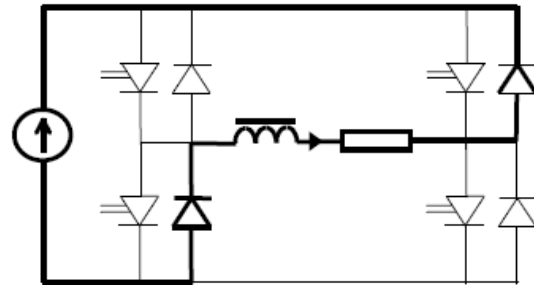
# Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique

## IV.2.a Mailles de Conduction:

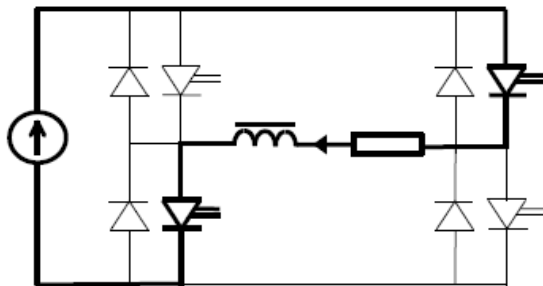
Avec cette commande, il y a enchaînement de quatre mailles de conduction:



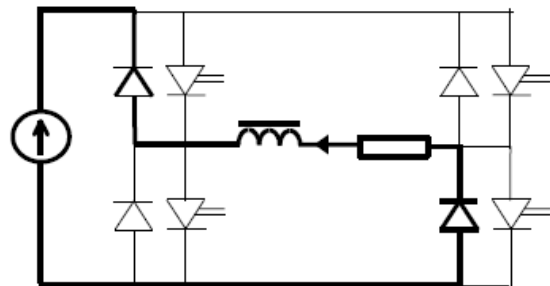
1) - Accumulation alternance positive



2) - Restitution alternance négative



3) - Accumulation alternance négative



4) - Restitution alternance positive

- Le signe de l'alternance est déterminé par le signe de  $u(t)$ .
- Chaque alternance débute par une phase de restitution et se termine par une phase d'accumulation.

· L'équation des mailles 1 et 4 est :

$$L \frac{di}{dt} + R \cdot i = u = +E_1$$

· L'équation des mailles 2 et 3 est :

$$L \frac{di}{dt} + R \cdot i = u = -E_1$$

## IV.2.b Redressement mono alternance :

Ce type de redressement permet de supprimer l'alternance négative d'un signal en conservant l'alternance positive.

### ❖ Etude sur charge résistive :

On désigne :

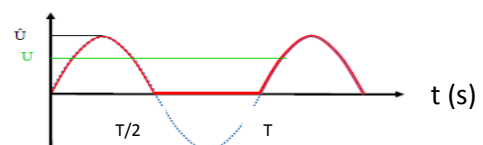
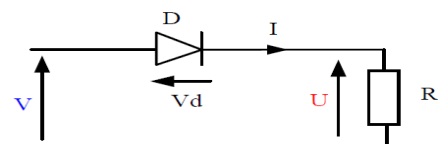
$V$  : la tension efficace fournie par le réseau en volt.

$U$  : la tension redressée moyenne en volt.

$U_{\max}$  ou  $\hat{U}$  : la tension maximale ou crête en volt.

La tension moyenne  $U$  :

$$U = \hat{U} \cdot \frac{1}{\pi}$$



## Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique

La valeur efficace en entrée  $V$  :

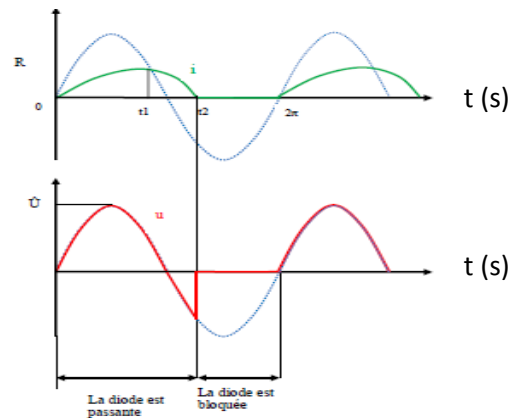
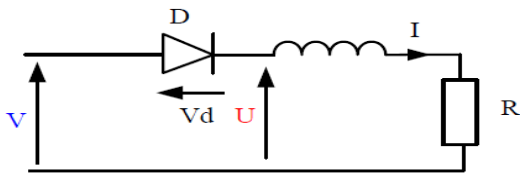
$$V = (\pi.U).1/\sqrt{2}$$

### ❖ Etude Sur Charge Inductive :

La présence de l'inductance provoque une retenue puis une restitution de l'énergie. La diode va conduire plus longtemps. L'explication de ce phénomène est :

La diode conduit à partir de  $t = 0$  et ne se bloque pas en  $(T/2)$ , ( $T$  étant la période du signal d'entrée) comme avec une charge purement résistive. La tension devient négative aux bornes de la charge tant que le courant ne s'annule pas. La diode se bloque avec un retard  $tr$  compris entre  $0$  et  $T/2$ . La tension « redressée » est alors négative pendant une partie de la période.

La bobine impose la continuité du courant dans la charge.



De  $0$  à  $t_1$  :  
L'effet de self

$L \frac{di}{dt}$  emmagasine de l'énergie.

À  $t_1$  :  
L'effet de self  $L \frac{di}{dt} = 0$

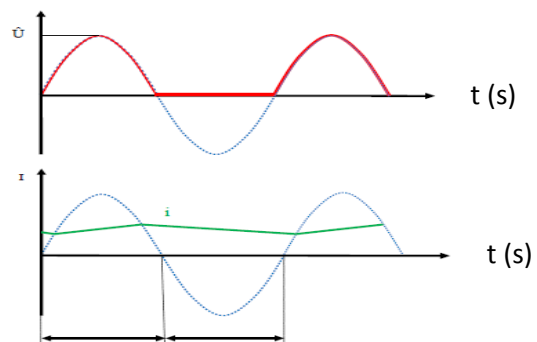
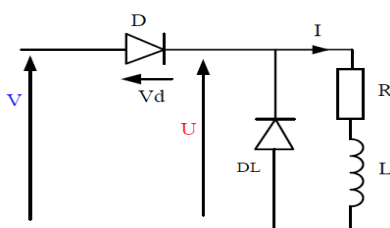
De  $t_1$  à  $t_2$  :  
L'effet de self  $L \frac{di}{dt}$

Restitue de l'énergie, le courant s'annule et la diode se bloque. La tension instantanée est :

$$U = Ri + L \frac{di}{dt}$$

### ❖ Etude Sur Charge Résistive :

Pour corriger le problème intervenant avec une charge de type inductif, on ajoute une diode de roue libre DL en parallèle à la charge. Les deux diodes sont alors placées en cathodes communes.



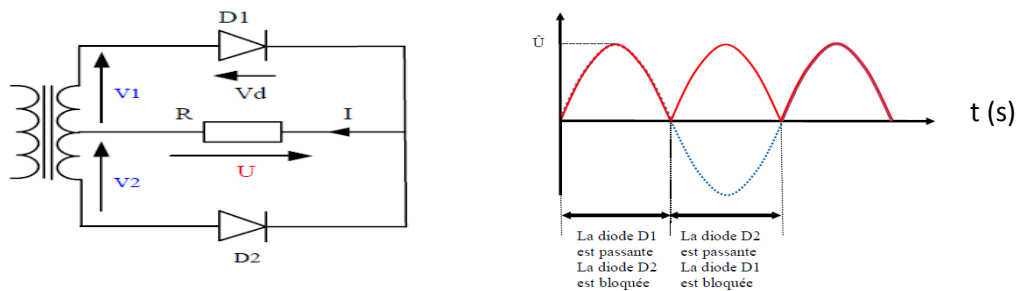
# Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique

La tension  $U$  ne devient plus négative, car la diode de roue libre DL assure la continuité du courant. Le courant est lissé.

## IV.3 Le Redressement Double Alternance :

Le redressement double alternance peut s'effectuer avec un transformateur à point milieu et deux diodes ou avec un transformateur ou avec un seul bobinage secondaire et un pont de Graëtz constitué de quatre diodes.

### IV.3.a Redressement Double Alternance Avec Transformateur A Point Milieu (P2):

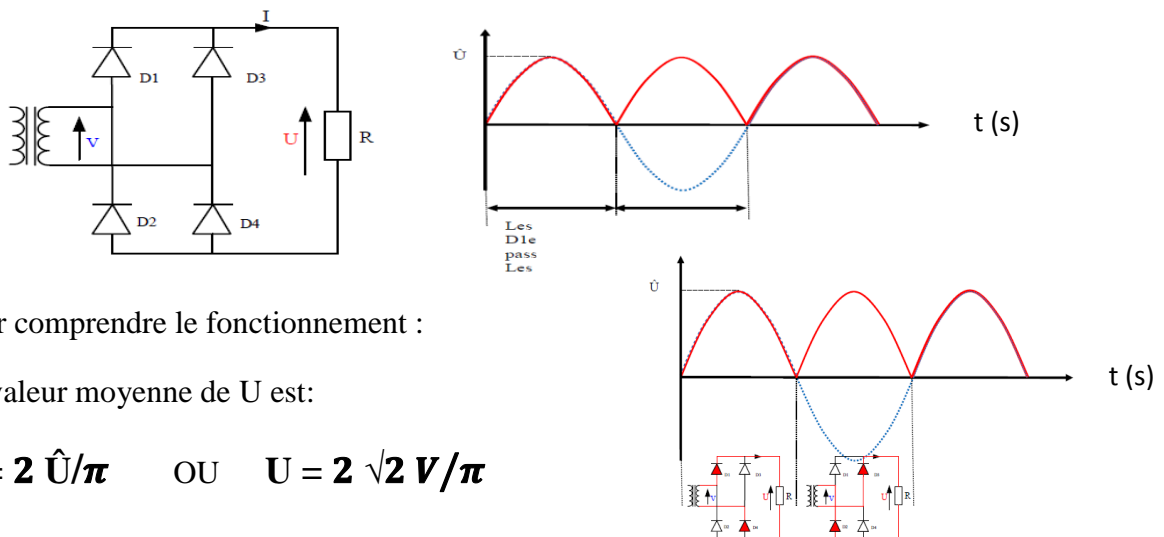


La valeur moyenne de  $U$  est :

$$U = 2 \hat{U} / \pi \quad \text{OU} \quad U = 2 \sqrt{2} V / \pi$$

### IV.3.b Redressement Avec Pont De Graëtz (PD2) :

Le pont de Graëtz est constitué de 4 diodes, c'est un type de redressement très utilisé.



Pour comprendre le fonctionnement :

La valeur moyenne de  $U$  est:

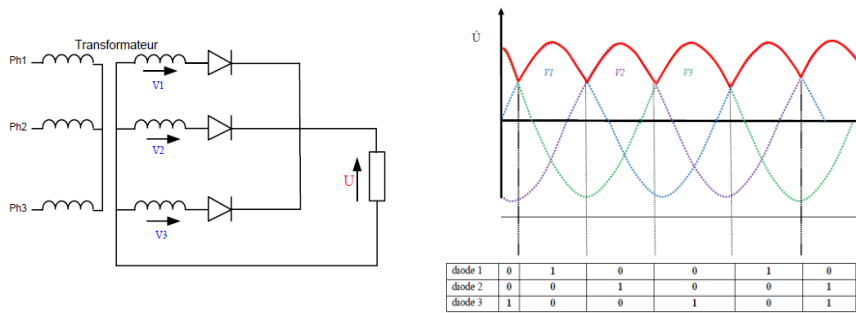
$$U = 2 \hat{U} / \pi \quad \text{OU} \quad U = 2 \sqrt{2} V / \pi$$

## IV.4 Redressement en triphasé:

En triphasé, on distingue deux type, le redressement simple alternance et le redressement double alternance.

# Chapitre III : Théorie de la conversion de l'énergie électrique

## IV.4.a Le Redressement Triphasé Simple Alternance (P3):

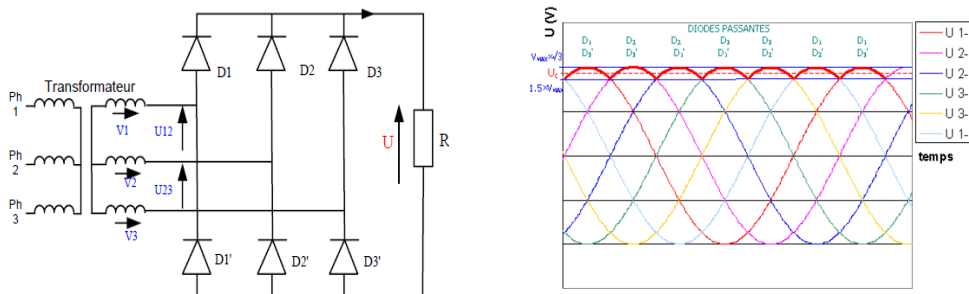


La valeur moyenne de U est :

$$U = 3 \cdot \sqrt{3} V / 2 \cdot \pi$$

## IV.4.b Le Redressement Triphasé Double Alternance (PD3):

Le redressement triphasé double alternance est l'utilisation d'un pont de Graëtz en triphasé, il est constitué de 6 diodes.



La valeur moyenne de U est :

$$U = (3 \cdot \sqrt{2} V) / \pi$$

## V Conclusion :

Au début de ce chapitre on a développé quelque principe de bases de l'électronique de puissance. Ensuite on a défini les différents types de convertisseurs statiques puis on a expliqué le fonctionnement de l'onduleur ce qui présente le propos de notre étude. Pour conclure on a expliqué l'opération de redressement sous ses différentes formes.

## Chapitre IV : Description et fonctionnement

### I Introduction :

Le convertisseur statique (**fig IV.2**) est une unité de secours à bord d'un avion qui permet de convertir une tension de 28 V **DC** à une tension de 115V/400 HZ monophasé.

Les avions de B737 jusqu'aux B777 utilisent les convertisseurs de type 1C1000-1C-2090 P/n S282T004. Pour actionner ces unités, une source de 28V **DC** est exigée afin de les alimenter, ces unités sont constituées de quatre blocs et chaque bloc est représenté par des circuits, cette architecture permet aussi d'assurer un rendement élevé, minimiser le poids et une importante fiabilité.

#### ❖ Les différents types des convertisseurs statiques :

Le tableau ci-dessous nous permet de connaître les différents types des convertisseurs statiques

Model Number	Part Number	Boeing Part Number	Comment
1C1000-1B	1-002-0102-0714	S282T004-7	Serial Numbers CV000101 through CV000829 No longer in production.
1C1000-1B	1-111-0102-0714	S282T004-8	Serial Numbers CV000830 and up No longer in production.
1C1000-1B	1-110-0102-0714	S282T004-8	No longer in production. [1]
1C1000-1C-1000	1-002-0102-1000	S282T004-10	Serial Numbers CJ000101 through CJ001748 No longer in production.
1C1000-1B-2060	1-002-0102-2060	S282T004-17	No longer in production.
1C1000-1B-2061	1-002-0102-2061	S282T004-18	No longer in production.
1C1000-1C-2062	1-002-0102-2062	S282T004-20	Serial Numbers CJ001749 through CJ004438 No longer in production.
1C1000-1B-2088	1-002-0102-2088	S282T004-27	No longer in production.
1C1000-1B-2089	1-002-0102-2089	S282T004-28	No longer in production.
1C1000-1C-2090	1-002-0102-2090	S282T004-30	Serial Numbers CJ004439 and up[2]

**Fig. IV.1 : Tableau pour les différents types des convertisseurs statiques**

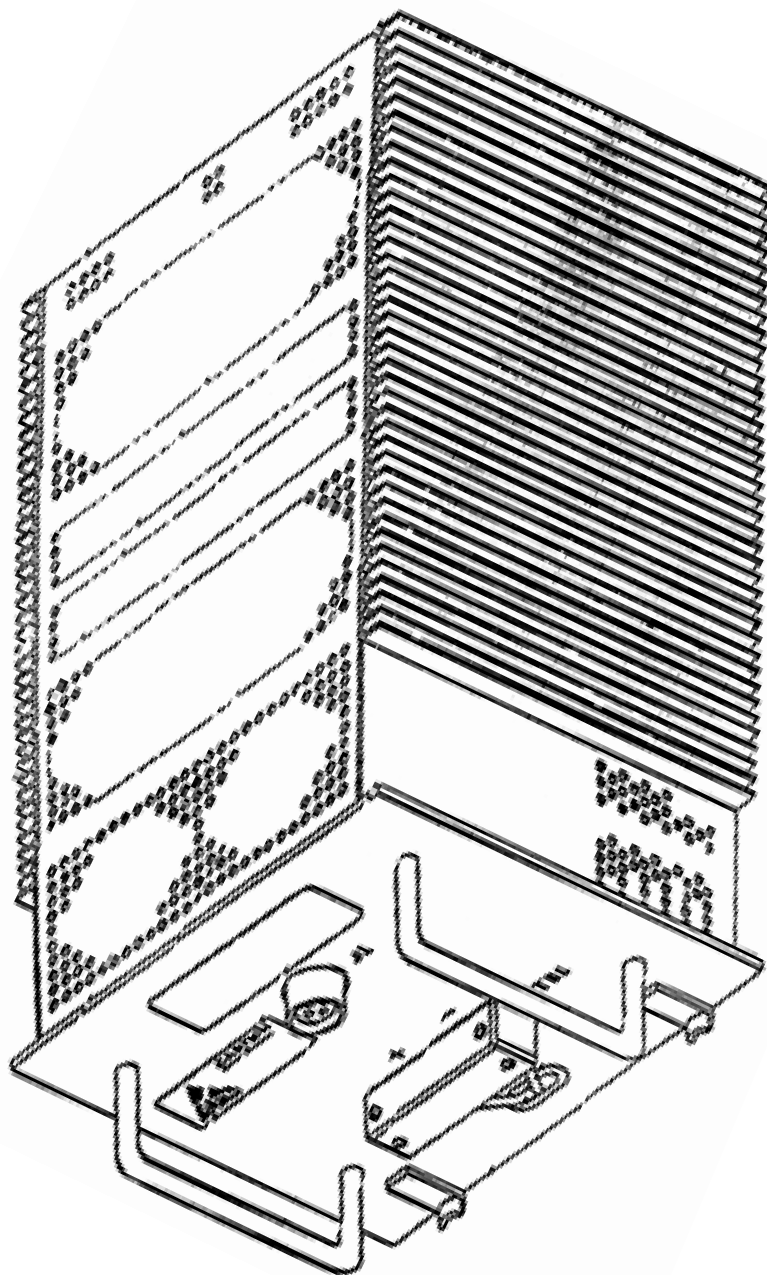


Fig. IV.2 : Allure du convertisseur statique

## Chapitre IV : Description et fonctionnement

❖ Le tableau ci-dessous énumère des caractéristiques techniques pour les convertisseurs statiques.

**Table 1. Technical Specifications**

CHARACTERISTIC	VALUE	
<b>Dimensions</b>	<u>Part No.</u>	<u>Part No.</u>
	1-002-0102-0714	1-002-0102-1000
	1-110-0102-0714	1-002-0102-2062
	1-111-0102-0714	1-002-0102-2090
	1-002-0102-2060	
	1-002-0102-2061	
	1-002-0102-2088	
	1-002-0102-2089	
Max. Length (Including Handles)	14.2in. (36.1cm)	15.2in. (38.6cm)
Max. Width	7.66in. (19.5cm)	7.66in. (19.5cm)
Max. Height	7.86in. (20.0cm)	7.86in. (20.0cm)
Max. Weight	19.5lb. (8.85kg)	19.5lb. (8.85kg)
<b>Environmental</b>		
Temperature	-55 to +71°C	
Altitude	55,000 feet, max.	
Cooling	Convection, conduction, and radiation	
<b>Input Voltage</b>	18 to 32 Vdc	
<b>Nominal Output Power</b>	115 Vdc, 400 Hz, 1KVA	
<b>Power Factor</b>	0.75 Lag to 0.90 Lead	
<b>Distortion</b>	5% THD	
<b>Efficiency, Nominal</b>	80% at rated output with a linear load	

**Fig. IV.3 : Tableau des caractéristiques techniques pour les convertisseurs statiques**

## II L'étude théorique de chaque bloc du schéma de fonctionnement :

### II.1 Résumé :

Le convertisseur statique est composé de quatre blocs différents ; l'EMI qui se compose d'un filtre d'entrée et de sortie, le circuit d'alimentation d'énergie qui surveille la tension d'entrée à l'aide d'un détecteur à basse tension, ce dernier contrôle le convertisseur FLYBACK constitué de deux étages qui filtrent d'avantage la tension d'entrée, la tension de sortie du convertisseur FLYBACK sera réceptionnée par un autre convertisseur de pont (onduleur a pont )qui transforme cette tension à une tension de 115V/400HZ monophasée.



## Chapitre IV : Description et fonctionnement

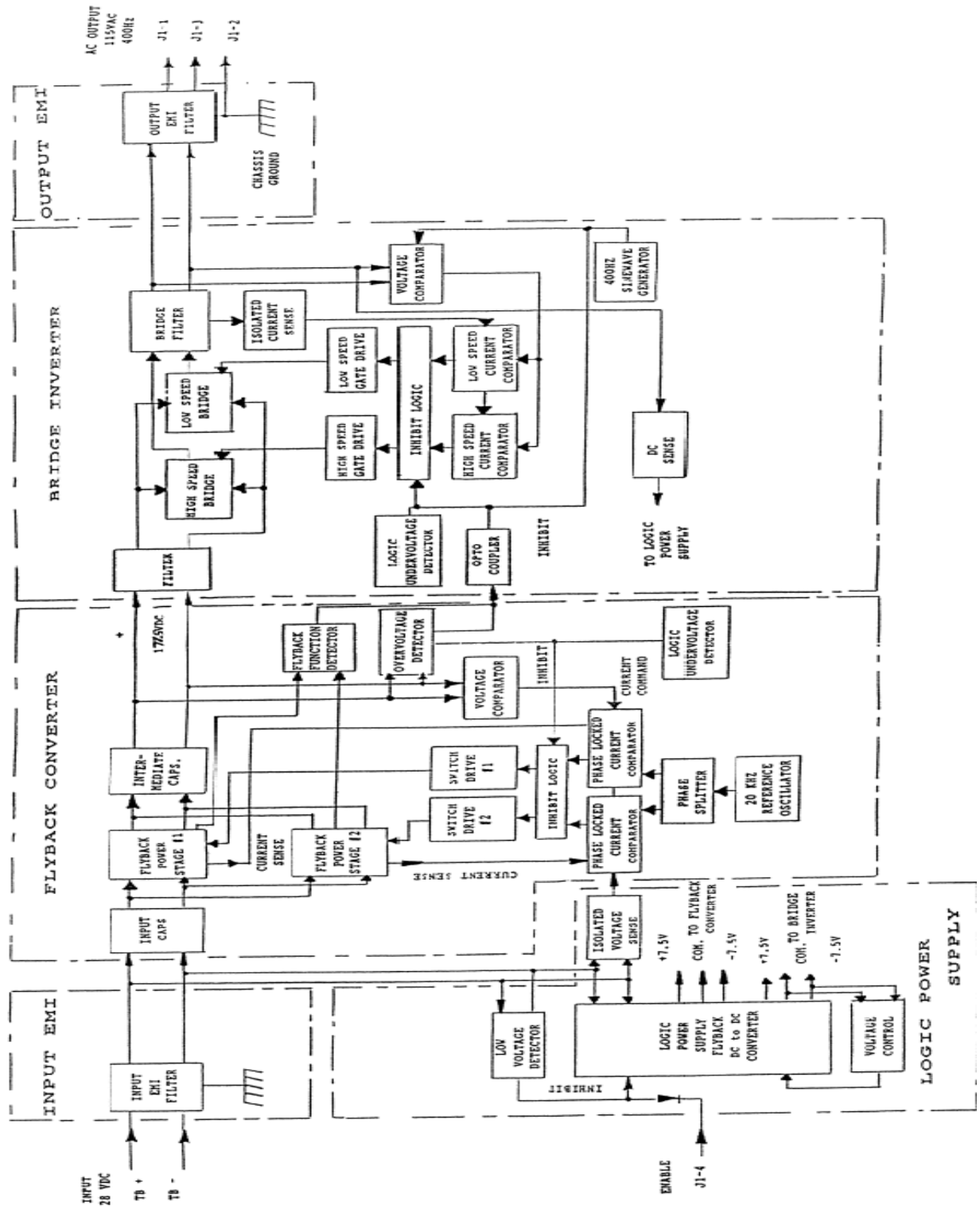


Fig. IV.4 : Schéma général des différents blocs du convertisseur statique



## Chapitre IV : Description et fonctionnement

### II.2 L'étude Détaillée De Chaque Bloc :

#### II.2.a EMI :

L'ensemble EMI se compose d'un filtre d'entrée de **DC**, d'un filtre de sortie à **AC**, et d'un filtre "**Marche/Arrêt**" à distance. Ces filtres atténuent les interférences électromagnétiques produites à l'intérieur et à l'extérieur.

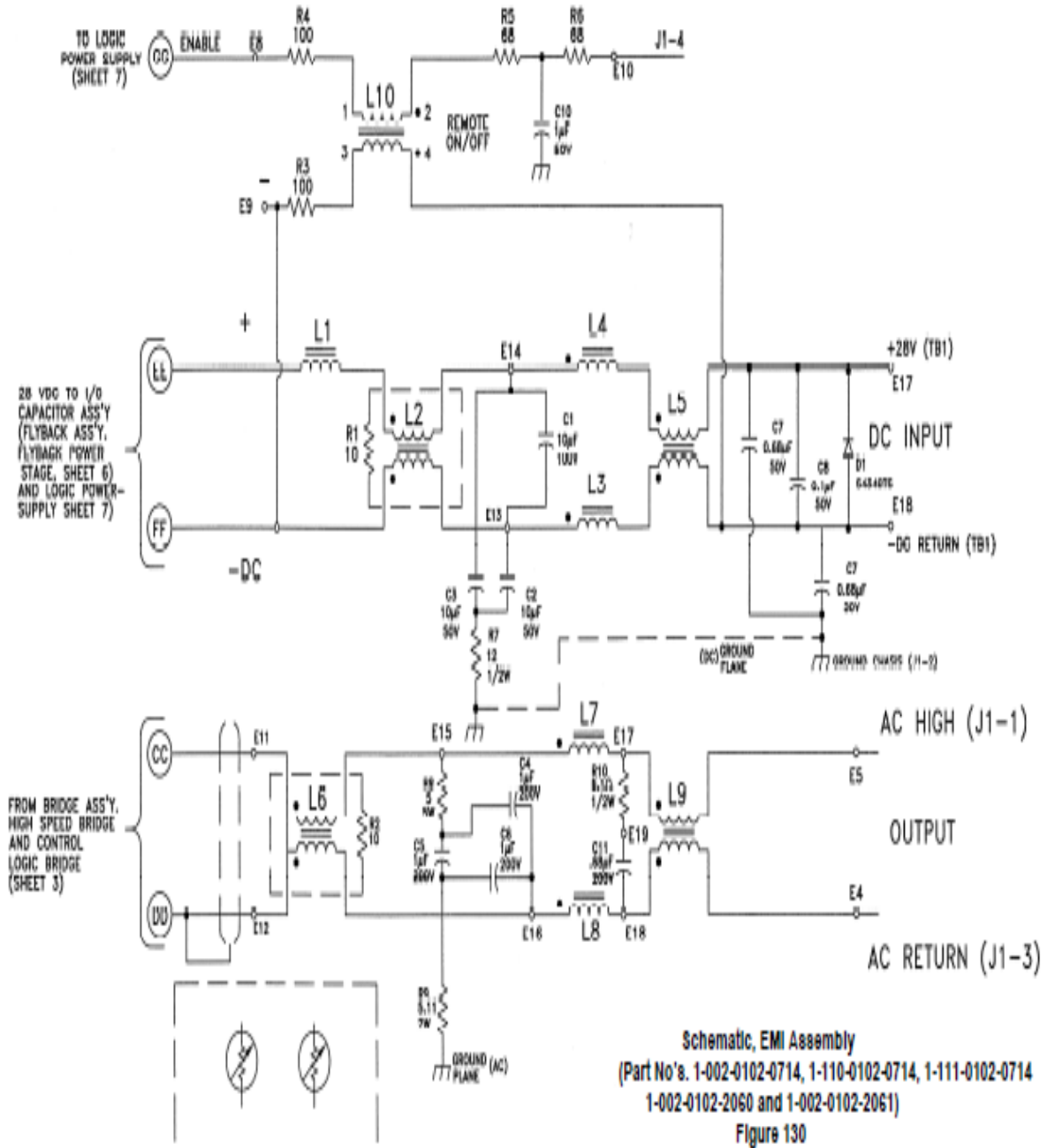
#### ❖ **DC Input Filtre (filtre d'entrée à CC) :**

Ce filtre est composé d'une diode (D1) qui protège l'entrée contre la polarisation renversée, et de plusieurs condensateurs qui permettent de shunter, de dériver le bruit à haute fréquence, mais aussi de différentes impédances (L5, L3 et L4) qui atténuent le bruit à haute fréquence en mode – commun et en mode-différentiel.

#### ❖ **AC Output Filtre (filtre de sortie à CA):**

Le filtre de sortie à **C.A.** ressemble au filtre d'entrée de **C.C.** Il est composé d'un filtre passe bas (R8 et C4) des impédances (L9, L7 et L8) qui atténuent le bruit à haute fréquence en mode – commun et en mode-différentiel.

## Chapitre IV : Description et fonctionnement



**Fig. IV.5 : Schéma électrique du bloc IEM**

## Chapitre IV : Description et fonctionnement

### II.2.b Logic power supply (alimentation d'énergie):

Ce circuit permet de convertir la tension d'entrée à une tension  $\pm 7,5\text{VDC}$ , ce dernier utilise un circuit de flyback avec le transistor MOSFET Q4 comme élément principal de commutation.

#### Les conditions de blocage est de conduite du transistor dans ce bloc et le rôle de chaque composants :

- Pour que Q4 et Q1 conduit, la tension d'entrée doit être égale ou supérieur à 5 V et la borne 4 de J1 ou (borne E17) doit être reliée à la tension d'entrée ou rester Complètement débranchée.

La fonction de Q2 dépend de la fonction de Q4 et Q1.

Ces conditions étant satisfaites, la polarisation positive produite à travers R3 actionne Q1.

R1, la diode Zener D2, et R3 forment un diviseur de tension qui polarise Q1.

Si la tension d'entrée est en dessous de 5 V, la diode Zener D2 se bloque donc la tension s'annule à R3 ce qui résulte que Q1 se bloque et Q2 conduit.

Lorsque Q4 conduit, le courant augmente linéairement avec le temps par le primaire de T1 (bornes 1 et 2).

L'entrée de Q4 est protégée contre les alternances à haute tension par les diodes Zener D4 et D5.

Pendant que le courant du drain de Q4 continue à augmenter, la tension à travers R11 augmente jusqu'à ce que Q8 conduise le courant du collecteur par R5.

La chute de tension à travers R5 polarise en aval la jonction de l'émetteur-base de Q3.

Q3 et Q8 opèrent régénérativement jusqu'à ce que la cathode de D3 soit tirée au potentiel au sol. C4, D7, et R12 forment un séparateur qui supprime les alternances à haute tension produite à travers Q4.

D9 et D10 suppriment des alternances dans l'enroulement primaire de T1 (bornes 1.2).

Lorsque les diodes D11, D12, D13, D14, D19, et D20 Conduisent alors les condensateurs C5, C6, C7, C8, C22, C23, C24, et C25 se charge pour assurer la tension de sortie crête au transformateur. La diode Zener D21 limite la tension de sortie du convertisseur en pont.

Le circuit compose de T2, Q5, U4, D8, R8, et R9 règlent les tensions de sortie de  $\pm 7,5\text{ DC}$ .

R13, C9, D15, et D16 ainsi que (bornes 9 et 10) de T1 secondaire forment un générateur d'un signal à dent de scie qui apparaît à la jonction de R13 et de C9 qui est appliqué à la base de Q5 par l'intermédiaire de l'enroulement de T2 (les bornes 3.4) et C10.

D15 maintient les crêtes positives au-dessus de +7,5 V DC.

## Chapitre IV : Description et fonctionnement

Le comparateur U4 permet de régler la tension de sortie d'alimentation d'énergie à 7,5 V DC. R17, R18, et R19 forment un diviseur de tension qui fournit une tension de 2,5 V DC à la borne 8 de U4. C11, C14, et R38 stabilisent les tensions dans la boucle d'U4.

Quand la tension de sortie est inférieure à 7,5 V DC, la tension à travers les bornes 6 et 8 d'U4 chute à 2,5 V DC. Lorsque les relais d'U4 s'ouvrent, le courant ne traverse pas a Q5.

Quand la tension de sortie augmente jusqu' à 7,5 V DC, la tension entre les bornes 6 et 8 augmente à 2,5 V DC et U4 commence à conduire.

Q5 commence à conduire quand sa tension d'émetteur chute au-dessous du niveau du signal à dent de scie.

Après que Q5 conduit, le courant traverse l'enroulement de T2 (bornes 5.6) et induit un courant dans l'enroulement de T2 (bornes 1.2). Ce transistor conduit aussi longtemps que sa jonction base-émetteur soit polarisée en aval. Le taux d'intensité de courant est déterminé par le courant de charge restante dans C10.

À mesure que la tension de sortie augmente, U4 conduit difficilement. En conséquence, l'émetteur de Q5 devient de moins en moins positif.

Le circuit d'U17 est situé au-dessus du schéma d'alimentation d'énergie permet de surveiller la tension de sortie.

R151, C65, et C69 forment un filtre passe-bas. D43 et D44 limitent la tension d'entrée à +8,2 VDC.

R152, R153, et R155 fournissent la polarisation de référence pour les comparateurs U17 (bornes 1, 6, 7 et 2, 4, 5).

La tension de référence sur la borne 7 est de 3,0 V DC et sur la borne 4 est de -3,0 V DC, quand cette tension est supérieure a +3V ou inférieure à -3,0 V, la tension de sortie de U17 (les bornes 1, 6,7) et (borne 8, 9, 14) diminues.

U17 (bornes 10, 11, 13), et D45 forment un verrou. Quand la tension dans la borne 13 d'U17 s'annule, D45 conduit et tient une faible tension dans la borne 8 d'U17. R158 limite le courant d'entraînement dans U5. Pour remettre à zéro U5, une tension de 28 V DC doit être générée à partir de l'unité.

La surtension d'entrée protège le circuit qui se compose d'U3 et de composants passifs. Le comparateur U3 (les bornes 1, 2, 3) produit une haute tension en fonctionnement normal. Le diviseur de tension R33, R35 fournit un courant de référence pour U3, la borne 2

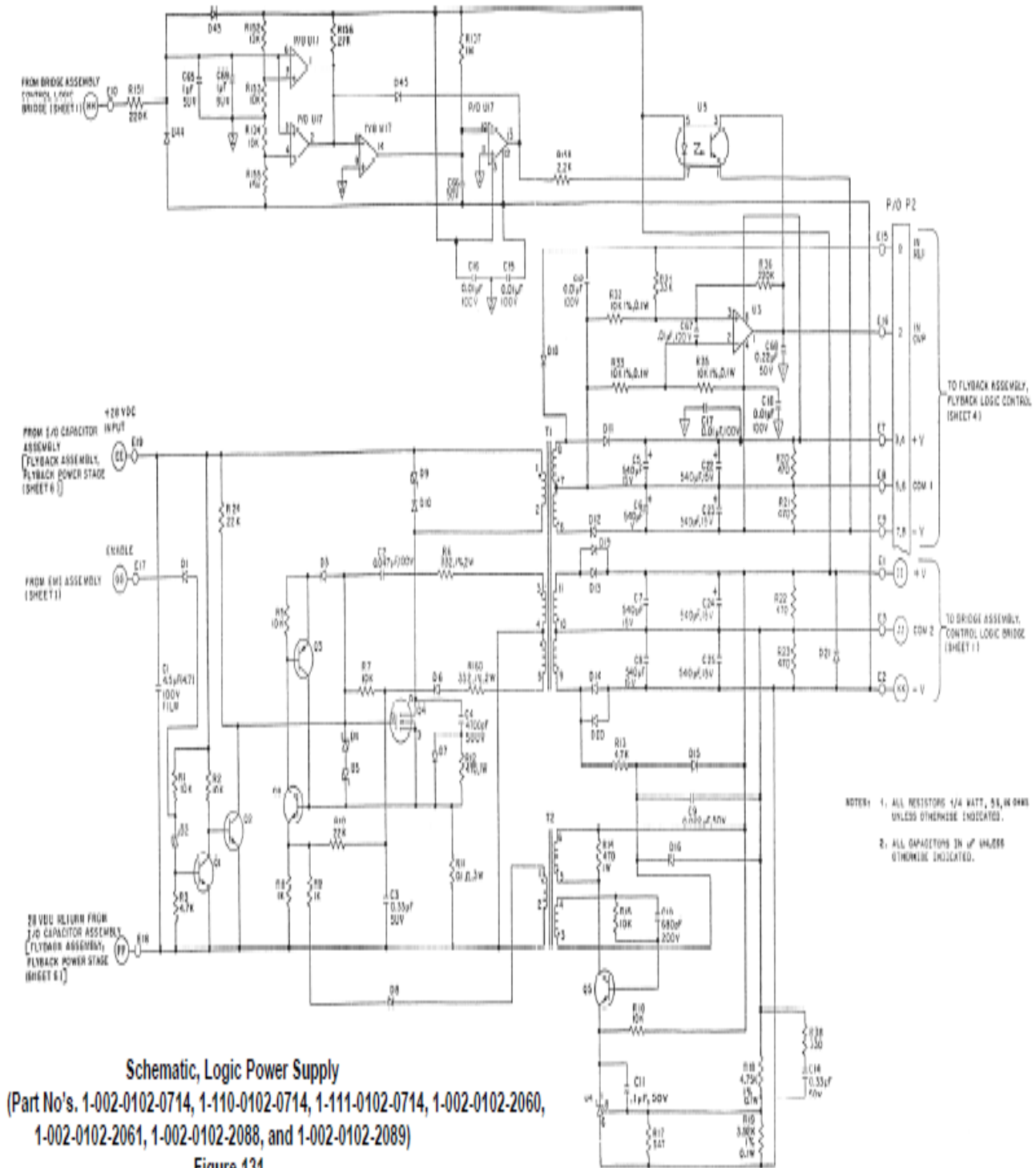
## Chapitre IV : Description et fonctionnement

---

(L'entrée inversant). Le diviseur de tension R32, R34 applique une tension proportionnelle à la tension d'entrée d'U3 (entrée non inversant) à travers C12. D18 rectifie la tension de sortie non réglée de T1 (bornes 7.8) et charge C12. Pendant que C12 se charge, la tension dans la borne E15 devienne négative et de plus en plus une partie d'un courant de commande des deux étages du convertisseur FLYBACK.

Le courant de sortie flyback est en conséquence réduit. Si la tension d'entrée continue à augmenter, U3, la borne 1 s'annule quand la limite supérieure de la tension d'entrée est atteinte.

## Chapitre IV : Description et fonctionnement



**Fig. IV.6 : Schéma électrique du bloc d'alimentation d'énergie**

## Chapitre IV : Description et fonctionnement

### II.2.c Flyback :

#### ❖ Flyback Logic Control:

Dans ce bloc on trouve des condensateurs C8 et C9 qui permettent de filtrer le bruit produit dans les fils de l'alimentation d'énergie pour une tension d'entrée  $\pm 7,5$  V DC.

Le diviseur de tension U4 et R16 fournit les  $-2,5$  V DC polarisés pour la borne 6 du comparateur U5. Lorsque la tension de sortie du convertisseur FLYBACK est de  $177,5$  V DC, la tension à travers U5 s'annule.

Le signal à la jonction de R22 et de C6 est un courant commandé, qui atteint sa valeur maximale à la mise en marche.

U15 (les bornes 2, 4, 5) régule la sortie du flyback 1 par contre les (bornes 10.11.12) régule la sortie du flyback 2.

D67 et D68 limitent des excursions positives aux entrées d'U15 (les bornes 2.4.5) et les bornes (10.11.13) à une tension au-dessus de  $+7,5$  V DC. D65 et D66 limitent les excursions négatives aux entrées d'U15 (bornes 2.4.5) et U15 (bornes 10.11.13) à une tension en-dessous de  $-7,5$  V DC. D69 et D70 verrouillent des diodes. Quand U15 (la borne 1) ou l'U15 (borne 14) s'annule, D69 ou D70 conduit vers U15 (borne 4) et U15 (borne 10) diminue indéfiniment, à moins que l'unité soit arrêtée pour remettre à zéro le circuit. D71 est une diode de verrouillage pour U15 (bornes 1, 6, 7) et U15 (bornes 8.9.14). Q21 conduit quand U15 (la borne 1) ou l'U15 (borne 14) passe à 0 et met alternativement en marche l'enroulement U16.

À la mise en marche le courant de commande de flyback 1 et 2 sont au maximum. Le courant de commande de flyback 2 charge C75 par R108, R111 et le courant de commande de flyback 1 charge C76 par R109, R110. R116 est la résistance de perte de C76 et R117 est la résistance de perte pour C75. Les impulsions du flyback 1 sont reçues à U15 (la borne 4) et les impulsions du flyback 2 sont reçues à U15 (borne 10). Les deux ensembles d'impulsions sont de  $180$  degrés en sortie de phase.

Pendant les premières  $2$  ms après la mise en marche, les deux flyback fonctionnent. Les impulsions négatives limitent la tension maximale à laquelle les condensateurs peuvent se charger.

## Chapitre IV : Description et fonctionnement

Si pendant les première 2ms après la mise en fonction, un des flyback ne fonctionne pas, borne 1 ou borne 14 d'U15 passe à 0 et Q21 est en marche. Les verrous de détecteur de fonction et le Q21 arrête les commandes du pont à haute vitesse.

U17 divise le courant de commande à la jonction de R22 et de C6 en deux courants. U17 (les bornes 5, 6, 7) alimente le flyback2 et U17 (bornes 1.2.3) alimente le flyback 1. D64 fournit la tension de référence pour la borne 6 d'U17.

À la mise en marche, les deux courants de commande sont au maximum. Chaque comparateur de courant phase-verrouillé additionne le courant de commande et le courant de sens et cela a l'aide d'une résistance R10 qui additionne le courant de commande du flyback 1 pour le comparateur courant phase-verrouillé du flyback1 de même pour R11 et R12 qui additionnent le courant sens pour le comparateur courant phase-verrouillé du flyback 1. R38 est la résistance additionnant le courant de commande du flyback 2 pour le comparateur courant phase-verrouillé du flyback 2. R39 et R40 sont les résistances additionnant le courant sens pour le comparateur courant phase-verrouillé du flyback 2.

Le courant de commande de la jonction de R22 et de C6 est divisé en deux courants de commande par U17. U17 (les bornes 5, 6, 7) produit le courant de commande du flyback 2 et l'U17 (les bornes 1, 2,3) produit le courant de commande du flyback 1. D64 fournit la tension de référence pour la borne 6 d'U17. À la mise en marche, quand le courant de commande est haut, U17 (la borne 7) passe à 1.

Les comparateurs U2 et U8 commencent à commuter quand la commande courant et le courant deviennent comparables. (Les signaux du courant sont négatifs). Le point auquel la commutation commence est déterminé par la quantité d'hystérésis.

L'hystérésis est commandée par R4 et R32 et un courant variable à partir des amplificateurs U3 de transconductance et de la polarité d'hystérésis d'U9, est déterminé par le signal à U2 (borne 7) et U8 (borne 7). L'importance de chaque courant d'hystérésis est commandée par la borne 13 du comparateur de phase U1 et borne 13 du comparateur de phase U16. U3 et U9 sont des amplificateurs de transconductance.



## Chapitre IV : Description et fonctionnement

Chaque comparateur de courant phase-verrouillé produit une variable d'hystérésis commande qui est phase-verrouillée à la fréquence de référence et s'ajuste automatiquement avec des changements dans l'entrée de la tension et de charge.

Les circuits de limite de cycle qui se composent d'U10, fournissent un cycle de dépassement de maximum-devoir à la mise en train quand les longs temps d'ouverture sont nécessaires pour accumuler le courant dans les transformateurs de puissance.

U2 (la borne 1) fournit surtension qui protège le signal et l'U7 (la borne 7) fournit la logique sous/surtension pour protéger le signal.

Quand U2 (la borne 1) passe à 0, la commande de pont à haute vitesse s'arrête par l'intermédiaire d'U16 à travers D62 et ferme les goupilles 2 et 3 de la porte AND dans U6, neutralisant le flyback 1 et 2. Quand seulement Q21 conduit, les commandes de pont à haute vitesse sont arrêtées.

U5 surveille la tension de sortie de flyback en additionnant le courant de la source de tension réglée -2,5 V par (U4) et le courant de la tension de sortie de flyback (V1) dans R23. U2 (borne 1) passe à 0 quand la tension de sortie de flyback excède les 210 V DC.

Quand U2 (borne 7) et U8 (la borne 7) sont alimentés d'où l'entrée est protégée par la surtension Les portes AND déclenchent U6 pour produire une haute tension. Cette dernière est convertie aux bornes 12 et 2 d'U10 à une basse tension et puis aux bornes 10 et 4 d'U10 à une haute tension. Ceci permet de déclencher la porte **AND** U11 aux bornes 1 et 13 puis déclenche la porte **AND** U12 aux bornes 6 et 8.

U10 (bornes 8,9), R52, R53, R54, D4, D5, D6, et C15 forme un générateur d'un signal carré. La forme d'onde à la borne 9 est un signal à dent de scie. La forme d'onde à la borne 8 est un signal carré. De même, U10 (bornes 5, 6), R60, R61, R62, D8, D9, D10, et C18 forme un autre générateur de signal carré. Ici le signal à dent de scie est à la borne 5 et le signal carré est à la borne 6. Avec U10, borne 8 (ou U10, borne 6) le positif, C15 (ou C18) se charge par R53 (ou R61) et U10, la borne 9 (ou l'U10, la borne 5) devient positive. Après que l'hystérésis qui crée le retard, U10, la borne 8 (ou l'U10, la borne 6) devient négative. D5 (ou D9) Conduit et U10, borne

## Chapitre IV : Description et fonctionnement

13 (ou U10, la borne 1) devient négative. U10, borne 12 (ou U10, la borne 2) devient positive. U11, les bornes 6 et 8 (ou U12, bornes 1.13) sont permis. U10, borne 10 (ou U10, la borne 4) devient négative. U11, bornes 1 et 13 (ou U12, les bornes 6 et 8) sont en arrêt.

Avec U10, borne 8 (ou U10, borne 6) le négatif, la C15 (ou C18) se déchargent par R53, le R54, et le D6 (ou le R61, R62, et D10) et se chargent négativement. C15 (ou C18) charge négativement deux fois au taux qu'il se charge positivement, en raison du chemin courant supplémentaire fourni par R54 et D6 (ou R62 et D10).

Après le retard crée par l'hystérésis, U10, la borne 8 (ou l'U10, la borne 6) devient positif et C15 (ou C18) se chargent positivement par R53 (ou R61). U10, borne 9 (ou U10, goupille 5) devient positif et D4, R52 (ou D8 et R60) conduit, la rotation de U10, borne 13 (ou U10, borne 1) devient positif. U10, borne 12 (ou U10, la borne 2) devient négative. U11, les bornes 6 et 8 (ou U12, bornes 1 et 13) sont en état bloqué. U10, borne 10 (ou U10, borne 4) devient positif.

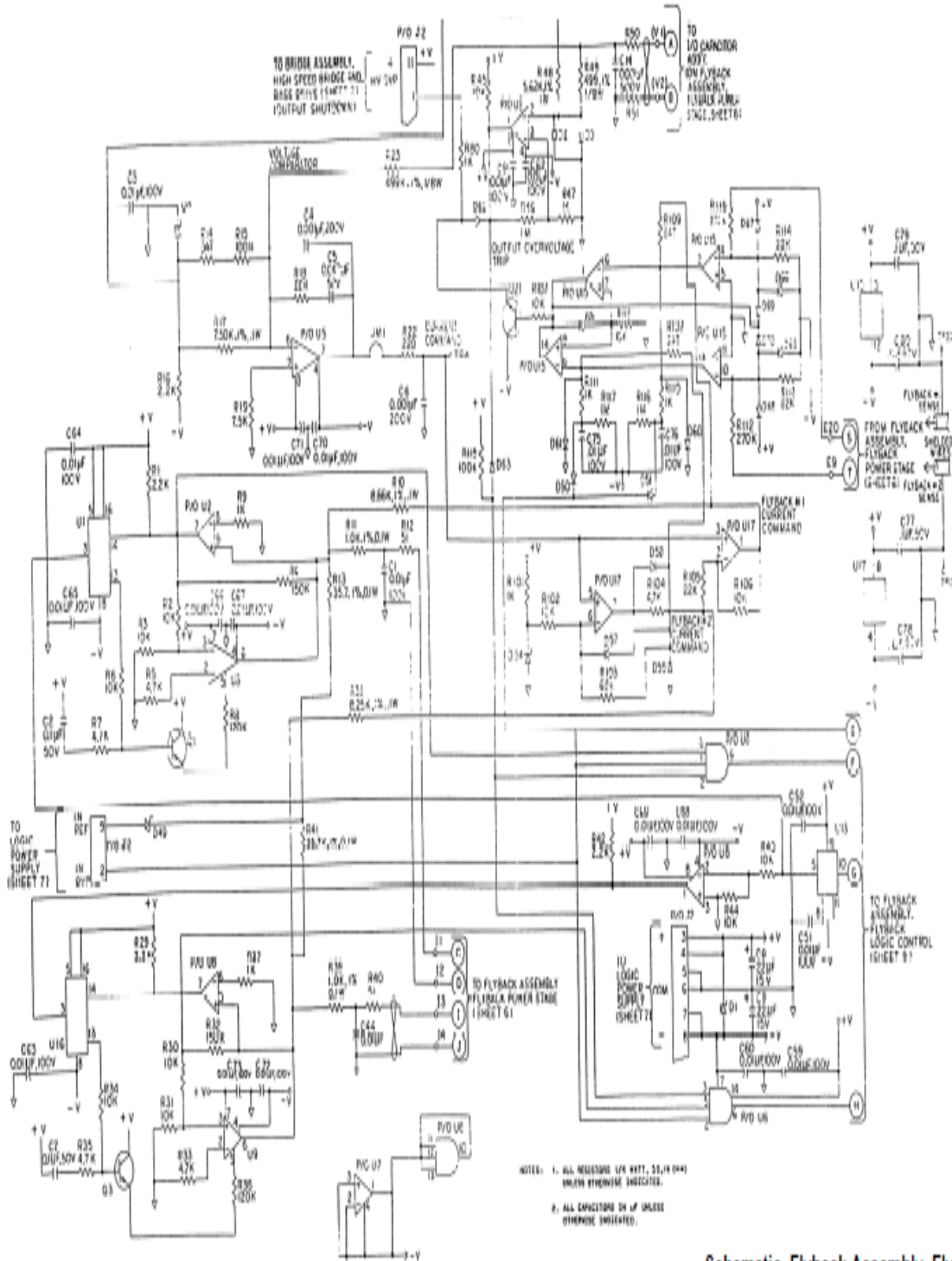
Quand le système est en arrêt, U2, borne 7 et U8, borne 7 produisent un signal de fréquence de 20 kHz. A ce moment, le courant de référence et le courant de commande sont comparables. C15 et C18 sont chargés à plusieurs reprises par les signaux de commande par R52, D4 et R60, D8. Les entrées de U10 aux bornes 5 et 9 sont négatives maintenu par cette action.

La sortie d'U2, la borne 1 désactive la portes **AND** à U6 quand les 177,5 V DC de sortie à l'étage de flyback dépassent la limite de surtension. La sortie d'U7 la borne 7 s'annule quand la limite à hautes températures de l'EMI est excédée. U7 est un comparateur avec la borne 5 maintenue à -3,4 V. Thermistors de ptc (monté sur le panneau d'EMI) surveille la température de l'EMI.

Les portes **AND** de U11 (bornes 1, 2, 3, 11, 12, 13) et U12 (bornes 4, 5, 6, 8, 9, 10) travaille ensemble; portes **AND** de U11 (bornes 4, 5, 6, 8.9, 10) et de U12 (bornes 1, 2, 3, 11, 12, 13) fonctionnent en commutation. Les signaux pour chaque ensemble de la porte **AND** sont déphasés de 180 degrés.

Les transistors complémentaires Q12 et Q13 conduisent alternativement selon Les sorties de U10, bornes 10 et 12. De même, Q15 et Q16 fonctionnent alternativement selon les sorties à U10, à bornes 2 et 4. Les courants de collecteur de Q12, Q13, Q15, Q16 drive les gâtes de Q22 et Q18. T1 par T8 isolent les signaux de commande du flyback entre ses étages.

## Chapitre IV : Description et fonctionnement



Schematic, Flyback Assembly, Flyback Logic Control

**Fig. IV.7 : Schéma électrique du bloc Flyback Logic Control**

## Chapitre IV : Description et fonctionnement

### ❖ L'étage de Flyback se compose de deux Flyback identiques :

Le transistor MOSFET Q22 conduit Q23 et Q24, qui sont reliés en parallèle. Quand un signal positif est appliqué à la G de Q22, il conduit et génère une tension de 28 V DC par T15, T13, T14 et par un autre enroulement de T13 qui est un transformateur de courant d'entraînement.

Q22 est bloqué quand le signal à son entrée est négatif.

Après que Q23 et Q24 se bloquent, l'enroulement secondaire de T14 polarise en aval D30 pour fournir la tension positive aux bornes de sortie positive des condensateurs C39, C40, C41, C42, C43, et C44. D45, D46, et D47 assurent la protection de C30.C38, contre la tension inversée.

Q23 et Q24 sont protégés par les séparateurs C33, R89 et C36, R92.

T15 fournit un courant pendant que Q23, Q24 sont opérationnels et T16 fournit un courant pendant la phase de transfert d'énergie. La même tension est développée à travers R93 si Q23 et Q24 sont en marche ou en arrêt. Ceci est déterminé par les rapports de tours de T15 et de T16.

Le courant de sortie augmente linéairement avec le temps après que Q23 et Q24 soient opérationnels et diminue linéairement lorsqu'ils arrêtent. Le courant de sortie est surveillé par le comparateur courant phase-verrouillé dans la commande de flyback.

### II.2.d Bridge inverter (Inverseur De Pont):

Sine Wave Generator (Générateur à signal sinusoïdale)

Le générateur de signal sinusoïdal se compose d'un circuit d'horloge, un générateur de forme d'onde, et un filtre passe-bas. U5 et deux déclenchements de Schmitt (U3) comportent le circuit d'horloge.

Le signal de fréquence 4,8 kHz conduit U19 à diviser-par-douze le compteur de Johnson. Six sections shift-register de d'U19 sont employés. Chaque section génère un signale carré de 400Hz. La phase de chaque signale de 400 HZ est précédé de 30 degrés. Une impulsion de remise est produite à la fin de chaque compte pour arrêter des comptes incorrects. U3 fournit une impulsion de remise positive aux bornes 6 et 14 d'U19.

## Chapitre IV : Description et fonctionnement

Les résistances R8, R10, et R2 (R7) déterminent la tension de sortie à U4, la borne 7. R8 est une résistance utilisée pour équilibrer la sortie au niveau correct. La sortie de U4, la borne 7 est filtré par le filtre actif U4 (bornes 1, 2, 3).

U1 et U2 fournissent  $\pm 5$  V DC pour le générateur de signal de sinus à partir de la tension de sortie d'alimentation d'énergie  $\pm 7,5$  V DC.

T1, Q5, Q6, C17, et R79 forme un oscillateur de Royer. L3 et R203 filtrent le courant d'entrée de ce dernier. À la mise en marche, le courant traverse R78, R204, dans la base de Q6, la sortie de l'émetteur de Q6, et vers la source de  $-7,5$  V DC. Q6 branche et conduit le courant de collecteur. Le courant de collecteur Q6 entre dans la borne 2 du T1, la sortie de la borne 3 du T1, entre dans le collecteur de Q6, sorties à l'émetteur de Q6, et puis va à la source de  $-7,5$  V DC R78 fournit le courant d'alimentation pour le courant de collecteur Q6. Le courant alors commence à s'accumuler sur les bornes 4.5 du T1 et polarise en aval l'émetteur de base de Q5. La tension à travers les bornes 4.5 du T1 est ajoutée aux  $+7,5$  V DC à la jonction R204, r79 et Q5 s'allume.

T1 secondaire (bornes 6, 7,8) commute alternativement: Q12 et Q13; Q17 et Q18; Q22 et Q23; Q27 et Q28. La fréquence de commutation est 500 kHz. Le courant de collecteur est fourni à ces transistors par Q11, Q16, Q21, et Q26 qui commutent à 400Hz. Q11 est allumé par U13, la borne 1. Q16 est allumé par U13, la borne 13.

Les secondaires restants de T1 (bornes 12, 13, 15, 16, 18, 19) chargent C34, C38, et C42 par les diodes D14, D18, et D22 dans l'étage de flyback de pont. Les 500 kHz et des signaux de 400 Hz sont combinés dans le T2, le T3, le T4, et le T5. Le signal composé conduit l'étage de puissance de pont.

### ❖ **Logique de commande de pont (The bridge power stage) :**

Utilise trois-états de mode de contrôle pour générer un signal de sortie sinusoïdale. Le circuit de courant sens isolé fournit un courant de mode de contrôle. Il se compose d'une section de DC (qui utilise un oscillateur de Royer) et d'une section à AC.

## Chapitre IV : Description et fonctionnement

Dans le pont, Q1, Q2, et T6, comportent l'oscillateur Royer de DC. Les diodes Zener D10, D75, D11, et D76 protègent les entrées de Q1 et de Q2 contre la surtension. Le courant de source passe par R69 et R73.

R70 et L2 limitent le courant dans T6 pendant que la tension passe à travers les bornes 1.3 de T6 s'annule. L'enroulement du Feedback (bornes 4, 5 de T6) tourne les entrées de Q1 et de Q2 alternativement. T6 se sature. Les séquences se répètent.

Le courant dans l'enroulement primaire de T6 (enroulement simple de tour relié à borne 2 de L1 et de C50) est reflété dans les courants de drain (ou source) de Q1 et de Q2. Il est indiqué par les tensions développées à travers R69 et R73. Ces tensions représentent le courant de puissance à l'étage de puissance divisée par le rapport des tours T6. La différence dans la tension entre R69 et R73 est traitée par l'amplificateur différentiel U6 (bornes 9, 10, et 12). Le gain d'U6 (bornes 9, 10, 12) est placé par R62, R65, R67, et R68. C25 et C26 enlèvent la fréquence de hachage de 8 kHz à l'oscillateur de DC Royer en filtrant les composants à haute fréquence. La tension a U6 borne 12 produite est proportionnelle aux composants de basse fréquence (0 à 400 Hz) dans le courant de sortie d'étage de puissance.

Des composants de fréquence qui sont de 400 Hz ou plus grands sont détectés en intégrant la tension sens à travers l'inducteur L1 de filtre de sortie. L'enroulement de sens L1 produit sur les bornes E5 et E6 est équilibré par les résistances R55 et R59. (R56, D7, et C24 fournissent une petite polarisation pour la commande par hystérésis.)

U6 (bornes 9, 10, 12) est également un amplificateur de transconductance d'immunité de haut-bruit où R64 fournit le courant de référence. R63 et C27 stabilisent le courant de référence.

Dans le mode courant de commande, le circuit de puissance est proportionnel à la différence entre la tension actuelle et la tension de sortie requise. La différence de tension fournit le courant de commande.

## Chapitre IV : Description et fonctionnement

Le signal sinusoïdal de référence de sortie du générateur est relié au comparateur de tension par C7 et R21. C7 est un condensateur DC de blocage. R21 et R23 additionnent des résistances.

Le signal de référence et le convertisseur de sortie 115 V, 400 Hz sont comparés dans U6 (bornes 13, 15, 16). R22 et C15 améliorent la stabilité. R171, R172, et R173 fournissent une référence de DC à U6 (borne 16). R28 fournit un courant de référence à l'amplificateur U6. C16 de transconductance et R24 fournissent la stabilité de boucle. D8 et D9 limitent les excursions Positives et négatives à U6 (borne 13) à une baisse de diode au-dessus de +5 V DC et à une baisse de diode en-dessous de -5 V DC. Ce signal définit les limites du courant commande.

Le courant de commande est comparé au courant de commande par R37 et R39, au comparateur à vitesse réduite U7 (bornes 1.2.3), à R40 et R41, et au comparateur U7 (bornes 5.6.7) à haute vitesse. C21 et R34 composent le réseau d'accélération pour le comparateur à vitesse réduite; C22 et R43 composent le réseau d'accélération pour le comparateur à haute vitesse.

Le signal de référence est relié à l'entrée inversante du comparateur à vitesse réduite par R20 et R36. D3 et D4 sont des diodes de coupure. R20, R35, R36, D3, et D4 fournissent une polarisation excentrée au comparateur à vitesse réduite pendant la remise à zéro. L'hystérésis est ajoutée au comparateur à vitesse réduite et au comparateur de haute vitesse pour maintenir une fréquence de commutation de 20 kHz. L'hystérésis est dérivée de la tension à travers L1, dans l'étage d'énergie assemblé, aux goupilles E5 et E6. D5 et D6 rectifient la tension d'inducteur. Le courant traverse par la diode D7 charge C24 et décommande les chute de tension vers l'avant de courant de diode à travers D5 et D6. U8 (les bornes 1, 2, et 3), les R54, et les C23 intègrent la tension d'inducteur. R46 limite le gain de basse fréquence. La sortie d'U8, la borne 1 est la référence négative d'hystérésis. Il est inversé à la référence positive d'hystérésis par l'amplificateur U8 (bornes 5.6.7) de gain d'unité. La référence négative d'hystérésis est orientée par les commutateurs bilatéraux U9 par R38 et R52 au comparateur U7 à haute vitesse. La référence positive d'hystérésis est orientée par U9 par R38 et R52 aux comparateurs à vitesse réduite et à grande vitesse U7. Les sorties des comparateurs à vitesse réduite et haute vitesse sont inversées par l'exclusivité par la

## Chapitre IV : Description et fonctionnement

porte NI de U10. Ces signaux sont commandés par le commutateur bilatéral U9. U9 oriente le composant correct d'hystérésis de nouveau aux comparateurs.

Une impulsion négative est produite à chaque fois que l'entrée de porte change le positif vers le négatif ou du négatif vers le positif.

### II.2.e Étages de puissance de pont assemblé:

L'étage de pont d'énergie se compose de quatre éléments identiques de commutation. Pour la brièveté, seulement l'élément à gauche supérieur est discuté ici. D50 et D51 un détecteur de signal d'entraînement avec le secondaire de T2.

C114 charge à la tension de sortie maximale et polarise en aval la jonction d'émetteur-base de Q49. R210 et R206 limite le courant de base. C110 est un condensateur de déviation de signal D13 conduit le courant positif vers Q45 et Q32 et garde Q31 renversé pendant les impulsions positives..

C106 court-circuite le bruit et les interférences à haute fréquence pour empêcher le déclenchement faux de Q32 et de Q45. La charge positive des drains Q31 des portes de Q32 et de Q45 entre les impulsions ainsi le Q32 et le Q45 peuvent être arrêtés. La décharge est par D77 et par l'émetteur et le collecteur de Q31. R89 est la résistance de polarisation d'émetteur-base pour Q31. D14 rectifie la sortie de l'enroulement T1 secondaire (bornes 12 et 13) et charge C34 à -14 V DC. R290, C36, R91, et C37 sont des séparateurs. D15 est une diode de commutation.

Les trois autres éléments de l'étage fonctionnent de la même façon. La modulation des trois-état d'utilisations d'étage pour produire un signal sinusoïdal. Dans la modulation des trois-état, quatre transistors de puissance qui fonctionnent en commutation sont reliés dans la configuration de pont comme représenté sur le schéma 3. Les transistors représentent chacun des quatre éléments de changement. Q1 et Q2 commutent à 20 kHz, tandis que, Q3 et Q4 commutent à 400 HZ.

Au début d'un cycle, Q4 est en marche et Q3 est arrêté. Commutateur Q1 et Q2 alternativement à 20 kHz pour produire des alternances positives. Au point de croisement, Q4 s'éteint et Q3

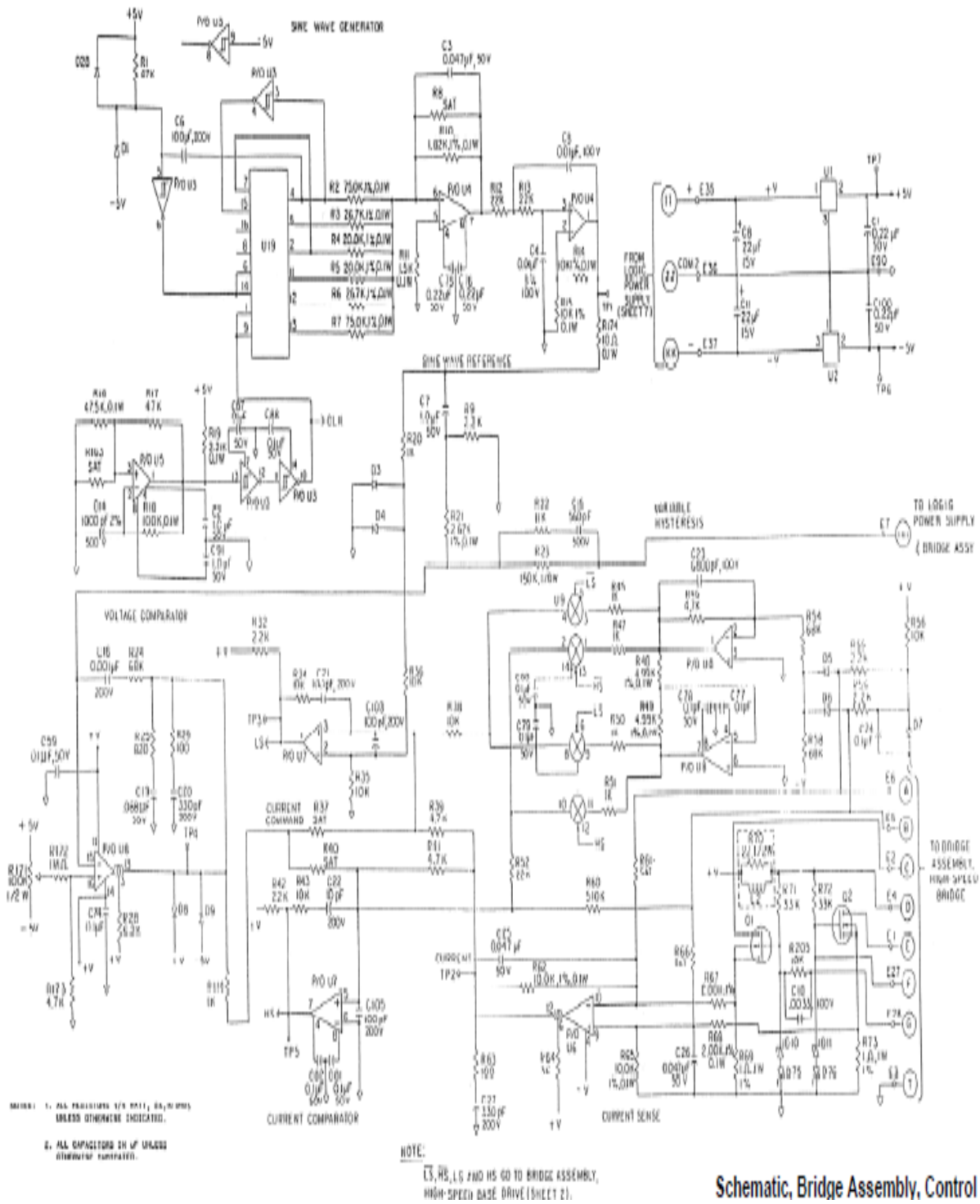


## Chapitre IV : Description et fonctionnement

---

s'allume. Q1 et Q2 commutent alors alternativement pour produire des alternances négatives. Le processus est répété pour chaque cycle. L1 et C50 filtrent la tension de sortie représentée par un signal sinusoïdal. Le courant de sortie est mesuré par T6 et l'enroulement de sens sur L1.

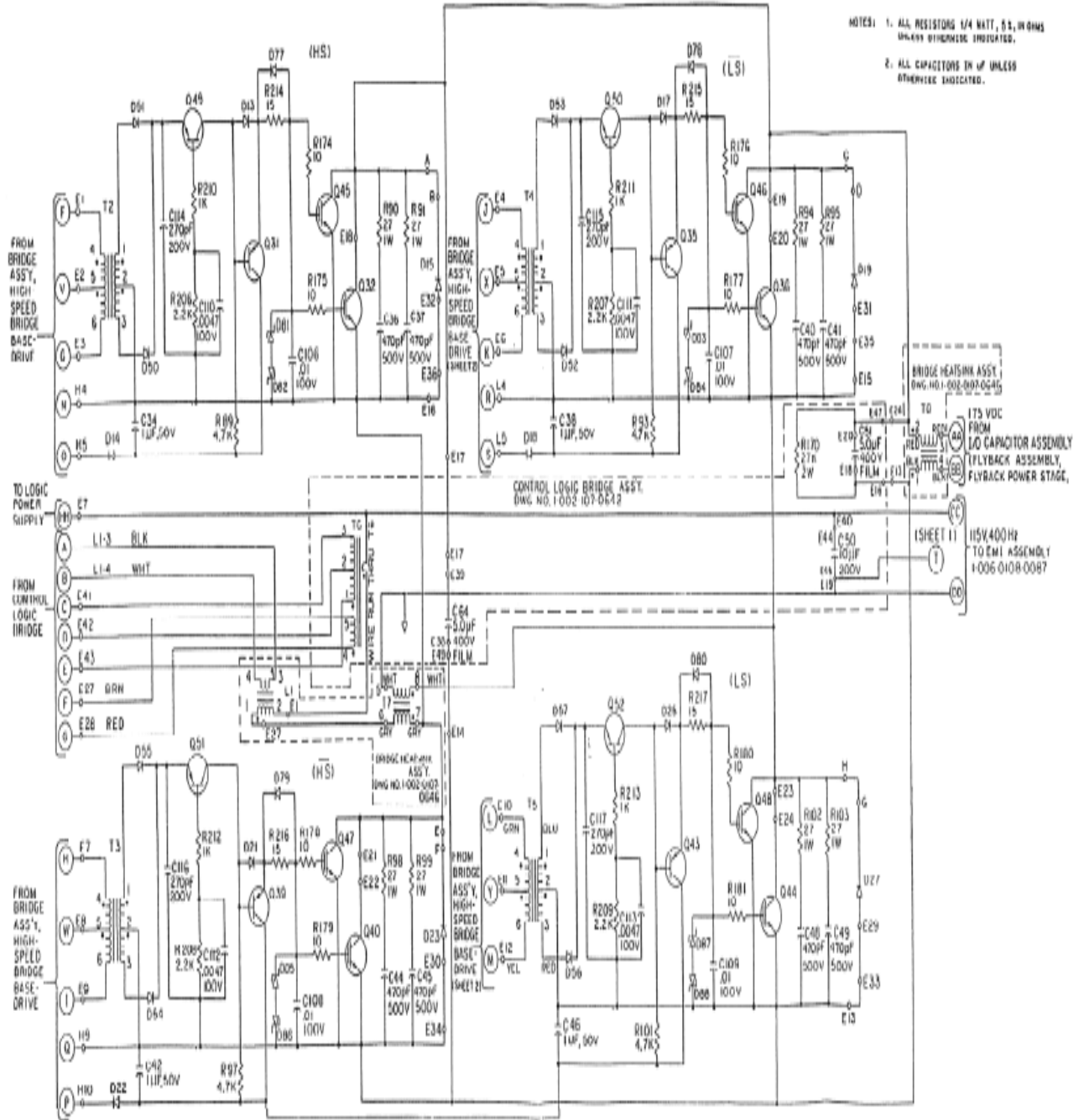
## Chapitre IV : Description et fonctionnement



**Fig. IV.8 : Schéma électrique de l'étage de puissance du pont assemblé (I)**



# Chapitre IV : Description et fonctionnement



Schematic, Bridge Assembly, Control Logic Bridge

Fig. IV.10 : Schéma électrique de l'étage de puissance du pont assemblé (III) 66

### III Conclusion :

Cette étude nous a permis de connaître les différents composants du convertisseur statique ainsi que le rôle de chaque composant.

Nous avons aussi vu que la conception de ce type de convertisseur est purement électronique ce qui permet de réduire le poids et d'assurer une fiabilité très importante.

## Chapitre V : Tests et dépannages

### I Introduction :

Cette section contient des instructions pour examiner les convertisseurs statiques. Les essais décrits dans cette section déterminent le statut opérationnel de ces unités. Cette dernière doit vérifier les lectures fournies dans un tableau, ces valeurs ne doivent pas dépasser les valeurs tolérées.

L'efficacité calculée  $[(I_{rms} V_{rms}/V_{dc}I_{dc}) \times 100\%]$  devrait être conforme à l'efficacité mesurée. La basse efficacité indique habituellement une unité de défaut de fonctionnement. Il faut Analyser les essais soigneusement avant de lancer toutes les réparations.

### II Procédures de test :

#### 1-Préparation Du Test :

Pour assurer le test, il est strictement indispensable de le réaliser en utilisant les équipements requis mentionnés dans les tableaux (figure V.1) du CMM correspondant au convertisseur statique.

L'équipement d'essai alternatif peut être substitué à fournir l'exactitude et l'exécution de cet équipement convient à obtenir des données conformées aux conditions des méthodes d'essai.

Pour exécuter le branchement, on suit les étapes de ce procédé décrivant comment relier l'unité à l'essai (UUT) à l'équipement d'essai. En s'appuyant sur la figure V.1 du CMM approprié au convertisseur.

#### Avertissement:

Il faut démonter toutes les alimentations du convertisseur statique avant d'établir tous les branchements ou avant d'effectuer n'importe quelle procédure de montage ou de démontage.

#### Installation du banc D'Essai (figure V.2)

(1) relier l'approvisionnement d'alimentation DC, l'ampèremètre de DC. (Avec le shunt, s'il y a lieu), et le voltmètre de DC à l'entrée d'UUT -- TB1 sur le panneau avant. (Le goujon de grand diamètre est positif; le goujon de petit diamètre est négatif.)

(2) relier le wattmètre à AC., l'ampèremètre à AC, voltmètre AC, le compteur de fréquence, l'analyseur de déformation, l'oscilloscope, et la charge linéaire réglable aux bornes 1 et 3 de J1 sur le panneau avant d'UUT.

#### Note:

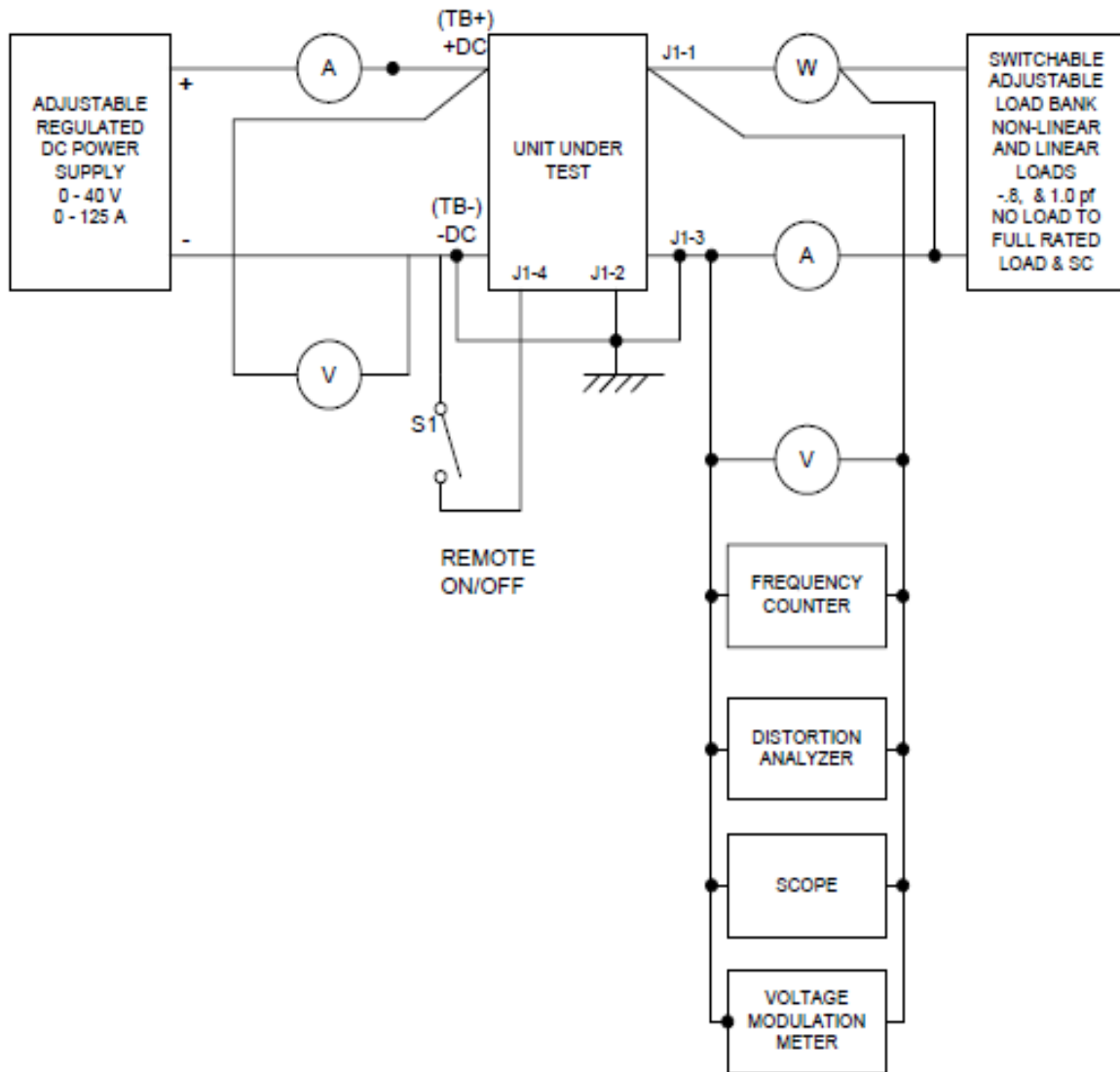
## Chapitre V : Tests et dépannages

Pour réduire au minimum l'erreur de voltmètre, reliez le voltmètre de DC directement à TB1 et le CA du voltmètre directement à J1.

### Table 101 Required Equipment List for Test Procedure

<i>Equipment</i>	<i>Manufacturer</i>	<i>Model</i>	<i>Rating</i>
DC Power Supply	Electronic Measurements	TCR50T200	0 to 50V, 0 to 125A
AC True RMS Voltmeter	Weston	433	0-150 V $\pm$ 2%
AC Ammeter	Weston	904	0 to 50A $\pm$ 2%
DC Voltmeter	Weston	931	0-50 V $\pm$ 2%
DC Ammeter	Weston	931	0-100 A $\pm$ 2%
Wattmeter	Yokogawa	2041	1 $\emptyset$ , 5/25 A, 120/240 V
Frequency Counter	Hewlett Packard	5381	80 MHz
Oscilloscope	Tektronix	466	5 mV/div, 50 ns/div
Voltage Modulation Test Meter	Avtron	T53	400 Hz, 0 to 5%
Shunt for dc Ammeter (if required)	-	-	-
Distortion Analyzer	Hewlett Packard	333A	5-6000 Hz $\pm$ 0.1%
Adjustable Linear Load	-	-	-
SPST Switch	-	-	-

**Fig V.1 : Tableau des équipements utilise pour le test**



**Fig V.2 : Schéma de connexion des équipements de test au convertisseur statique**



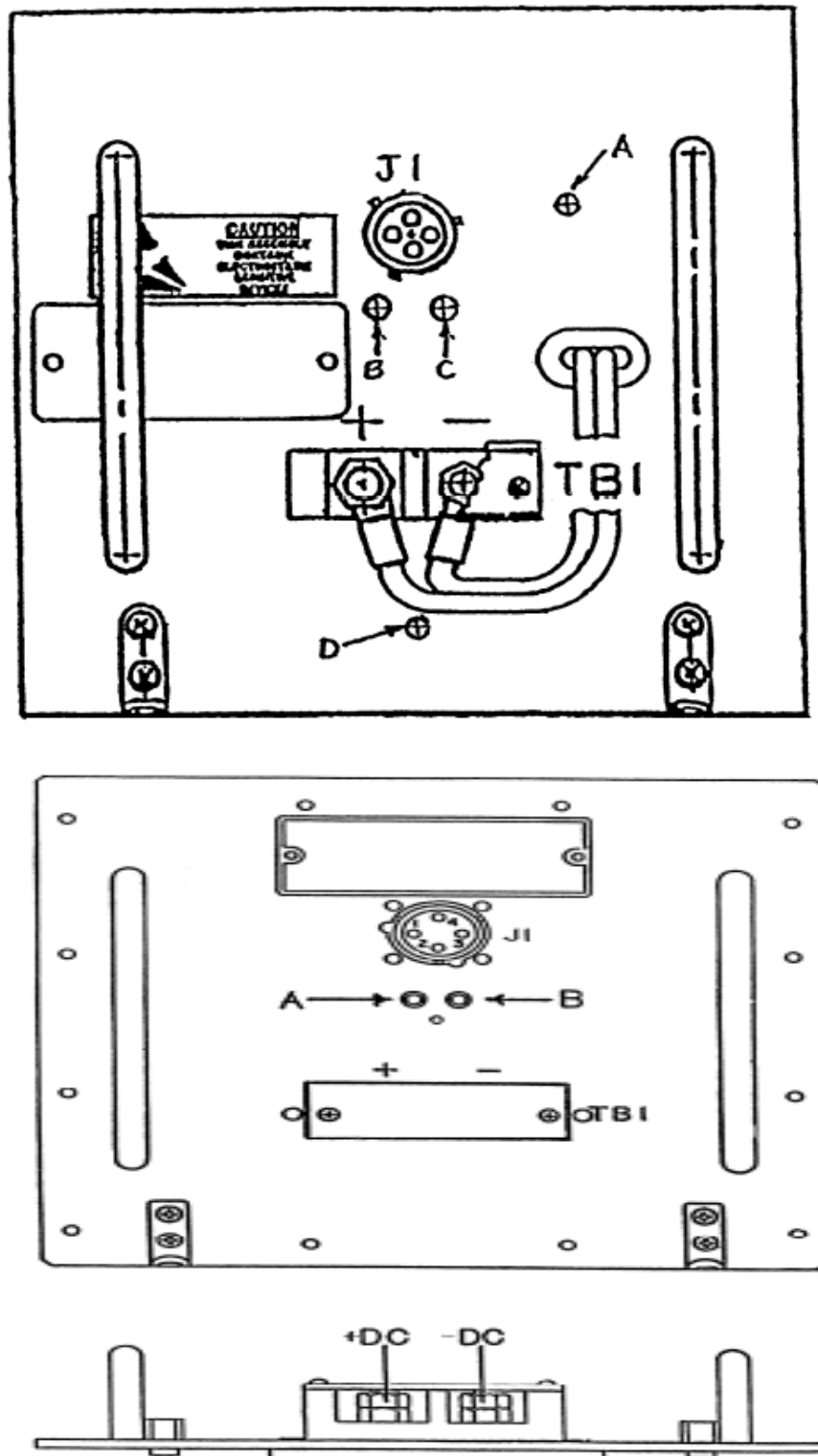


Fig V.3 : Façade frontale du convertisseur statique

Il est indispensable d'exécuter les étapes de la méthode d'essai dans l'ordre énuméré.

La **figure V.2** indique des limites pour chaque valeur mesurée. Dans le cas où les lectures sont hors de tolérance nous devrions retourner à l'analyse de panne. L'essai doit être arrêté si n'importe quelle lecture est hors de tolérance et devrait être continué seulement après que tous les défauts ont été corrigés.

La résistance d'isolation et la tension de résistance diélectrique de l'assemblée finale seront les premier paramètres à mesurées.

### III.1 Essai De Résistance D'Isolation

La mesure de la résistance d'isolation se fait en utilisant un mégohmmètre, avec une tension d'essai de +50 volts continu entre les points test de mesure énumérés ci-dessous. La résistance mesurée d'isolation ne devrait pas être moins de 200M (mégohms).

JUMPERED

JUMPERED

J1-1 (AC Hi)

J1-4 (Remote)

J1-3 (AC-Lo)

TB1 + (DC+) TB1 + (DC-)

J1-2(Chassis Gnd.)

### III.2 Essai De Tension De Résistance Diélectrique (Fig V.3)

On attache l'appareil de contrôle d'Hipot entre les groupes des fils à 500 Vrms.

On maintient la tension durant une 1min, puis on mesure le courant de fuite. Une fuite de 4 mA de plus que le courants, constitue un échec de l'essai de résistance diélectrique de tension.

### III.3 Test avant les essais de performance électriques :

Il faut toujours vérifier l'entrée du Circuit d'Arrêt de Surtension

Après l'essai diélectrique, chaque convertisseur sera soumis à la vérification de circuit de surtension d'entrée. Cet essai implique d'augmenter la tension d'entrée à +50 V, vérifiant que le convertisseur s'arrête (entre +40 à +50 V), et puis on diminue la tension d'entrée jusqu'à ce que le rendement retourne (entre +48 à +36 V).

### III.4 Essai De Charge Linéaire :

#### III.4.a Test à vide :

a. mettre le circuit ouvert.

## Chapitre V : Tests et dépannages

- b. Ajustez l'alimentation d'énergie sur +18 V CC.
- c. on mesure et on enregistre le courant d'entrée; la tension sortie, la fréquence, la déformation harmonique de (THD), et la modulation de tension (Vmod).
- d. Ajustez l'approvisionnement d'alimentation DC Sur +24 V
- e. Ajustez l'approvisionnement d'alimentation DC Sur +28 V
- f. Ajustez l'approvisionnement d'alimentation DC Sur +32 V

Remarque :

À chaque fois qu'on varie la tension d'approvisionnement d'alimentation on mesure le courant d'entrée, la tension sortie, la fréquence, la déformation harmonique de (THD), et la modulation de tension (Vmod).

### III.4.b Test avec une charge de 1,0 pf et de 500 VA :

- a. Ajustez la charge sur 4,35 A et de 1,0 pf (500 W).
- b. Ajustez la tension d'entrée sur +22 V.
- c. Mesurez et enregistrez le courant d'entrée; produisez la tension, le courant, la fréquence, la puissance, le THD, et le Vmod.

d. L'efficacité est calculée en utilisant :

$$\eta = \frac{Wattsout}{V_{in} * I_{in}} * 100$$

Le résultat doit être supérieur ou égal à 82%.

### III.4.c Test à 500VA avec une charge de 8pf (400 W ; 300VARS) :

Répétez les paragraphes 3.C(2) b par 3.C(2) d avec une charge linéaire 500 VA.

### III.4.d Test à 560v avec une charge de 1 pf :

- a. on ajuste la charge sur 5,65 A.
- b. on ajuste la tension d'entrée sur +22 V.
- c. on mesure et on enregistre le courant d'entrée, la tension, la fréquence, la puissance, THD, et Vmod.

d. L'efficacité calculée, en utilisant:

$$\eta = \frac{Wattsout}{V_{in} * I_{in}} * 100$$

Le résultat doit être supérieur ou égal à 82%.

### III.4.e Test à 1000v avec une charge de 1 pf :

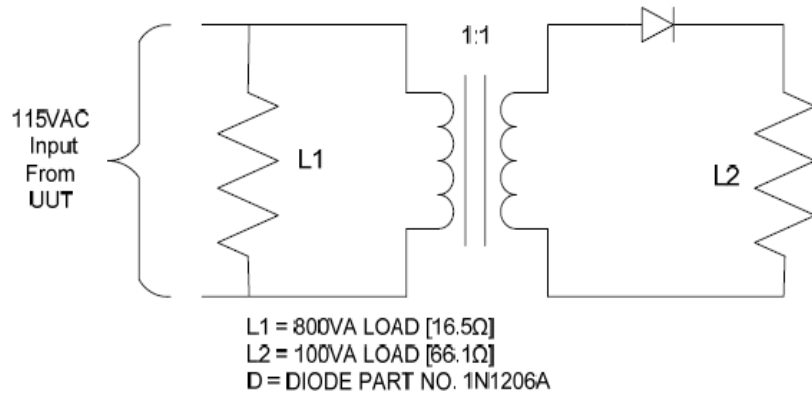
- a. on ajuste le courant de sortie sur 8,7 A (1000 W).
- b. on ajuste la tension d'entrée sur +22 V.
- c. on mesure le courant d'entrée, la tension, la fréquence, la puissance, THD, et Vmod.
- d. L'efficacité calculée, en utilisant la même méthode que la précédente. et le résultat doit être supérieur ou égal à 82%.

### III.4.f Test à 1000VA avec une charge de 8 pf :

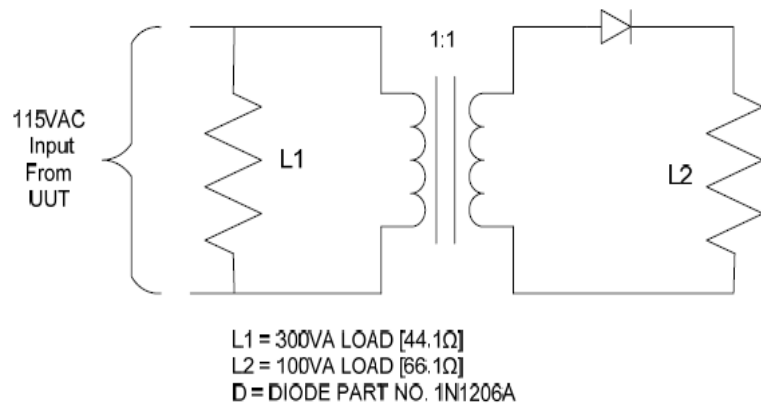
On refait l'étape précédente avec une charge linéaire de 1000 VA ,8 pf (8,7 A, 800 W).

### III.5 Test avec une charge non linéaire :

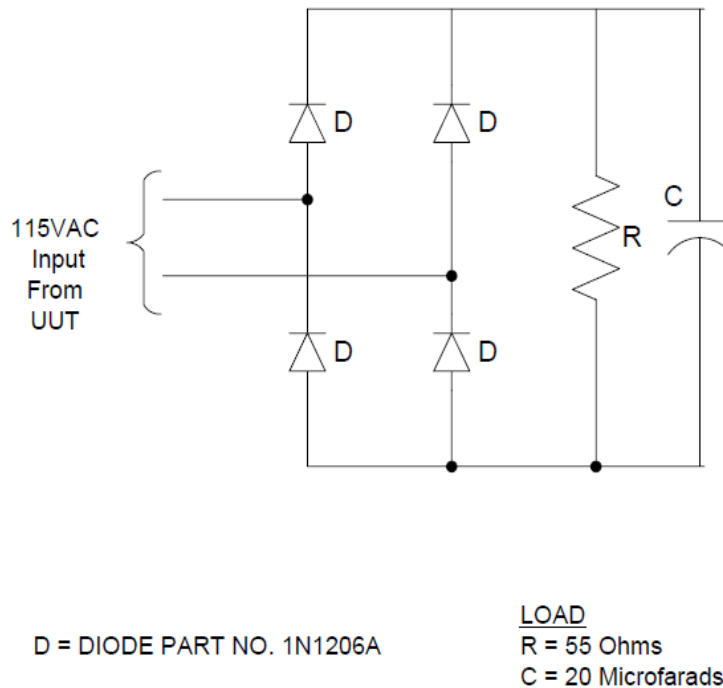
- (1) on attache la charge non linéaire du schéma de la (Fig.V.4.I) à la sortie du convertisseur.
  - (2) on ajuste la tension d'entrée sur +18 v.
  - (3) on mesure et on enregistre le courant d'entrée; produisez la tension, le courant, la fréquence, la puissance, le THD, et le Vmod.
  - (4) on ajuste l'approvisionnement d'alimentation DC Sur +24 V.
  - (5) on ajuste l'approvisionnement d'alimentation DC Sur +28 V.
  - (6) on ajuste l'approvisionnement d'alimentation DC Sur +32 V.
- On refait les mêmes mesures à chaque ajustement de la tension d'entrée.
- (7) on arrête l'approvisionnement d'alimentation DC et on débranche la charge.
  - (8) on attache la charge non linéaire du schéma de la (Fig.V.4.II) à la sortie du convertisseur.
  - (9) on refait les mesures qu'on déjà fait.
  - (10) on attache la charge non linéaire du schéma de la (Fig.V.5) à la sortie du convertisseur.
  - (11) on refait les mesures.



**Fig.V.4.I : Schéma du Test avec une charge non linéaire**



**Fig.V.4.II : Schéma du Test avec une charge non linéaire**



**Fig.V.5 : Schéma du Test avec une charge non linéaire**

### III.6 Test à distance on/off:

- (1) on attache le schéma de la charge non linéaire de la (Fig.V.4.I) à la sortie du convertisseur. et ajustons la tension d'alimentation à DC Sur +18 V.
- (2) on ferme le commutateur étroit S1 pour fournir la terre à la goupille J1-4 pendant 30 secondes.
- (3) le convertisseur ne devrait assurer aucun rendement. On s'assure que le rendement est nul et on enregistre la tension de rendement.
- (4) On ouvre le commutateur S1, (enlevé la terre de la goupille J1-4), puis on mesure et on enregistre le courant d'entrée; courant de sortie, tension de rendement, fréquence, puissance, THD, et Vmod.
- (5) on ajuste la tension d'entrée sur +36 V avec le schéma de la (Fig.V.4.I), charge reliée à la sortie.
- (6) on ferme le commutateur étroit S1 pour fournir la terre à la goupille J1-4 pendant 10 secondes.
- (7) on répète les mesures.

## Chapitre V : Tests et dépannages

---

(8) on enlève la charge du rendement du convertisseur (aucune charge) et ajustent la tension d'alimentation à DC Sur +18 V.

(9) on répète les mesures.

(10) on ajuste la tension d'entrée sur +36 V à aucune charge et répètent les mesures.

(11) on arrête d'alimentation en DC.

(12) Si les résultats de ces test ne sont pas conformes aux limites énumérées alors l'unité a échouer à l'essai d'homologation et doit être assigner à la réparation.

### III.7 Essai De Court -Circuit :

On l'approvisionnement d'alimentation DC Sur +28 V. On mit le commutateur de la charge sur le court -circuit ( $0,5 \Omega$  ou moins). On laisse l'unité fonctionner pendant 2 minutes au minimum.

On Mesure et on enregistre le courant d'entrée et le courant de sortie. Apres avoir enlever le Court-circuit. Le courant de sortie sera 25 A au minimum et un maximum de 29 A.

### III.8 Essai De Surcharge :

On ajuste la tension d'alimentation à DC Sur +28 V. On Augmente la charge jusqu'à 13 A à 1,0 pf. Puis on Mesure et on enregistre le courant d'entrée; courant de sortie, tension, et fréquence.

## Chapitre V : Tests et dépannages

TEST PARA	INPUT			OUTPUT								
	Vdc (V)	Idc (A)	Idc[5] Limit	Vac [7] (Vrms)	Iac (Arms)	Freq [1]	THD (%) [2]	Vmod % [3]	Pwr. (W)	Load	Effic (%) [8]	Eff Lim
3.C(1)c	18.0		xxxx		0				0	NL	xxx	N/A
3.C(1)d	24.0		xxxx		0				0	NL	xxx	N/A
3.C(1)e	28.0		xxxx		0				0	NL	xxx	N/A
3.C(1)f	32.0		xxxx		0				0	NL	xxx	N/A
3.C(2)c	22.0		[9]							500VA, 1.0		82
3.C(3)	22.0		[9]							500VA, -.8		82
3.C(4)c	22.0		[9]							650VA, 1.0		82
3.C(5)c	22.0		[9]							1000VA, 1.0		82
3.C(6)	22.0		[9]							1000VA, -.8		82
3.D(3)	18.0		72							Case I	xxx	xxx
3.D(4)	24.0		[9]							Case I	xxx	82
3.D(5)	28.0		[9]							Case I	xxx	82
3.D(6)	32.0		[9]							Case I	xxx	82
3.D(9)	18.0		35							Case II	xxx	xxx
3.D(9)	24.0		[9]							Case II	xxx	82
3.D(9)	28.0		[9]							Case II	xxx	82
3.D(9)	32.0		[9]							Case II	xxx	82
3.D(11)	18.0		27							Case III	xxx	xxx
3.D(11)	24.0		20							Case III	xxx	xxx
3.D(11)	28.0		17							Case III	xxx	xxx
3.D(11)	32.0		15							Case III	xxx	xxx
3.E(3)	18.0	xxxx	xxxx		xxxx	0	0	0	0	Fig 2 [4]	xxx	xxx
3.E(4)	18.0		72							Fig 2	xxx	xxx
3.E(7)	36.0	xxxx	xxxx		xxxx	0	0	0	0	Fig 2 [4]	xxx	xxx
3.E(7)	36.0		[9]							Fig 2	xxx	82
3.E(9)	18.0	xxxx	xxxx		xxxx	0	0	0	0	NL [4]	xxx	xxx
3.E(9)	18.0		xxxx							NL	xxx	xxx
3.E(10)	36.0	xxxx	xxxx		xxxx	0	0	0	0	NL [4]	xxx	xxx
3.E(10)	36.0		xxxx							NL	xxx	xxx
3.F	28.0		xxxx	xxxx		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	S. C. [6]	xxx	xxx
3.G	28.0		xxxx				xxxx	xxxx	xxxx	150% Irated	xxx	xxx

**Fig V.6 : (Tableau 102):Données de références pour les essais de performances électriques**

NOTE:

Limite De Fréquence: 395-405Hz

Limite De Thd: moins de 4,2% moyennes (5.0%rms)

Limite De Modulation De Tension: moins de 1,0%

État zéro de rendement (limites non applicables)

Les limites courantes d'entrée sont des valeurs maximum.

Limite De Courant de sortie De Circuit Court: 25-29 ampères



## Chapitre V : Tests et dépannages

---

Limite De Tension De Rendement: 110-120 Vrms, excepté Para. 3.g qui est 103-120Vrms

Calculez l'utilisation d'efficacité:  $EFF = (\text{watts out}/V_{in} \times I_{in}) \times 100\%$

Voir les limites d'efficacité pour des critères de pass/fail

### IV Analyse De Panne :

Cette section fournit des instructions pour isoler les défauts électriques dans le convertisseur statique. Le dépannage est soutenu avec les diagrammes schématiques, diagrammes de câblage, un organigramme de dépannage, et diagrammes de forme d'onde.

Des défauts de fonctionnement sont énumérés par ordre de probabilité mais pas toutes les causes possibles d'échec.

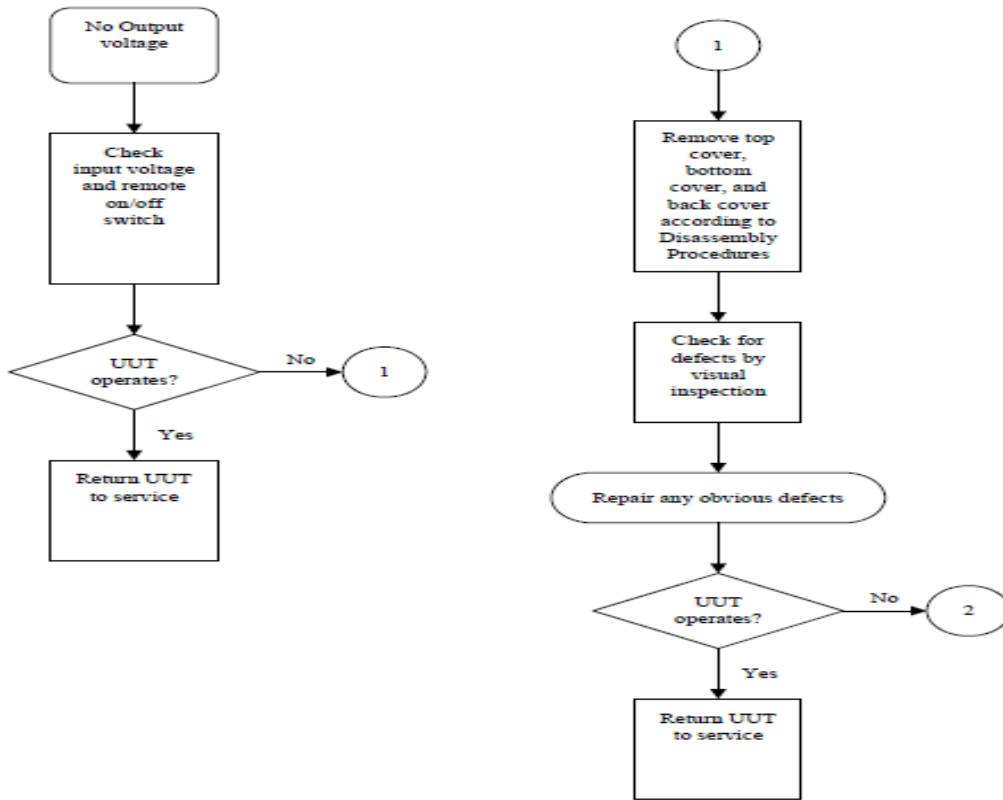
### V Aides De Dépannage :

#### V.1 Organigramme De Dépannage (Voir Le Schéma 106) :

L'organigramme de dépannage est un procédé détaillé de dépannage qui localise la cause de panneau niveau composant.

Lors du test non dynamique on examine seulement le fonctionnement des circuits de commande et la haute tension n'est pas présente dans le convertisseur.

L'essai non dynamique est employé pour déterminer si les circuits de commande fonctionnent correctement.



Flowchart, Troubleshooting  
Figure 106, Sheet 1 of 6

Fig V.7 : Organigramme des étapes à suivre pour le Dépannage

## Chapitre V : Tests et dépannages

### V.2 Schémas et diagrammes de câblage:

Les schémas et les diagrammes de câblage sont donnés pour l'utilisation aux organigrammes de dépannage. Les points test de mesure sur les schémas sont employés pour examiner les divers circuits pour assurer l'opération appropriée. Les diagrammes de câblage fournissent des données pour le point aux mesures de continuité de point.

### V.3 Formes d'onde De Point test De mesure:

Une forme d'onde est donnée pour chaque point test de mesure sur le schéma de sorte que chaque circuit puisse être examiné pour assurer l'opération appropriée. Des arrangements d'oscilloscope sont donnés à côté de chaque forme d'onde.

## VI Dépannage Détaillé :

### VI.1 Organigramme de dépannage :

L'organigramme de dépannage commence par une unité totalement inopérante et assume la cause la plus probable de l'échec.

Les ensembles du convertisseur statique sont signés sur l'ordre suivant:

EMI Assembly

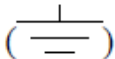
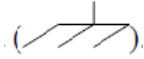
Logic Power Supply

Flyback Assembly

Bridge Assembly

### VI.2 Prise de terre :

La prise de terre à **DC** ne devrait pas être confondu avec la masse de terre, en effet la prise de terre à **DC** est isolé par la masse de terre en revanche la masse de terre est employé pour les courtes interférences électromagnétiques.

La prise de terre a **DC** :  et La masse de terre : 

A titre d'exemple :

Dans l'EMI, le bruit à haute fréquence est court-circuité à la masse par des condensateurs dans l'entrée, la sortie, et la ligne "Marche/Arrêt" à distance.

## Chapitre V : Tests et dépannages

### VI.3 Test du transistor bipolaire :

1-Tous les équipements de test et d'alimentation d'énergie devraient être isolés pour éviter l'application négligente de la tension excessive aux semi-conducteurs.

2-Les multimètres devraient avoir une sensibilité de 20 kil ohms/volt ou plus.

3-Pour vérifier un transistor de PNP avec un multimètre, on relie le fil positif du multimètre à la base du transistor et le négatif à l'émetteur. Une lecture de 50 koh ou plus devrait être obtenue. Quand le multimètre est relié au négatif menez à la base et le positif mènent à l'émetteur, une résistance des 500 ohms devrait être obtenu.

4-Pour vérifier un transistor de NPN avec un multimètre, en relie le négatif à la base et le positif au collecteur. Une lecture de 50 kil ohms ou un plus devrait être obtenue. Le fil positif étant relié a la base et le négatif relié au collecteur, l'ohmmètre devrait indiquer une valeur de 500 oh.

5-avant d'installer un nouveau transistor il faut assurer que le circuit fonctionne parfaitement.

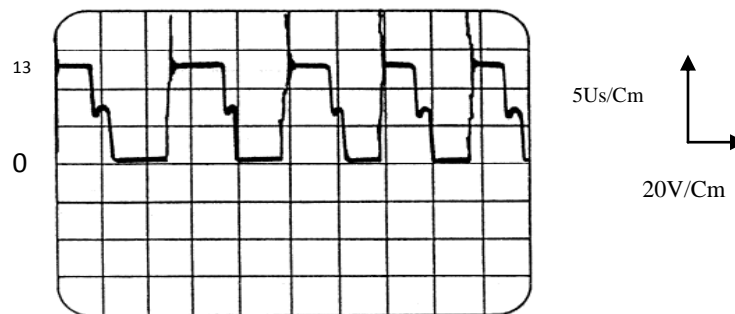
Le teste et le dépannage de déférentes parties du convertisseur statique :

#### VI.3.a Le test du bloc d'alimentation d'énergie :

Pour le test de ce bloc il est préférable d'étudier la forme du signal du transistor Q14 de ce dernier, pour cela en utilise un oscilloscope

Après avoir connecter l'oscilloscope entre les bornes du transistor du bloc d'alimentation

Le signal obtenu est représenté sur la figure ci-dessous :

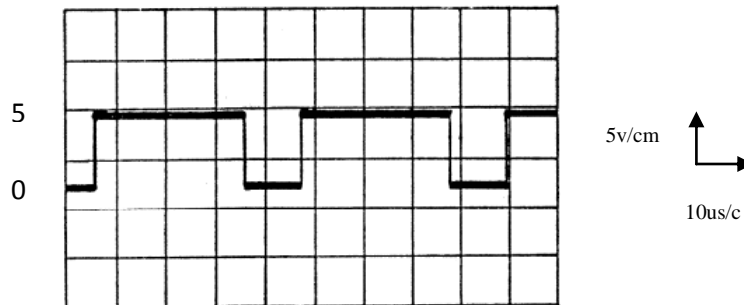


**Fig V.8 : La forme du signal d'un transistor Q14 du bloc d'alimentation**

### VI.4 Le teste du bloc flyback :

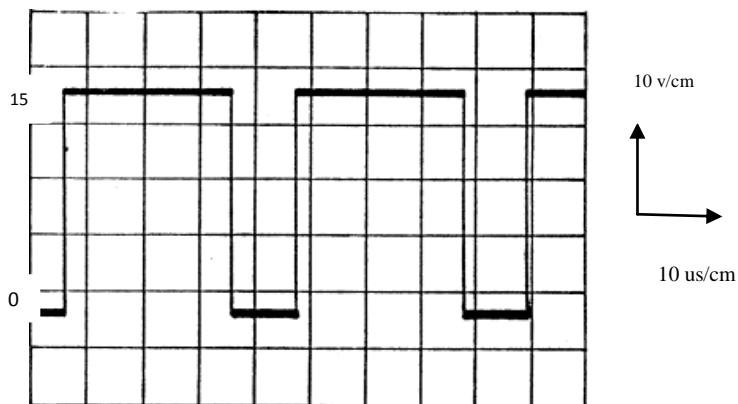
Pour le test du bloc flyback ON revient toujours à relever la forme de chacun de ces transistors

#### VI.4.a La forme du signal de Q14 et Q17 à l'aide d'un oscilloscope connecté à leur collecteurs:



**Fig V.9 : La forme du signal aux collecteurs des transistors Q14 Q17**

#### VI.4.b La forme du signal aux bornes de Q13 Q15 Q16 a l'aide d'un oscilloscope :

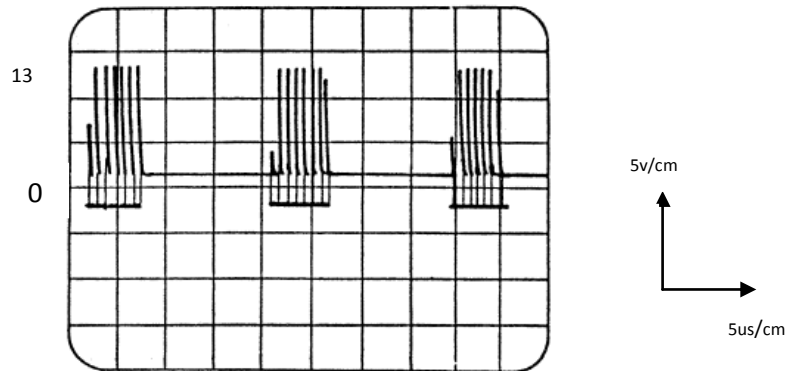


**Fig V.10 : La forme du signal aux collecteurs des transistors Q13 Q15 Q16**

## Chapitre V : Tests et dépannages

### VI.4.c La forme du signal au niveau des D et les G de Q4, Q5, Q8 et Q9 a l'aide d'un oscilloscope :

Pour ce faire on connecte la masse de l'oscilloscope au terminale négative de C8 puis on connecte respectivement le positif de l'oscilloscope au drain puis au Gates de l'un de ces transistors sur l'écran de ce dernier on peut voir ce signal :



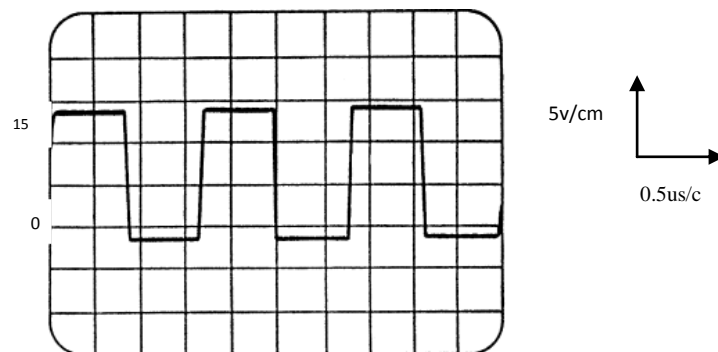
**Fig V.11 : Le signal du convertisseur flyback au niveau des drains de Q4, Q5, Q8 et Q9**

### VI.4.d Le test des comparateurs du convertisseur flyback :

Pour ce faire on utilise toujours l'oscilloscope afin d'étudier la forme du signal donné par ces composants.

#### ❖ La forme du signal de U14 aux broches 10 ou 11 :

Pour avoir le signal de U14 on connecte la masse de l'oscilloscope au terminale négative de C8 puis on connecte la sonde de ce dernier aux pins 10 ou 11.



**Fig V.12 : La forme du signal de U14**

## Chapitre V : Tests et dépannages

### ❖ L'essai non dynamique de l'alimentation d'énergie le flyback:

Problème	Cause du problème	Réparation du problème
<p><i>La tension de sortie du collecteur De Q4 est nul (lors du teste l'oscilloscope N'affichera pas le signale de Q4) .</i></p>	<p><i>La tension d'entrée est très faible</i></p> <p><i>Q1 est défectueux</i></p> <p><i>Q2est court-circuité</i></p> <p><i>Q4 est défectueux</i></p> <p><i>Q5 est défectueux</i></p> <p><i>T1 défectueux</i></p>	<p><i>Faire augmente la tension d'entrée à 28 V</i></p> <p><i>Tester chacun de R1, D2, R3 et Q1 puis remplacer le composons défectueux</i></p> <p><i>Test de Q2puis la remplace si elle est défectueuse</i></p> <p><i>Tester chacun de Q3, Q4, Q8, D8</i></p> <p><i>Puis remplacé le composons défectueux</i></p> <p><i>Test de Q5 puis le remplacé</i></p> <p><i>Vérification de T1 avec ses inter connecteur</i></p>
<p><i>pas de signale dans le collecteur De Q14 et Q17 (la tension de sortie est nulle).</i></p>	<p><i>Q14 et Q17sont défectueux</i></p>	<p><i>On connecte la masse de l'oscilloscope au terminale négative a l'entrée du condensateur .vérifier le signale a la base de Q14 et Q17.</i></p> <p><i>On remplace les deux transistors si le signale se présente dans la base de ces dernier.</i></p>
<p><i>La tension de sortie de Q12, Q13, Q15, Q16 est nulle.</i></p>	<p><i>Les composons sont défectueux</i></p> <p><i>Q4 et Q11 sont défectueux</i></p>	<p><i>Dans le cas où le signale existe dans la base de chacun de ces transistor alors il est indispensable de les remplaces</i></p> <p><i>Vérifiez le signale au niveau des drains et Gates de Q4, Q5, Q8 et Q9.</i></p>

Remplacez ces composants si le signal se présente dans les drains et pas au niveau des Gates.

Les comparateurs U11 ,  
U12 et U14 sont défectueux

Vérifiez le signal au niveau des  
pins 10 et 11 de U14.

Remplacez U14 si le signal se  
présente entre ces bornes

Remplacez U11 et U12

Si le signal est absent au niveau de  
U14.

U6 ou U10 est défectueux

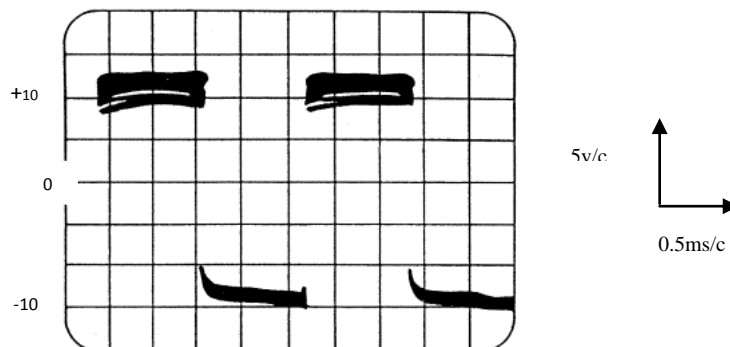
Vérifiez le signal aux pins 4 et 10  
de U10 remplacez U10 si le signal  
n'est pas envoyé vers U12.

### VI.5 Le test du bloc BRIDJE INVERTER :

La forme du signal des transistors de ce bloc à l'aide d'un oscilloscope :

#### VI.5.a Le signal de la base de Q32 :

En connecte la masse de l'oscilloscope à l'émetteur de Q32 et la sonde de ce dernier à la base de Q32 le signal obtenu est affiché ci-dessous :



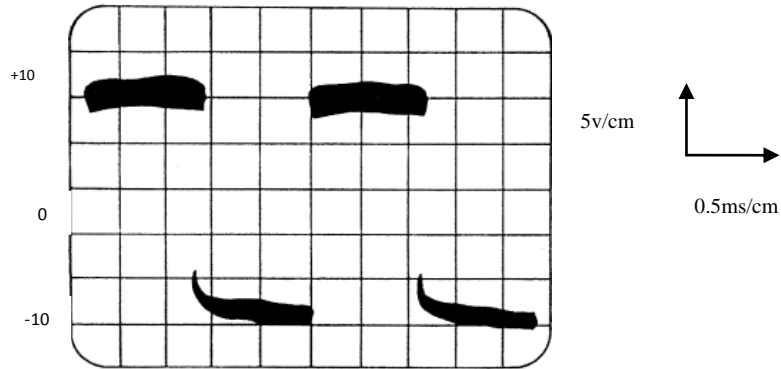
**Fig V.13 : La forme du signal à la base de Q32 du pont du convertisseur**



## Chapitre V : Tests et dépannages

### VI.5.b Le signal du transistor Q32 au niveau de l'émetteur :

On connecte la masse de l'oscilloscope à la base de Q32 et la sonde de ce dernier à l'émetteur de Q32 le signal obtenu est affiché ci-dessous :

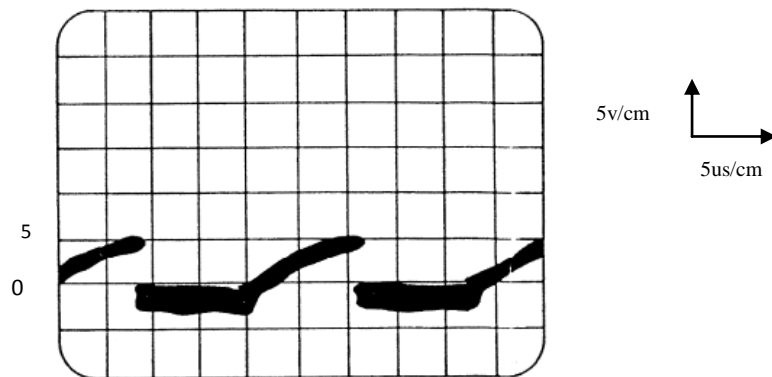


**Fig V.14 : La forme du signal a l'émetteur de Q32**

### VI.5.c La forme du signal a la base de Q12 :

On connecte la masse de l'oscilloscope à E36 du convertisseur a pont, puis on connecte la sonde de ce dernier à la base de Q12.

Le signal obtenu est affiché sur la figure ci-dessous :



**Fig V.15 : La forme du signal du test de Q12**

## Chapitre V : Tests et dépannages

### VI.5.d La forme du signal au collecteur de Q12 :

On connecte la masse de l'oscilloscope à E36 du convertisseur à pont, puis on connecte la sonde de ce dernier au collecteur de Q12.

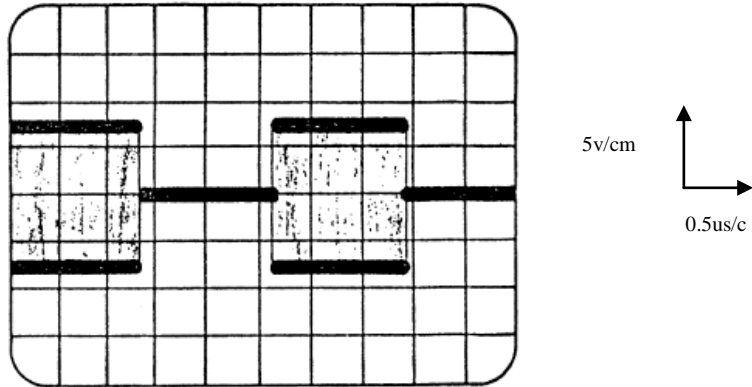


Fig V.16 : La forme du signal au collecteur de Q12

### VI.5.e La forme du signale au Gates de Q11 :

On connecte la masse de l'oscilloscope à E36 du convertisseur à pont, puis on connecte la sonde de ce dernier au Gates de Q11. Le signal est représenté ci-dessous :

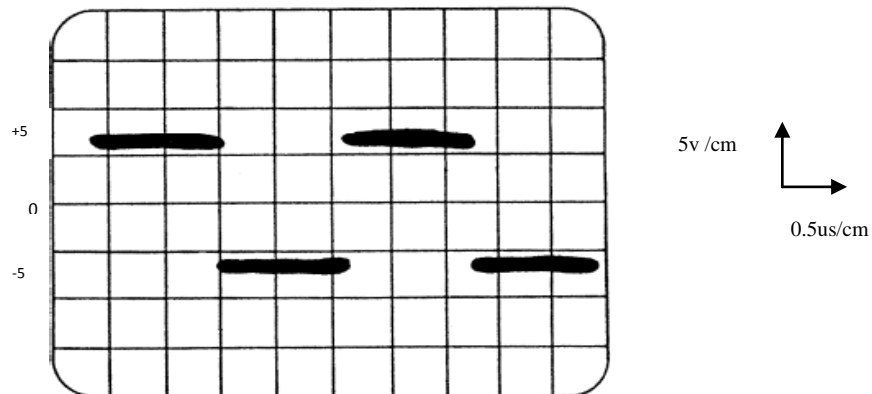


Fig V.17 : La forme du signal au Gates de Q11

## Chapitre V : Tests et dépannages

### VI.5.f La forme du signal au drain de Q11 :

On connecte la masse de l'oscilloscope à E36 du convertisseur à pont, puis on connecte la sonde de ce dernier au drain de Q11.

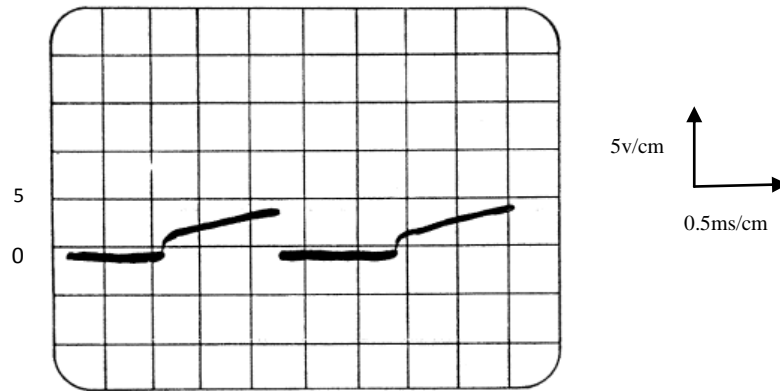


Fig V.18: La forme du signal aux drains de Q11

### VI.6 Le dépannage du bloc BRIDGE INVERTER :

Problèmes	Cause du problème	Dépannages
Le signale deQ32 (base-émetteur) est absent	Q32 est défectueux	Connectez la masse de l'oscilloscope a l'émetteur de Q32 puis prélevez le signal au niveau de la base et de l'émetteur de Q32et remplacez le transistor si le signal se présente dans la base est pas dans l'émetteur
La tension de sortie De Q12 est nulle	Q12 est défectueux	connectez la masse de l'oscilloscope à la sortie de E36 puis prélevez le signal entre la base et le collecteur de Q12, remplacez le transistor si le signal se présente au niveau de la base.

## Chapitre V : Tests et dépannages

---

---

La tension de sortie  
de Q11 est nulle.

Q11 est défectueux

En utilisant l'oscilloscope on  
prélève le signal entre le drain-  
Gates de Q11

Pas de signale  
au niveau de Q5

Q5 est défectueux

Prélevez le signal au niveau du  
collecteur de Q5

---

---

### VII Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons vu que les inverseurs statiques d'un Boeing 737 NG ont une conception complexe et différente par rapport aux anciens modèles, en revanche les tests ainsi que les essais de dépannages et de fonctionnements restent presque les mêmes.

## REFERENCES

- [1] SABINA TECHNICS TRAINING. “*Boeing 737 600/700/800/900 Electrical generation*”  
Training Manual ATA 24. [25.08.2009] Rev: 2.1
- [2] AVIONIC INSTRUMENTS, LLC .COMPONENT MAINTENANCE MANUAL.  
“*Component Maintenance Manual With Illustrated Parts List For Static Inverters*”  
[26.02.2009]
- [3] L.P. LA CHAUVINIÈRE. «*Les Convertisseurs Statiques* », Communication technique.
- [4] COCKPIT-737. « *Passage sur CUBA.....sergio* », Boeing 737- 800.
- [5] FRANÇOIS COSTA. « *Principes de base de la conversion statique Synthèse des convertisseurs statiques* », Module MR2 : Electronique de puissance avancée.
- [6] Département de Génie Electrique & Informatique Industrielle. « *Electrotechnique & Electronique de Puissance* », Chapitre 3: Les Onduleurs, - S3\_ET3\_CM3\_Onduleurs.doc.
- [7] ELECTROTECHNIQUE. « *Les convertisseurs alternatif/continu. Le redressement* », TELEEC, Savoir S0-6.
- [8] Département de Génie Electrique & Informatique Industrielle. « *Electrotechnique & Electronique de Puissance* », Chapitre 4: Les Redresseurs, - S3\_ET3\_CM4\_Redresseurs.doc.
- [9] KHEYAR NOUDJOUND et BEDJAOUI SALIMA « *production et distribution de l'énergie électrique du Boeing 737-800 nouvelle génération* ».  
Promoteur Mr HASNI MOURAD et Encadreur Mr HAMDY LARBI, faculté d'électronique et informatique Département d'électrotechnique université des sciences et de la technologie HOUARI BOUMEDIENNE, promotion 2006/2007.

Durant la période de notre stage à la compagnie « AIR ALGERIE » pour la préparation de ce mémoire de fin d'études nous avons pu connaître et comprendre les différentes sources d'énergie électrique utilisées sur l'avion et le principe de fonctionnement de la génération et la distribution électrique à bord du BOEING 737-800NG.

Ce stage nous a permis aussi de nous familiariser avec les circuits d'alimentation des différents réseaux, les circuits de protection, de surveillance, de régulation, et surtout le choix de la fréquence de la génération électrique.

Il ressort de cette étude que l'avion possède un réseau électrique extrêmement sécurisé, en revanche le constructeur a prévu toutes les probabilités de pannes qui peuvent apparaître surtout en vol, c'est pour cela que plusieurs sources d'énergie ont été prévues et en plus celles-ci peuvent se remplacer les unes et les autres en cas de panne d'une source quelconque.

La sécurité dans le domaine aéronautique joue un rôle primordial, c'est pour cela que les constructeurs font toujours de leur mieux pour améliorer les équipements des aéronefs et si on fait une comparaison entre les convertisseurs statiques d'un B 737-800 NG avec les B 737 classiques on va trouver que ces équipements sont plus performants avec une fiabilité plus importante.

Nous avons vécu les conditions de travail des techniciens qui veillent sur l'entretien et la maintenance des équipements afin d'augmenter leur durée de vie et d'assurer la sécurité des passagers.

Nous avons eu l'occasion aussi de nous familiariser avec la politique de maintenance et la recherche des pannes ainsi que les techniques appliquées pour le dépannage et les réparations des équipements électriques.

Enfin nous souhaitons que notre projet serve comme support pédagogique et technique pour des futurs étudiants.