

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

UNIVERSITE DE BLIDA SAAD DAHLEB  
INSTITUT D'AERONAUTIQUE DE BLIDA

## PROJET DE FIN D'ETUDE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR D'ETAT EN AERONAUTIQUE  
OPTION : INSTALLATION

# THEME

**CONCEPTION ET REALISATION D'UN  
BANC D'ESSAI POUR ALTERNATEUR  
D'AVIONS DE TYPE  
BOEING 737-200 ET AIRBUS A310-200**

Promoteur :  
Mr. BENOUARED A.H

Copromoteur:  
Mr. MEKZINE M.L

Réalisé par :  
M<sup>elle</sup>. BENNA Nassiba  
Mr. BOUREGAA Khaled

Promotion : 2001/2002



## REMERCIEMENTS

*Nous exprimons toute notre reconnaissance à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.*

*Nous tenons à remercier tout d'abord notre promoteur Mr BENOUARED et notre copromoteur Mr MEKZINE pour nous avoir conseillé et guider pas à pas dans l'élaboration de ce travail.*

*Nous remercions également tous ceux qui nous ont aidé pendant la durée de notre stage et en particulier le personnel de l'atelier Radio principalement Mr MEKKID et le chef de service Mr IDIR, sans oublier le Directeur technique Mr AKROUR,*

*Et nous profitons de l'occasion pour témoigner notre reconnaissance à Mme AMARA ROZA de la direction commerciale d'AIR ALGERIE ainsi que Mr MAMERI NACER et son épouse NORA pour tous leurs soutiens.*

*Ainsi que le personnel des ateliers de KHALIFA AIRWAYS pour leur précieuse collaboration, particulièrement Mr. Yibdri et Mr. Mouhoune sans oublier le directeur technique d'Antinea Airlines Mr. Khalf Ellah.*

*Nous tenons également à remercier tous les enseignants de l'Institut d'Aéronautique de Blida pour nous avoir transmis leurs savoirs.*



## DEDICACES

Je dédie ce projet à mes chers parents pour leur affection et leur soutien moral et à qui je dois tout, aussi mon cher frère Brahim, mes chères sœurs Yasmine et Amel sans oublier mes grands parents, mes cousins, mes oncles, mes tantes et à tous les membres des familles : **BENNA, DRIS, HAMIDI, AOUARDECHE, GABICI.**

Je n'oublie pas mes amis pour leur soutien moral, en particulier : Hamid, Ghania, Farida, Rafika, Nabila, Mona, Fayçal, Samir, Ramzi, Amel, Dalila, Mohamed, Abdel Ghani, Seddik, Ahmed, Mourad, mon ami d'enfance Asma et ma meilleure amie Lynda.

Et tous mes sympathiques collègues de promotion, particulièrement : Rachida, Katia, khalissa, Latifa, Affaf, Anissa, Mohammed, Achour, Mohammed, Djillali, Karim, Fakh, Merouane, Othmane, Aziza, Soubida, Abdelhak, Mokrane et Nadjib.

Sans oublier Mr. Guirad Ahmed.

**NASSIBA**

## **RESUME**

L'objectif de ce projet est l'étude et la réalisation d'un Banc d'essai pour le test des alternateurs équipant les avion Boeing 737-200 et Airbus A310-200.

Il a pour objet de détecter les anomalies a l'aide d'indicateurs visuels de la sur-tension, la sous-tension, la sur-fréquence et la sous-fréquence.

Et d'afficher en permanence les valeurs de la tension et de la fréquence , à l'aide d'afficheurs à 7 segments.

## **SUMMARY**

The objective of this project is the realisation of a bench test for generator shipped. In aeroplanes of kind Boeing 737-200 and Airbus A310-200.

It's purpose is to detect anomalies showed by visuals indicators for over and under voltage, over and under frequency.

And at the sometimes to display all the way long the voltage and frequency values through a 7 segments display.

## ملخص

الهدف من هذا المشروع هو دراسة وانجاز لوحة  
تجارب لمراقبة متناوب الطائرات من صنف  
B737-200 و A310-200 .

تقوم هذه اللوحة بكشف حالة خروج عنالقياس  
لقيم التوتر و التواتر و اعلان مستمر لهذه الأخيرة.

# SOMMAIRE

<b><u>INTRODUCTION</u></b> .....	1.
<b><u>HISTORIQUE</u></b> .....	2.
1. Présentation d'AIR ALGERIE .....	
2. Les activités d'AIR ALGERIE .....	
3. Description géographique de la compagnie AIR ALGERIE .....	3.
4. AIR ALGERIE et ses grandes dates .....	
5. Organisation d'AIR ALGERIE .....	6.
6. Présentation et organigramme de la direction technique .....	
7. Présentation du service électricité JET .....	
<b><u>CHAPITRE I : GENERATION ELECTRIQUE</u></b>	
<b>I- ENERGIES UTILISEES A BORD DES AVIONS</b>	
I-1. Introduction .....	7.
I-2. Différentes formes d'énergies utilisées .....	
I-3. Energie électrique utilisée sur avion .....	8.
I-4. Concurrence entre le courant alternatif et le courant continu .....	
I-5. Génération assurée à partir d'alternateur .....	
I-6. Choix de l'alternateur par rapport à la dynamo .....	9.
I-7. Choix de fréquence 400 Hz .....	
<b>II- GENERALITE SUR LES MACHINES SYNCHRONES</b>	
II-1. Introduction .....	11.
II-2. Description .....	
II-3. Principe de fonctionnement .....	13.
II-4. Schéma équivalent de la machine synchrone .....	14.
II-5 Vitesse de synchronisme .....	15.
II-6 Principe de synchronisme .....	16.
II-7 Le couple .....	

II-8 Force électromotrice .....	
II-9 Fonctionnement des alternateurs en général .....	18.
II-10 Bilan de puissance .....	22.

### **III- PARTICULARITE DE L'ALTERNATEUR AVION**

III-1 constitution d'un alternateur sans balais .....	27.
III-2 Particularité de ces alternateurs .....	28.

## **CHAPITRE II : ETUDE DES SYSTEMES EPGs A BORD DES AVIONS**

### **I- ETUDE DU SYSTEME EPGs A BORD DU BOEING 737 200**

I-1 Introduction .....	29.
I-2 Description de l'alternateur 976J589-1 .....	30.
I-3 Système de régulation et de protection de l'alternateur .....	38.

### **II- ETUDE DU SYSTEME EPGs A BORD DE L'AIRBUS A310**

II-1 Introduction .....	43.
II-2 Système de régulation et de protection de l'alternateur .....	47.
II-3 Bite et isolation de la panne .....	57.

## **CHAPITRE III : REALISATION DU BANC D'ESSAI**

<b>Introduction</b> .....	63.
Généralités sur la maintenance aéronautique .....	
But de la réalisation .....	64.
Principe de fonctionnement du banc d'essai .....	65.



## **I- CIRCUIT DE DETECTION ET DE MISE EN FORME DU SIGNAL**

But .....	67.
I-1 Etage de tension .....	68.
a) Détection du signal .....	
b) Mise en forme du signal .....	
c) Détection de la sur-tension et de la sous-tension .....	72.
I-2 Détection de fréquence .....	73.
a) Mise en forme du signal .....	
b) Détection de sur-fréquence et de sous-fréquence .....	75.

## **II- CIRCUIT DE COMPTAGE, DECODAGE, MEMORISATION ET AFFICHAGE**

But .....	78.
a) Circuit de comptage, décodage et affichage .....	79.
b) Circuit de mémorisation .....	82.

## **III- ALIMENTATION DU BANC D'ESSAI .....**

84.

## **BILAN DE PUISSANCE**

## **CONCLUSION GENERALE .....**

86.

## **ANNEXES**

## **BIBLIOGRAPHIE**





INTRODUCTION  
GENERALE

## INTRODUCTION GENERALE

L'électricité prend une grande importance, particulièrement sur les gros porteurs commerciaux actuels où les puissances mises en jeu sont considérables.

On peut dire que le nombre de watts disponible par passage croit progressivement au fur et à mesure de l'évolution.

Ceci est dû principalement à l'augmentation de la sécurité des vols, à l'amélioration du confort des passagers et enfin à l'automatisation croissante assurée par de nombreux dispositifs électroniques.

L'énergie électrique utilisée à bord des avions est essentiellement produite par des alternateurs qui la fournissent sous forme de courant alternatif triphasé à une fréquence de 400 Hz. Et comme ces alternateurs sont destinés à être embarqués sur avion, il est nécessaire de s'assurer de leur bon fonctionnement, car une panne empêcherait ces machines d'accomplir leurs rôles à bord de l'appareil et aurait de graves conséquences.

D'où la raison de ce projet proposé par « **AIR ALGERIE** » qui consiste à concevoir et réaliser un BANC D'ESSAIS pour alternateur qui affiche et mémorise les valeurs de tensions et de fréquence, et détecte leurs anomalies.

Pour ce, Nous avons répartie notre travail en trois (3) chapitre :

- Dans le premier chapitre, nous allons présenté un étude générale de l'énergie électrique utilisée à bord des avion et fonctionnement des machines synchrones.
- dans le deuxième chapitre, nous allons voir la description des alternateurs équipant le Boeing 737-200 et l'Airbus A310-200 ainsi que leurs systèmes de régulation et de protections.
- Et enfin dans le dernier chapitre, nous parlerons du but de notre réalisation et les différents, les schémas électriques de chaque circuit composant notre banc d'essai et les résultats des essais.



HISTORIQUE

## **1) Présentation d'AIR ALGERIE :**

La compagnie AIR ALGERIE est une entreprise nationale de transport aérien à utilité public ; Créée en 1947 dans le but d'exploiter un réseau dense et régulier de lignes aériennes entre l'Algérie et la France ; Ce même réseau était desservi depuis la fin de la seconde guerre mondiale par la société « AIR TRANSPORT » dont les lignes s'étendaient jusqu'à l'ex Afrique Occidentale Française ; Le 23 Avril 1953 à la suite de la fusion de ses deux organismes, la compagnie générale de transport aérien Air Algérie « C.G.T.A » entra officiellement en activité.

Dix ans plus tard et après l'indépendance de l'Algérie en 1963 ( plus exactement le 18 Février 1963), elle devient une compagnie nationale sous la tutelle du ministère des transports, par l'acquisition de ce dernier de 51% des actions de la compagnie.

L'année 1970 a vu la participation de l'état portée à 83% des actions de la compagnie, cette mesure qui permet à Air Algérie de procéder au renouvellement progressif de sa flotte.

En 1972 et conformément à la politique de récupération du patrimoine détenu par des sociétés étrangères, les dernières actions détenues par ces sociétés étrangères étaient rachetées par l'état, Air Algérie devient une entreprise à 100% Algérienne, dont l'étendue de son réseau et l'importance de sa flotte font d'elle l'une des plus importantes compagnies aériennes du Continent Africain.

En attendant son passage à l'autonomie, la société est actuellement régie par le décret N° 84-347 du 24 Novembre 1984 sous la dénomination de « Entreprise Nationale des Services Aériens » Air Algérie, cette année a vu aussi l'algériennisation du personnel navigant technique.

## **2) Les activités d'Air Algérie :**

Les principales activités de l'entreprise tel qu'est défini le décret N° 84-347 du 24 Novembre 1984, consiste à :

- Le transport aérien du public, du fret et du courrier.
- L'exploitation des lignes aériennes nationales et internationales.
- L'entretien et la réparation des aéronefs.



- L'assistance technique et commerciale à d'autres compagnies étrangères.
- Ventes des titres (billets) de transport pour son compte et pour le compte d'autres compagnies.

La compagnie « Air Algérie » devient aujourd'hui l'une des premières compagnies à l'échelle du tiers monde et ce par l'étendu de son réseau, la fiabilité de ses moyens d'exploitation, la bonne qualité de ses services, ainsi qu'à la haute qualification de son personnel.

Parmi les perspectives du développement de la compagnie, c'est d'être efficace, rentable, importante au sein des grandes compagnies internationales ainsi de parvenir à un rang honorable dans le concours des transports aériens mondiale.

Cet objectif sera atteint grâce à la gestion rationnelle du réseau aérien, à l'exploitation optimale des secteurs à fort potentiel à la réorganisation de ses différentes structures.

### **3) Description géographique de la compagnie Air Algérie :**

La compagnie « Air Algérie » est sise à 20 Km de la capitale. Elle s'étend sur une superficie de 2400 Hectare. L'aérodrome a été conçu en 1921, les travaux d'extensions en 1942 permettant la construction des pistes Est-Ouest et une tour de contrôle de 38 m de hauteur.

L'aérogare d'une architecture originale pouvait accueillir simultanément les voyageurs de (04) avions.

### **4) Air Algérie et ses grandes dates :**

- ✂ **1954 :** Air Algérie transporta 100.000 passagers avec une flotte composée de quatre (04) avions conventionnels à moteur à piston de type **DOUGLAS « DC 4 »**.
- ✂ **1956 :** L'introduction de six (06) avions de type **LOCHEED « constellation »** permit de transporter 230.000 passagers.

- ✂ **1957** : L'acquisition de deux (02) avions types **DOUGLAS « DC 4 »** et deux autres avions **NORDATLAS** de type cargo (pour le transport du fret), permet de transporter 328.000 passagers et 4.500 tonnes de fret.
- ✂ **1959** : La compagnie s'est dotée d'une « **CARAVELLE** ».
- ✂ **1962** : La flotte se composait de :
  - 04 CARAVELLES.
  - 10 DOUGLAS DC 4.
  - 03 DOUGLAS DC 3.

✂ **1968**: Acquisition de 04 avions CONVAIR 640 et retrait des vieux avions DC 3 et DC 4.

✂ **26 Mars 1971** : Date historique dans la vie d'Air Algérie, venant de **SEATTLE (USA)** deux (02) **BOEING 727-200** arrivent à Alger dotés des perfectionnements techniques et commerciaux inédits. Air Algérie, était la 2<sup>ème</sup> compagnie au monde à utiliser ce genre d'appareils.

✂ **Février 1972** : Arrivé à Alger des deux (02) 1<sup>er</sup> **BEING 737-200**, par cette nouvelle acquisition, Air Algérie devient parmi les 1<sup>ers</sup> compagnies au monde à utiliser ce super « jet ».

Le deuxième grand événement dans cette année est la réalisation de la première grande visite (GV) sur un appareil de type **CARAVELLE** dans les ateliers de maintenance de DAR EL BEIDA.

✂ **1980** : La flotte s'enrichit d'une nouvelle génération d'avions **l'AIRBUS 310-200** de type gros porteur, parfaitement adapté à l'exploitation de certaines lignes génératrices d'un fort courant de trafic aérien telle que Alger-Paris, Alger-Djeddah, Alger-Istambul.

✂ **1990** : Réception de nouvelle génération de gros porteur **BOEING 767-300**.

✂ **2000** : Achat de nouveaux avions de type **BOEING 737-800**.

✂ **2001** : En début d'année la compagnie à reçu deux autres **B 737-300**.

Le réseau aérien actuellement desservi par la compagnie, englobe le réseau international et le réseau domestique. Aujourd'hui la compagnie est parmi les premiers à l'échelle du monde arabe et du tiers monde ; A ce jour la flotte se compose de :

**a) La flotte commerciale :**

Marque	Type	Nombre d'appareils	Module
Boeing	B 767-300	03	253 passagers
Airbus	A 310-200	02	216 passagers
Boeing	B 727-200	11	180 passagers
Boeing	B 737-200	15	130 passagers
Boeing	B 737-800	06	162 passagers
Fokker	F 27	08	40 passagers
Lockheed «hercule »	L 100-30	02	Cargo ( 20 tonnes )

**b) La flotte de travail aérien filial d'Air Algérie :**

Marque	Type	Nombre d'appareils	Utilisation
Grumman	Grumman AG.4T	09	▪ Epannage agricole.
Beechraft	King air 100	01	▪ Transport du personnel. ▪ Evacuation sanitaire.
Beechraft	King air 90	01	▪ Transport du personnel. ▪ Evacuation sanitaire.
Beechraft	Queen air 80	01	▪ Transport du personnel. ▪ Evacuation sanitaire.
Cessna	Grand Cessna Caravan	03	▪ Transport du personnel. ▪ Vols à la demande.
Bell « Helicopters »	Bell 212 long ranger III	04	▪ Surveillance pipe- line.

---

### **5) Organisation d'Air Algérie :**

Pour atteindre ses objectifs précis, la compagnie s'est subdivisée en différentes directions au sommet desquelles se trouve la direction générale.

### **6) Présentation et organigramme de la Direction Technique :**

La direction technique est chargée d'assurer la maintenance de ses appareils ainsi que ceux qui lui sont confiés par les compagnies étrangères. Elle est organisée et structurée pour faire face aux travaux d'entretien, de réparation et de révision des équipements et des accessoires aéronautiques.

### **7) Présentation du service électricité jet :**

Le service électricité jet est une sous-structure du département électricité, ce dernier est une structure de la sous-direction ateliers.

Ce service est conçu pour la maintenance des équipements électriques des avions qui sont répartis dans les trois (03) ateliers suivants :

#### **a) Atelier dynamique ( machine tournantes) :**

On révisé dans cet atelier les **alternateurs**, les démarreurs, les moteurs de pompe hydraulique, les ventilateurs, les électrovannes, etc.....

#### **b) Atelier statique :**

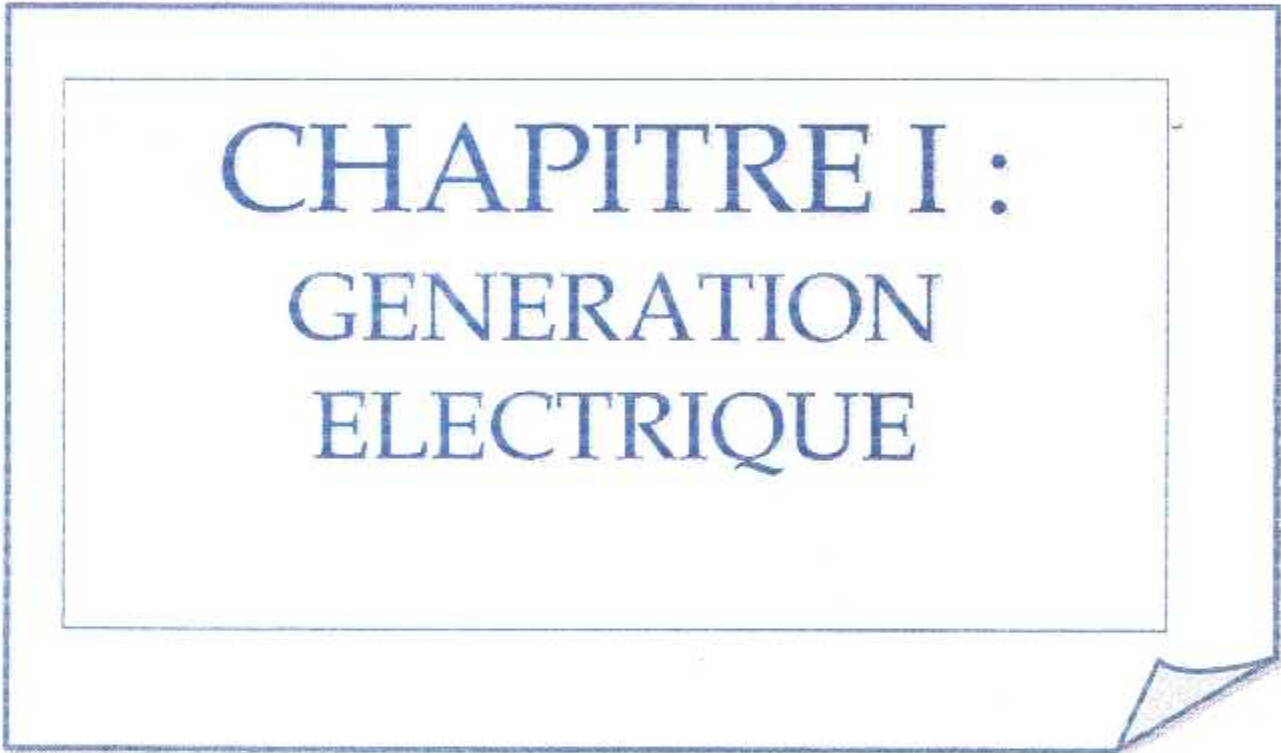
Dans cet atelier on révisé les régulateurs de tension, les panneaux de contrôle, les boîtes et les modules d'allumage de l'A.P.U et de moteurs, les GCU (générateur control unit), les régulateurs de tension, les G.B et les BTB, les TR, les systèmes anti-collisions, les capteurs des vibrations moteurs, etc.....

#### **b) Atelier câblage-batteries :**

En fait entretenu dans cet atelier les systèmes de réfrigération, les chauffe-eau ( 82 % c Max.), les fours.

Ainsi que les câblages des sous-ensembles des avions, et n entretien aussi les batteries, etc.....





CHAPITRE I :  
GENERATION  
ELECTRIQUE

## **I ENERGIES UTILISEES A BORD DES AVIONS :**

### **I-1 Introduction :**

Les énergies utilisées à bords des avions sont essentiellement des énergies pour fournir les servitudes, elles ne servent pas directement à la propulsion, mais à l'amélioration :

- a)-Des vols.
- b)-De la sécurité des vols.
- c)-Du confort de l'équipage et des passagers.

### **I-2 Différentes formes d'énergies utilisées :**

En utilise trois types d'énergies sur avion :

- **Hydraulique**: utilisée pour la sortie et rentrée des trains d'atterrissage et pour le pilotage automatique, etc....
- **Pneumatique** : cette forme d'énergie présentée l'avantage d'utiliser contrairement à l'énergie hydraulique, un fluide léger, qui est l'air; Elle est utiliser pour le démarrage des réacteurs par l'intermédiaire d'un démarreur pneumatique, et pour générer de l'air conditionné, etc. ...
- **Electrique** : elle est utilisée pour les instruments de bord Car elle présente beaucoup d'avantages dont, la facilité de conversion en énergie :
  - Mécanique.
  - Lumineuse.
  - Hertzienne.
  - Calorifique.

**I-3 Energie électrique utilisée sur avion :**

De nos jours, l'énergie électrique est devenue la seule énergie qui convient quant à l'automatisation des systèmes multiples à bord des avions, dont la sécurité des vols et le confort des passagers en dépendent.

On distingue deux formes d'énergies électriques utiliser à bord des avions, de l'énergie à courant alternatif et une deuxième à courant continu.

**I-4 Concurrence entre le courant alternatif et le courant contenu :**

Ces deux formes de courant trouvent leur application sur avion, le tableau ci-dessous expliquent cela :

<b>Courant alternatif</b>	<b>Courant continu</b>
Stockage impossible	Possibilité de stockage (batterie)
Couplage en//délicat	Couplage facile en//
Souple a l'emploi	Manque de souplesse à l'emploi
Facile à transporter	Difficile à transformer
Pratique pour les radios, éclairage et télécommande	Pas assez pratique par rapport à l'alternatif
Gain de poids des équipements grâce à l'augmentation de la fréquence 400 Hz	L'équipement utilisé est plus important

**I-5 Génération assurée à partir d'alternateur :**

On constate, que les avionneurs choisissent une génération alternative à fréquence constante. Cette forme d'énergie est produite par un alternateur, entraîné à une vitesse constante, on obtient un réseau de bord dont les paramètres tension et fréquence sont fixes. Ce qui fait que la distribution est plus simple.

**I-6 Choix de l'alternateur par rapport à la dynamo :**

Depuis plus de trente ans, on préfère avoir une génération alternative, car avant on disposait d'une génération continue et une secondaire alternative alimenté par des groupes convertisseurs. La raison de ce choix est que l'alternateur présente beaucoup plus d'avantages par rapport à la dynamo.

Génération	Distribution
-Rapport puissance-poids plus avantageux avec l'alternateur : <ul style="list-style-type: none"> <li>□ Dynamo 400 W/kg</li> <li>□ Alternateur 1400 W/kg</li> </ul> -Alternateur sans balais : d'où pas de difficulté de commutation. -Possibilité d'avoir une tension de sortie plus importante.	-pertes joule en ligne faible du fait que la tension de sortie est élevée. -réduction du poids. -circuit magnétique léger. -souplesse d'emplois.

**I-7 Choix de la fréquence 400hz :**

L'emploi de fréquences élevées permet une réduction sensible du poids des équipements de bord, on sait que la *f.e.m* induite est donnée par la relation :

$$E = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \dots\dots\dots(1)$$

si  $F$  est élevé  $\Delta t$  est petite, donc pour obtenir une même *f.e.m*, il suffira d'un flux plus faible, d'où moins de spires constituant le bobinage, moins de fer également pour la réalisation du circuit magnétique.

$$S = K \sqrt{\frac{P}{F}} \dots\dots\dots(2)$$

Dans ce domaine il aurait été possible d'élever encore ces fréquences, mais il ne faut pas oublier que les pertes par Hystérésis et courant de Foucault sont fonction de la fréquence et viennent diminuer le rendement des appareils, et augmenter leur

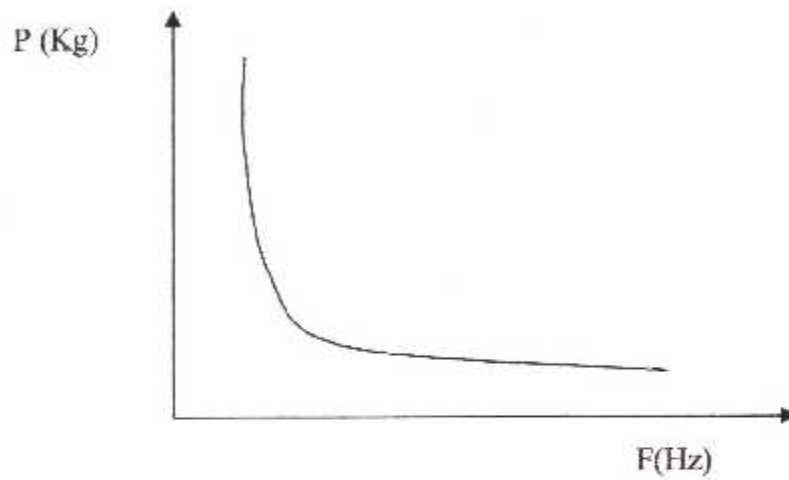


échauffement. La fréquence 400 Hz est en réalité un compromis entre les avantages et les inconvénients.

La courbe ci-après représente les variations du poids en fonction de la fréquence, elle est d'allure hyperbolique et tend asymptotiquement vers une valeur limite lorsque la fréquence croît indéfiniment.

Erreur !

Erreur !



**Fig1-1 : Variation du poids en fonction de la fréquence**

## II GENERALITE SUR LES MACHINES SYNCHRONE :

### II-1 Introduction

Une machine synchrone est une machine à courant alternatif ou continu, dont la fréquence de la tension induite et la vitesse de rotation sont dans un rapport constant.

La machine synchrone est réversible. Relier à un réseau de distribution elle peut fonctionner comme :

- Un moteur synchrone en recevant de l'énergie électrique et la transformé en énergie mécanique.
- Un alternateur synchrone qui transforme l'énergie mécanique fournie par un moteur ou une turbine, en énergie électrique.

Donc la machine synchrone et un convertisseurs électronique.

**Remarque :** il est clair que la machine synchrone qui porte sur notre étude et un alternateur aéronautique synchrone triphasé.

### II-2 Description :

La machine synchrone est configurée par un induit fixe appelé **Stator** et d'un inducteur tournant appelé **Rotor**.

#### **a) le stator (induit) :**

Le stator est la partie fixe du circuit magnétique, soumis à un champ magnétique tournant qui coupe ses conducteurs, une f.e.m et générer aux bornes de ses enroulements.

Il est constitué d'une couronne de tôles empilées (se sont des tôles feuilletées) en ferromagnétique isolé entre elle, minces de  $\approx 0,5$  mm, l'ensemble des disques forme un cylindre à l'intérieur de ce cylindre, des encoches régulièrement réparties à la périphérie interne du cylindre ou loge des enroulements triphasés, les extrémités des trois enroulements des trois phases aboutissent à une plaque à bornes.

**b) le rotor :**

C'est un électro-aimant dont les pôles sont alternativement Nord et Sud, sa forme cylindre faite de tôles empilées clavettes sur l'arbre de la machine. Les encoches sont pressées dans les tôles près de la surface extérieur du cylindre.

Les enroulements sont reliés à des bagues isolées sur lesquelles se frottent deux contacts glissants appelés balais, pour le passage du courant continu dit courant d'excitation qui est produit par une génératrice extérieure dite excitatrice. Il existe principalement deux types de machines synchrones à savoir :

- Machine à **rotor lisse**.
- Machine à **rotor à pôles saillants**.

**❖ Rotor lisse :**

Pour les machines bipolaires ou tétra-polaire, le rotor est un cylindre portant des encoches parallèles à l'axe, l'enroulement inducteur est logé dans ces encoches ; Ce type est dit à rotor lisse ou à entrefer constant, ils sont employés dans les machines, il est impossible de réaliser les rotors à pôles saillants à causes des difficultés que représente une fixation des pôles soumis à de très grande force centrifuge.

**❖ Rotor à pôles saillants :**

C'est un rotor formé d'un volant à périphérie, un nombre pair d'électroaimants de polarité alternativement Nord et Sud (pour un nombre de pôles supérieur à quatre), Ces électro-aimants sont des noyaux terminés par des pièces polaires entourées de bobines en séries, Elles reçoivent du courant continu par deux frotteurs (balais) fixes, et deux bagues isolées tournantes avec le rotor, ces rotors sont employés dans les machines à vitesse réduite de l'ordre de 1000 à 1500 trs/mn.

**c) Excitation :**

Les machines synchrones sont caractérisées par un rotor excité en courant continu produit par une génératrice extérieure qui peut être soit :

- Une dynamo shunt appelée excitatrice, solidaire à l'arbre de la machine et entraînée directement.
- Ou bien, entraînée par un moteur auxiliaire alimenté par le réseau. Son régulateur redresseur est alimenté aussi par le réseau.

**d) Passage du courant d'excitation :**

Le courant d'excitation (continu) est amené à l'aide de deux bagues isolées reliées avec l'enroulement rotoriques et sur lesquels frottent deux contacts glissant appelés balais.

**e) Régulation du courant d'excitation :**

Pour les deux sources d'excitation citées précédemment, le réglage du courant d'excitation (inducteur) s'effectue à l'aide d'un régulateur.

**Exemple :**

- Rhéostat de champ pour excitatrice.
- Réglage de la tension de sortie par un régulateur redresseur de courant.

**II-3 Principe de fonctionnement :**

Le fonctionnement d'une machine synchrone est réversible (il respecte le principe fondamental de la réversibilité des machines tournantes). Le fonctionnement peut être en moteur ou bien en alternateur.

Le rotor des deux types de fonctionnement est excité en courant continu, alors que ce n'est pas le cas pour le stator qui diffère d'un fonctionnement à l'autre.

- Pour un moteur, le stator est alimenté par le réseau (inducteur).
- Pour un alternateur le stator alimente un réseau (induit).



#### II-4 Schéma équivalent à de la machine synchrone :

Afin de simplifier l'étude du fonctionnement de la machine synchrone, dans les deux modes (moteur et alternateur), on a donné un schéma électrique équivalent pour chacun d'entre eux.

##### a) Fonctionnement en moteur :

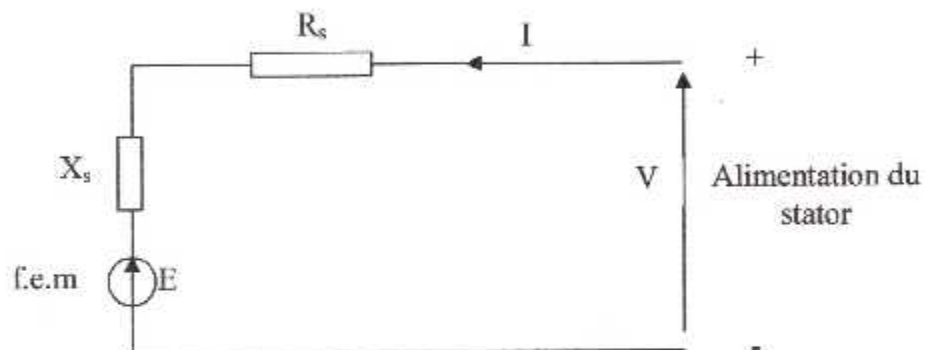


Fig.I-2 :schéma équivalent.

L'équation de la tension du moteur est donnée par la relation suivante :

$$V = (R_s + X_s)I + E \Leftrightarrow V = (R_s + jL\omega_s)I + E \dots\dots(3)$$

$R_s$ : Résistance ( $\Omega$ ).

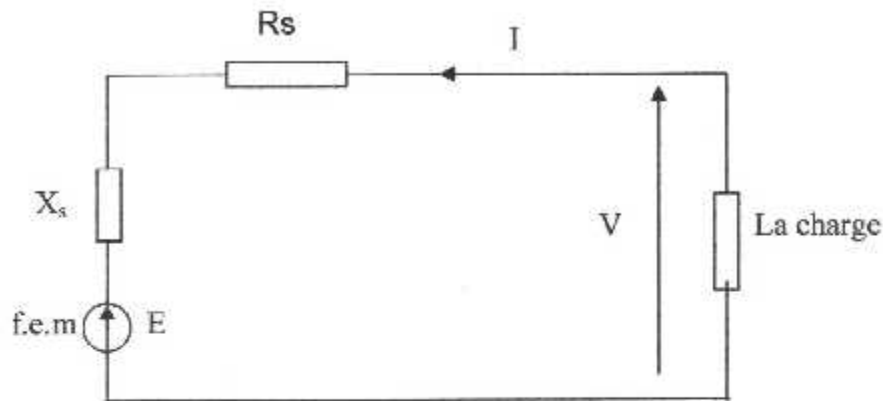
$X_s$ : Inductance ( ).

$E$  : Générateur de tension alternative (volts).

$I$  : Courant (Ampères).

**b) Fonctionnement en alternateur:**

Le schéma équivalent est représenté comme suit :



**Fig.I-3: schéma équivalent.**

D'après le schéma suivant nous nous obtenons la relation suivante :

$$\begin{aligned}
 E &= (R_s + X_s)I + V \Leftrightarrow \\
 &\Leftrightarrow E = (R_s + jL\omega_s)I + V \\
 &\Leftrightarrow \boxed{V = E - (R_s + jL\omega_s)I} \dots\dots(4)
 \end{aligned}$$

**II-5 Vitesse de synchronisme:**

La machine synchrone est caractérisée par le fait qu'elle tourne à une vitesse constante appelée vitesse de synchronisme (tr/mn).

Cette vitesse a un rapport d'égalité avec la vitesse du champ tournant produit qui dépend de la fréquence et du nombre de paire de pôle p.

$$\boxed{N = \frac{F}{P}} \dots\dots(5)$$

N : vitesse de rotation (tr/mn).

F : la fréquence (Hz).

P : nombre de paires de pôle.

**II-6 Principe de synchronisme :**

Le principe du synchronisme est basé sur deux paramètres essentiels :

- Le champ tournant crée.
- La nature du rotor.

**II-7 Le couple :**

Lorsque l'enroulement statorique est alimenté par un réseau triphasé, un champ magnétique tournant s'établit.

L'enroulement du rotor est parcouru par un courant continu. Lorsque le rotor est arrêté ou tourne à vitesse différente de celle du champ. Il est balayé par le champ tournant, chacun de ces conducteurs trouve alternativement dans la région polaire Nord ou Sud.

La force électromagnétique qui exerce sur chaque conducteur s'inverse périodiquement, et le moment de cette force par rapport à l'axe est nul en moyenne, il n'y a pas de couple. Par contre lorsque le rotor accompagne le champ tournant la force électromagnétique sur chaque conducteur garde une valeur constante. L'ensemble de ces forces forme un couple de valeur constante.

En conclusion, une machine synchrone n'engendre de couple que lorsque la vitesse est au synchronisme. Elle ne possède pas de couple de démarrage ; On ajoute aussi, que dans le cas d'un alternateur le moment de son couple est toujours négatif, ce qui traduit que l'alternateur est un récepteur d'énergie mécanique.

**II-8 Force électromotrice :**

Quel que soit le mode de fonctionnement, le champ tournant induit des f.e.m. triphasés dans l'enroulement du stator. La tension imposée par le réseau est équilibrée par cette f.e.m.

Fonctionnant en alternateur, un courant continu passe dans les bobines inductrices du rotor et aimante les pôles. Lorsque le rotor tourne, il entraîne son

champ magnétique avec lui, d'où l'entrefer sera le siège d'un champ magnétique glissant à la vitesse du rotor.

Ce champ magnétique tournant, en coupant les conducteurs du stator (induit), engendre une f.e.m. induite dans chaque conducteur ; La fréquence de cette f.e.m dépend de la vitesse de rotation et du nombre de paire de pôles.

• **Force électromotrice théorique :**

La force électromotrice est donnée par l'équation que nous allons déterminer ci-après :

Le flux envoyé par le rotor à travers le stator est en supposant une variation sinusoïde

$$\phi(t) = \phi_0 \sin(\omega t) \quad \dots\dots(6)$$

$\phi$  : représente le flux par pôle (Wb).

$\omega$  : la pulsation électrique.

$$e = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad e = n \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$e = n \frac{d(\phi \sin \omega t)}{dt}$$

$$e = n \omega \phi \cos(\omega t) \quad \dots\dots(7)$$

$$\omega = 2 \pi f$$

Avec  $f$  la fréquence (Hz).

$$e = n 2 \pi f \phi \cos \omega t$$

$n$  : nombre de conducteurs.

$$f = N . p \quad \Rightarrow \quad e = n 2 \pi N P \phi \cos \omega t$$

Avec  $N$ : la vitesse de rotation (t/mn).

$$\hat{e} = n 2 \pi N P \phi \quad \dots\dots(8)$$



$\hat{e}$  : e(max)

$\phi$  : flux max.

$$\begin{aligned}
 e_{eff} = \frac{\hat{e}}{1.41} &\Rightarrow e_{eff} = \frac{n2\pi NP\phi}{1.41} \\
 &\Rightarrow e_{eff} = 4.44nNP\phi \\
 &\Rightarrow e_{eff} = 4.44nf\phi \\
 \text{d'ou} &\Rightarrow \boxed{e_{eff} = 4.44nf\phi} \dots\dots(9)
 \end{aligned}$$

c'est la valeur de la f.e.m efficace par n conducteurs d'enroulement.

Une spire contient 2 brins et si (n/2) nombre de brins actifs.

$$\boxed{e_{eff} = 2.22nf\phi} \dots\dots(10)$$

c'est la f.e.m générée par un alternateur 1~.

2.22=k coefficient

## II-9 Fonctionnement des alternateurs en général :

### Grandeurs de fonctionnement :

Les grandeurs de fonctionnement d'un alternateur sont les suivantes :

- La vitesse de rotation : N (trs/mn).
- Le courant d'excitation (inducteur) : **le**
- La tension aux bornes de l'induit : **U**
- Le courant débit : **I**
- Le déphasage entre le courant **I** et tension **U** :  $\phi$

**Remarque :** Dans notre étude, la fréquence du courant qui est déduite par la vitesse de rotation est toujours constante (cas d'une machine synchrone).

**Caractéristiques :**

Pour tracer une caractéristique, c'est à dire la relation graphique qui existe entre deux grandeurs dont l'une varie en fonction de l'autre, nous devons fixer les trois valeurs que nous voulons garder constantes.

**a) Caractéristiques interne (fonctionnement à vide) :**

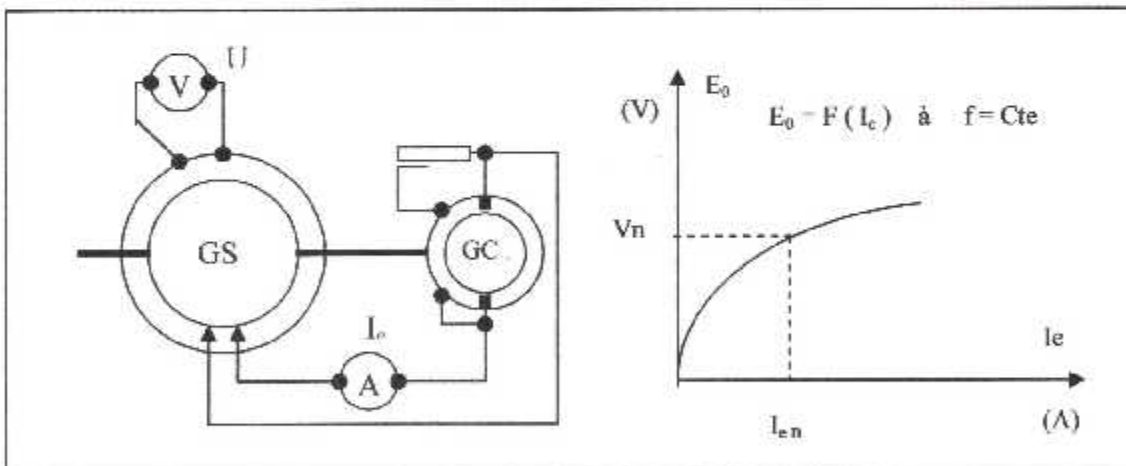
Le fonctionnement à vide est déterminé par la caractéristique interne qui, nous donne la courbe de  $E_0 = f(I_e)$ .

- vitesse de rotation constante (trs/mn).
- courant débité nul ( $I=0$ , circuit ouvert).
- déphasage entre  $U$  et  $I$  indéterminé ( $I=0$ ).

La tension  $U_0$  mesurée aux bornes de l'induit est égale à la tension induite (force électromotrice :  $E_0$ ), car l'induit ne débite pas de courant.

$$E_0 = U_0 \dots\dots(11)$$

❖ La tension  $E_0$  dépend que de valeur du flux, en conclu que  $E_0 = f(I_e)$ .

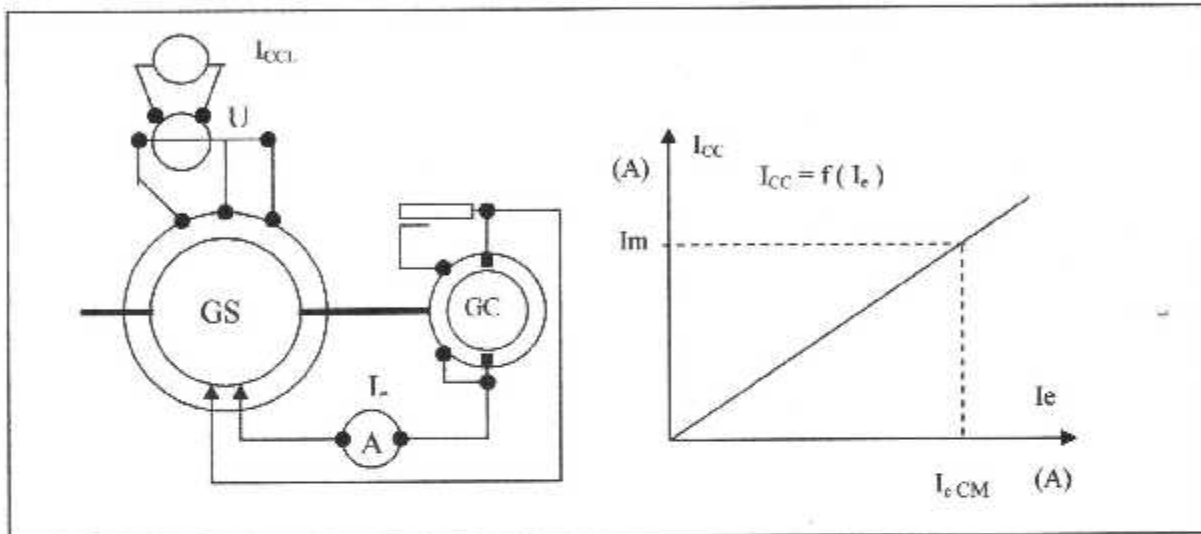


**Fig.1-4 : Caractéristiques de fonctionnement à vide**

**b) Caractéristiques de fonctionnement en court-circuit :**

L'induit de la machine étant court-circuité, on fait varier le courant d'excitation ( $I_e$ ) et on relève la caractéristique  $I_{cc}=f(I_e)$ . La machine doit être maintenue à sa vitesse nominale donc fréquence nominale et à  $U=0$ .  $I_{cc}=I_n$

❖ Cette caractéristique est linéaire pour les valeurs réalisables de l'intensité du courant induit.



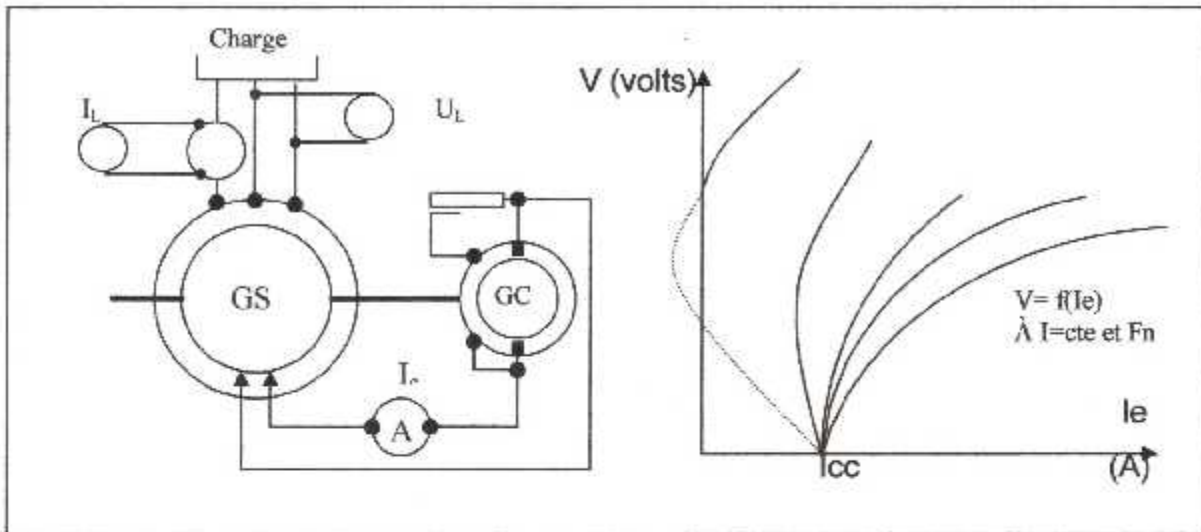
**Fig.I-5 : caractéristiques de fonctionnement en court-circuit**

**c) Caractéristiques de fonctionnement en charge :**

c'est une courbe du type :

$$V=f(I_e) \text{ à } f=f_n, I_e=\text{constant} \text{ et } \cos \varphi = \text{constant.}$$

On remarque à nouveau les effets démagnétisant et magnétisants de charges respectivement inductives et capacitives, ces courbes sont surtout intéressantes dans les cas d'alternateurs à aimants permanents ou dépourvus de régulation de tension.



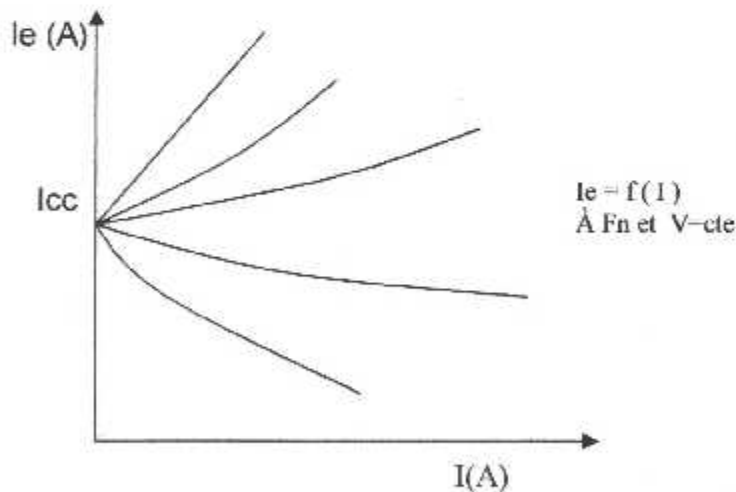
**Fig.I-6 : Caractéristiques de fonctionnement en charge.**

**d) Caractéristiques de réglage :**

Se sont les courbes :

$$I_e = f(I) \text{ à } f=f_n, V=V_n \text{ et } \cos \varphi = \text{constant.}$$

Comme les alternateurs travaillent généralement à tension constante, ces courbes sont importantes, elles permettent de calculer les dispositifs d'excitation et de régulation.



**Fig.I-7 : Caractéristique de réglage.**



**Remarque :**

On constate que l'on peut éliminer les chutes de tension en réglant les courants d'excitation  $I_e$  en fonction de la nature de la charge (déphasage et courant débité).

**II-10 Bilan de puissance :**

L'alternateur reçoit une puissance mécanique (ou puissance absorbée)  $P_a$  de la machine d'entraînement (moteur ou turbine) ; il fournit une puissance utile  $P_u$  à la ligne qui le relie à l'utilisation. Du fait de la conservation de l'énergie d'un système isolé, la différence des puissances  $P_a$  et  $P_u$  représente la somme des pertes de puissance de l'alternateur.

**II-10-1 Puissance utile :**

- En monophasé :  $P_u = U.I.\cos \varphi$
- En triphasé :  $P_u = \sqrt{3} \cdot U.I.\cos \varphi$

Rappelons, qu'en triphasé, la tension  $U$  est mesurée entre phase, le courant  $I$  est celui qui passe dans un fil de ligne et le facteur de puissance est celui du récepteur de charge.

**a) Pertes dites constante «  $P_c$  » :**

C'est l'ensemble des pertes mécaniques qui dépendent seulement de la vitesse de rotation, des pertes dans le fer qui dépendent de l'induction maximale et de la fréquence «  $f$  ». ces pertes sont mesurées au cours d'un essai à vide.

$$P_c = P_{mec} + P_{fer} \dots\dots(12)$$

**b) Pertes par effets joule dans l'inducteurs «  $P_{jr}$  » :**

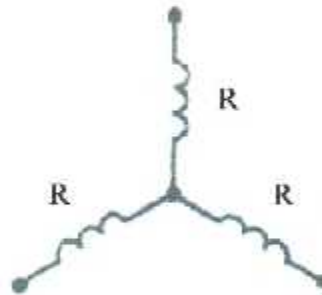
Si U est la tension d'excitation et «  $I_e$  » le courant d'excitation, la puissance fournit est :

$$P_{jr} = U \cdot I_e \quad \dots\dots(13)$$

**c) Pertes par effets joule dans l'induit «  $P_{js}$  » :**

- pour les alternateurs monophasés,  $P_{js} = R \cdot I^2$ .
- pour les alternateurs triphasés, les pertes joule statoriques (induit) dépendent de la nature du montage.

**1) Montage en étoile :**



**Fig.I-8 : montage en étoile.**

Chaque enroulement entre une phase est traversé par un courant I. si R est la résistance d'un enroulement, les pertes par effets joules sont :

$$P_{js} = 3 \cdot R \cdot I^2 \quad \dots\dots(14)$$

2) montage en triangle:

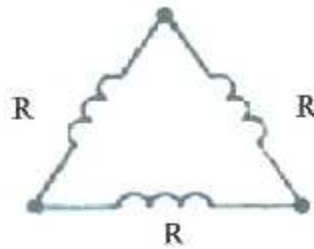


Fig.1-9 : montage en triangle.

Chaque enroulement monté entre deux phases est la traversé par un courant I'

$$« I' = \frac{I}{\sqrt{3}} ».$$

-si R' est la résistance d'un enroulement, les pertes par effets joule sont :

$$P_{JS} = 3R'I'^2 = 3R' \left( \frac{I}{\sqrt{3}} \right)^2$$

$P_{JS} = R'I^2$

.....(15)

d) formule unique:

Si l'on ignore le couplage, il est possible d'établir une formule unique.

- Pour un montage étoile, la résistance (r) mesurée entre deux bornes est :

$$r = 2.R$$

l'expérience des pertes  $P_{JS}$  peut s'écrire :

$$P_{JS} = 3R^2P = \frac{3}{2}rP$$

- Pour le montage triangle une résistance R' entre deux bornes se trouve parallèle avec les deux qui sont en série (2.R') :

$$r = \frac{2R'R'}{2R'+R'}$$

(r : la résistance équivalente de R'//2.R')

$$r = \frac{2}{3} R'$$

$$\Leftrightarrow R' = \frac{3}{2} r$$

Donc :

$$P_{JS} = R' I^2$$

$$\Leftrightarrow \boxed{P_{JS} = \frac{3}{2} (r I^2)} \dots\dots (16)$$

e) Pertes supplémentaire:

Elles sont dues essentiellement au **courants de Foucault (\*)** dans les parties métalliques (fer et cuivre). Elle ne sont pas calculées mais elles peuvent être mesurer au cours d'un essai en court-circuit, et les pertes par cycle

**D'Hystérésis(\*\*).**

**+Courants de Foucault :** courants étudiés par le physicien français Léon Foucault, apparaissant dans la masse de tout matériau conducteur en mouvement dans un champ magnétique variable. Les lignes de ces courants sont fermées sur elles-mêmes : on parle de boucles de courants. Les courants de Foucault s'expliquent par le phénomène d'induction électromagnétique, parallèlement la masse conductrice parcourue par ses courants s'échauffe par effet JOULE.

Les courants de Foucault sont aussi parfois indésirables. Il sont cause de pertes d'énergie par échauffement des noyaux métalliques des transformateurs, des moteurs ou des alternateurs. Pour limiter l'étendue de ces courants, les noyaux métallique sont feuilletés, c'est-à-dire constitués de plusieurs plaques minces isolées électriquement les unes des autres.

**\*\*Les matériaux ferromagnétiques** sont sujets au cycle d'**Hystérésis** : lorsque le champ magnétique extérieur est supprimé, l'aimantation du matériau ne revient pas à sa valeur initiale.

On distingue les matériaux magnétiques **mous**, à cycle d'Hystérésis étroit et à faible aimantation rémanente utilisée dans les transformateurs, moteurs ou



alternateurs afin de limiter les pertes d'énergie, et les matériaux magnétique **durs**, à large cycle d'Hystérésis et à forte aimantation rémanente utilisée pour fabriquer des aimants permanents ou pour le stockage d'informations sous forme magnétique (bandes magnétiques, disques durs et disquettes informatiques).

**II-10-2 Le rendement :**

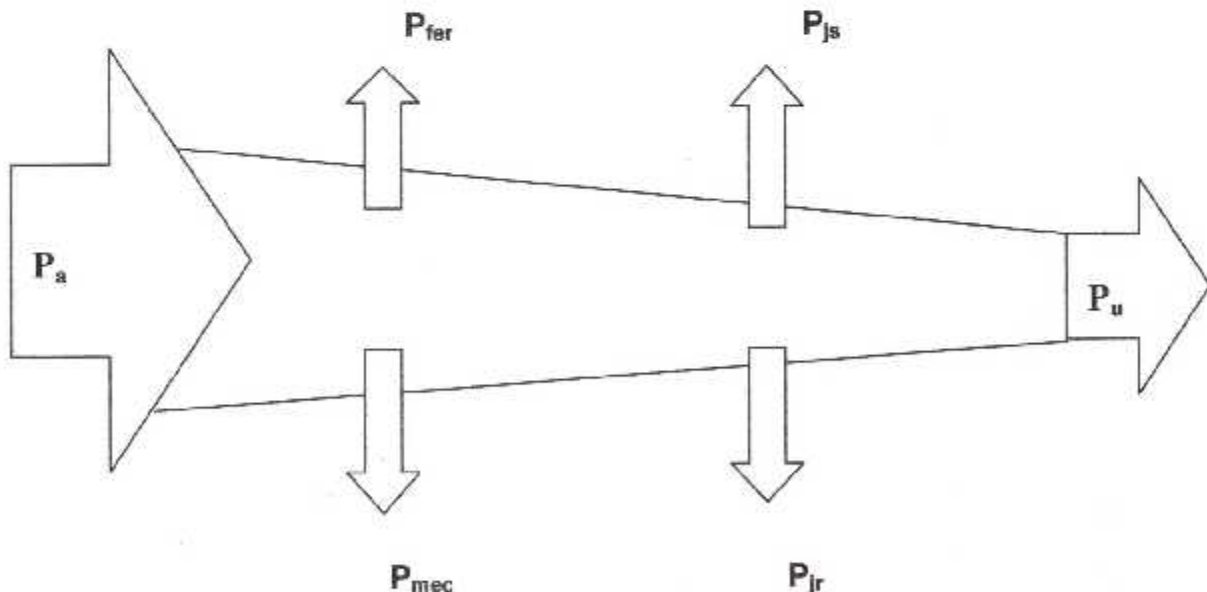
C'est le quotient de la puissance utile par la puissance absorbée.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \dots\dots(17)$$

La puissance absorbée est la somme de la puissance utile et l'ensemble des pertes.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \Leftrightarrow \eta = \frac{P_u}{P_u + \sum \text{pertes}}$$

$$\Leftrightarrow \eta = \frac{P_u}{P_u + P_{JS} + P_{Jr} + P_{fer} + P_{mec}} \dots\dots(18)$$



**Fig.I-10 : Bilan de puissance**

### **III- PARTICULARITE DE L'ALTERNATEUR AVION**

#### **III-1 CONSTITUTION D'UN ALTERNATEUR SANS BALAIS**

Afin d'éviter tout contact glissant, on est conduit à utiliser deux alternateurs :

- Alternateur principal : à induit fixe (stator)
- Alternateur d'excitation : à induit tournant (rotor)

Les rotors de ces deux machines sont sur un même arbre et l'ensemble est monobloc

##### **a/ Alternateur principal :**

C'est un alternateur traditionnel. L'excitation se fait en courant continu sur le rotor (inducteur). On recueille l'énergie alternative de puissance sur le stator (induit)

L'excitation du rotor peut se faire par contacts glissants constitués de deux bagues et de deux balais. Mais ce système donnerait quelques soucis d'entretien. On préfère utiliser la réservibilité de l'alternateur.

##### **b/ Alternateur d'excitation :**

L'excitation se fait toujours en courant continu, mais sur la partie stator. On recueille l'énergie alternative sur le rotor. Mais comme l'on a besoin de courant continu pour exciter l'alternateur principal on doit redresser et filtrer cette énergie. Ces opérations se font par des redresseurs et un condensateur placés à l'intérieur même de l'arbre.

### III-2 PARTICULARITES DE CES ALTERNATEURS

Naturellement les alternateurs d'aviation ont toujours un rotor à pôles lisses étant donné les vitesses de rotation élevées ( exemple : B707 et B727 – 6000 tr/mn B747 – 8000 tr/mn)

#### Alternateur principal

On utilise généralement le triphasé 115/200V. en effet, un stator monophasé correspond à une mauvaise utilisation du fer, et par suite, à des pertes (dans le fer) relativement plus importantes. Par contre, un réseau à plus de trois phases complique peu les bobinages et allège le réseau de distribution.

#### Alternateur d'excitation

**Stator** : il est alimenté en courant continu par le régulateur de tension. Il comporte :

- un enroulement principal d'excitation
- un enroulement auxiliaire en série avec une résistance à coefficient de température négatif ( C.T.N) afin d'avoir un flux total d'excitation constant en fonction de la température.
- des aimants permanents : ils sont situés dans les interpôles de l'alternateur. Le flux de ces aimants permet, dans la mesure où le rotor tourne, de créer un courant d'excitation de l'alternateur principal suffisant pour amorcer le système de génération. On rend ainsi l'ensemble parfaitement autonome.

**Rotor** : c'est l'induit sur lequel on recueille l'énergie alternative. On effectue un redressement par six diodes en pont. Pour diminuer les taux d'ondulation on place une capacité.

**CHAPITRE II :**  
**ETUDE DES SYSTEMES**  
**EPGs A BORD DES**  
**AVIONS**



## **I- ETUDE DU SYSTEME EPGs A BORD DE L' AVION BOEING 737-200:**

### **I-1 Introduction :**

#### **a) Présentation du BOEING 737-200 :**

Le 22 février 1965, la firme BOEING annonce la réalisation du BOEING 737, comme avion de transport en court de moyen courrier. Cet avion existe en deux versions, le 737-100 avec un fuselage court (28,65m) et le 737-200 avec un fuselage long (30,50m). Par rapport aux autres BOEING, et si le diamètre du fuselage est le même que celui des premiers BOEING (3,76m) le 737 est un avion nouveau et très élaboré. Il peut recevoir six sièges de front, et permet une utilisation d'environ 60% de la structure, et les équipements de son prédécesseur immédiat le BOEING 727 ; L'aile avec ses bords d'attaque Krueger et les volets de bord de fuite à triples fentes confèrent au 737 une excellente approche des grandes vitesses et des basses vitesses, avec l'utilisation des pistes très courtes.

Le BOEING 737-200 peut transporter 115 passagers.

Le B-737-200 ADV (Avancé) a été développé en 1969 pour améliorer certaines défaillances dans le modèle de base. Le premier vol du B-737-200 ADV a eu lieu le 15 avril 1971.

#### **b) Présentation de l'alternateur équipant le Boeing 737-200 :**

L'alternateur aéronautique du constructeur « WESTINGHOUSE » et qui équipe en général l'avion Boeing 737-200 est un alternateur triphasée auto-excité grâce à une excitatrice intégré dans sont bloc, et transmet un courant d'excitation directement au rotor de l'alternateur, à travers un pont de diodes qui est logée dans le creux de l'arbre de l'alternateur, donc l'alternateur ne possède ni bague ni balais, car le constructeur « Westinghouse » à constater que les alternateurs équipé du système bagues-balais, produisent des étincelles ce qui cause une mauvaise commutation surtout à haute altitude, ces étincelles sont d'autant plus importantes et plus favorisées à une certaine altitude par l'humidité de l'atmosphère, et cela

entraîne une usure rapide des balais et des bagues ; En plus ces étincelles sont une source de parasites particulièrement gênante pour les dispositifs radio, par conséquent de tous ses effets ces machines demandant une surveillance très régulière; Et pour tous ses inconvénients, que le constructeur a utilisé une auto-excitation directe pour son alternateur qui ne comporte ni bague ni balais.

L'alternateur est une machine tournante de type synchrone à pôles lisses, il est réalisé de différentes pièces qui sont assemblées d'une façon bien déterminée ; Il transforme l'énergie mécanique produite par en une énergie électrique triphasée d'une puissance assez importante (40kVa,et 45kVa quant il très bien refroidi), la vitesse de rotation de l'alternateur est de 6000 trs/mn , pour fournir une énergie électrique alternative triphasée à une fréquence de 400 Hz (voir Fig.II-1).

### **I-2- Description de l'alternateur 976J598-1 :**

L'alternateur est composée de trois parties essentielles :

- Un alternateur principal.
- Une excitatrice (alternateur d'excitation).
- Un pont redresseur (pont de diodes).

BOEING

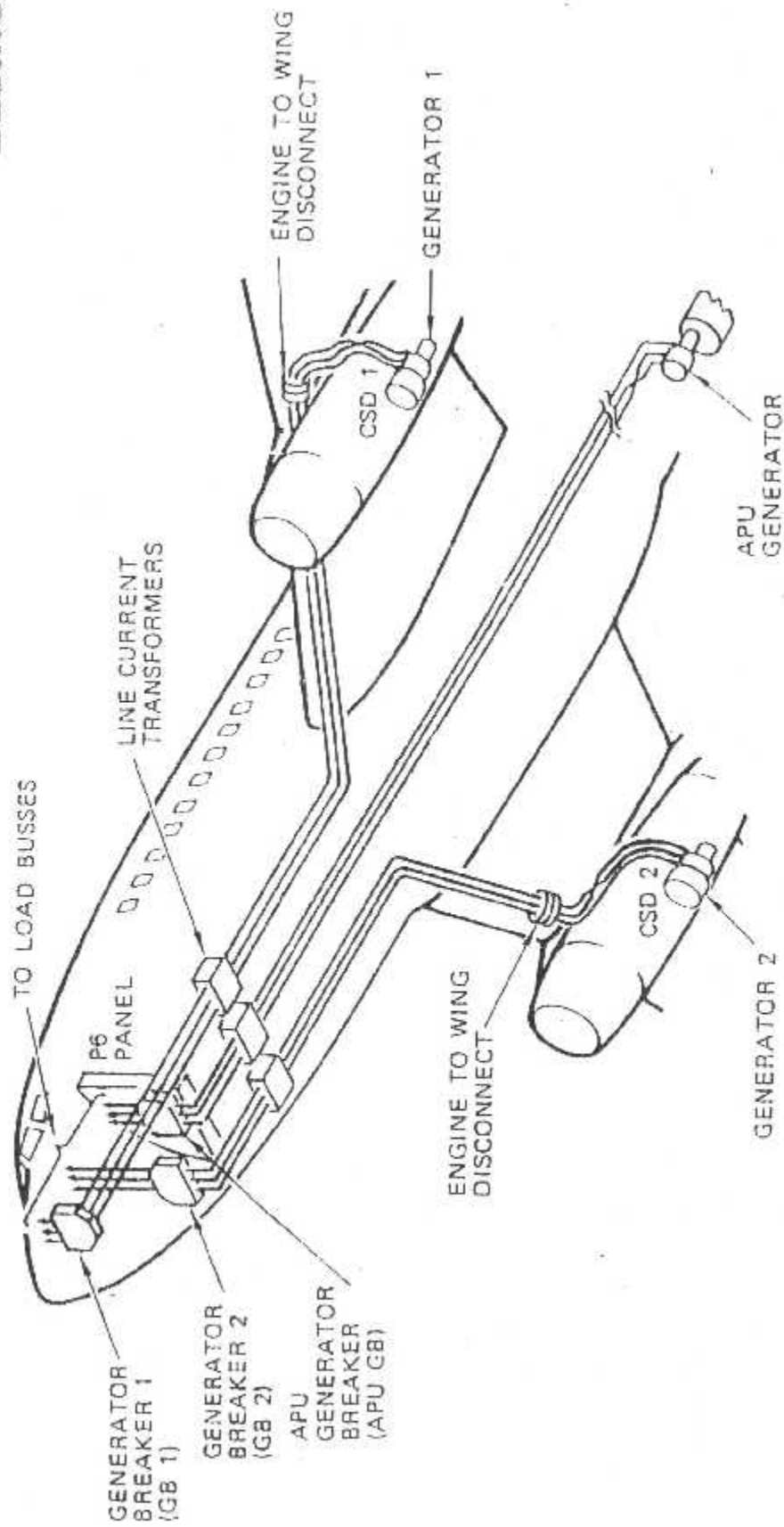


Fig.II-1: Génération électrique du B737 200



**I-2-1 Etude du principe de fonctionnement de l'alternateur :****a) Schéma synoptique de fonctionnement de l'alternateur :**

L'alternateur étant en fonctionnement normal entraîné à 6000 trs / mn, les enroulements de l'induit (rotor) de l'excitatrice tourne et coupe le champ magnétique fixe créé par les aimants permanents, la f. e. m (force électromotrice) alternatif triphasé induite dans ces enroulements (rotor excitatrice) est redressé à travers les 6 diodes de silicium montées en un pont de graetz est appliquée aux bornes de l'enroulement inducteur (rotor) de l'alternateur principal ; le champ magnétique tournent qui en résulte, induit dans les enroulements statorique de l'alternateur principal une f.e.m alternatif (tension résiduelle entre 14 et 23 v) ; par l'intermédiaire d'un régulateur de tension la f.e.m induite dans les enroulements statoriques de l'alternateur, va permettre de fournir à l'enroulement inducteur (stator) de l'excitatrice un courant redressé de plus en plus important, ce courant va ce croître jusqu'à une tension de sortie de l'alternateur triphasée alternatif de 155 / 200 volt.

Le champ magnétique fourni par les aimants permanent devient négligeable par rapport au champ magnétique fourni par l'enroulement inducteur (stator) de l'excitatrice ; le sens de rotation de l'alternateur est anti-horaire vue du coté entrée d'air ; le refroidissement de l'alternateur et assurée par le ventilateur de l'A.P.U, le schéma synoptique de fonctionnement de l'alternateur est donné par la figure II-2.



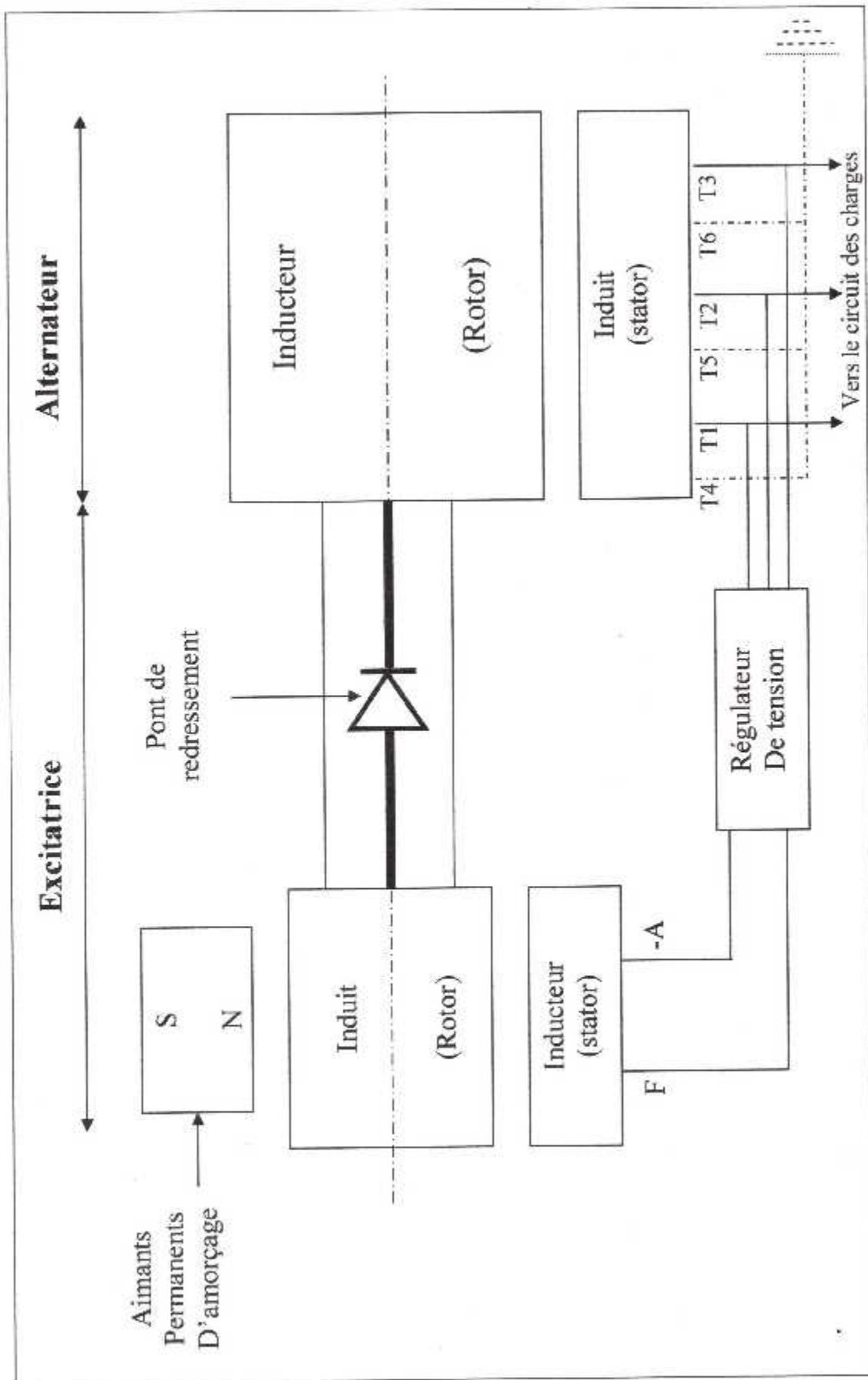


Fig.II-4 : Schémas synoptique du fonctionnement de l'alternateur

**b) schéma électrique de l'alternateur :**

Dans un alternateur conventionnel courant d'excitation est fourni par une génératrice montée en bout d'arbre et transmis à l'enroulement d'excitation par des balais et des bagues (voir Fig.II-3). Pour une utilisation sur les avion modernes, il nécessaire de supprimer l'ensemble collecteur bagues et balais surtout en raison de la mauvaise commutation à haute altitude, le système adopté est alors le suivant :

La génératrice est remplacée par un alternateur qui alimente l'excitation de l'enroulement du rotor de l'alternateur principal à travers un pont de diodes redresseur au silicium (pont de GRAËTZ), fixe dans le creux de l'arbre de l'alternateur et qui tournent en même temps ;un condensateur de filtrage est connecté à la sortie du bloc du redresseur, il permet d'atténuer les ondulations du courant d'excitation, il absorbe les parasites et supporte le choc dans le cas ou une diode claque .

Dans le système du constructeur < **westinghouse** > le courant continu d'excitation des enroulements du stator de l'excitatrice (les bornes A, F), est fournit et contrôlé par un régulateur de tension qui se trouve dans l'unité de contrôle de l'alternateur (G.C.U), ce dernier et alimenté en courant alternatif prélevé à la sortie de l'alternateur et qui le redresse grâce à son transformateur redresseur, le système fonctionne donc en boucle fermée. les trois aimants permanents disposés dans les inter-pôles de l'excitatrice, fournissent un flux suffisant au démarrage (f.e.m.d'amorçage) du cycle en fonctionnement normal . Le champ magnétique des aimants permanents est annulé par la réaction de l'induite de l'excitatrice (en charge).

La thermistance disposée en série sur l'un des deux enroulements du stator excitatrice, elle maintient la valeur de la résistance aux bornes des ses deux enroulements constants en cas de variation de température, ce qui stabilise la valeur du courant d'excitation.

L'enroulement de stabilité (les bornes S.A), est couplé par induction sur les enroulements d'excitation de l'excitatrice, c'est-à-dire qu'il est couplé sur les mêmes

pôles que les enroulement d'excitation, mais dans notre cas l'enroulement de stabilité n'est pas connecté, seule la borne F est connectée au G.C.R (relais de contrôle de l'alternateur) et la borne A sur le régulateur de tension du G.C.U.

**Remarque :**

Cet enroulement de stabilité est utilisé sur les avions équipés de régulateur de tension, à amplification magnétique dont le temps de réponse est relativement long comme le B 727 200. Il envoi au régulateur de tension des signaux proportionnels aux variations du courant d'excitation, ce qui provoque des instabilités. Sur les B 737 200, le régulateur de tension est transistorisé, son temps de réponse est très court, il assure une stabilité suffisante du courant d'excitation ; en conséquence l'enroulement de stabilité n'est pas connecté.

**I-2-2 caractéristiques techniques de l'alternateur:**

**1) Caractéristiques électriques :**

- Puissance apparente : 40 à 45 K VA.
- Tension simple : 115 V.
- Tension composée : 200 V.
- Fréquences en fonction de la vitesse : 400 Hz à 6 000 tr / mn.
- 380 Hz à 5 700 tr / mn
- 420 Hz à 6 300 tr / mn
- Intensité par phase : 111 A max.
- Nombre de phase : 3
- Type de montage (connexion) : étoile avec le neutre.
- Facteur de puissance ( $\cos \varphi$ ) : 0.75

❖ Le tableau suivant donne les sens de rotation, selon l'emplacement des phases :

Sens de rotation vue cotée d'air	Rotation des phases
Horaire	T2, T 1, T3
Anti –horaire	T1, T2, T3

❖ Les bornes T1, T2 et T3 représentent respectivement Les phases A, B et C. le code de couleurs utilisé pour Les connexions est le suivant

- ◆ La phase A, borne T1 et T4 couleur rouge.
- ◆ La phase B, borne T2 et T5 couleur jaune.
- ◆ La phase C, borne T3 et T6 couleur bleu.

## 2) Dimensions approximatives (mécanique) :

- ◆ Longueur : 320 mm.
- ◆ Hauteur : 300 mm.
- ◆ Masse approximative : 35.38 kg



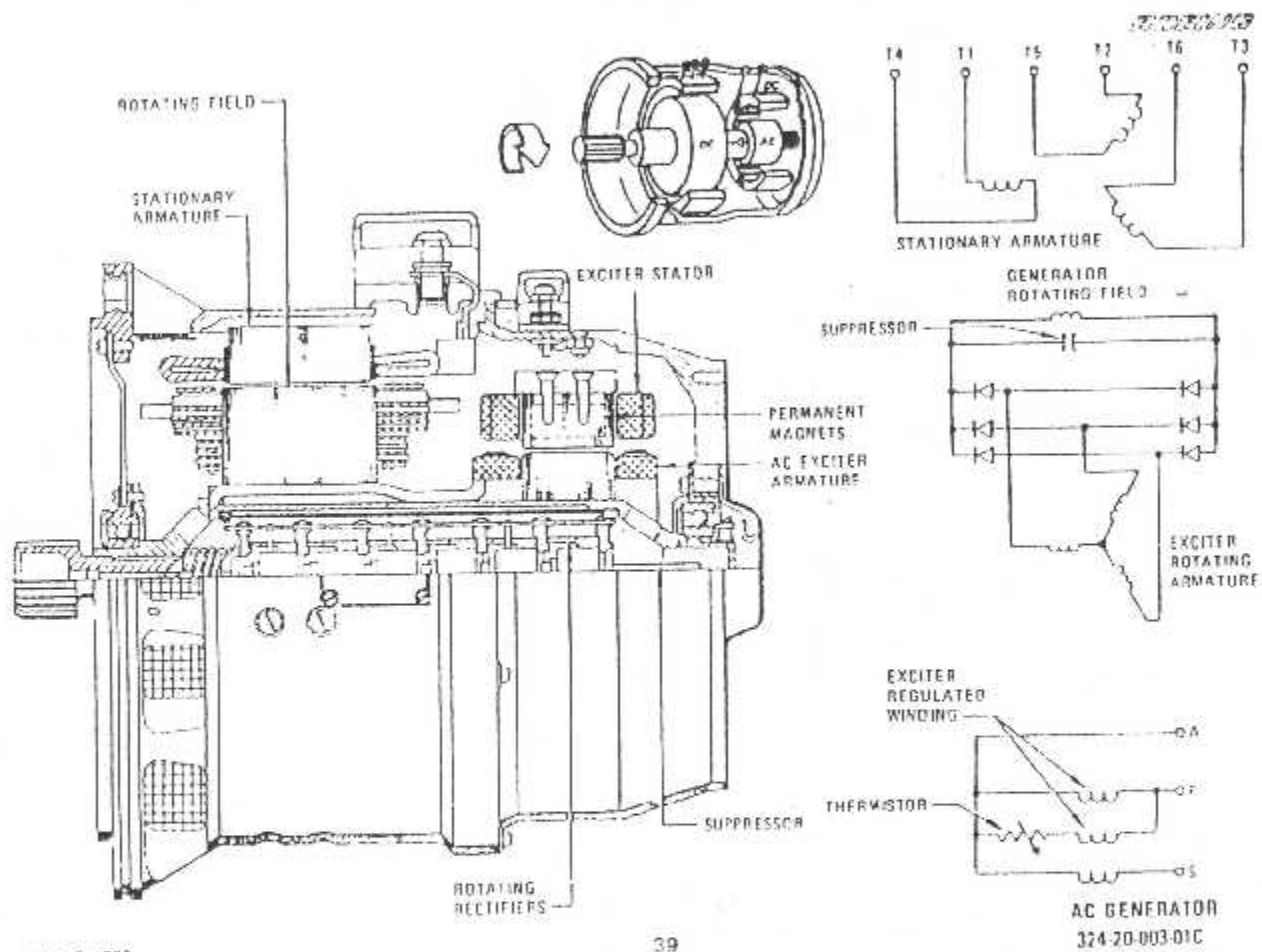


Fig.II-3 : Schéma électrique et interne de l'alternateur

### I-3 système de régulation et de protection de l'alternateur

#### I-3-1 présentation du G.C.U (Generator control unit ):

Le G. C. U est une unité de contrôle de l'alternateur, qui rassemble les fonctions de contrôle, de protection de l'alternateur et du réseau, régulation de la tension, et annonceur d'anomalies de fonctionnement (Voir **ANNEXES C**) ; l'avion est équipé de trois G. C. U, dont deux pour les deux alternateurs, et le 3eme G. C. U sont interchangeables.

Chaque G. C. U contient :

- ◆ Une alimentation de courant d'excitation (Field power supply {TR unit} ), qui converti les trois phases AC (alternative current) de l'alternateur en DC (direct current ) et cela grâce à un transformateur redresseur, pour alimenter l'excitatrice de l'alternateur.
- ◆ Le contrôle d'alimentation en courant continu DC (control DC power supply {TR unit } ), qui converti les 03 phases AC fourni par l'alternateur en 28 volts DC, et cela grâce à un transformateur redresseur, pour fournir les circuits de protection de l'AC système est-les switches (interrupteurs) de l'alternateur ; la tension de 28 volts dc pour les circuits de protection est fournie en temps normal par le <<control DC power supply >> et en secours par la batterie.
- ◆ Un régulateur de tension qui contrôle et régule la tension de sortie de l'alternateur en agissant sur le courant fourni à l'excitatrice.
- ◆ Un relais d'excitation le G. C. R (generator control relay ), qui ouvre ou ferme le circuit d'excitation.
- ◆ Des circuits de protection qui commandent le déclenchement automatique du G. C. R, G. B et B. T. B.
- ◆ Un relais BUILDUP, c'est un relais qui commande le circuit d'amorçage de l'alternateur, jusqu'à une tension de sortie qui dépasse les 60 volts.

❖ **Le G.C.U assure la protection contre :**

- La surtension (over voltage HV)  $> 130 \pm 3$  volts.
- La sous-tension (under voltage LV)  $< 100 \pm 3$  volts.
- La sur-intensité (over current OC)  $> 170$  A.
- Les courants différentiels (fault feeder ff.)  $> 20$  A.

**I-3-2 protection contre les défauts de tension:**

UN défaut de tension affecte les circuits de protection contre les défauts de tension du G.C. U de l'alternateur APU, et fait ouvrir (trip) le G.C.R à l'intermédiaire de ses circuits de protection. (Voir fig.II-4)

**1) défaut de surtension (over voltage OV) :**

En cas d'une surtension ( $V > 130 \pm 3$  volts ) UN signal est envoyé par le détecteur de surtension qui va passer à travers le <<inverse time delay >> (c'est une temporisation inverse, plus la surtension augmente et plus le temps diminue, dans un intervalle de temps de réponse de 0.18 à 0.25 secondes), après la sortie du signal du temporisateur IL va être conduit vers la lampe témoin du défaut surtension HV (high voltage), qui se trouve sur le module M.238, et le même signal va être conduit aussi vers une Porte logique <<OU>>, car IL suffit qu'un seul signal sur ses portes d'entrée pour avoir ce même signal sur la Porte de sortie, ce signal de sortie de la Porte logique s'achemine vers le Transistor de commutation qui commande l'ouverture (trip) du G.C.R, car ce signal va saturer le transistor, et par la suite la bobine qui commande l'ouverture du G.C.R sera excitée ce qui ouvrira le G.C.R, l'ouverture de ce dernier va entraîner avec elle l'ouverture du G.B et des B.T.B ce qui va isoler l'alternateur APU du réseau

**2) défaut de sous-tension (under voltage UV)**

Lors d'une sous-tension ( $V < 100 \pm 3$  volts ) un signal est envoyé par le détecteur de sous-tension après une temporisation de  $7 \pm 2$  secondes pour le déclencher du



G.C.R, et le même signal est utilisé pour allumer la lampe témoin de sous-tension L.V (low voltage) au module M.238.

Le circuit de détection de sous-tension comporte une ligne de maintien qui empêchera la lampe L.V de s'allumer lors du désamorçage de l'alternateur en mettant les deux interrupteurs (switches) APU GEN 1 et APU GEN 2 momentanément sur <<OFF>>.

Une surintensité et suivait d'une sous-tension lors d'un défaut de surintensité le signale de sous-tension qui en résulterait sera verrouillée (mis à la masse pour éviter tous signalisation de sous-tension ).

L'utilisation des coupes feues fera résulter les même actions que lors d'une sous-tension alternateur A.P.U (ouverture du G.C.R et l'allumage de la lampe L. V).

Les voyants H.V et L.V sur le module M.238 peuvent être effacée par le bouton ERASE du module, ou par l'ouverture de l'interrupteur batterie bus.

### **I-3-3 protection contre les défauts de courant :** (fig. II-4)

#### **1) défaut de surintensité (ouver current O,C ) :**

Si les transformateurs de ligne située après l'alternateur et avant les BUS détectent une élévation d'intensité, ils fournissent un signal aux circuits de détection de surintensité, ces circuits bloquent toutes signalisation de sous-tension engendrées.

Le signal de surintensité après une temporisation inverse (0.18 à 0.25 secondes) fera déclencher le G.C.R et allumer le voyant FF (défaut feeder <<défaut d'alimentation>>) au module M.238

#### **2) Protection différentielle :**

Les signalisations sont les mêmes que pour la surintensité, mais les circuits de détection différents ; la protection différentielle utilise les transformateur de ligne situées sur le retour alternateur et ceux situés parés les BUS avant les servitudes.



Les transformateurs de charge et les transformateurs retour masse comparent les intensités débitées par l'alternateur et qui reviennent par la masse. Car le courant débite par le générateur traverse les BUS et les charges et retourne à travers la masse (terre ou la structure métallique de l'avion ) vers le générateur.

S'il se produit un court-circuit accidentel (défaut feeder), il y aura une différence d'intensité de courant entre la sortie et le retour alternateur d'où déséquilibre, lorsque ce déséquilibre atteint ou sera supérieur à 20 Ampères, le système de protection différentielle agit et fera déclencher le G.C.R et allume la voyant F.F, le voyant F.F sur le module M.238 peut être effacé par le bouton ERASE du module ou par l'ouverture de l'interrupteur batterie bus.

Le système de protection différentielle protège l'alternateur, la BUS principale alternateur et les câbles d'interconnexions, la valeur du défaut de surintensité est assez élevée afin de prévenir des déclenchements intempestifs.

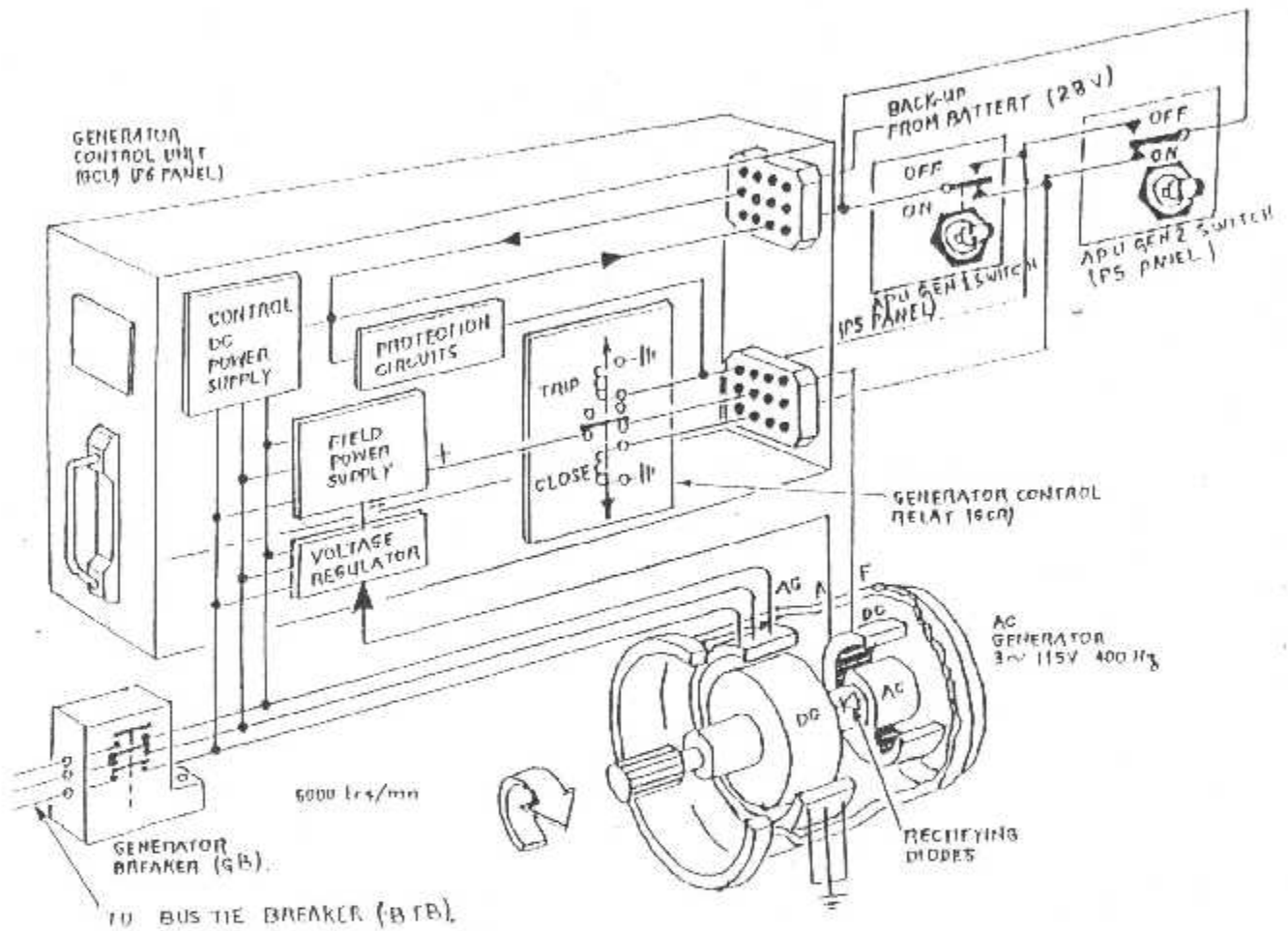


Fig.II-4 : Schéma synoptique du fonctionnement du G.C.U

## **II- ETUDE DU SYSTEME EPGs A BORD D'UN AVION AIRBUS A310**

### **II-1 Introduction :**

#### **a) Généralités sur L'AIRBUS « A310 »**

L'AIRBUS A310 est un moyen-court courrier, de type gros porteur poussé par deux réacteurs turbo fan.

- ◆ Son fuselage de section circulaire et anti-remont pressurisé, à l'exception du cône de nez, du cône de queue, des logements de train d'atterrissage et de la soute de climatisation.
- ◆ L'aménagement du poste de pilotage permet la conduite de cet appareil par deux pilotes. Des réaménagements minimes permettent toutefois son exploitation par 3 P.N.T.
- ◆ De différentes configurations de sièges cabines peuvent être adoptées en fonction des impératifs opérationnels dans la limite 255 sièges nombre pour lequel l'avion a été certifié.

Les versions d'AIRBUS (A310) sont :

A310-202-moteurs général electric.

A310-221-moteurs Pratt and whitney.

A310 C-Version cargo.

#### **b) Description de l' I.D.G ( Integrated Drive Generator)**

Chaque alternateur moteur est entraîné par l'intermédiaire d'un régulateur de vitesse hydromécanique intégré.

L'ensemble est appelé IDG ( voir Fig.II-6).

L'alternateur APU est entraîné directement par l'APU qui lui tourne à vitesse constante.

Chaque IDG est entraîné par le réacteur à travers le boîtier d'accessoires, à une vitesse variable en fonction du régime moteur.

Il incluse :

- a. Alternateur (voir **ANNEXES C**).
- b. Le système d'entraînement a vitesse constante (voir **ANNEXE C**).

**a. Les alternateurs.**

Les alternateurs sont des machines électromagnétiques destinées a convertir l'énergie mécanique en énergie électrique. Dans la quasi-totalité des cas, ils ont un induit fixe (STATOR) et un inducteur tournant(ROTOR).

Les alternateurs tournent a une vitesse constante pour alimenter le réseau de distribution a une fréquence fixe.

**b. Le système d'entraînement a vitesse constante C.S.D.**

Le C.S.D. se compose d'un différentiel mécanique c'est un système d'engrenage permettant d'obtenir la différence mécanique de deux vitesse et permet d'augmenter ou de diminuer la vitesse d'entrée, pour obtenir une vitesse constante a la sortie du régulateur hydromécanique, donc ce dernier permet de maintenir cette vitesse constante 12000 tours/minute pour tous les niveaux normaux du régime moteur.

L'ensemble est refroidie et lubrifié par un circuit d'huile indépendant.

Le poids de LIDG est 60 kg environ.



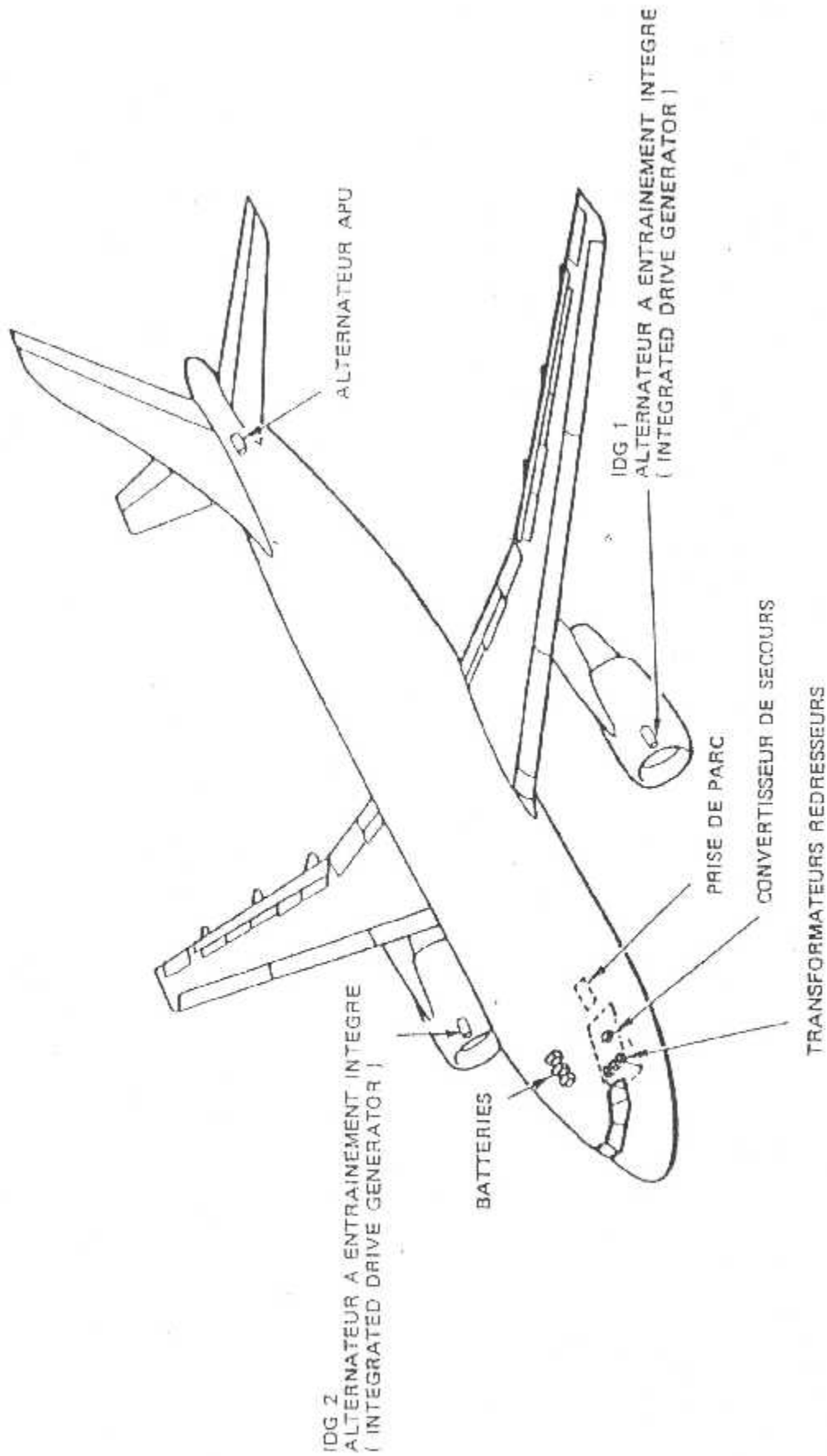
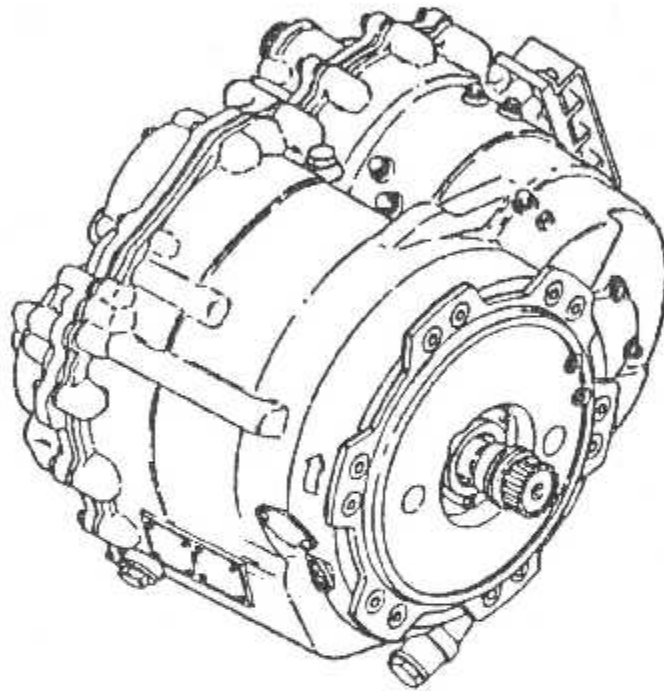


Fig.II-5 : génération électrique à bord de l'A310



Integrated Drive Generator (IDG)

Fig.II-6 : Integrated Drive Generator ( I.D.G)

## **II-2 Système de régulation et de protection de l'alternateur :**

Chaque alternateur (IDG ou APU) est commandé et contrôlé par un boîtier électrique GCU (generator control unit), les 3 GCU sont identiques et ils sont situés en soute électronique.

Toutes les sources de courant alternatif (alternateur et groupe de parc), les dispositifs d'entraînement intégrés, les relais et contacteurs associés sont sous le contrôle de boîtiers électroniques GCU et GPCU .

Les GCU et GPCU assurant donc :

- ◆ Le fonctionnement automatique des alternateurs (GCU).
- ◆ Le contrôle du groupe de parc (GPCU).
- ◆ Et la connexion des sources sur le réseau.

Les commandes de ces différents éléments sont situés sur le panneau principale de commande du poste 424 VU.

### **II-2-1 Unité de contrôle de l'alternateur (GCU): (voir Fig.II-7 )**

#### **( GENERATOR CONTROL UNIT )**

Les boîtiers des trois alternateurs sont identiques.

L'unité de contrôle de l'alternateur assure quatre fonctions distinctes :

- régulation de tension
- commande de l'alternateur et protection du réseau et du générateur
- commande de diverses signalisations et indications
- auto-surveillance et test du système

Dans leur réalisation, et d'une façon générale, la régulation de tension est analogique, les autres fonctions sont numériques.





### 1) Alimentation du boîtier

Le boîtier est alimenté :

- d'une part, directement à partir du PMG (qui sert également à l'alimentation de l'excitation de l'alternateur)

A partir de cette tension, il élabore un 28 VDC pour ses besoins propres (alimentation  $\pm 15$  V,  $\pm 5$  V, - 28 V)

- d'autre part, en 28 VDC, à partir du réseau normal avion

Cette alimentation double en fait l'alimentation interne 28 V (back up)

### 2) Régulation de tension (Voir ANNEXES C )

La régulation de tension s'effectue en régulant le courant d'excitation de l'alternateur. Elle est réalisée en circuits analogiques.

L'alimentation de l'excitation est directement fournie par le PMG via le GCR et, après redressement, est commandée par un ampli de puissance à découpage (modulation de largeur d'impulsion : pulse with modulation) protégé par une diode.

La régulation s'effectue à partir :

- des informations de tension prélevées au point de régulation (P.O.R : point of regulation)
- des informations de charge alternateur fournies par les trois transformateurs d'intensité inclus dans la machine.

Cette régulation s'effectue par comparaison à une référence et de façon à maintenir la tension moyenne des trois phases dans les limites admissibles.

A noter que :

- Lors d'un fonctionnement en régime déséquilibré, le niveau de la tension de la phase la plus élevée est limité.

Cette limitation est prépondérante sur la régulation de la tension moyenne des trois phases.

- un circuit de stabilisation permet d'améliorer la réponse dynamique de la régulation

- un circuit de limitation de courant permet de limiter le courant débité par le générateur et donc la puissance mécanique fournie par l'entraînement, en limitant le courant d'excitation
- en cas de détection de défaut par les circuits de protection, l'excitation de l'alternateur est coupée :
  - Electroniquement, en simulant un court-circuit important via la limitation en courant (VR/SD : Voltage Regulation Shut Down)
  - Et en coupant son alimentation par le GCR.

### 3) Commande de l'alternateur et fonction de protection:

La commande de l'alternateur et les fonctions de protection du réseau ainsi que du générateur sont assurées par l'intermédiaire du GCR et du PR.

Le GCR commande l'excitation de l'alternateur, le PR son contacteur de ligne ainsi que le voyant d'alarme FAULT.

Les deux relais sont eux-mêmes commandés par un micro-calculateur qui traite les divers paramètres électriques nécessaires à l'élaboration des protections.

**Remarque** : Ce micro-calculateur élabore également les commandes des signalisations et gère l'auto-surveillance et le test du système.

#### 3-1) Protection

##### a) sur-fréquence et sous-fréquence (OF/UF)

Le boîtier surveille en permanence la fréquence du PMG. Lorsque la fréquence est inférieure à 365 Hz ou supérieure à 435 Hz pendant plus de 4 secondes, les protections déclenchent les relais PR et GCR et provoquent la désexcitation de l'alternateur (signal VR/SD)

**Remarque** : la sous fréquence est inhibée en cas de sous vitesse d'entraînement.

**b/ sur-tension et sous-tension (OV/UV)**

Le boîtier surveille en permanence la tension au point de régulation.

La sous-tension déclenche lorsque la tension de la phase la plus faible chute en dessous de 98 Volts pendant plus de 4 secondes.

La sur-tension déclenche lorsque la tension de la phase la plus élevée dépasse le seuil de 128 Volts.

La temporisation du déclenchement est inversement proportionnelle à la valeur de la sur-tension.

Ces deux protections provoquent le déclenchement des relais PR et GCR et la désexcitation de l'alternateur (signal VR/SD).

**c/ diode tournante en court-circuit : (SRD) (Shorted Rotating Diode)**

Cette détection est réalisée à partir des informations :

- de tension aux bornes de l'inducteur
- de charge alternateur

La protection déclenche si, pour une charge alternateur donnée, la tension aux bornes de l'inducteur devient trop élevée pendant 5,5 secondes.

La protection provoque l'ouverture des relais PR et GCR et la désexcitation de l'alternateur (signal VR/SD).

**d/ court-circuit PMG (SPMG) (Shorted PMG)**

Cette détection est réalisée à partir des informations :

- de tension inducteur
- de charge alternateur
- de commande PR
- de court-circuit fournit par un détecteur analogique surveillant la tension des trois phases du PMG



- l'alternateur tournant à vide (PR ouvert), un éventuel court-circuit est détecté par le circuit analogique
- l'alternateur en ligne, la protection déclenche si, pour une charge donnée, la tension de l'inducteur est trop faible.

Cette protection déclenche, après deux secondes, les relais PR et GCR et provoque la désexcitation de l'alternateur (signal VR/SD).

**Remarque** : la protection SPMG est inhibée en cas de détection de diodes en court-circuit (SRD).

### **e/ ordre de phase incorrect (IPS)**

Cette détection est assurée à partir des informations de tension phases A et B au point de régulation.

Après excitation de l'alternateur, le boîtier analyse l'ordre des phases de la tension qu'il fournit et, s'il est incorrect, prévient la mise en ligne alternateur (protection des consommateurs triphasés). Cette protection agit sur le PR.

### **f/ protection différentielle ou défaut de feeder (DP)**

Elle permet d'éviter un endommagement important des circuits électriques (câblages situés entre deux transformateurs d'intensité de détection).

La zone protégée peut se diviser en deux parties :

- zone 1, entre le transformateur d'intensité alternateur et le contacteur de ligne et comprenant les enroulements de puissance du générateur ainsi que son feeder
- zone 2, entre contacteur de ligne et transformateur d'intensité de ligne et comprenant l'ensemble des câblages de la distribution de puissance, y compris une partie du réseau de transfert.

La détection défaut feeder provoque une action séquentielle sur les relais puissance disponibles, relais d'excitation, relais de transfert et, éventuellement, la coupure de l'excitation.



### **g/ panne du calculateur**

Le calculateur réalise l'ensemble des fonctions qui lui ont été assignées de façon séquentielle et périodique selon un programme pré-établi.

Une fois le système initialisé, l'ensemble des opérations est effectué au cours d'un cycle dit majeur qui comprend essentiellement :

- les fonctions de commande, protection et signalisation
- les fonction d'auto-surveillance et de test du système

Le déroulement correct de ce programme est surveillé de deux façons distinctes :

- une surveillance permettant de détecter une anomalie dans le déroulement du programme et qui, en cas de défaut, conduit directement au déclenchement du relais de puissance disponible PR ainsi que du GCR
- une surveillance permettant de détecter des pannes dites "douces" et qui, en cas de défaut, conduit à une réinitialisation globale du système.

Cependant, la détection de six pannes de ce type dans une seconde est considérée comme une panne "dure" et conduit également à un déclenchement et une désexcitation de l'alternateur.

#### **Remarque :**

- *La surveillance du déroulement périodique du programme permet d'assurer un déclenchement "Fail Safe" du système en cas de détection de défaut par une commande analogique directe au niveau des relais.*
- *Suite au déclenchement de cette protection, il est possible de récupérer le système en cyclant la commande de l'alternateur de OFF/R sur ON au panneau de commande du poste*
- *Un test de la majorité des circuits de détection de panne de calculateur est déclenché automatiquement :*
  - a- *avion au sol*
  - b- *lors de la coupure moteur (sous-vitesse d'entraînement IDG) ou coupure APU*

*La durée normale du test est de 20 mn.*

## II-2-2 GPCU:(Ground Power Control Unit)

Le GPCU est un générateur de contrôle au sol situé dans la soute électronique. Au sol, il est alimenté à partir d'un groupe de parc.

Le boîtier GPCU comprend :

- Un système d'auto-surveillance et de test intégré relatif aux fonctions qui lui sont propre (voir **ANNEXES C**).
- Un dispositif de commande de test et d'affichage concernant l'ensemble de la génération électrique.

Le GPCU est destiné à assurer trois fonctions distinctes :

- 1- Surveillance de l'alimentation de l'avion par le groupe de parc
- 2- Auto-surveillance et test de fonctionnement
- 3- Commande de test et d'affichage d'informations relatives à l'ensemble de la génération électrique.

Dans leur réalisation, la majorité de ces fonctions sont numériques.

### 1- Surveillance de l'alimentation au sol

Le GPCU assure la protection du réseau en cas :

- De sur ou sous-tension (OV et UV)
- De sur ou sous-fréquence (OF et UF)
- De rotation de phase incorrecte (IPS) (Incorrect Phase frequency Sequence)
- Panne calculateur

### 2- Auto-surveillance et test de fonctionnement du système

Cette fonction peut se divisée en plusieurs parties :

- a. Test et analyse consécutive au déclenchement d'une protection (panne active)
- b. Détection de panne passive
- c. Test de maintenance.

**a. test et analyse consécutive au déclenchement d'une protection :**

Lors d'un déclenchement d'une protection (panne active) le GPCU :

- Identifie la protection qui a provoquée le déclenchement
- Evalue les conditions dans lesquelles s'est produit le déclenchement
- Puis, après analyse, détermine l'origine du défaut

L'ensemble de ces fonctions est enregistré dans une mémoire non volatile du GPCU.

Au sol, elles peuvent être présentées par l'afficheur situé sur la face avant du GPCU.

**b. Détection de pannes passive :**

Certaines pannes, dites passives, n'entraînent pas le déclenchement des protections mais peuvent affecter le fonctionnement du système. Elles conduisent à une réinitialisation du programme de surveillance. Toute fois, six pannes de ce type dans une seconde conduisent à l'ouverture du PR

**c. Test de maintenance :**

Il ne peut s'effectuer qu'au sol et complète, dans une certaine mesure, les surveillances précédemment décrites. Il est réalisé en excitant les circuits concernés et en analysant leurs réponses. Il est commandé :

- Soit automatiquement, et de façon périodique tout les 7 vols
- Soit manuellement (poussoir « periodic test »).

Le résultat de ce test, enregistré en mémoire non volatile, peut être présenté sur l'afficheur alphanumérique.



### 3- Commande et test d'affichage

Elles s'effectuent directement depuis la face avant du boîtier GPCU à l'aide des boutons poussoirs : FAULT ISOLATE, PERIODIC TEST, MEMORY CLEAR.

**FAULT ISOLATE** : qui permet de lire les messages enregistrés dans les mémoires non volatiles des trois GCU et le GPCU, puis présenter ces messages sur l'afficheur alphanumérique à 24 caractères.

**PERIODIC TEST** : qui commande le test de maintenance de chacun des quatre (4) boîtiers (3 GCU et 1 GPCU) et en présente le résultat sur l'afficheur.

**MEMORY CLEAR** : qui commande l'effacement des informations enregistrées dans les mémoires des quatre boîtiers.

Les échanges de commande ou d'informations entre le GPCU et les trois GCU s'effectuent par l'intermédiaire d'une liaison bus série bidirectionnelle.

Enfin, et afin de qualifier les boîtiers « on condition », le test de maintenance est initialisé automatiquement tout les 7 vols.

Une fois le système initialisé, le micro calculateur se trouvant au niveau du GPCU, réalise l'ensemble des fonctions qui lui ont été assignées de façon séquentielle et périodique selon un programme préétablie. L'ensemble de ces opérations est effectué au cours d'un cycle dit majeur qui comprend essentiellement :

- Les fonctions de commande, de protection et de signalisation
- Les fonctions d'auto-surveillance et de test du système.

Le déclenchement correct de ce programme est surveillé de deux façons distinctes :

- Une surveillance permettant de détecter une anomalie dans le déroulement périodique du programme et qui en cas de défaut, conduit directement au déclenchement du relais de puissance PR ainsi que celui du GCR
- Une surveillance permettant de détecter des pannes dites « douces » et qui, en cas de défaut, conduit à une réinitialisation globale du système.



La surveillance du déroulement périodique du programme permet d'assurer un déclenchement « FALSAFE » du système en cas de détection de défaut par une commande analogique directe au niveau des deux relais.

**Remarque** : suite au déclenchement de cette protection, il est possible de récupérer le système en cyclant la commande de l'alternateur OFF/R sur ON au panneau de commande du poste.

A noter que :

- Les GCU ne peuvent communiquer qu'avec le GPCU et ne communiquent donc pas entre eux
- La communication entre GPCU et l'un des GCU ne peut s'effectuer qu'au sol, toutes les communications sont inhibées en vol
- Le GPCU commande l'activation du voyant « BITE DISPLAY » du panneau de maintenance lorsqu'un défaut a été détecté et enregistré par un des quatre boîtiers.

### **II-3 BITE ET ISOLATION DE LA PANNE**

Le BITE est utilisé afin d'éliminer les anomalies de l'EPGS, il est constitué de circuits incorporés dans le GPCU et dans chaque module du GCU.

La circuiterie performe un système de test interne continu et d'analyse d'isolation d'anomalies pour tous les LRU de l'EPGS seulement au sol. Les tests et l'isolation d'anomalies sont effectués automatiquement et sur commande.

#### **b- Fonction BITE du système EPGS**

Le système BITE est un équipement incorporé destiné à :

- Détecter et isoler les anomalies actives et passives dans les modules de commande individuellement
- Garder en enregistrement des erreurs ainsi que leurs causes dans la NVM de chaque module de commande

- Détecter quand un nouveau vol de l'avion commence et enregistre cet événement dans la NVM
- Allumer un « BITE MESSAGE INDICATOR » sur le panneau de maintenance de l'avion lorsqu'il se trouve au sol et un message d'erreur est présent dans l'un des modules de commande
- Afficher les messages d'erreurs sur la face avant du GPCU lorsque ceci est demandé par le personnel de maintenance
- Effectuer un test de vérification de la circuiterie à l'intérieur des modules de commande et affiche le résultat quand ceci est demandé
- Un test périodique se fera automatiquement quand l'avion est au sol après avoir effectuée les 7 vols.

**NOTE :**

Les fonctions suivantes ne sont possibles que lorsque l'avion est au sol :

- FAULT ISOLATE
- MEMORY CLEAR
- PERIODIC TEST

Ces fonctions sont représentées par des SWITCHS (Push-Button) sur la face avant du GPCU, et influent sur son afficheur.

**2- Fonctionnement générale**

Les trois GCU et le GPCU sont individuellement responsable de l'élimination des contions d'erreurs et du stockage des résultats dans la NVM, ces données sont gardées pendant le vol afin de les affichées, une fois au sol. Pendant le vol, il n'y a aucune communication entre les GCU puisque le GPCU est débranché. Quand l'avion atterrit et que le GPCU est alimenté à travers le switch se trouvant au niveau du train avant d'atterrissage, le software de communication GPCU est activé, le GPCU établira alors les communications avec les 3 GCU à l'aide des différentes lignes de données.

Chaque GCU est interrogé individuellement pour savoir s'il a enregistré un quelconque message de BITE pendant le vol. Si un quelconque message est

présent ; le « BITE message indicator » s'allume et ne s'éteindra qu'en appuyant sur un bouton du GPCU.

On pourra lire les descriptions des anomalies survenues et dans quelle partie du système se trouve à l'aide de l'afficheur se trouvant sur la face du GPCU. Le BITE détermine que LRV a flanché ou si l'anomalie est survenue dans le câblage ou dans les capteurs associés à l'EPGS de l'avion.

### **c- Principe de fonctionnement du système BITE**

Le BITE de l'EPGS est divisé en deux parties :

- \* BITE opérationnel
- \* BITE de maintenance

#### **2-1) BITE opérationnel**

Le BITE opérationnel est un processus continu qui tend à isoler les anomalies actives et passives durant le vol, ces fonctions sont assurées au même moment que le software de protection et de commande sont exécutés. Les anomalies actives enclenchent le software d'isolation, lorsqu'un déclenchement du GCR se produit ailleurs, le software d'isolation est by-passé.

Quand le GCR se déclenche, le générateur est désexcité, et il n'y a plus possibilité d'un deuxième déclenchement. Le BITE d'isolation ne reconnaît qu'une seule et unique cause. Pour un quelconque déclenchement de protection survient, le GCU reconnaîtra quelle condition d'anomalie a été la cause du déclenchement.

Deux messages seront généralement générés :

- \* Un message qui identifie quelle fonction de protection fût la cause du déclenchement
- \* Un message LRU qui isole la cause du disjonction (TRIP) due à une panne du module de contrôle ou à une panne externe

Après le déclenchement du générateur, il n'est plus possible de faire une autre isolation qu'après avoir mis le switch du générateur sur OFF et ensuite sur ON.



## **2-2) BITE de maintenance**

Le BITE de maintenance performe le test des circuits du GCU et du GPCU. Il est enclenché en pressant le bouton « PERIODIC TEST », ce bouton amorce le BITE test de maintenance programmé des GCU et GPCU, les résultats du test sont stockés dans la NVM avec les messages de vol courants.

Après le BITE test de maintenance, chaque unité envoie tous les messages codés du vol courant vers l'afficheur, l'unité suivante sera testée et interrogée pour des BITE messages codes.

Un module ne peut accomplir un « PERIODIC TEST » que quand il est au sol.

Une fonction automatique pour le « PERIODIC TEST » est rajoutée au système EPGS assurant après un certain nombre de vols le déclenchement automatique de la fonction « PERIODIC TEST », cette fonction ne se déclenche que si l'avion est au sol avec tous les canaux de génération coupés.

Les messages d'erreurs générés pendant le test automatique vont être stockés dans la NVM mais ne seront pas affichés. L'indicateur du BITE message s'allumera pour informer le personnel de maintenance de l'existence d'un message dans la NVM du GPCU.

***Remarque :** le BITE opérationnel s'effectue automatiquement pendant le fonctionnement de l'EPGS ; le BITE de maintenance est accomplie sur commande seulement quand le bouton « PERIODIC TEST » est pressé*

## **2-4) Demande du BITE :**

La demande du BITE est initialisé par le BITE de communication du GPCU et du système d'affichage. Cette demande est faite, quand on presse sur le bouton BITE ou quand une condition prédéterminée aura lieu. Les demandes du BITE qui peuvent être initialisées sont :

- 1- Isolation de la panne
- 2- Test périodique
- 3- Effacement de la mémoire



- 4- Test automatique
- 5- Drapeau de vol
- 6- Les données du vol précédent.

Les demandes de 1 à 4 ont été vues précédemment

**d- Drapeau de vol :**

Une demande pour écrire un « FLIGHT FLAG » survient quand une définition de vol valide est rencontrée. Cette demande active l'enregistrement du « FLIGHT FLAG » et sépare les codes du message BITE dans la NVM en groupe par vol.

Un « FLIGHT FLAG » ne peut être initialisé si une des conditions suivantes survient :

- Alternateur disjoncté
- GCU hors service

**e- Les données du vol précédent (Previous Flight Data) :**

La demande de PFD est initialisé après que tous les messages concernant les vols courants aient été affichés et que l'opérateur appuie une deuxième fois sur le bouton « FAULT ISOLATE ».

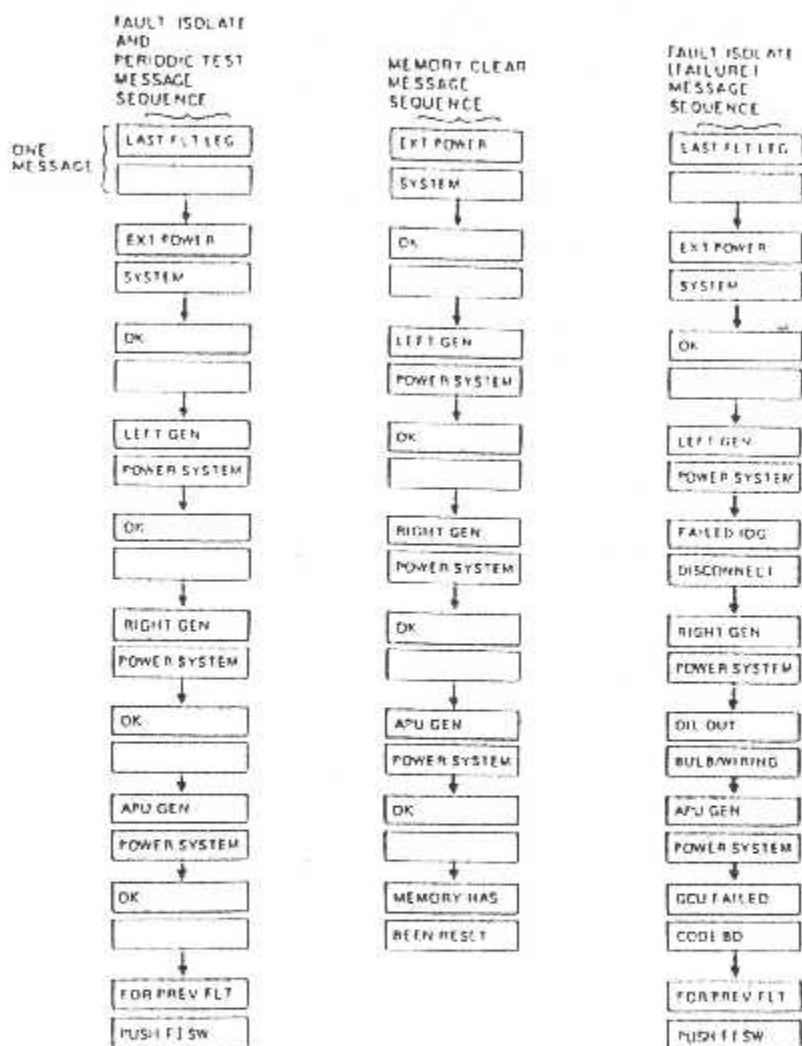


Fig.II-8 : Ground Power control Unit



CHAPITRE III :  
REALISATION DU  
BANC D'ESSAI

## **CHAPITRE III : REALISATION DU BANC D'ESSAI**

### **INTRODUCTION**

- **Généralités sur la maintenance aéronautique :**

**Définition :**

Dans le domaine technique, la maintenance a une très grande importance car elle permet de maintenir le bon fonctionnement des équipements (mécaniques et électriques) dans les meilleures conditions de travail, elle est définie comme étant l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un équipement dans un état spécifique de mesure, afin d'assurer un service déterminé.

La maintenance est définie en quatre types qui sont :

**a-La maintenance préventive :**

C'est la maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un équipement ou de sa dégradation.

C'est une intervention prévue, préparée et programmée avant une date probable d'apparition d'une défaillance.

**b- La maintenance systématique :**

C'est la maintenance effectuée selon un calendrier établi suivant le temps de fonctionnement ou le nombre d'unités d'usage de l'équipement.

**c- La maintenance conditionnelle :**

C'est la maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé ( Auto-diagnostic, information d'un capteur, mesure est...).

**d- La maintenance corrective :**

C'est une opération de maintenance effectuée suite à une défaillance ou une panne.



- **Introduction sur la maintenance aéronautique :**

Pour les besoins de maintenance, l'Administration Fédérale de l'Aviation a créé des règlements. Une bonne partie de ces règlements font référence à la révision générale programmée. Les utilisateurs sont soumis à déposer, démonter, reconditionner, remonter et remettre en place, chaque matériel de façon systématique et périodique.

Dans la politique de maintenance, on distingue trois types d'entretiens :

- 1- Entretien avec temps limité.
- 2- Entretien avec surveillance et comportement en service.
- 3- Entretien suivant état.

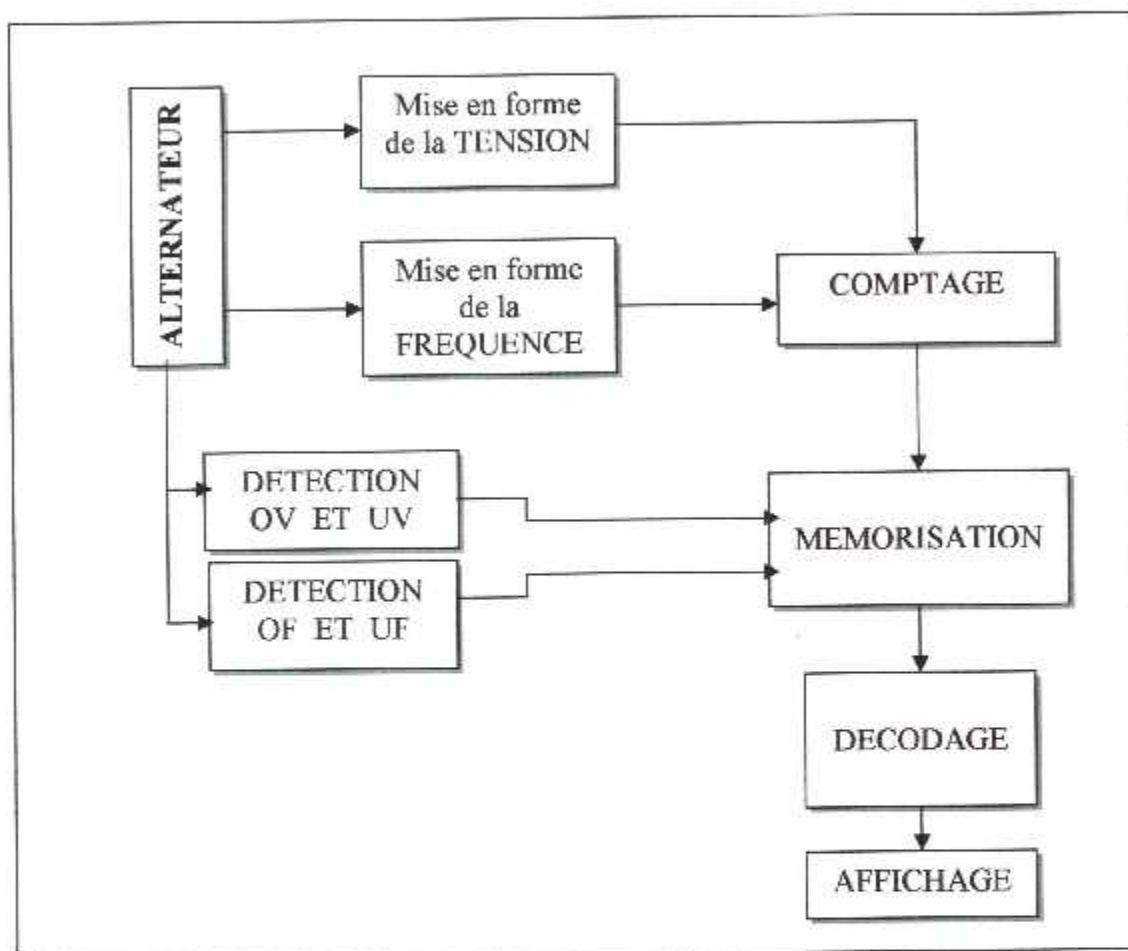
- **But de la réalisation :**

Notre banc d'essai permet de surveiller et de détecter les anomalies en tension (UV,OV) et en fréquence (UF,OF) générées par un alternateur lors des différentes phases de fonctionnement.

Les signaux analogiques qui en résultent seront convertis en numérique à l'aide d'un convertisseur Analogique/Numérique à un bit du type LM324, puis mémorisés et affichés à la demande (Voir fig.III-1-b).

- Principe de fonctionnement du banc d'essai :

Notre banc d'essai fonctionne suivant le schéma synoptique suivant :



**Fig.III-1-a : Schéma synoptique du banc d'essai**

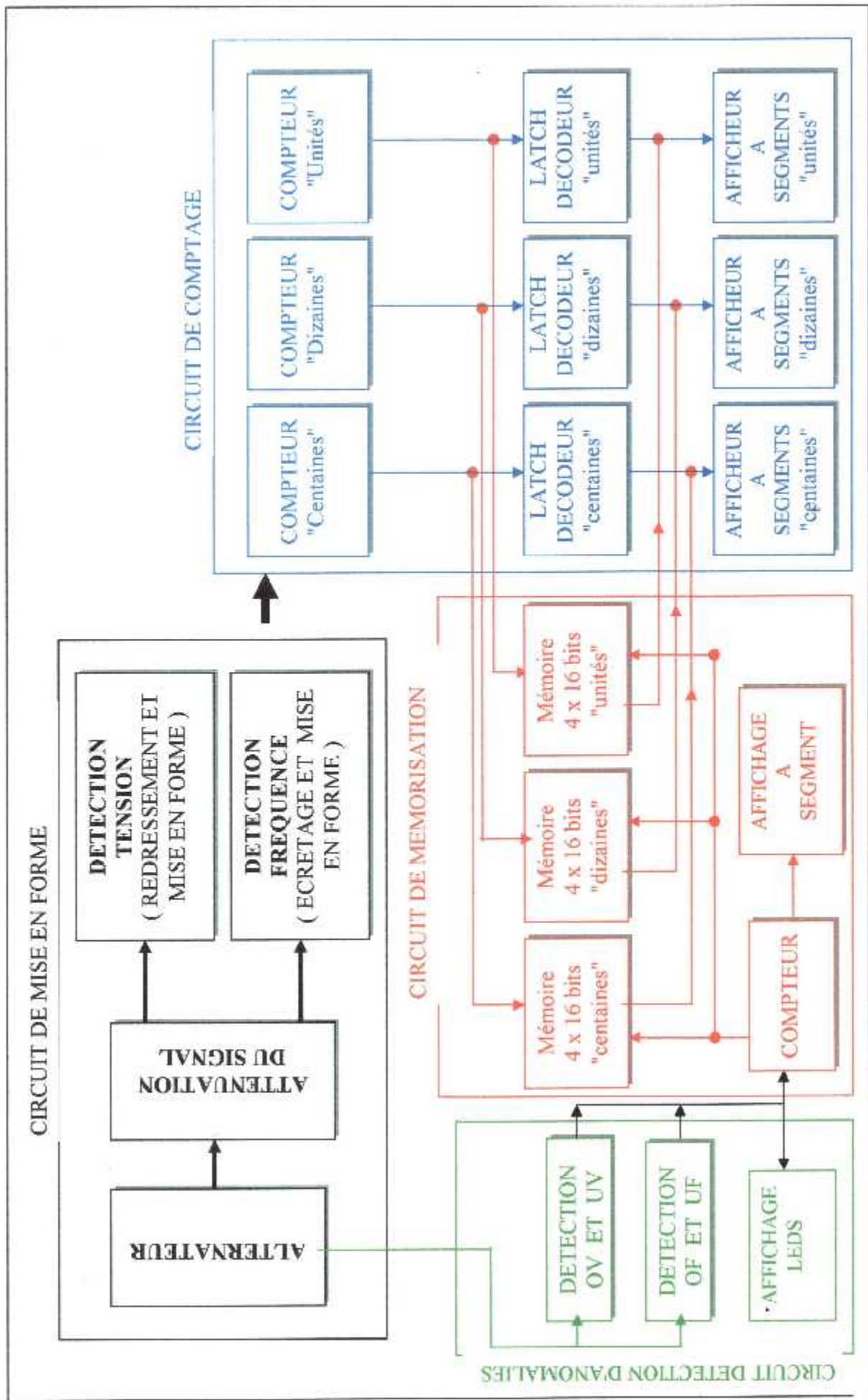


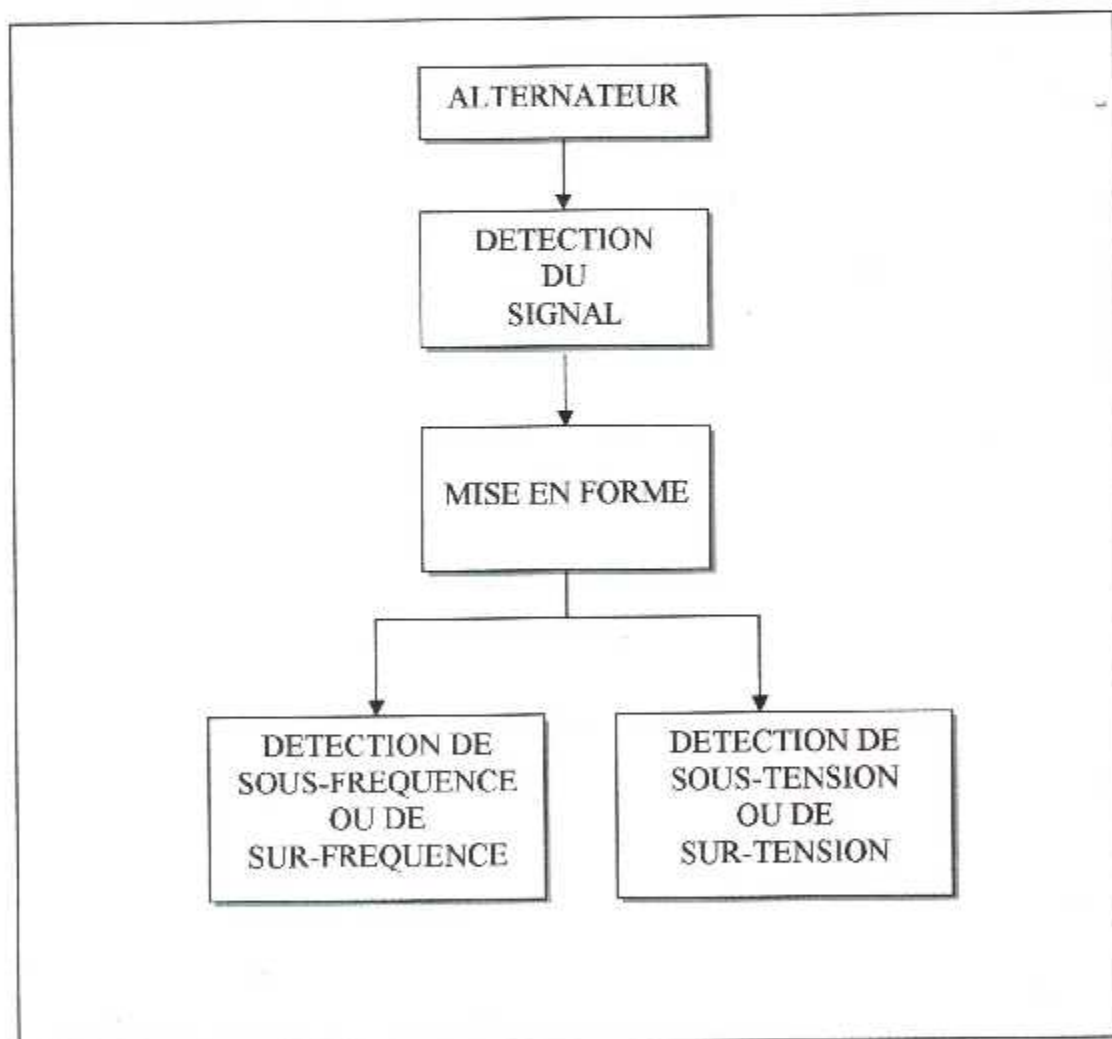
Fig III-1-b : Schéma synoptique détaillé du banc d'essai

**I- CIRCUIT DE DETECTION ET MISE EN FORME DU SIGNAL:** (Voir circuit N°1)

- **But du circuit:**

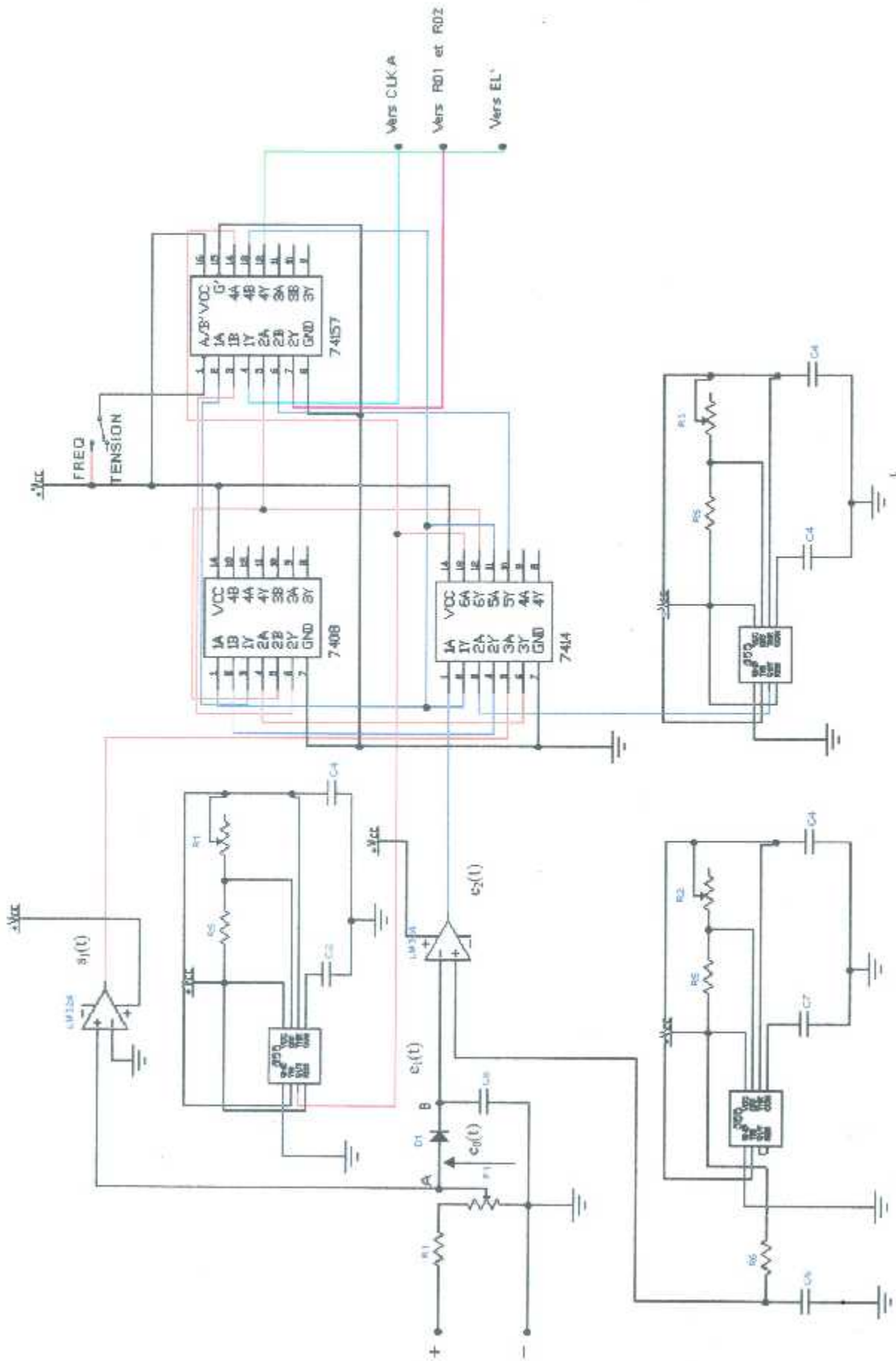
On entend par la mise en forme d'un signal, les transformations nécessaires apportées à la forme ou l'allure de ce signal pour qu'il soit approprié à l'étage auquel il est appliqué.

Parmi les circuits de mise en forme, nous citerons ; les écrêteurs, les comparateurs et les triggers de SCHMIT.



**Fig.III-2 : Schéma synoptique**



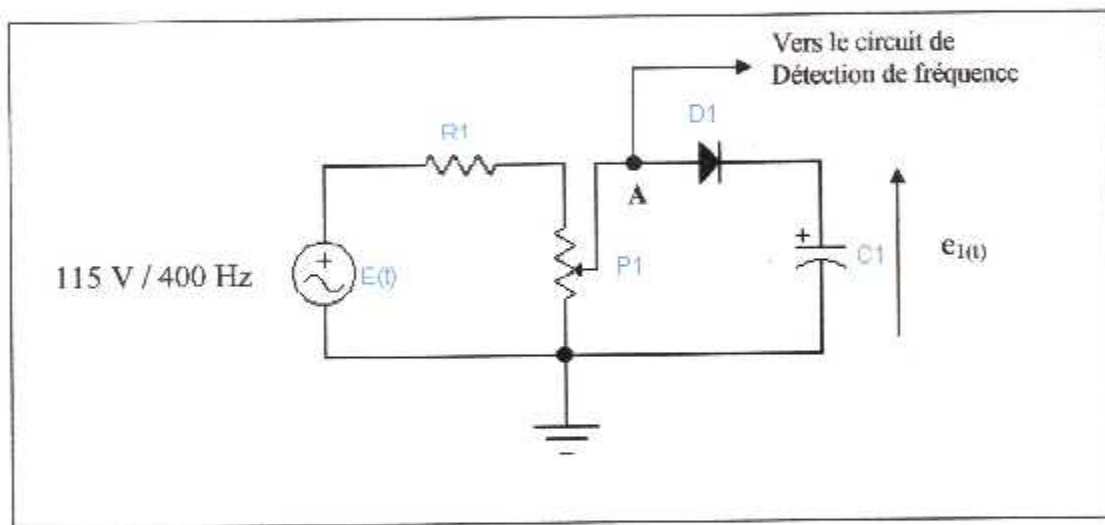


Circuit N°1 : Circuit de détection et de mise en forme du signal

**I-1- Etage de tension :****a) Détection du signal :**

Pour la détection de la tension, le signal obtenu à la sortie de l'alternateur sera atténué à partir d'un diviseur de tension composé d'une résistance  $R_1$ , et d'un potentiomètre  $P_1$  (voir Fig.III-3).

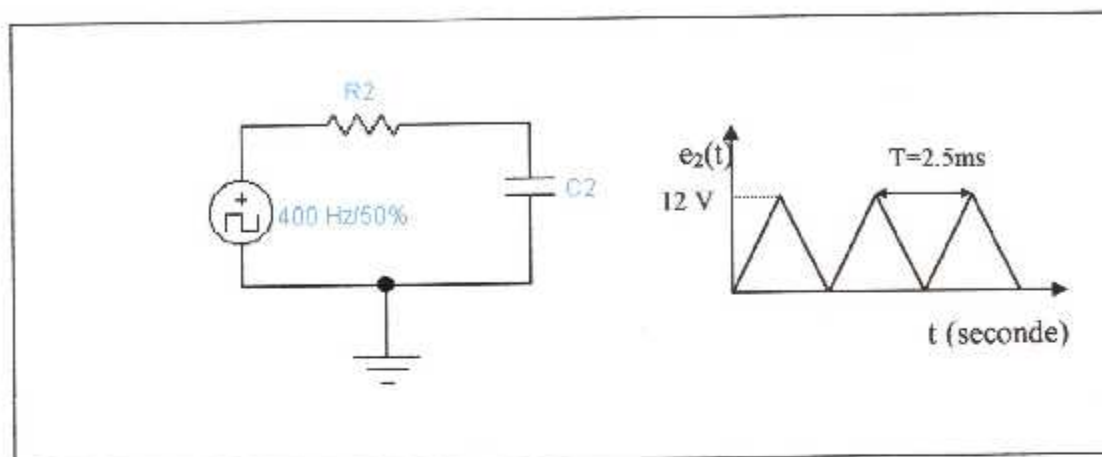
Puis, redressé par une diode  $D1$  de référence 1N645 et filtré à partir d'une capacité  $C_1$  (fig.III-5).



**Fig.III-3 : circuit de détection de la tension.**

**b) Mise en forme du signal :**

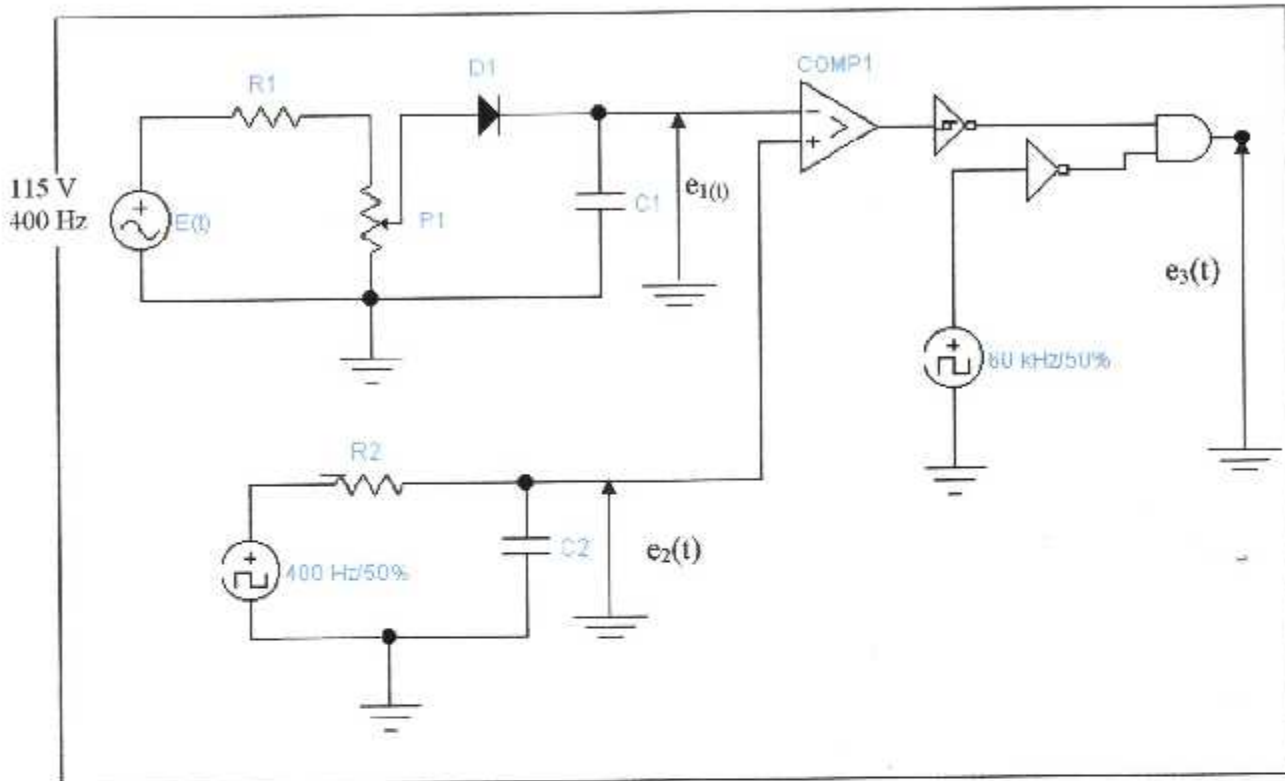
Et pour la mise en forme de notre signal détecté, nous opterons pour utiliser un comparateur du type LM324 en y introduisant le signal redressé à l'entrée inverseuse et à l'entrée non-inverseuse un signal double rampe de référence obtenu à partir d'un intégrateur  $R_2C_2$  (fig.III-4a) et dont la période  $T$  est la même que celle de la source ( $T=2,5ms$ ).



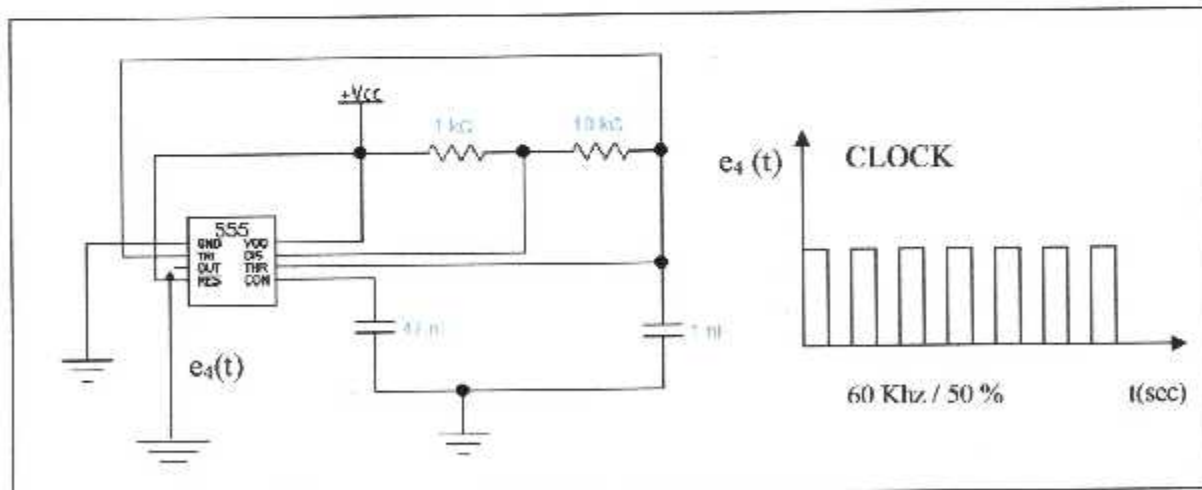
**Fig.III- 4: a) Circuit Intégrateur**

Le signal obtenu à la sortie( $S_1$ ) du comparateur1, sera limité et transformé en signal impulsionnel grâce au trigger se SCHMIT, la fréquence du signal obtenu à sa sortie sera proportionnelle à l'amplitude du signal détecté, car plus l'amplitude du signal est grande et plus la largeur des impulsions sera importante tel que le montre la figure du signal  $e_2(t)$ .(voir Fig.III-5)

Ce dernier sera ensuite multiplié grâce à une porte AND à un signal d'horloge de fréquence de 60khz, fournit par un Astable (NE 555) (voir fig.III-4c) .

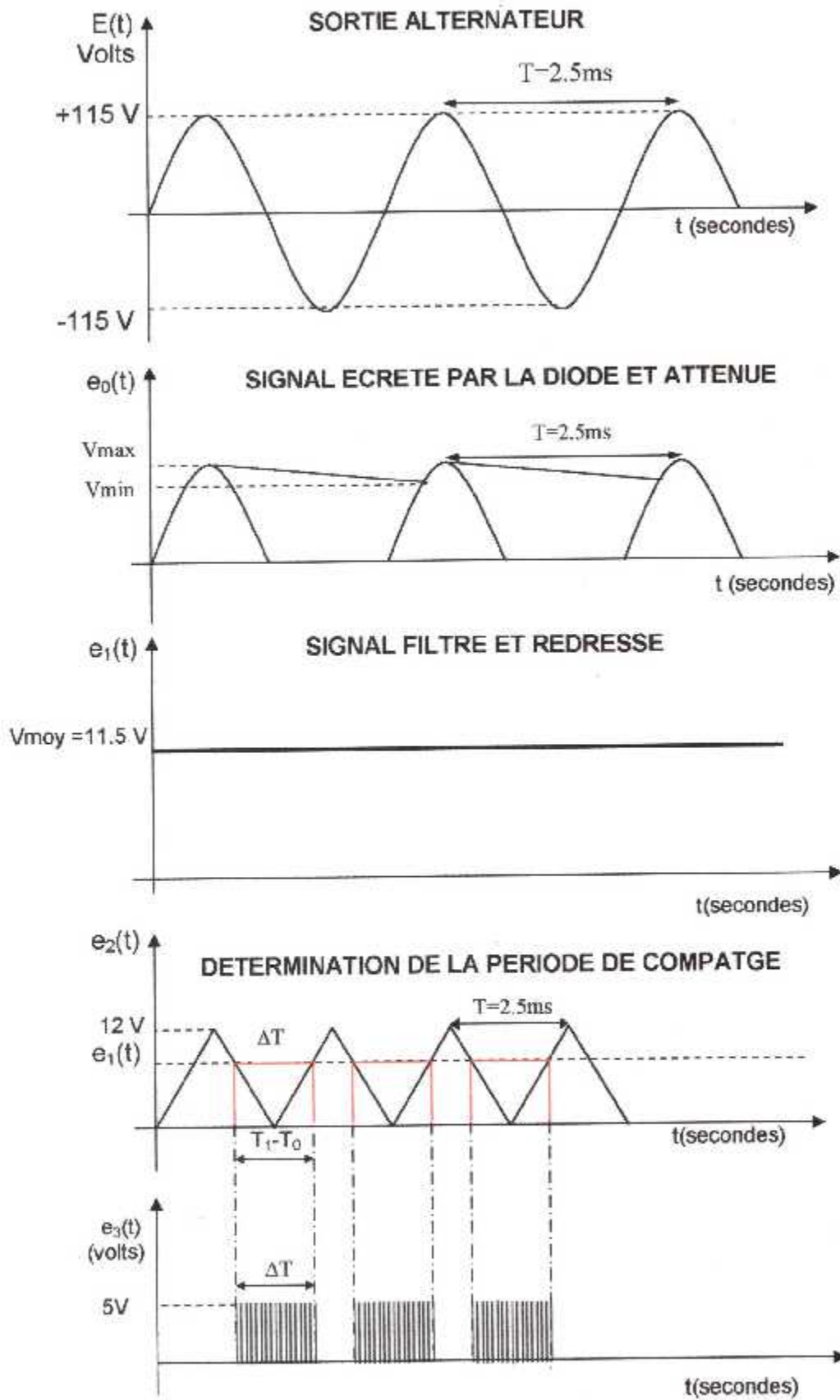


**Fig.III- 4 :b) Mise en forme du signal**



**Fig.III- 4 :c) Circuit Horloge**





**Fig.III-5 :** Les signaux de sortie au niveau du circuit de détection de la tension.

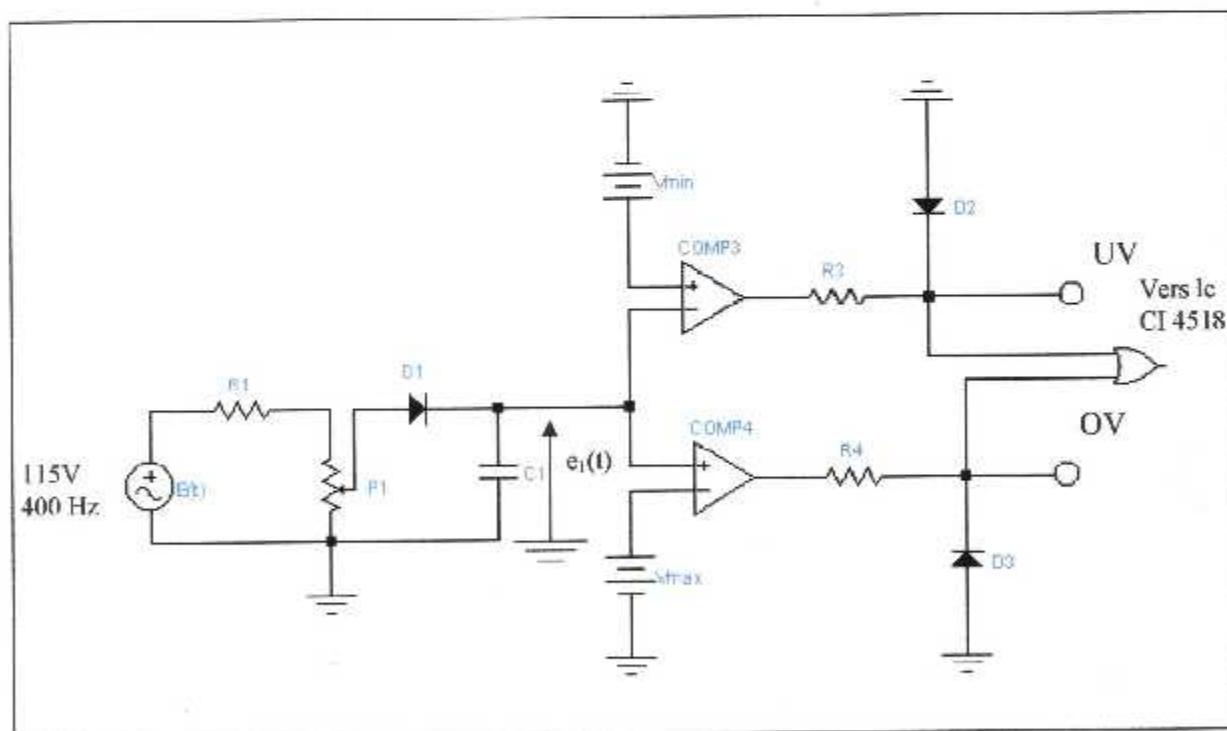
c) **Détection de la sur-tension et de la sous-tension :** ( Voir circuit N°2)

Une fois la tension détectée est redressée, elle sera comparé à deux tensions de références (voir Fig.III-6):

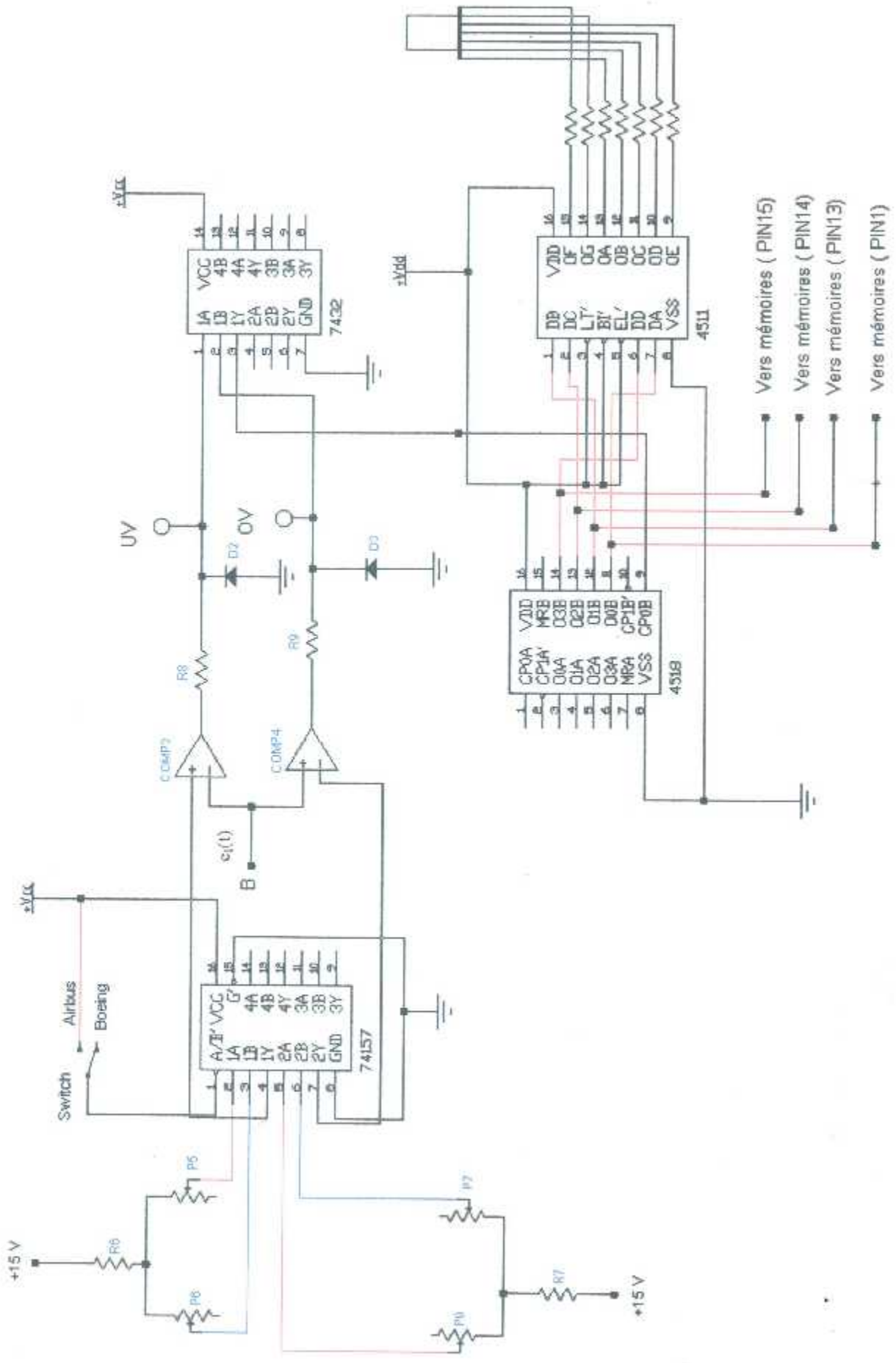
- la tension  $V_{min}$ , injecté à l'entrée non-inverseuse du comparateur 3.
- la tension  $V_{max}$ , injecté à l'entrée inverseuse du comparateur 4.

1-Si la tension est supérieure à 140V, nous aurons une tension positive à la sortie du comparateur 4  $\Rightarrow$  la diode rouge (OV) reliée a sa sortie va s'allumer  $\Rightarrow$  nous avons donc une sur-tension.

2- Si la tension est inférieure à 90V, nous aurons une tension positive à la sortie du comparateur 3  $\Rightarrow$  la diode jaune (UV) va s'allumer  $\Rightarrow$  nous avons donc une sous-tension.



**Fig.III-6 : Circuit de détection de sur-tension et de sous-tension**



**Circuit N°2: Circuit de détection de sur-tension et de sous-tension**

**I-2 DETECTION DE FREQUENCE :****a) Mise en forme du signal :**

Le signal détecté à la sortie de l'alternateur sera tout d'abord atténué par le diviseur de tension ( R1,P1) , et subira ensuite un écrêtage en utilisant un comparateur du type LM324 (voir fig.III-7).

Le signal obtenu à la sortie(S<sub>1</sub>) du comparateur, sera limité et transformé grâce au trigger de SCHMIT en un signal impulsionnel qui est de la même fréquence que celle du signal obtenu à la sortie de l'alternateur F= 400 Hz.

La durée de comptage doit correspondre à 400 impulsions :

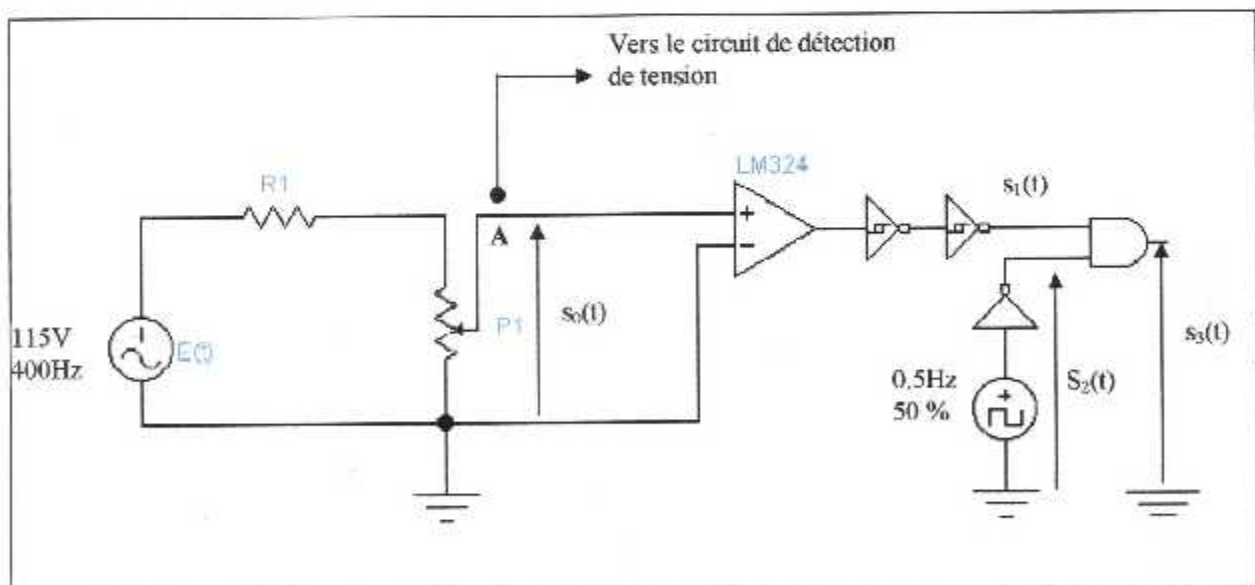
Pour compter 400 impulsions, il faut :

1 impulsion  $\longrightarrow$  2.5 ms

400 impulsions  $\longrightarrow$  2.5 x 400 = 1 secondes

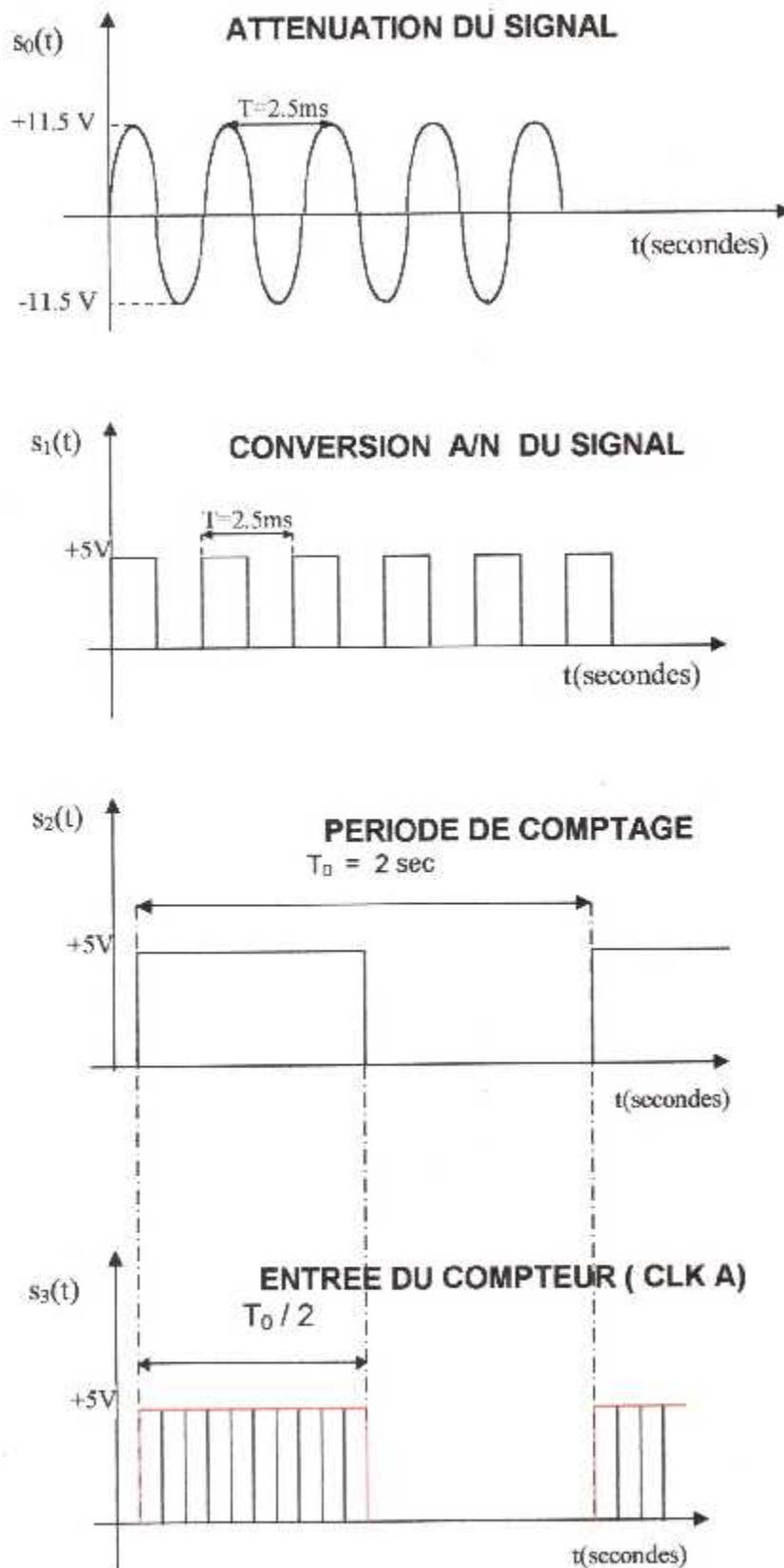
Donc la durée de comptage sera d'1 seconde (voir Fig.III-8 ).

Donc, le signal s<sub>1</sub>(t) obtenu à la sortie du trigger N°2 sera multiplié grâce à une porte AND à un signal d'horloge de période T<sub>0</sub>=2 seconde.



**Fig.III-7 : Mise en forme de la fréquence**





**Fig.III-8 : Les signaux de sortie au niveau du circuit de détection de fréquence**

**b) détection de sur-fréquence et de sous-fréquence :** ( Voir circuit N°3)

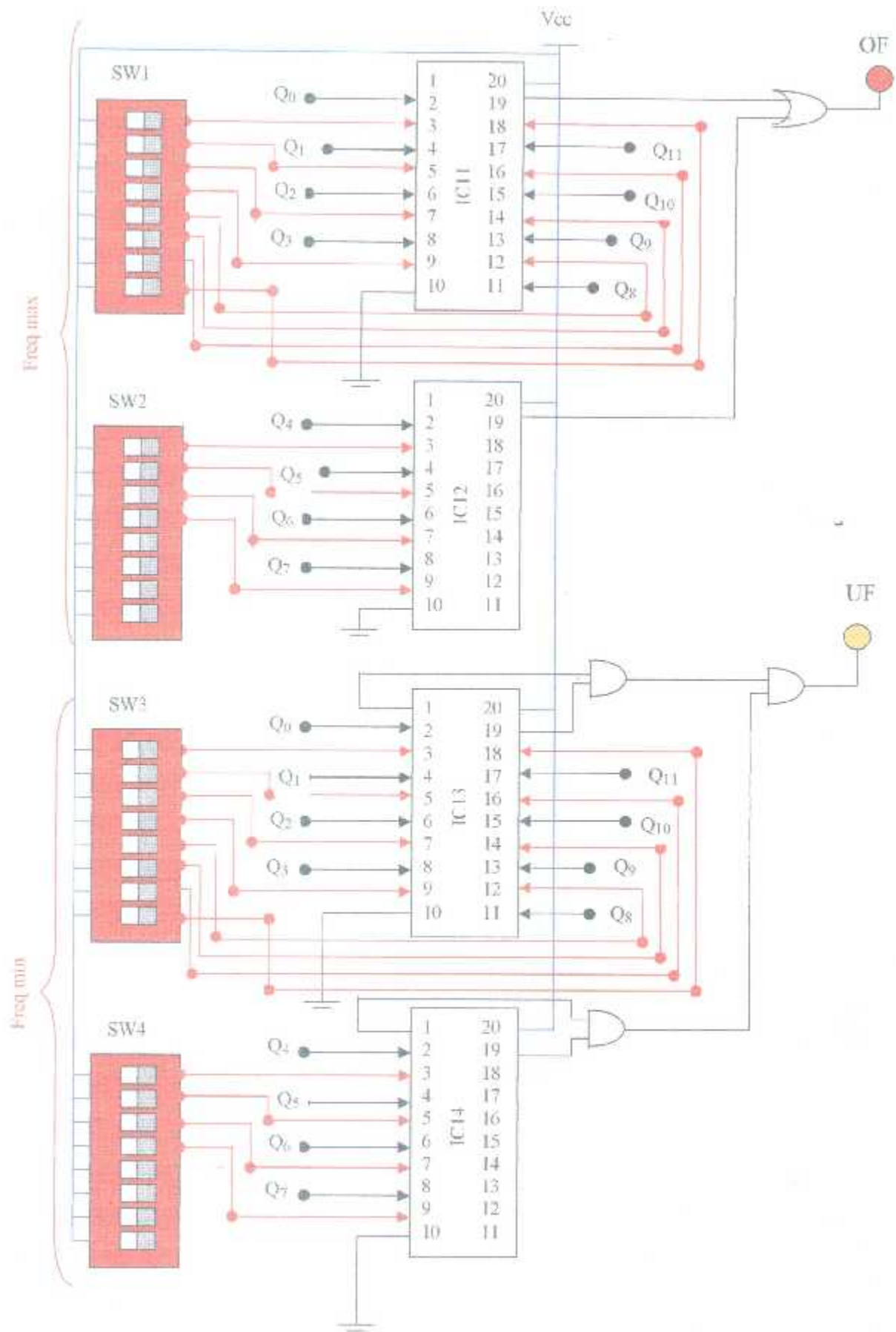
Pour la détection des anomalies de fréquences nous allons utiliser une méthode numérique qui consiste à utiliser des comparateurs digitaux de 8 bits de type 74682 à la sortie de chaque compteur.

Le fonctionnement de ce circuit est simple :

Les sorties des trois compteurs (IC1, IC2 et IC3) seront reliés aux entrées Pi des comparateurs ( IC11, IC12, IC13 et IC14) et seront comparées aux valeurs limites convertis en binaire de la sur-fréquence et de la sous-fréquence .

Ces comparateurs possèdent deux sorties inversées :  $\overline{P=Q}$  et  $\overline{P>Q}$  , si la valeurs de la fréquence détectée à la sortie de l'alternateur est supérieure à la valeur limite de sur-fréquence, la sortie  $\overline{P>Q}$  des comparateurs IC11 et IC12 sera au niveau bas et la sortie  $\overline{P=Q}$  au niveau haut (voir Fig.III-9).

Et si la valeur détectée est inférieure à la valeur limite de sous-fréquence, les deux sorties  $\overline{P=Q}$  et  $\overline{P>Q}$  des comparateurs IC13 et IC14 seront au niveau haut ( voir Fig.III-10).



CIRCUIT N°3 : Détection de sur-fréquence et de sous fréquence.

c) Circuit de détection de sur-fréquence et de sous-fréquence :

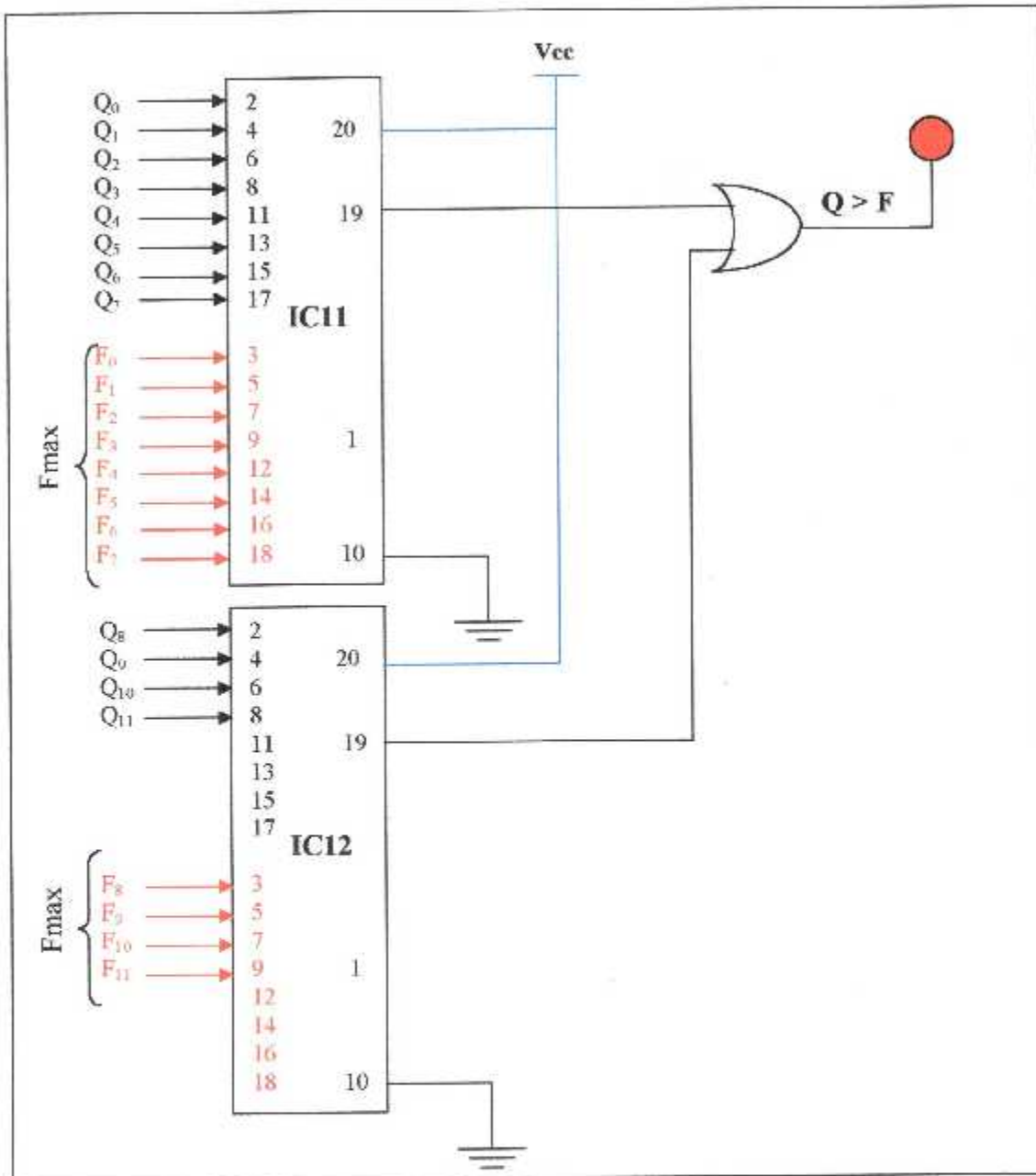


Fig.III-9: Circuit de détection de sur-fréquence



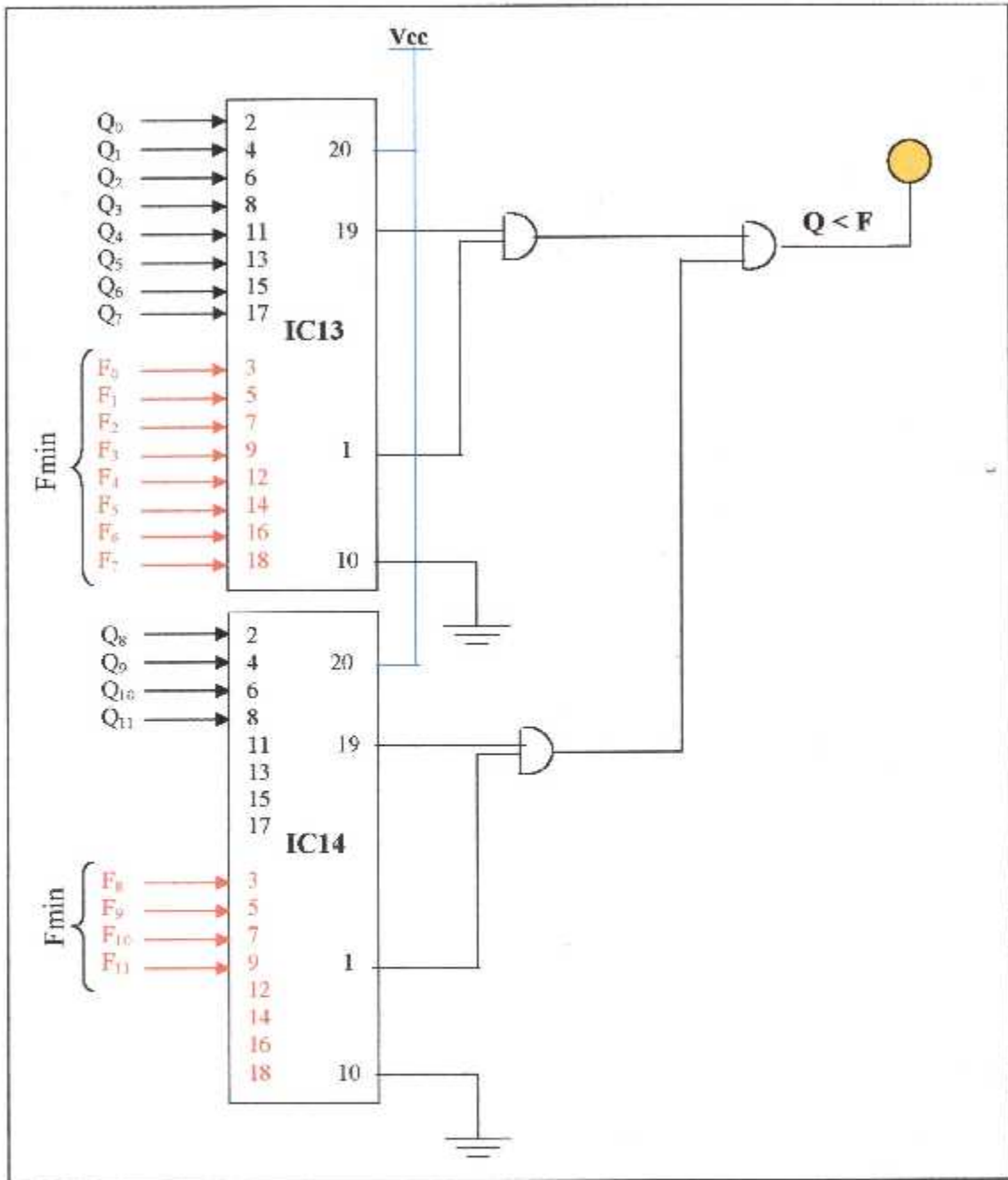


Fig.III-10 : Circuit de détection de sous-fréquence

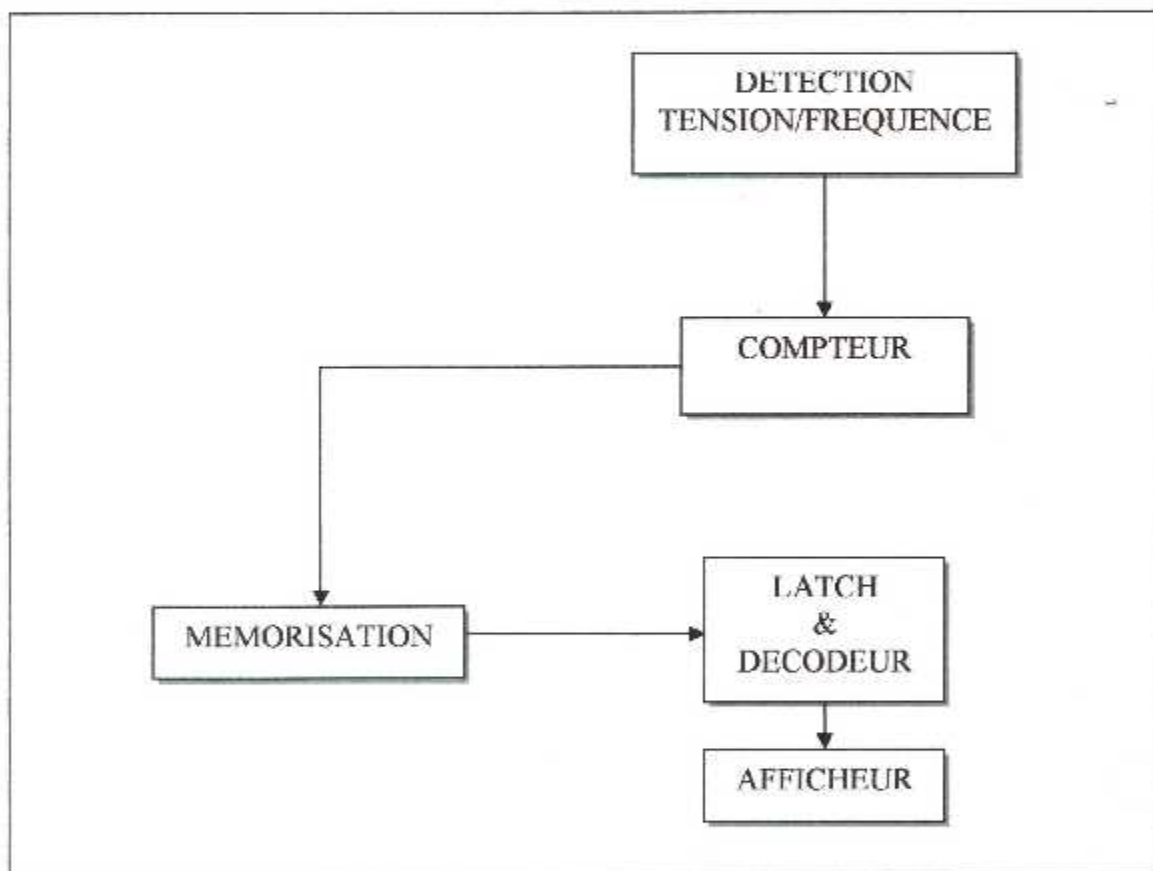
**II- CIRCUIT DE COMPTAGE, DECODAGE, AFFICHAGE ET MEMORISATION :**

( Voir circuit N°4)

**a) But:**

Le circuit de comptage, décodage, affichage et mémorisation va nous permettre de mémoriser et de lire les différentes valeurs de tension et de fréquence obtenus à la sortie de l'alternateur (voir Fig.III-11).

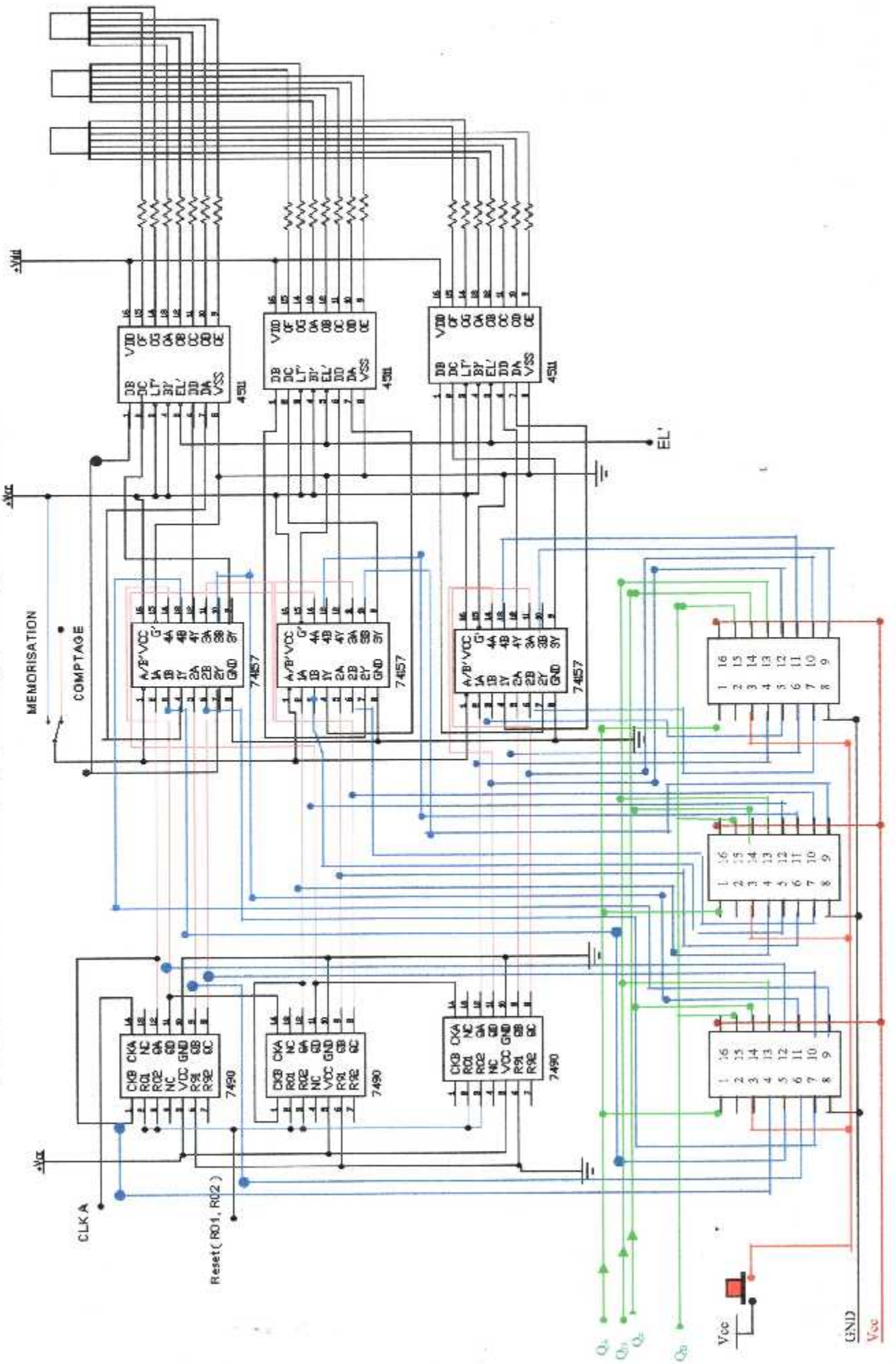
Car, en connaissant la valeur exacte de la tension ainsi que celle de la fréquence, il nous sera plus facile de gérer les différentes pannes qui peuvent causer la baisse ou la hausse de cette dernière.

**Fig.III-11 : Schéma synoptique du circuit de comptage et mémorisation**

Notre circuit de comptage est composé de :

- Trois compteurs à décade BCD ( Binary Code Décimal) de type SN 7490.
- Trois DECODEUR LATCH de type 4511.
- Trois afficheurs 7 segments à anode commune.

Circuit N°4 : Circuit de comptage, décodage, affichage et mémorisation



**a) Circuit de comptage, décodage et affichage :**

Le circuit de comptage est composé principalement par des compteurs à décade BCD ( Binary Code Decimal). On utilise un compteur pour chaque décade de comptage désiré, les impulsions de comptage issues de la conversion et la mise en forme de la fréquence ou de la tension sont envoyées vers l'entrée INPUT A (PIN 14 du 74LS90) du premiers des trois compteurs ( IC1, IC2 et IC3), le premier assure le comptage des unités, le deuxième les dizaines et le dernier les centaines.

Les entrées clock du deuxième et troisième compteur (PIN14) étant reliées respectivement à la sortie  $Q_D$  ( PIN 11) du premier et du second compteur, le comptage sera activé au front descendant de l'impulsion d'attaque (voir annexe).

Les sorties de chaque compteur (  $Q_0 Q_1 Q_2 Q_3$  ) sont reliées aux trois registres décodeurs qui sont des circuits du type 4511 ( IC4, IC5 et IC6 ).

Ces derniers, reliés à des afficheurs à sept segments, offrent non seulement la particularité de décoder l'information décimale codée en binaire en provenance des compteurs mais permettent aussi de recopier en sortie les données d'entrée, après avoir conservé l'information momentanément.

Ces informations sont transférées vers les trois afficheurs qui afficheront la valeur de la tension ou de la fréquence.(voir figure III-13)



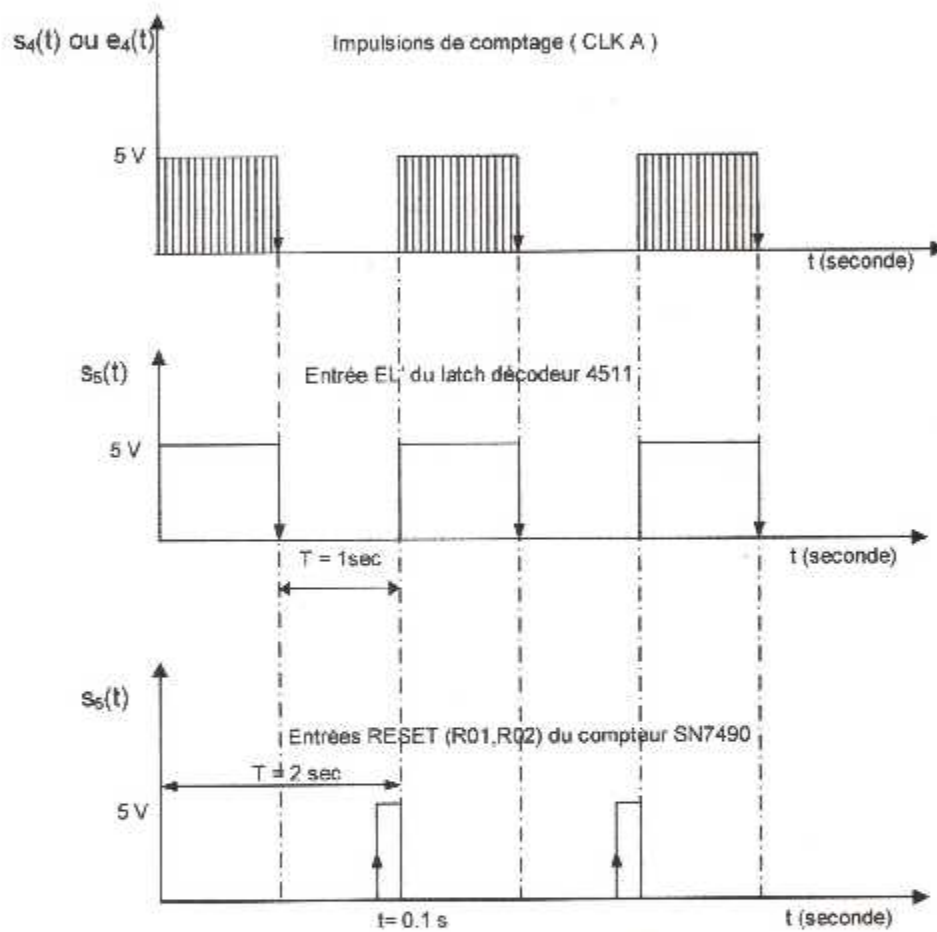
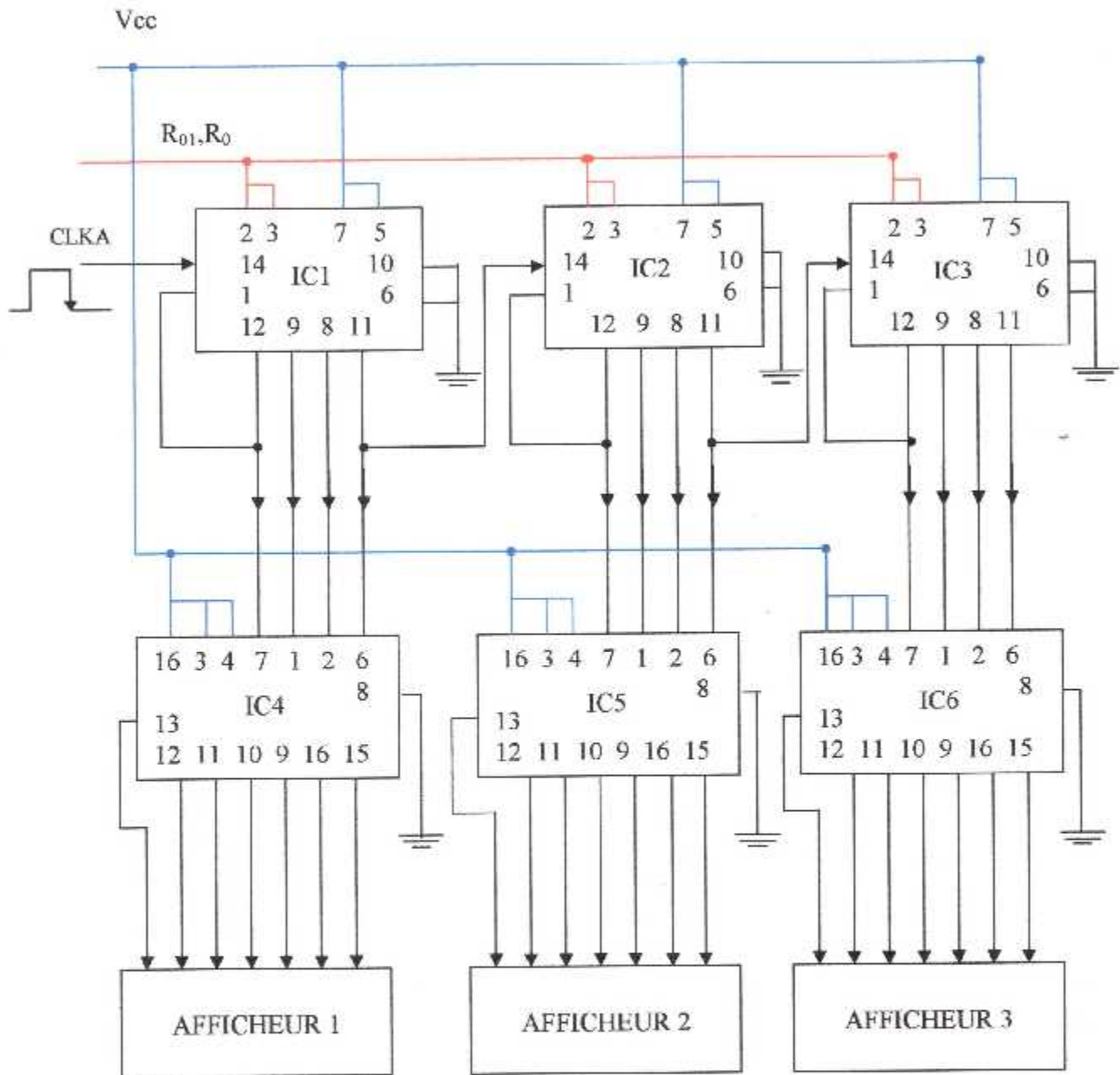


Fig.III-12 : Chronogramme du circuit de comptage



**Fig.III-13: Circuit de comptage et affichage**

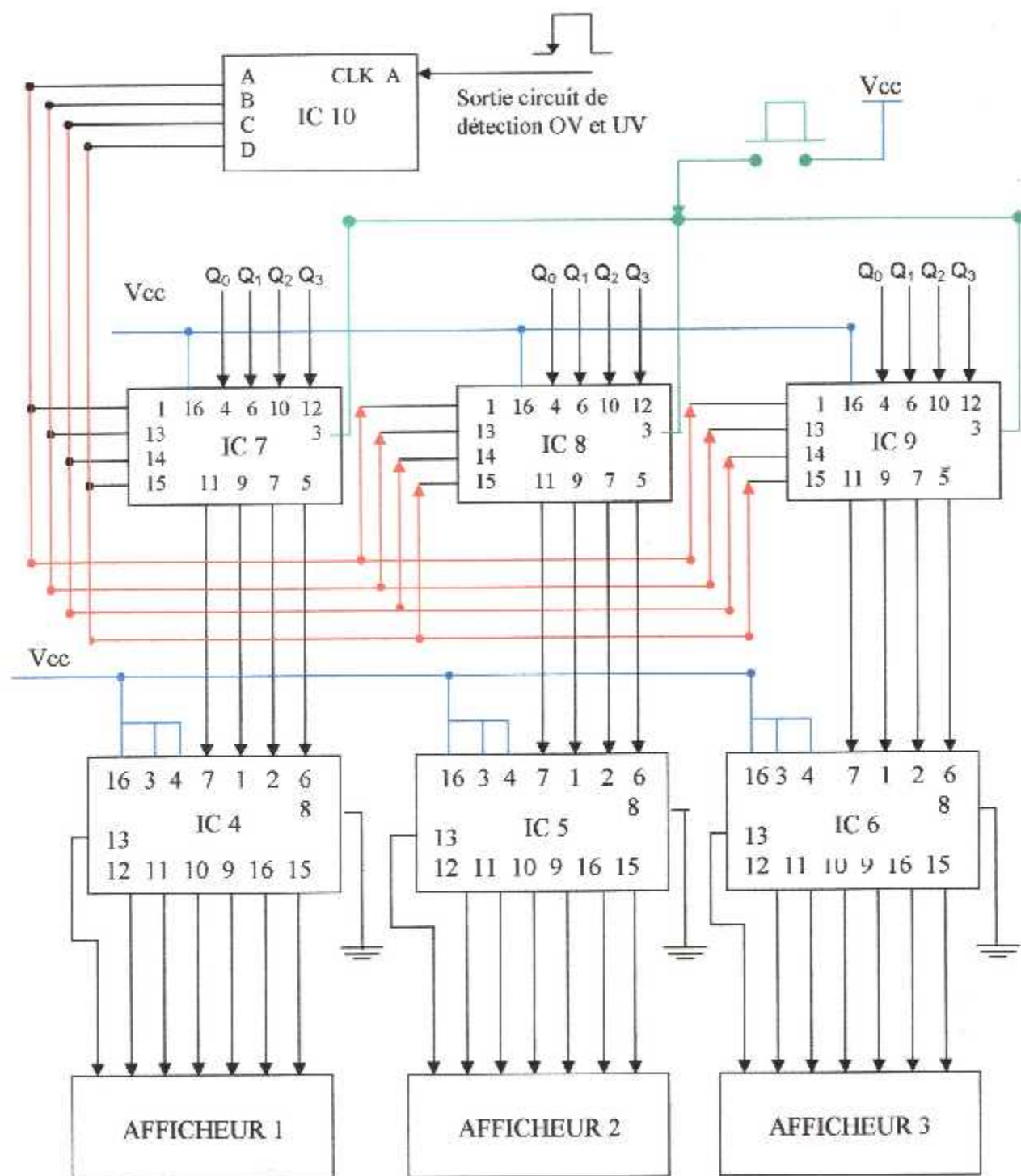
**b) Circuit de mémorisation :**

L'étage de mémorisation est constitué de trois mémoires RAM ( RANDOM ACCES MEMORY ), de type 7489 TTL ( IC7, IC8 et IC9), de capacité 16 x 4 bits chacune, ayant deux modes : lecture et écriture.

Le mode lecture est validé par la mise de l'entrée  $\overline{We}$  ( PIN 3) au niveau zéro et le mode écriture au niveau 1, les adresses des cases mémoires sont sélectionnées par un compteur de type 4518 ( IC 10).

Pendant la phase écriture le compteur d'adresse est incrémenté via l'entrée PIN à chaque détection d'une anomalie en tension ou en fréquence.

Pendant la phase lecture, le compteur d'adresse se place à la première adresse en envoyant un niveau haut à la PIN3 MR2 à l'aide d'un sélecteur RF/BITE et s'incrémente à chaque impulsion envoyée par un bouton poussoir. ( voir figure III-14)



**Fig.III-14 : Etage de mémorisation**

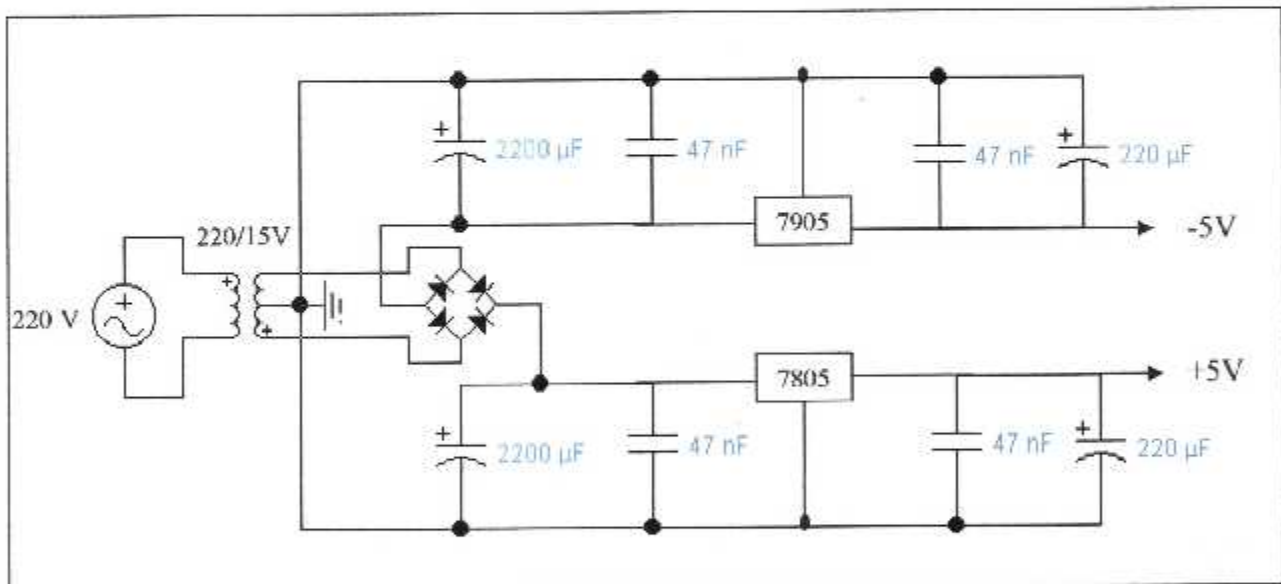


**III- ALIMENTATION DU BANC D'ESSAI:**

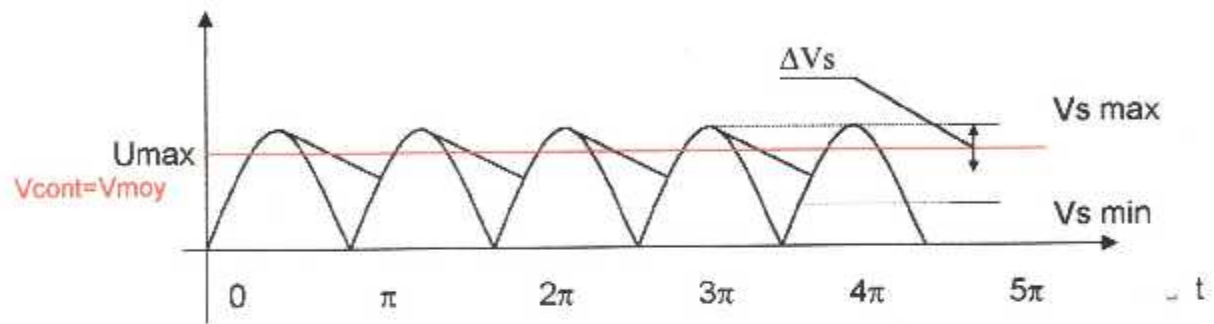
L'énergie nécessaire au fonctionnement du montage est fournie par le secteur 220/50Hz, par l'intermédiaire d'un transformateur délivrant un potentiel de 15 V sur son enroulement secondaire.

Un pont de diodes redresse les deux alternances, tandis que des capacités de 2200  $\mu\text{F}$  effectuent un filtrage.

A la sortie du régulateur 7805 (resp. 7905), on dispose d'un potentiel continu et stabilisé à +5 V (resp. à -5 V). Des capacités de 200  $\mu\text{F}$  apportent un complément de filtrage (voir Fig.III-14).



**Fig.III-15: Redressement double alternances avec filtrage et régulation**



**Fig.III-16 : Tension de sortie  $V_s$  et son filtrage**

## BILAN DE PUISSANCE

TYPE	NOMBRE	COURANT ALIMENTATION MAX
LM324	02	15X2 = 30 mA
NE555	03	40x4 = 160 mA
DM14511	04	20X4 = 80 mA
4518	01	21X1 = 21 mA
7408	02	21x2 = 42 mA
7414	02	36X2 = 72 mA
7432	01	22x1 = 22 mA
7489	03	105x3 = 315 mA
7490	03	42x3 = 126 mA
74157	05	48X5 = 240 mA
74682	04	41X4 = 164mA
Afficheur	04	20x4 = 80 mA
TOTAL	31	1,352 A ✓



**CONCLUSION  
GENERALE**



## **Conclusion Générale**

L'introduction du système BITE sur avion a permis un gain de temps considérable pour la recherche des pannes à bord des avions et dans les ateliers de maintenance.

Le projet qui nous a été proposé, consiste à concevoir et à réaliser un banc d'essai permettant la surveillance et le contrôle des paramètres tension et fréquence d'un alternateur.

Ce projet nous a permis non- seulement d'évaluer notre niveau autant qu'ingénieurs en aéronautique , mais aussi d'enrichir nos connaissances en électronique étant donné le nombre de problèmes qu'on a rencontré durant la réalisation .

On souhaite que par ce présent ouvrage , avoir apporté à d'autre étudiant de nouvelles connaissances sur le système BITE.

Et on Espère également , que ce banc d'essai contribuera à la réparation et le contrôle des alternateurs aéronautiques .



# GLOSSAIRE

## GLOSSAIRE

<b>ABREVIATIONS</b>	<b>Anglais</b>	<b>Français</b>
<b>A.C</b>	Alternative Current	Courant alternatif
<b>ALT</b>	Alternate	alterné
<b>A.P.U</b>	Auxillary Power Unit	Alimentation auxiliaire
<b>Auto.</b>	Automatic	Automatique
<b>BITE</b>	Built in Test Equipement	Test incorporé au système
<b>BATT</b>	Battery	Batterie
<b>C.S.D</b>	Constant speed Drive	Système d'entraînement à vitesse constante.
<b>C.P.U</b>	Central Processor Unit	Unité centrale de calcul
<b>D.C</b>	Direct Current	Courant continu.
<b>D.P</b>	Differential Protection	Protection différentielle.
<b>E.C.A.M</b>	Electronic Centralized Aircraft Monitor	Système de surveillance centralisée
<b>E.P.C</b>	External Power Contactor	Contacteur groupe de parc
<b>E.P.G.S</b>	Electrical Power Genrator System	Système de génération électrique
<b>F.C.U</b>	Fuel control Unit	Unité de contrôle du carburant.
<b>F.F</b>	Feeder Fault	Défaut de charge
<b>F.I</b>	Fault Isolation	Isolation de la panne
<b>Flt.</b>	Flight	Vol
<b>G.C.U</b>	Generator Control Unit	Unité de contrôle alternateur
<b>G.C.R</b>	Generator Control Replay	Relais de contrôle de l'alternateur
<b>Gen.</b>	Generator	Générateur

<b>ABREVIATIONS</b>	<b>Anglais</b>	<b>Français</b>
<b>G.L.C</b>	Generator Line Contactor	Contacteur de ligne alternateur
<b>G.P.C.U</b>	Ground Power Central Unit	Unité de control groupe de parc
<b>I.D.G</b>	Integrated Driver Generator	Alternateur à entraînement intégré
<b>I.P.S</b>	Incorrect Phase séquence	Rotation de phase incorrecte
<b>L.R.U</b>	Line Replaced Unit	Ensemble démontable -
<b>M.T</b>	Manual trip	Enclenchement Manuel.
<b>N.M.V</b>	No Volatile Memory	Mémoire non volatile
<b>OFF/R</b>	OFF/Reset	Coupé/réarmé
<b>O.F</b>	Over Fréquency	Sur-fréquence
<b>O.V</b>	Over Voltage	Sur-tension
<b>P.F.D</b>	Previous Flight Data	Données des vols précédents
<b>P.R</b>	Power Ready	Puissance disponible
<b>Prev.</b>	Previous	Précédent
<b>PWR</b>	Power	Puissance
<b>SW.</b>	Switch	Interrupteur
<b>U.F</b>	Under Fréquency	Sous-fréquence
<b>U.V</b>	Under Voltage	Sous-tension





ANNEXE A  
NOMENCLATURE

---

**CIRCUIT N°4: CIRCUIT DE COMPTAGE, DECODAGE, MEMORISATION ET  
AFFICHAGE****Résistances :**

R18 = 330 K $\Omega$   
R19 = 330 K $\Omega$   
R20 = 330 K $\Omega$   
R21 = 330 K $\Omega$   
R22 = 330 K $\Omega$   
R23 = 330 K $\Omega$   
R24 = 330 K $\Omega$   
R25 = 330 K $\Omega$   
R26 = 330 K $\Omega$   
R27 = 330 K $\Omega$   
R28 = 330 K $\Omega$   
R29 = 330 K $\Omega$   
R30 = 330 K $\Omega$   
R31 = 330 K $\Omega$   
R32 = 330 K $\Omega$   
R33 = 330 K $\Omega$   
R34 = 330 K $\Omega$   
R35 = 330 K $\Omega$   
R36 = 330 K $\Omega$   
R37 = 330 K $\Omega$   
R38 = 330 K $\Omega$

**Circuits Intégrés :**

IC1 = 74LS90  
IC2 = 74LS90  
IC3 = 74LS90  
IC4 = 4511  
IC5 = 4511  
IC6 = 4511  
IC7 = 74LS89  
IC8 = 74LS89  
IC9 = 74LS89

**Afficheurs :**

Trois afficheurs BCD 7 segments :  
LSD5050-11

---

**CIRCUIT N°3 : CIRCUIT DE DETECTION OVER-FREQUENCY ET  
UNDER-FREQUENCY**

**Circuits Intégrés:**

IC11 = 74 682

IC12 = 74 682

IC13 = 74 682

IC14 = 74 682

**Switchs 8 bits:**

SW1 = 76 SB 08

SW2 = 76 SB 08

SW3 = 76 SB 08

SW4 = 76 SB 08

---

**CIRCUIT N°2: CIRCUIT DE DETECTION OVER-VOLTAGE ET UNDER-VOLTAGE**

**Résistances :**

R6 = 10 K $\Omega$

R7 = 5.7 K $\Omega$

R8 = 150  $\Omega$

R9 = 150  $\Omega$

R10 = 330  $\Omega$

R11 = 330  $\Omega$

R12 = 330  $\Omega$

R14 = 330  $\Omega$

R15 = 330  $\Omega$

R16 = 330  $\Omega$

R17 = 330  $\Omega$

**Potentiomètres :**

P5 = 10 K $\Omega$

P6 = 10 K $\Omega$

P7 = 47 K $\Omega$

P8 = 47 K $\Omega$

**Diodes :**

D1 = 1N 4007

D2 = 1N 4007

**Ampli Opérationnel :**

COMP3 = COMP4 = LM 324

**Afficheurs :**

BCD – 7 segments

LSD5050-11



---

## NOMENCLATURE

### CIRCUIT N°1 : CIRCUIT DE DETECTION ET DE MISE EN FORME

**Résistances:**R1 = 57 K $\Omega$ R2 = 1 K $\Omega$ R3 = 1 K $\Omega$ R4 = 1 K $\Omega$ R5 = 1 K $\Omega$ **Potentiomètres:**P1 = 10 K $\Omega$ P2 = 47 K $\Omega$ P3 = 10 K $\Omega$ P4 = 47 K $\Omega$ **Condensateurs:**C1 = 470  $\mu$ FC2 = 470  $\mu$ F

C3 = 47 nF

C4 = 0.1  $\mu$ F

C5 = 47 nF

C6 = 1 nF

C7 = 47 nF

**Diodes :**

D1 = 1N645

**Ampli opérationnel :**

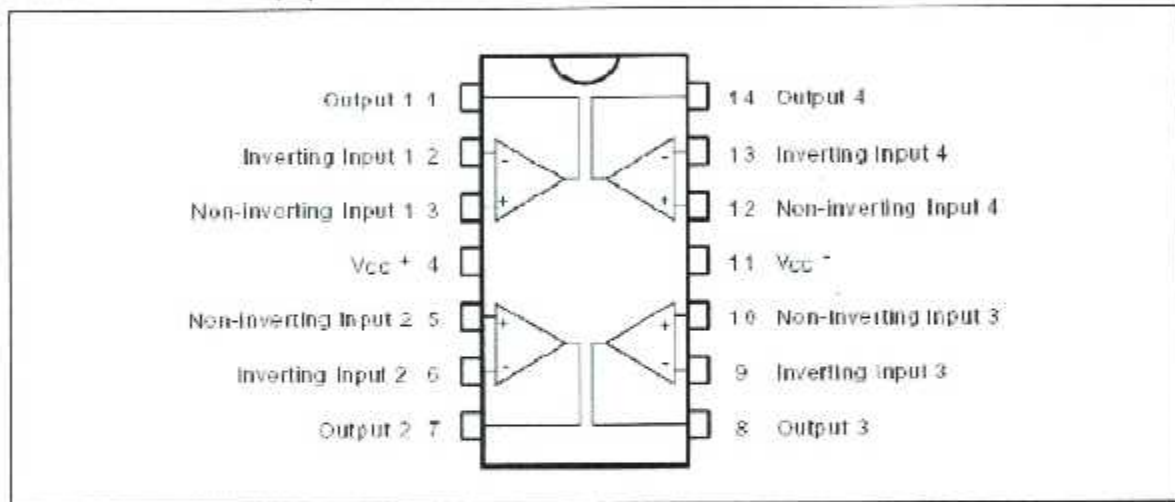
COMP1 = COMP2 = LM324



**ANNEXE B**

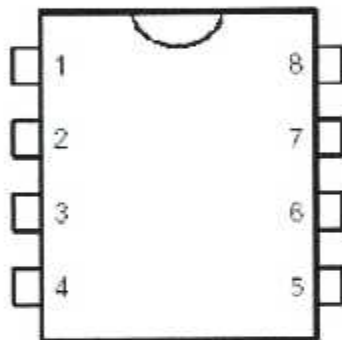
## LM324N LOW POWER QUAD OPERATIONAL AMPLIFIERS

### PIN CONNECTIONS (top view)



## NE555 GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS

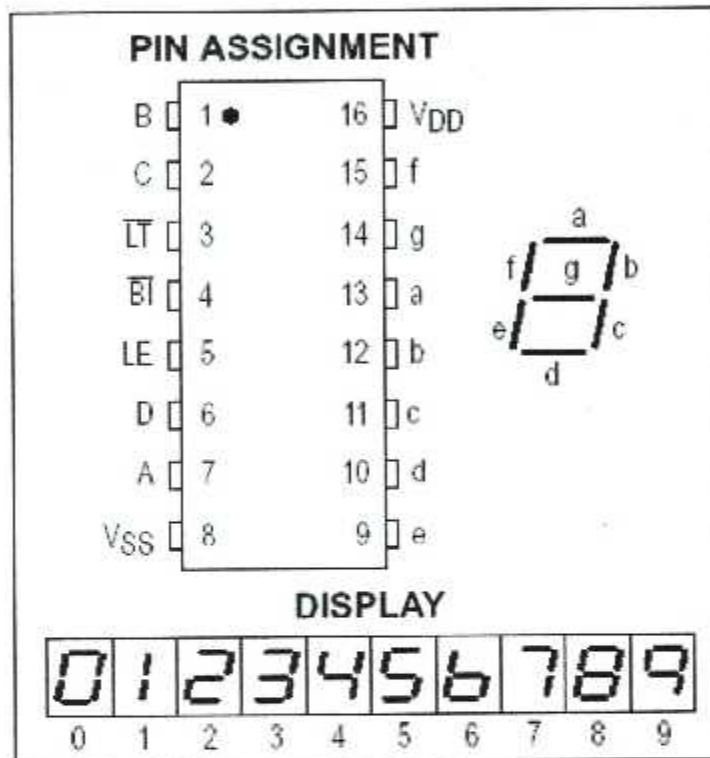
### PIN CONNECTIONS (top view)



- 1 - GND
- 2 - Trigger
- 3 - Output
- 4 - Reset
- 5 - Control voltage
- 6 - Threshold
- 7 - Discharge
- 8 - Vcc



**MC14511**  
**BCD-To-Seven Segment**  
**Latch/Decoder/Driver**



## TRUTH TABLE

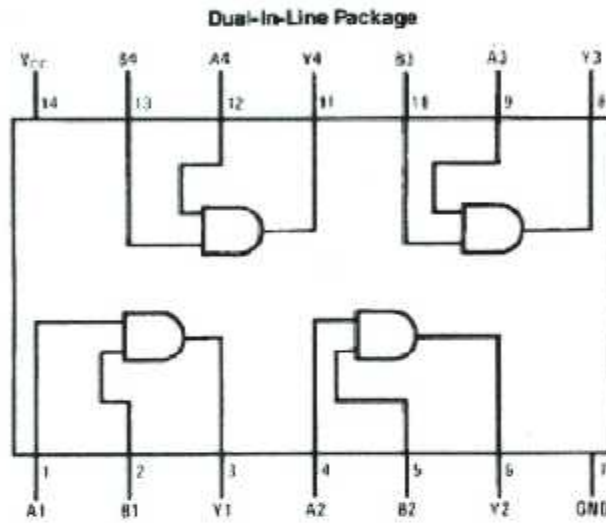
Inputs							Outputs							
LE	BI	LT	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	Display
X	X	0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	8
X	0	1	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	2
0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
1	1	1	X	X	X	X								*

X = Don't Care

\* Depends upon the BCD code previously applied when LE = 0

## 74LS08 Quad 2-Input AND Gates

### Connection Diagram



TL/P/0047-1

Order Number 54LS08DMQB, 54LS08FMQB, 54LS08LMQB, DM54LS08J, DM54LS08W, DM74LS08M or DM74LS08N  
See NS Package Number E20A, J14A, M14A, N14A or W14B

### Function Table

$$Y = AB$$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

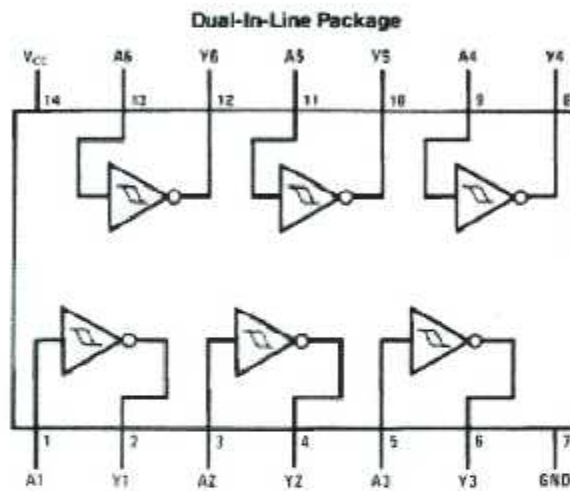
H = High Logic Level

L = Low Logic Level

## DM 74LS14

### Hex Inverter with Schmitt Trigger Inputs

#### Connection Diagram



TL/R/633-1

#### Function Table

$Y = \bar{A}$	
Input	Output
A	Y
L	H
H	L

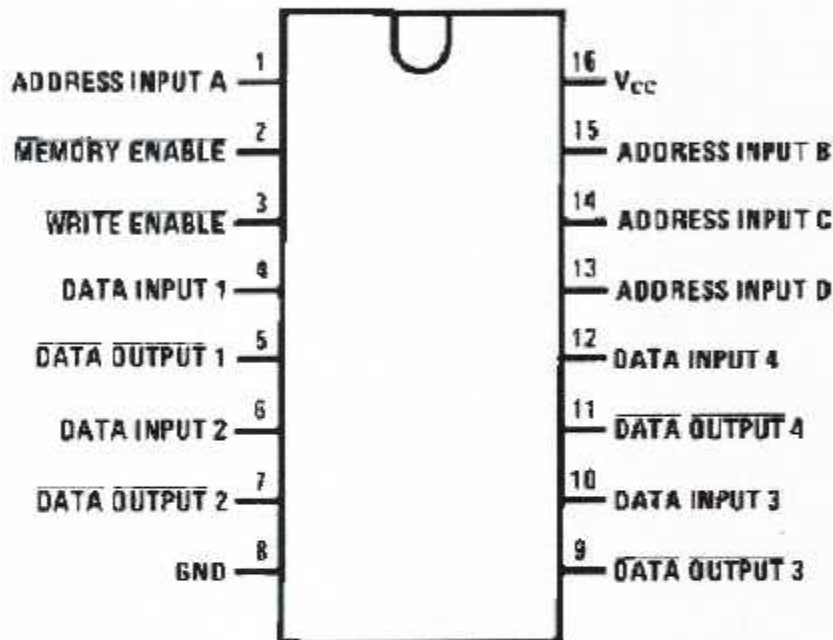
H - High Logic Level  
L - Low Logic Level



**MM74C89**  
**64-Bits 3-State Random Access**  
**Read / Write Memory**

## Connection Diagram

### Pin Assignments for DIP



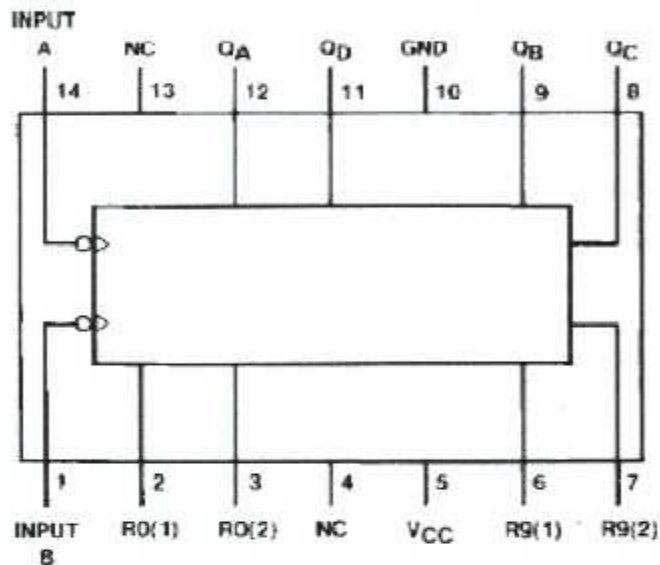
Top View

## Truth Table

ME	WE	Operation	Condition of Outputs
L	L	Write	3-STATE
L	H	Read	Complement of Selected Word
H	L	Inhibit, Storage	3-STATE
H	H	Inhibit, Storage	3-STATE

## SN 74 LS 90 DECADE COUNTER

### Connection Diagrams (Dual-In-Line Packages)



TL/F/0381-1

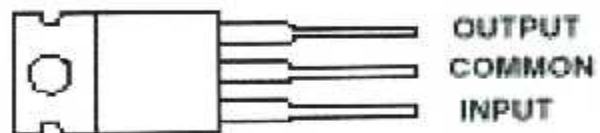
Order Number DM74LS90M or DM74LS90N  
See NS Package Number M14A or N14A

### LS90 Reset/Count Truth Table

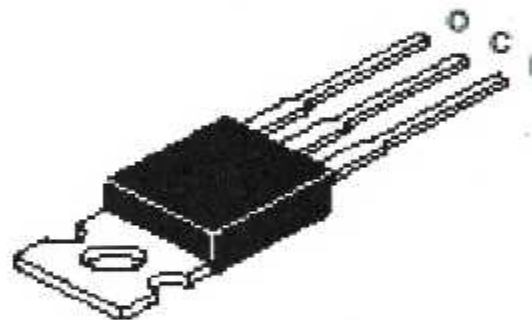
Reset Inputs				Output			
R0(1)	R0(2)	R9(1)	R9(2)	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
X	L	X	L	COUNT			
L	X	L	X	COUNT			
L	X	X	L	COUNT			
X	L	L	X	COUNT			

## REGULATEUR DE TENSION POSITIVE LM7805

(TOP VIEW)



The common terminal is in electrical contact with the mounting base.



**Performances des Alternateurs**

	A.310-200	B.737-200
Vitesse de rotation	12000 tr/min	6000 tr/min
Puissance nominale	90 KVA	45 KVA
Tension entre phases et neutre	115 V	115 V
Fréquence	400 Hz	400 Hz
Sur-tension	$128 \pm 4$ V	$130 \pm 3$ V
Sous-tension	$98 \pm 4$ V	$100 \pm 3$ V
Sur-fréquence	431/435 Hz	420 Hz
Sous-fréquence	361/365 Hz	380 Hz



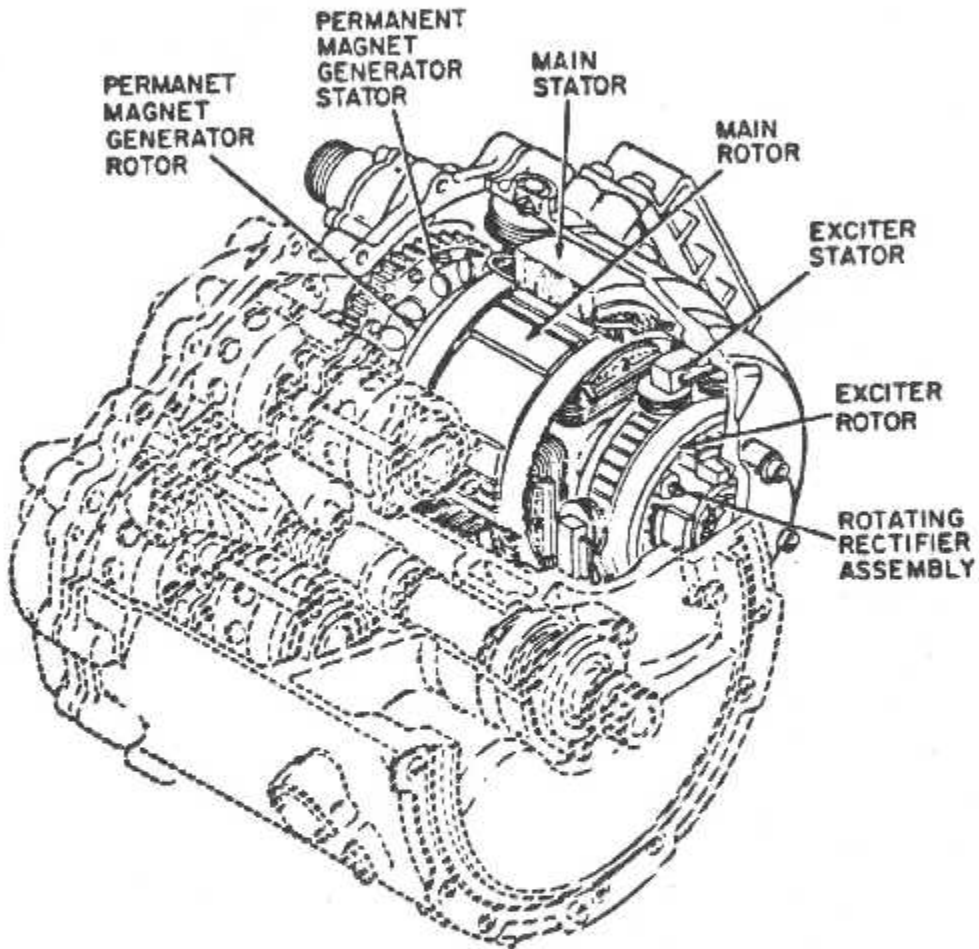
PANNE	CAUSE PROBABLE	REMEDE
<p>La lampe sous-tension s'allume sur le panneau annonceur.</p>	<p>Déclenchement par erreur du panneau de contrôle.</p> <p>Arbre d'alternateur partiellement cassé ou cannelure partiellement endommagée.</p> <p>Circuit d'excitation coupé ou en court-circuit.</p> <p>Redresseur rotatif défectueux.</p>	<p>Changer le panneau de contrôle.</p> <p>Rectifier le mauvais cheminement des câbles à travers des T.I.</p> <p>Remplacer l'alternateur.</p> <p>Remplacer l'alternateur.</p>
<p>La lampe de sous-excitation s'allume suivie par la lampe de sous-tension.</p>	<p>Régulateur de tension défectueux.</p>	<p>Remplacer le régulateur de tension.</p>
<p>La lampe de défaut feeder s'allume sur le panneau annonceur.</p>	<p>T.I. défectueux ou câblage de T.I au défaut feeder incorrectement branchés (dans le châssis EI).</p> <p>Routage incorrect des câbles vers ou à travers le T.I des neutres alternateur (coté réacteur)</p>	<p>Réparer câblage défectueux.</p> <p>Remplacer le T.I. ou réparer câblage défectueux.</p>

**Liste des pannes les plus fréquentes dans les alternateurs avec causes probables et remèdes possibles :**

PANNE	CAUSE PROBABLE	REMEDE
<p>La lampe de défaut Feeder s'allume sur le panneau annonceur.</p>	<p>Court-circuit ou masse sur les câbles de sortie Alternateur à l'intérieur du parcours protégé.</p>	<p>Remplacer les pièces endommagées ou réparer le câblage.</p>
<p>Au sol le relais d'excitation Alternateur (G.C.R) se déclenche lorsqu'on passe sur A.P.U. ou groupe de Parc. La lampe défaut feeder s'allume sur le panneau annonceur.</p>	<p>Cheminement incorrect des câbles de feeder à travers les T.I.</p>	<p>Rectifier le mauvais cheminement des câbles à travers des T.I.</p>
<p>En vol, le relais d'excitation déclenche suivi par relais de ligne du même circuit. La lampe défaut feeder s'allume au panneau annonceur.</p>	<p>Trajet incorrect des conducteurs feeder à travers les T.I.</p>	<p>Rectifier le mauvais cheminement des câbles à travers des T.I.</p>
<p>La lampe de surexcitation s'allume au panneau annonceur.</p>	<p>Boucle OE- UE (sur-excitation –sous-excitation) ouverte ou bien T.I ouvert.</p>	<p>Remplacer les pièces endommagées ou réparer le câblage.</p>
	<p>Régulateur de tension défectueux.</p>	<p>Changer le régulateur de tension.</p>

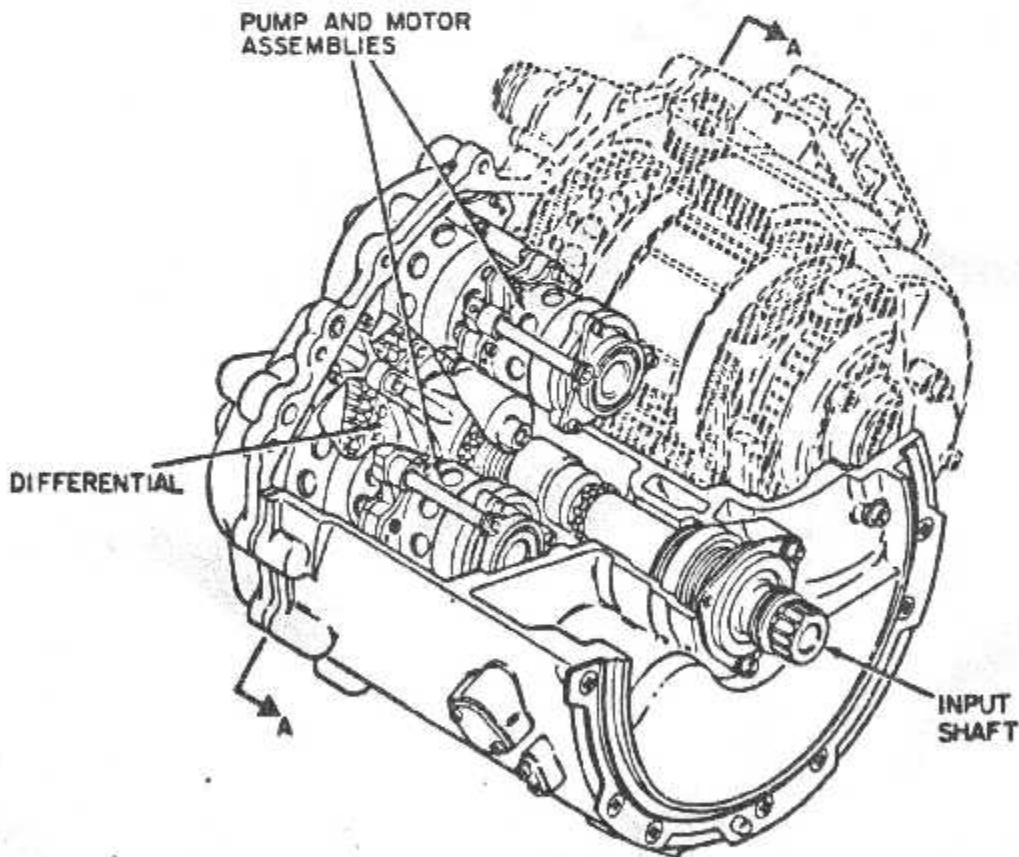
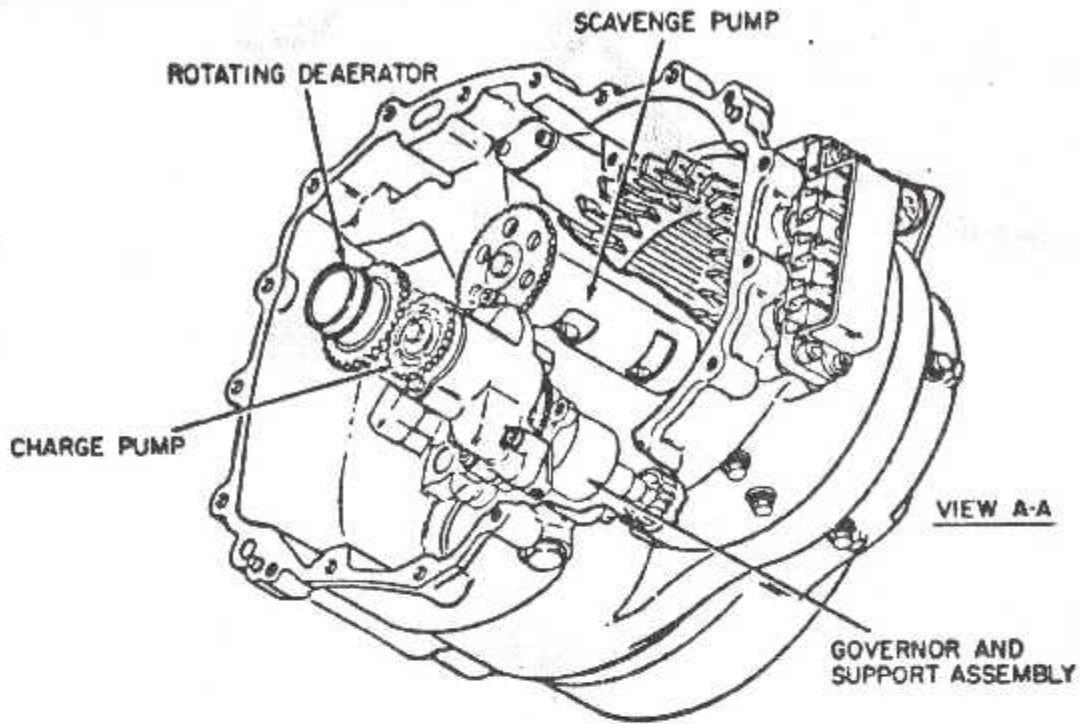


ANNEXE C



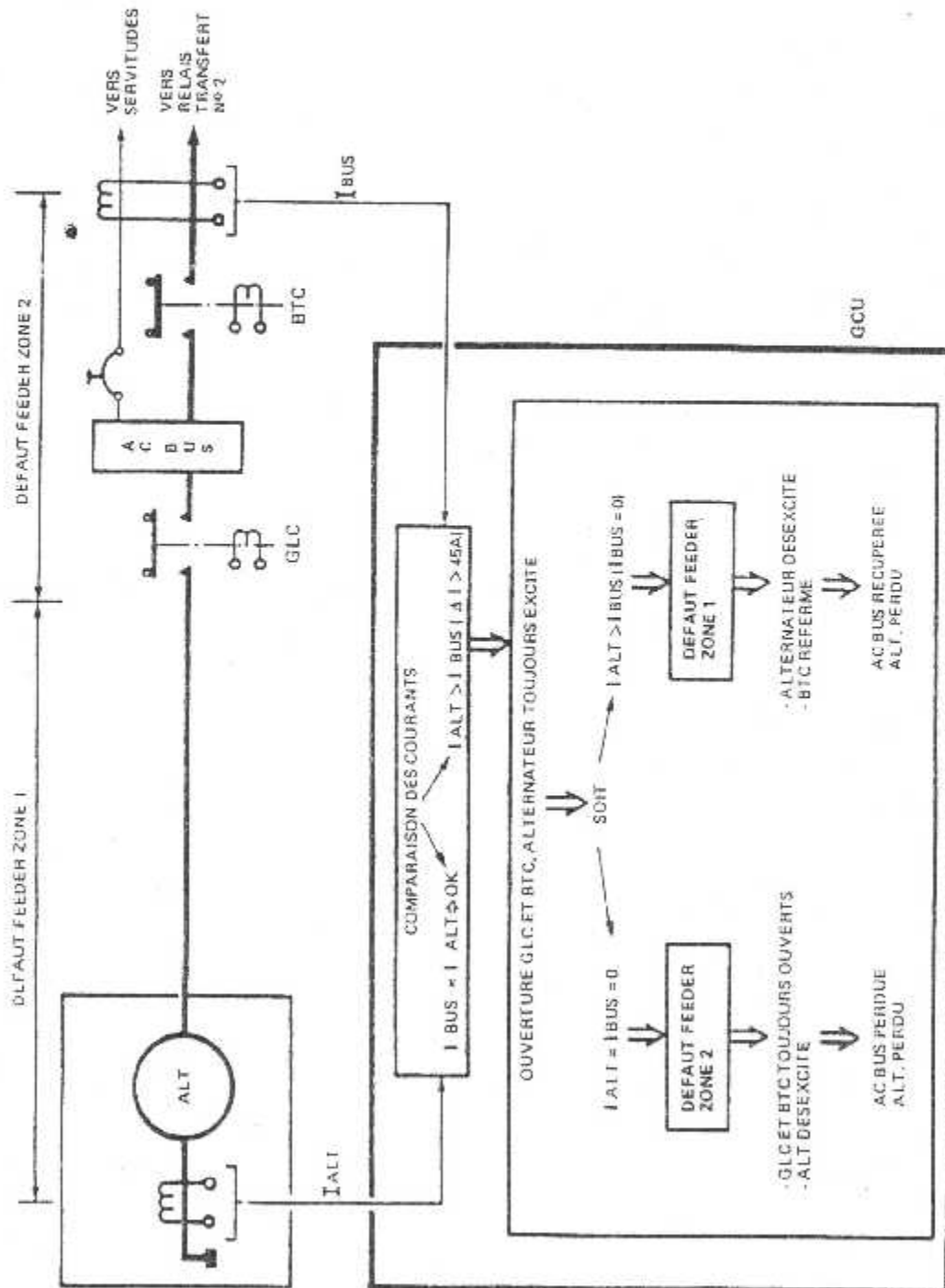
Emplacement de l'alternateur dans l'I.D.G



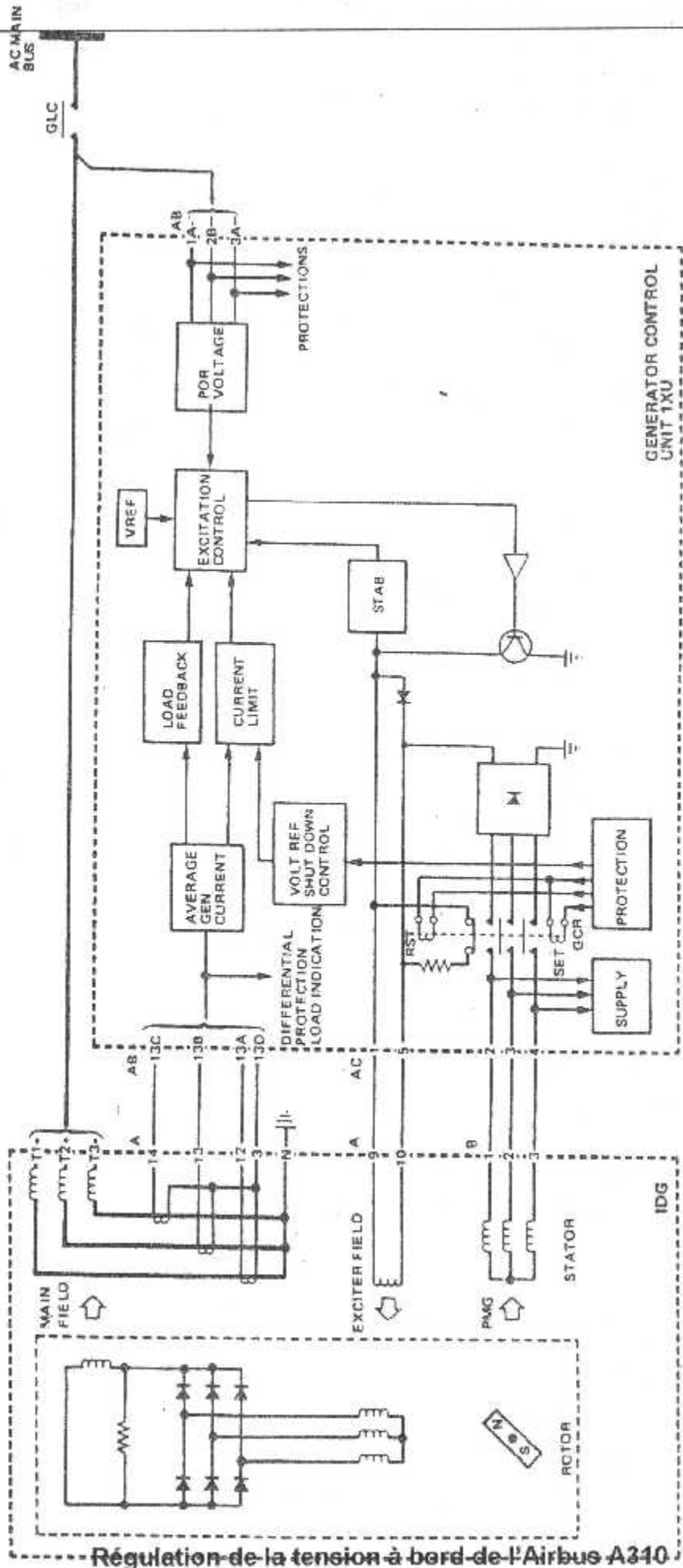


Constant Speed Drive Major Subassemblies

Emplacement du C.S.D dans l'I.D.G

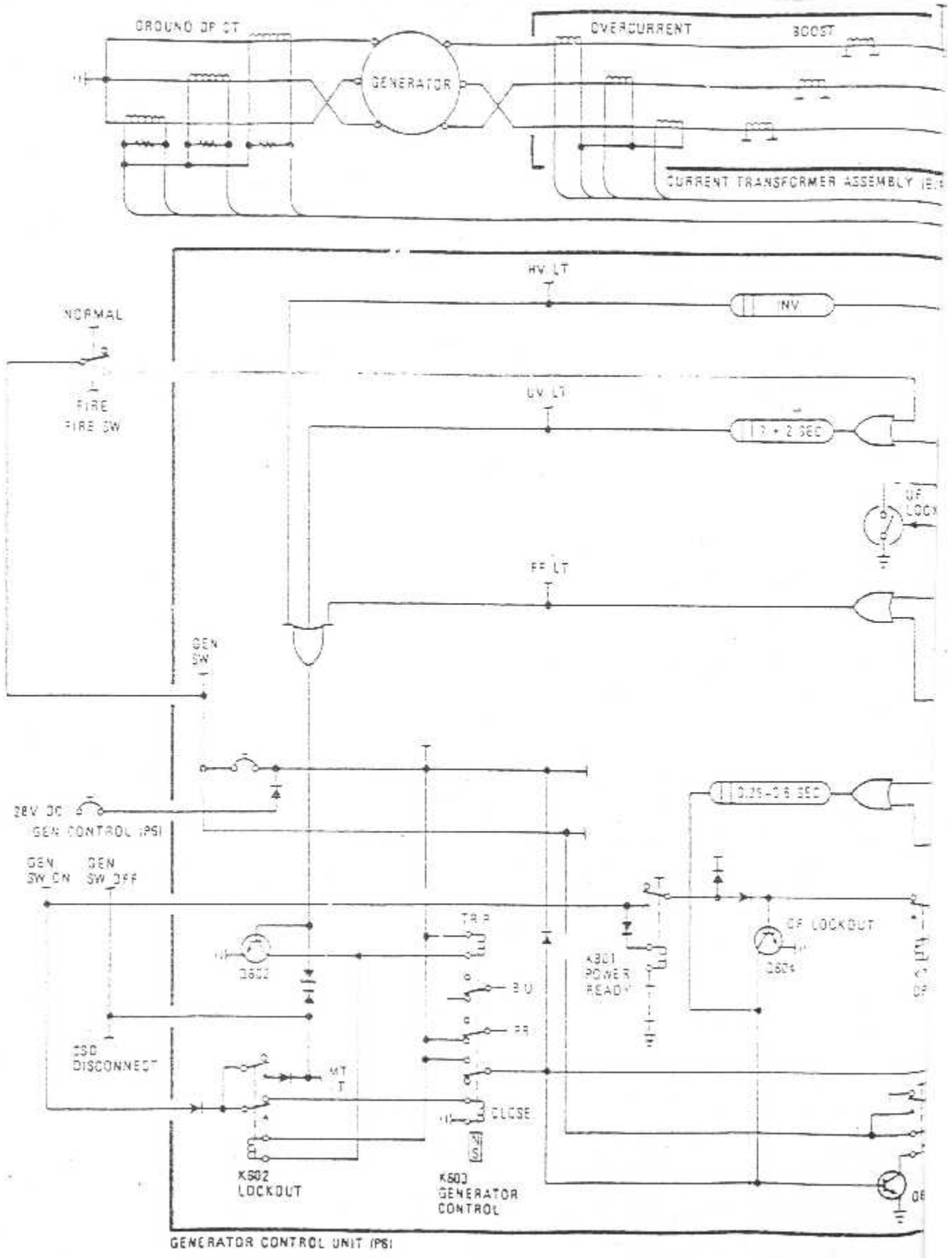


G.C.U d'Airbus A310 : Protection différentielle

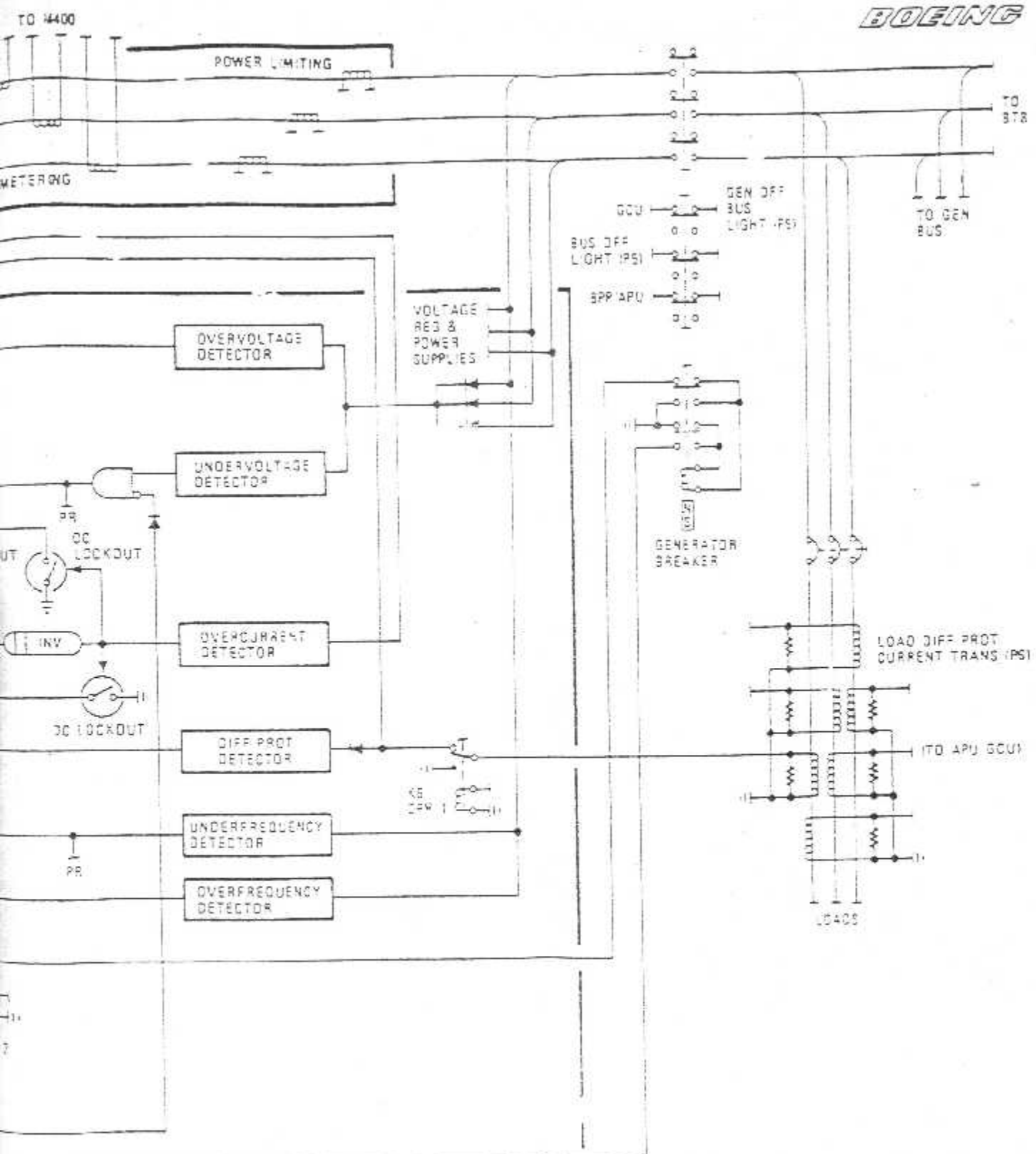


Régulation de la tension à bord de l'Airbus A340

3-24



OCT 5 1982



K604  
GB TRIP

GENERATOR PROTECTION  
324-20-058-01A





**BIBLIOGRAPHIE**

## BIBLIOGRAPHIE

TITRE	AUTEUR	EDITION
▪ <b>Manuel technique d'entretien de l'alternateur 967J598</b> Chapitre 24-20-77	SUNDSTRAND CORPORATION.	SUNDSTRAND CORPORATION.
▪ <b>Component Maintenance manuel 915F212 « G.C.U »</b>	AIRBUS	AIRBUS
▪ <b>Génération technique du Boeing 737 200</b>	BOEI NG	BOEING OCT 1982
▪ <b>Génération électrique de l'AIRBUS 310</b> (Présentation et schémas)	M.CHAROIN	AIR France
▪ <b>Electricité à bord des avions.</b>	AIR France	AIR France
▪ <b>Electrotechnique et machines électriques.</b>	EYROLLES	EYROLLES
▪ <b>COURS D'ELECTROTECHNIQUE</b> 1- Machines tournantes à courant alternatif	J.L.DALMASSO	BELIN

TITRE	AUTEUR	EDITEUR
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mémoire de Fin d'étude : « <b>ETUDE DU SYSTEME EPGs A BORD DE L'AVION A310-200 ET CONCEPTION D'UNE CARTE M.F.I</b> »</li> </ul>	HAMACHE Nacima	<b>U.S.T.H.B</b> Institut d'électronique Promotion 1993/1994
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mémoire de Fin d'étude : « <b>ETUDE TECHNOLOGIQUE ET MAINTENANCE DE L'ALTERNATEUR 976J598-1 EQUIPANT L'A.P.U DU B737 200</b> »</li> </ul>	DJAOUT Nadjib	<b>I.T.E.E.M</b> Promotion 2000/2001
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>ELECTRONIQUE DES IMPULSIONS</b> Cours avec exercices corrigés</li> </ul>	BOUBEKEUR Samir	O.P.U
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aide-mémoire <b>FONCTIONS DE L'ELECTRONIQUE</b></li> </ul>	BOGDAN Grabowski	DUNOD
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>D.A.T.A.BOOK</b> Linear Integrated circuits Edition 39</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>D.A.T.A.BOOK</b> Linear Integrated circuits Edition 23</li> </ul>		