

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE DE BLIDA  
DEPARTEMENT D'AERONAUTIQUE**

**Mémoire de fin d'études  
En vue de l'obtention du Diplôme des Etudes  
Universitaires Appliquées  
En Aéronautique  
OPTION : AVIONIQUE**



# **T H E M E**

**ETUDE ET REALISATION D'UN BANC  
D'ESSAI POUR LE CONTROLEUR DE  
TEMPERATURE CABINE DU BOEING 737-600**

**Réalisé par : Mlle Abidi Nacima  
Mlle Saib Hassina**

**Promoteur: M Bachetta  
Copromoteur: M Mguelatti**

Promotion 2004

74/04  
EX2

**ABREVIATIONS**

<b>Abréviation</b>	<b>Anglais</b>	<b>Français</b>
ACAU:	Air Conditioning Accessory Unit	Unité de l'accessoire de Conditionnement d'air
ACM:	Air Cycle Machine	Air Cycle Machine
AFT :	After	Arrière
APU	Auxiliary Power Unit	Groupe auxiliaire de Puissance
C/ A :	Conditioning /Air	Air conditionné
CTC:	Controller Temperature Cabine	Contrôleur de Température cabine
F°:	Fehrneheit	Fehrneheit
FCOV:	Out Flow Valve of Control	Vanne d'échappement et de Contrôle
LRU :	Line Remplaçable Unit	Module remplaçable en Ligne
SCR :	Semi-Conductor resistance	Résistance semi conducteur



## Remerciement

Nous tenons à remercier le bon Dieu qui nous a donné le courage, la patience et les capacités afin d'achever ce travail.

Nous exprimons notre vif remerciement à notre promoteur et co-promoteur de nous avoir encadré.

Aux membres de jury qui ont accepté de juger notre travail.

En particulier nous tenons à présenter toutes nos reconnaissances à M.Abarbour qui nous a aidé à accéder à la compagnie AIR ALGERIE.

Nous exprimons nos gratitude à tous ceux qui ont collaboré à enrichir notre PFE en connaissances, surtout les techniciens et les ingénieurs de l'atelier Radio.

# DEDICACES

*Je dédis ce modeste travail :*

*A ma très chère mère ainsi qu'à mon très cher père en guise de gratitude pour les immenses sacrifices dont ils ont fait preuve pour ma éducation..*

*A mes chères sœurs et frères surtout fayçal.  
A mon oncle.*

*A ma binôme.*

*A mes copines et tous mes amis (es) des 'instituts d'aéronautique et de l'électronique.*

*A tous qui me connaît de prés ou de loin.*

*ABIDI NACIMA*

# DEDICACES

*Je dédis ce modeste travail :*

*A ma très chère mère ainsi qu'à mon très cher père en guise de gratitude pour leur soutien*

*A mes chères sœurs et frères.  
A ma binôme.*

*A mes fidèles amis(e).*

*A tous ceux qui portent les noms : Saïb et Adda*

*A tous qui me connaît de près ou de loin.*

*\*HASSINA.*

# SOMMAIRE

Généralités	
Introduction.....	1
Description de l'avion.....	2
Chapitre N° I : GENERALITES SUR LE CONDITIONNEMENT D'AIR.	
Introduction	
I.1 Généralités.....	3
I.2. les zones climatisées.....	4
I.3. Les sources de l'air.....	4
I.4. Le système de C/A.....	5
I.4.1 Le système de prélèvement d'air.....	6
I.4.1.1 Le module fan.....	6
I.4.1.2 Le module core.....	6
I.4.1.3 Le module basse pression.....	7
I.4.2 Le système de refroidissement.....	7
I.4.2.1 Description du pack.....	7
I.4.2.2 Vanne du pack.....	9
I.4.3 Système de réglage et de contrôle de la T°.....	9
I.4.4 La distribution de l'air conditionné.....	10
I.4.4.1 Distribution d'air froid.....	10
I.4.5 Système de ventilation des équipements électroniques.....	10
I.4.6 Système de chauffage.....	10
I.4.7 Système de recirculation.....	10
I.5. Le cycle de refroidissement.....	11
I.6 La distribution de l'air conditionné.....	14
I.6.1 La distribution principale.....	14
I.6.2 La distribution au cockpit.....	14
I.6.3 La distribution d'C/A à la cabine des passagers.....	14

I.7. Le fonctionnement du système de pressurisation.....	15.
I.7.1 Les vannes de régulation de la pression.....	16.
I.8. Quelques détails sur les composants.....	16.
I.8.1 Les échangeurs primaires et secondaires.....	16.
I.8.2 ACM.....	17.
I.8.3 Le condenseur.....	17.
I.8.4 Le séparateur d'eau.....	17.
I.9. Emplacements de principaux composants du système de C/A.....	18.
I.10. Prise d'air dynamique.....	18.

## Chapitre N° II : LE CONTROLE DE LA T°

II.1 Généralités.....	19.
II.2 les zones contrôlées.....	20.
II.3 Panneau de contrôle de la température.....	21.
II.4 Régulation de la température par l'ACAU.....	21.
II.5 Le contrôle de la température.....	22.
II.6 Fonctionnement en mode AUTO.....	22.
II.7 Fonctionnement en mode MAN.....	23.
II.8 Protection du pack contre le surchauffe.....	24.
II.8.1 But.....	24.
II.8.2 Détection de la T° du pack.....	24.
II.9 Les indications de T°.....	24.
II.9.1 But.....	25.
II.9.2 Interruption du courant.....	25.
II.9.3 Interruption de la surchauffe.....	25.
II.9.4 Interruption de défaut du système de CTL de T° dans le cockpit..	25.
II.10 Les sondes de T°.....	25.
II.10.1 But.....	25.
II.10.2 Description Physique.....	25.

II.10.3 Emplacement.....	26
--------------------------	----

### Chapitre N° III : ETUDE DE L'ACCESSOIRE.

III.1. Objectif.....	28
III.2. Présentation du CTC.....	28
III.2.1 Description générale du CTC.....	28
III.2.2 Caractéristiques physiques .....	30
III.3. Fonctionnement du CTC.....	34
III.4. L'alimentation et la suppression des EMI.....	3
III.4.1 Alimentation.....	3
III.4.2 La régulation.....	3
III.5. Le circuit de commande de la vanne.....	34
III.6. Les circuits d'entrée cabine.....	34
III.7. Le circuit discriminateur.....	35
III.8. Le fonctionnement du modulateur.....	35
III.9 .Détecteur de l'axe zéro.....	37
III.10. Protection contre les courts circuits.....	37
III.11. Le BITE.....	37
III.11.1 L'alimentation.....	38
III.12 Les capteurs .....	39
III.12.1 Technique de transmission par rayonnement.....	39
III.12.3. Etage d'amplification .....	40
III.13 la réalisation du banc d'essai.....	45
Introduction	
III.13.1 Objectif.....	45
III.13.2 Réalisation du banc d'essai.....	45
III.13.3 Alimentation.....	45
III.13.4 La vue de face du banc d'essai.....	45
III.13.5 le câblage.....	46

III.13.5 le câblage.....	46
III.13.6 La procédure de test .....	50

#### Chapitre N° IV : SIMULATION

IV.1. Introduction.....	51
IV.2 Présentation de Delphi.....	51
IV.3 Notion de programmation visuelle et évènementielle.....	51
IV.3.1 Programmation visuelle.....	51
IV.3.2 Programmation évènementielle.....	52
IV.4 Les bases de données.....	52
IV.4.1 Définition .....	52
IV.4.2 L'organigramme de la maintenance .....	53
IV.5 La Forme de la table.....	54
IV.6 La simulation.....	55

CONCLUSION GENERALE.

ANNEXES.

BIBLIOGRAPHI.

## DESINIATIONS DES FIGURES

### Chapitre I

Fig. I.1 : Les zones climatisés .....	4
Fig. I.2 : Les sources d'air .....	5
Fig. I.3 : Configuration de système de conditionnement d'air.....	6
Fig. I.4 : L'emplacement des packs.....	7
Fig. I.5 : Les fonctions les packs de refroidissement .....	8
Fig. I.6 : Changement de la température en fonction de l'altitude.....	09
Fig. I.7 : Système de recirculation .....	11
Fig. I.8 : panneau d'indication (P5).....	12
Fig. I.9 : Les étapes de refroidissement .....	13
Fig. I.10 : Les gaines de distribution .....	15
Fig. I.11 : Emplacement de la vanne d'échappement .....	16

### Chapitre II

Fig. II.1: Contrôleur de température.....	20
Fig. II.2: Les sondes de température .....	27

### Chapitre III

Fig. III. 1: Contrôleur de température cabine .....	30
Fig. III. 2: Schéma bloc du CTC .....	33
Fig. III. 3: Les cartes électroniques A1/A4 .....	42
Fig. III. 4: Les cartes électroniques A2/A5 .....	43
Fig. III. 5: Les cartes électroniques A3/A6.....	44
Fig. III. 6: Schéma électrique du banc d'essai .....	47
Fig. III. 7: la face avant du banc d'essai.....	48
Fig. III. 8: le câblage.....	49

### Chapitre IV

Fig. IV. 1: La forme de la table .....	54
Fig. IV. 2: La forme de simulation des tests .....	55

# RESUME

## Résumé

Le travail que nous avons mené concerne une étude sur un accessoire qui est « le contrôleur de la température cabine équipant le B 737/600 ,ainsi que la réalisation de son banc d'essai qui aide à détecter l'endroit des pannes et facilite la maintenance de l'accessoire de contrôle .

## خلاصة

إن العمل المتواصل الذي قمنا به يتعلق بدراسة جهاز مراقبة درجة الحرارة اللازمة داخل الطائرة B737-600 إضافة إلى إنجاز جهاز تجريبي الذي يعمل على إيجاد مكان العطل و يسهل عملية تصليح جهاز المراقبة.

## Summary

The subject that we have treated is a study for an avionic equipment which equips the B737-600, this accessory let us to control the temperature in the different locations of the airplane.

We have also realised the test panel of the CTC, the test panel facilitates the detection of the failure in the CTC in order to repair it.

## BREF DE LA COMPAGNIE AIR ALGERIE

La compagnie AIR ALGERIE est créée en 1947, dans le but d'exploiter un réseau dense et régulier de lignes aériennes entre l'Algérie et la France.

Seize ans plus tard, en Février 1963 à la suite de l'indépendance de l'Algérie, elle devient une compagnie nationale sous tutelle du ministère des transports.

Le vingt six Mars 1971 est une date historique dans la vie de la compagnie venant de Seattle (U.S.A) de Boeing 727-200 arrivent à Alger des perfectionnements technique et commercial.

En Février 1972, arrive à Alger, le premier Boeing 737-200 par cette acquisition, AIR ALGERIE est la première compagnie en monde à utiliser à ce sujet des aéronefs jet, et en cette année 1972 est conformément à la politique de récupération des ressources nationales, les dernières actions retenues par les sociétés étrangères étaient rachetées (nationalisation le 15/12/1972)

AIR ALGERIE devient une entreprise à 100% algérienne en 1974.

Durant l'année 1980, la flotte est enrichie d'une nouvelle race d'avions : l'AIRBUS de type gros porteur.

Actuellement AIR ALGERIE dispose pour le transport de passagers des différents types : BOEING 737, 767, l'AIRBUS et le FOKKER.

Pour l'activité cargo, l'entreprise est dotée d'un B737 d'une capacité de treize tonnes et d'hercule d'une capacité de vingt et une tonnes.

AIR ALGERIE dispose de ce qui suit :

Le type d'avion	Nombre de passagers
02 AIRBUS 310-200	216
11 BOEING 727-200	180
15 BOEING 737-200	130
03 BOEING 767-300	253

08 FOKKER	40
06 BOEING 737-800	162
05 BOEING 737-600	126
02 HERCULE	CARGO/20 TONNES

PARTIE I  
GENERALITES

## INTRODUCTION GENERALE

L'avionique est basée sur des principes électroniques qui font appel à la haute technologie qui est exigée en aéronautique. Ces principes permettent d'éviter les difficultés qui se posent au niveau de la construction et de la conception des différents appareils et instruments de contrôle de l'avion.

Nombreux sont les systèmes de contrôle de l'avion, on a opté pour notre projet de fin d'études de présenter une étude théorique du système de conditionnement d'air et du contrôleur de température cabine dans le B737-600. Puisque les pannes sont fréquentes en aéronautique, on a choisis de réaliser le banc d'essai pour le CTC et ça dans le but de faciliter la maintenance de cet appareil, en outre ça et à l'aide d'un langage de programmation très évolué (DELPHI) on a simulé le test qui indique toutes les pannes possibles qui rendent l'accessoire défectueux.

Un stage pratique est à prévoir au niveau de la compagnie AIR ALGERIE afin de mettre en exergue les connaissances acquises durant notre cursus universitaire et aussi pour que notre projet de fin d'études soit riche en informations, pour aboutir à notre travail on a opté le plan suivant :

- En premier lieu on a fait une étude descriptive du système de conditionnement d'air afin de se familiariser avec les différents systèmes et instruments qui y rentrent.
- Comme deuxième chapitre on a le système de contrôle de la température.
- La troisième partie, est consacrée pour l'étude de l'accessoire ainsi que la réalisation de son banc d'essai.
- La quatrième partie, est donc la réalisation du banc d'essai du CTC.
- En dernier lieu et pour améliorer notre travail, on a simulé quelques procédures de test du bon fonctionnement du CTC et cela dans le but de faciliter son dépannage.

## DESCRIPTION DE L'AVION B737/600

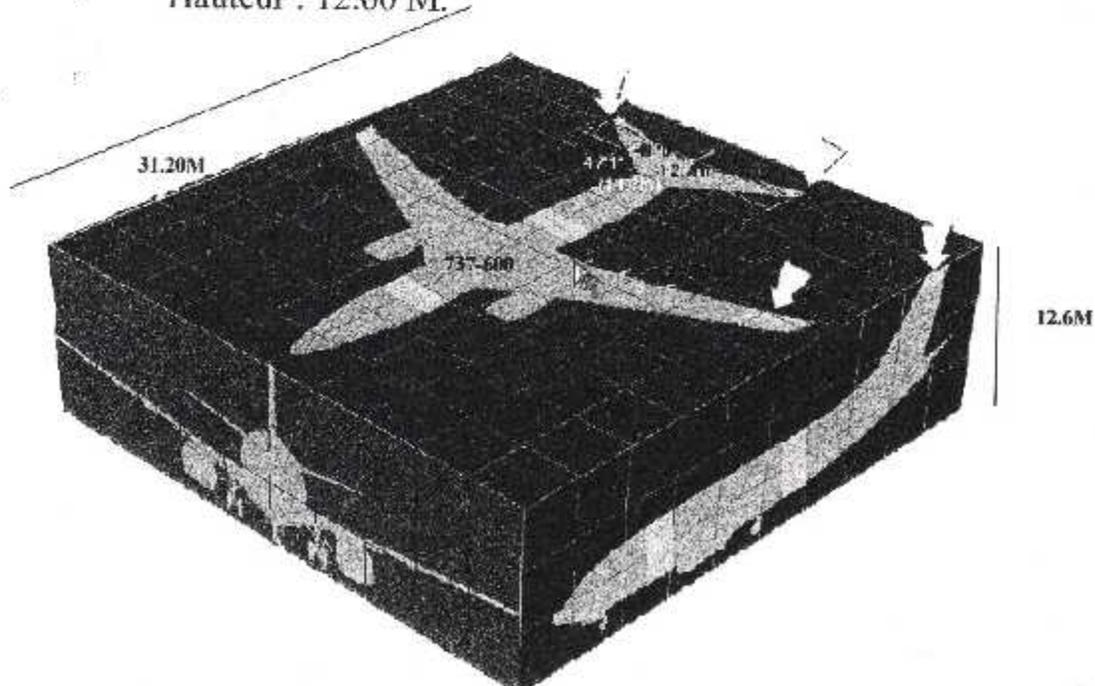
Le 737 représente la famille la plus vendue dans l'histoire de l'aviation. Le Boeing 737/600 est établi par la compagnie d'avions situé à Washington (Etats Unis). Ce type d'avion offre une amélioration significative de confort pour les passagers, il est équipé d'un moteur de type CFM 56-7B.

### Caractéristiques générales

- 4 vues différentes du tableau de bord principal,
- La majorité des interrupteurs sont fonctionnels,
- Modèle de vol réaliste basé sur les spécifications du Constructeur,
- Portes passagers et cargo ouvrables,
- Surface mobile animée de façon précise et réaliste,
- Le cockpit et pilotes sont visibles de l'extérieur.

### Dimension de l'avion

- Sièges : 126.
- Poids au décollage : 65.09T.
- Longueur : 31.20 M.
- Hauteur : 12.60 M.



## **INTRODUCTION**

La température est l'une des grandeurs dont la mesure est la plus fréquente car chaque endroit dans l'avion doit être équipé d'une température adéquate, pour cela l'avion est muni d'un système de régulation et de distribution de la température qui est contrôlé par un asservissement. La régulation et le contrôle de la température sont très importants dans le transport aérien sachant que la température diminue de  $2^{\circ}$  pour chaque mille pied ( Ft ) jusqu'à l'altitude de 33000 pieds où il règne une température de  $(-56^{\circ})$  qui est incompatible avec les besoins impératifs vitaux de l'organisme de l'être humain. C'est pour cela que le système de conditionnement d'air est pris en considération.

Grâce au développement de la recherche en aéronautique, les constructeurs d'aéronefs ne cessent d'améliorer leurs travaux afin d'assurer le maximum de sécurité et de confort aux passagers et à l'équipage.

### **I.1. GENERALITES SUR LE CONDITIONNEMENT D'AIR**

L'objectif du système de conditionnement d'air est de réguler et de maintenir l'air de la cabine à une pression et à une température adéquate.

Le niveau de ces derniers est maintenu pour assurer le confort et la sécurité aux passagers ainsi qu'à l'équipage. Ceci est réalisé par la modulation de débit d'air qui s'écoule à travers une ou plusieurs vannes de régulation.

L'air climatisé est obtenu par le mélange de l'air frais avec l'air chaud.

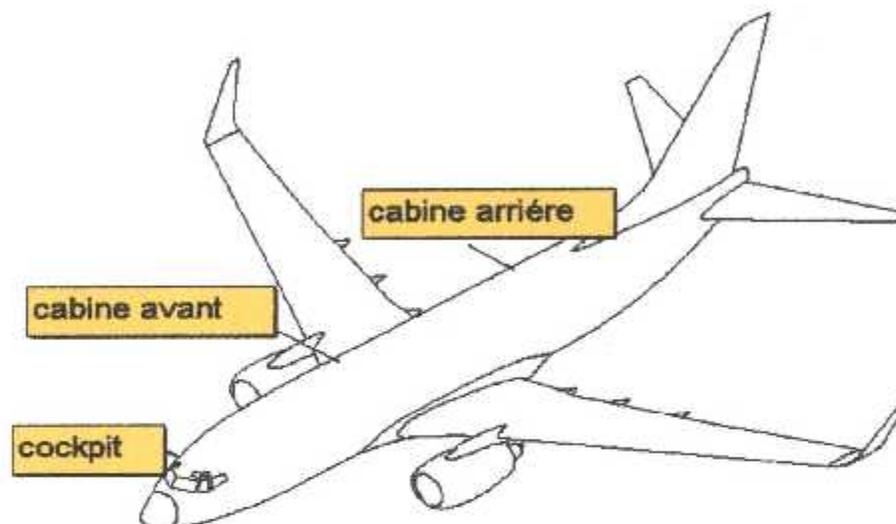
L'air frais est assuré par un groupe de conditionnement d'air appelé pack de refroidissement. Ce dernier est alimenté par la génération pneumatique.

L'air chaud est obtenu directement par la génération pneumatique.

## **I.2. ZONES CLIMATISEES**

Les zones ventilées sont :

- le poste de pilotage,
- la cabine avant,
- la cabine arrière (voir figure I.1)



**Figure I-1 Les zones climatisées**

## **I.3. LES SOURCES D'AIR**

En vol normal, l'air est prélevé au niveau du compresseur du moteur (moteur gauche et droit) sur le 8<sup>ème</sup> et le 13<sup>ème</sup> étages.

Au sol, l'avion peut être climatisé de la même façon qu'en vol si les moteurs ou l'APU tournent.

En cas de panne ou non fonctionnement des moteurs, l'aéronef est climatisé par un groupe pneumatique au sol (voir figure I.2)

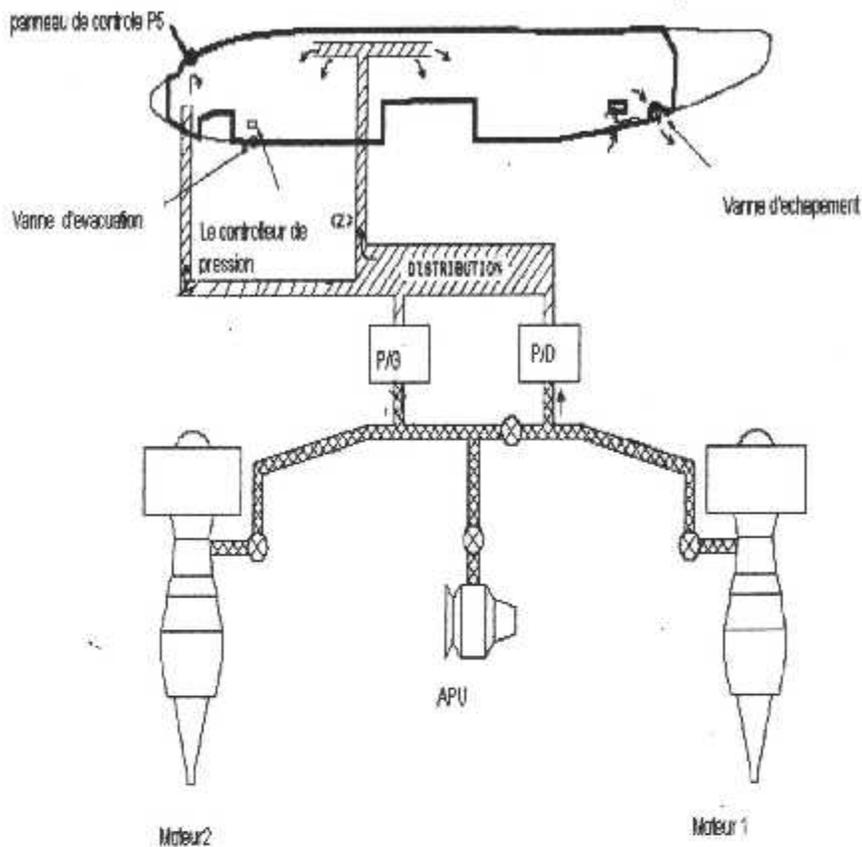


Figure I-2: Les sources d'air

#### I.4 Le système de conditionnement d'air

Le but de système de conditionnement d'air est de contrôler l'environnement interne de l'aéronef. Ce système est divisé en sept (07) sous-systèmes (Voir figure I.3) :

- refroidissement
- chauffage
- contrôle de température
- distribution
- équipements de refroidissement
- recirculation
- pressurisation

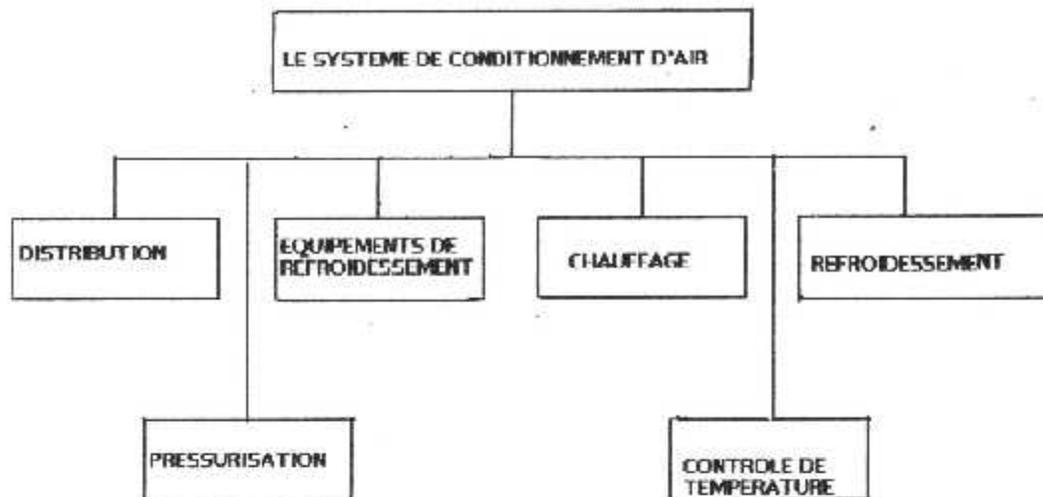


Figure I-3: Configuration du système de conditionnement d'air

#### **1.4.1. Le système de prélèvement d'air**

Le moteur de Boeing 737/600-800 est un moteur de construction modulaire. Il se compose de (03) trois modules qui sont les suivants :

- module fan,
- module core,
- module turbine basse pression.

##### **1.4.1.1 Module fan**

Ce module est constitué d'un ensemble de fans. Chaque fan sert à accélérer la vitesse de l'air.

##### **1.4.1.2 Module core**

il est composé de :

- Un compresseur et Comme son nom l'indique, le compresseur comprime l'air afin d'augmenter sa pression.
- Une chambre de combustion qui mélange l'air comprimé avec le carburant.
- Une turbine qui entraîne le compresseur par l'intermédiaire de l'arbre de moteur.

### 1.4.1.3 Module basse pression

Il contient une turbine basse pression. Le système de prélèvement d'air contrôle le débit d'air prélevé dans les réacteurs et passant vers les packs de refroidissement.

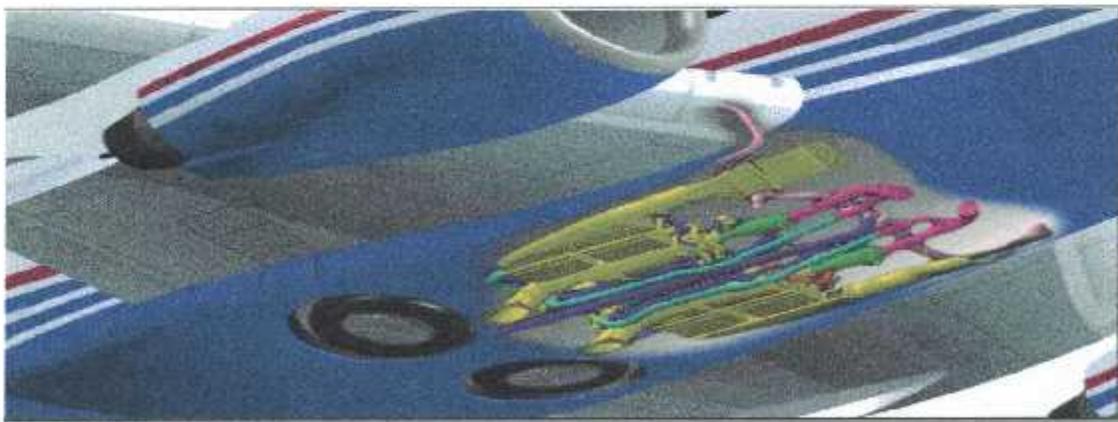
Les fonctions de ce système déroulent selon deux étapes principales qui sont :

- la première étape est de sélectionner d'une manière optimale la bonne prise d'air sur le moteur,
- la deuxième étape est d'abaisser la température d'air à des niveaux adéquats.

## 1.4.2. Système de refroidissement

### 1.4.2.1 Description du pack

A bord d'un avion on trouve deux packs de refroidissement identiques. Ils sont logés dans le compartiment non pressurisé et ils sont placés dans le logement des trains principaux sous le caisson central de l'aile (voir la figure I.4).



**Figure I-4: L'emplacement des packs**

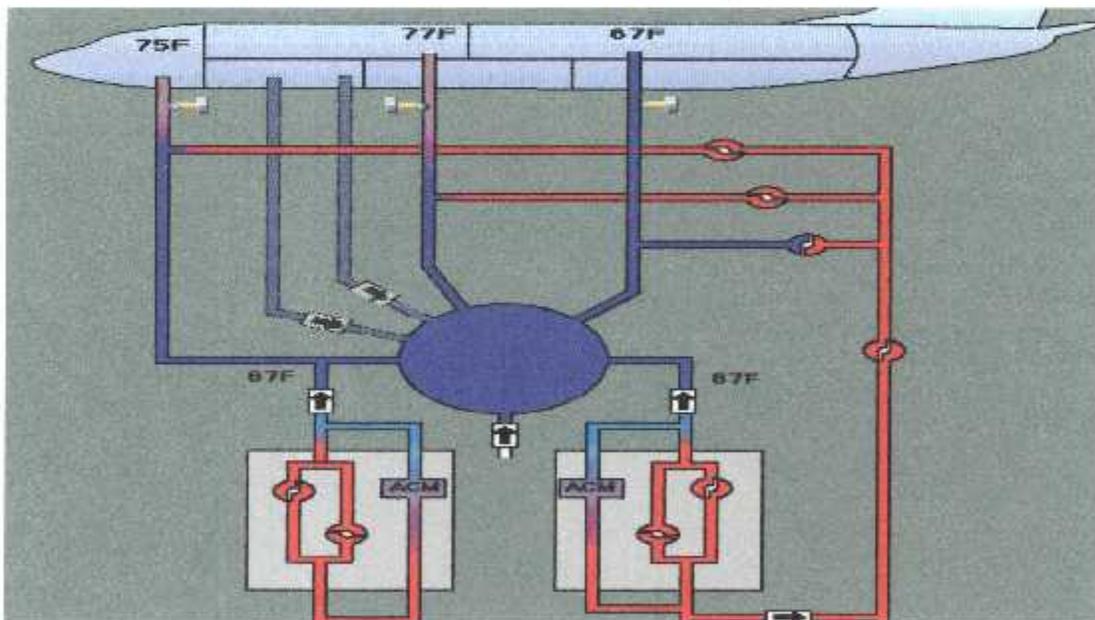
Chaque pack est composé :

- D'un ensemble tournant (compresseur et turbine)

- Deux échangeurs thermiques : Ils fournissent de l'air froid à des pourcentage appropriés qui vont être mélangés pour obtenir l'air conditionné à la température désirée.

Le collecteur de l'air frais peut être alimenté au sol par une prise de parc basse pression et en secours par une prise d'air dynamique. Cet air dynamique sera évacué à l'extérieur après avoir été utilisé dans les packs de refroidissement.

- Le contrôle usuel du pack gauche assure une alimentation en air froid pour le cockpit.
- Le contrôle de pack droit assure une alimentation en air à une température désirée pour la cabine d'équipage (voir figure I.5).



**Figure I-5: Les fonctions des packs de refroidissement**

### 1.4.2 Vanne de pack

Elle contrôle et ajuste le débit d'air qui s'écoule vers les packs. Ces vannes sont placées dans les systèmes de conditionnement d'air adjacent de l'ACM et chaque vanne contient :

- Un papillon,
- Actuateur,
- Solénoïdes.

### 1.4.3 Système de réglage et de contrôle de la température

Avec les deux packs en fonction, le système est capable de chauffer ou de refroidir la cabine dans les limites représentées par le graphique ci-dessous de la figure ( I.6).

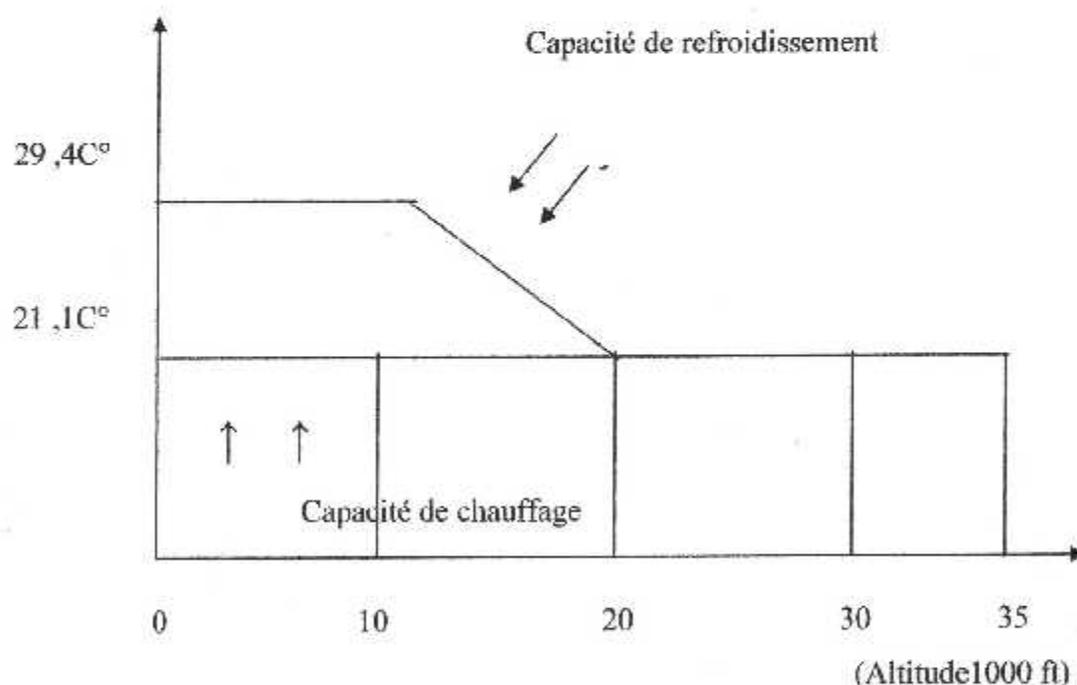


Figure I-6 : Changement de la température en fonction de l'altitude

### 1.4.4 La distribution de l'air conditionné

Les composants de ce système sont placés dans le compartiment de la distribution (derrière le cargo avant). Ces composants sont :

- la gaine de distribution principale,
- les fans de recirculation.

Le système de distribution d'air a les fonctions suivantes :

- distribuer l'air conditionné sur les trois (03) zones de l'avion,
- réduire les demandes du flux de moteur,
- de l'air frais pour la soute électronique.

#### **1.4.4.1 Distribution d'air froid : (GASPER)**

L'air froid est prélevé directement à la sortie du pack droit pour alimenter les prises individuelles situées dans la cabine cockpit et les toilettes.

#### **1.4.5 Système de ventilation des équipements électroniques**

Toutes les installations électriques et électroniques sont refroidies par l'air qui s'échappe du cockpit vers la soute. L'air est aspiré à l'aide d'un ventilateur et évacué soit à l'extérieur, soit sous le plancher de la cale avant de l'avion.

#### **1.4.6 Système de chauffage de la soute des bagages**

Chaque soute est chauffée en évacuant l'air des cabines autour de cette soute, effectivement cet air est évacué à l'extérieur de l'avion par les vannes de pressurisation.

#### **1.4.7 Système de recirculation (recyclage)**

Le système de recirculation permet la ventilation de l'air vers les espaces de la cabine des passagers (voir la figure I.7). Ce système diminue l'utilisation de l'air des moteurs et réduit la consommation de carburant.

Le système de recyclage utilise deux fans pour le déplacement de l'air de la cabine des passagers vers la gaine de mélange. Il réduit aussi le taux de l'air utilisé par les packs.

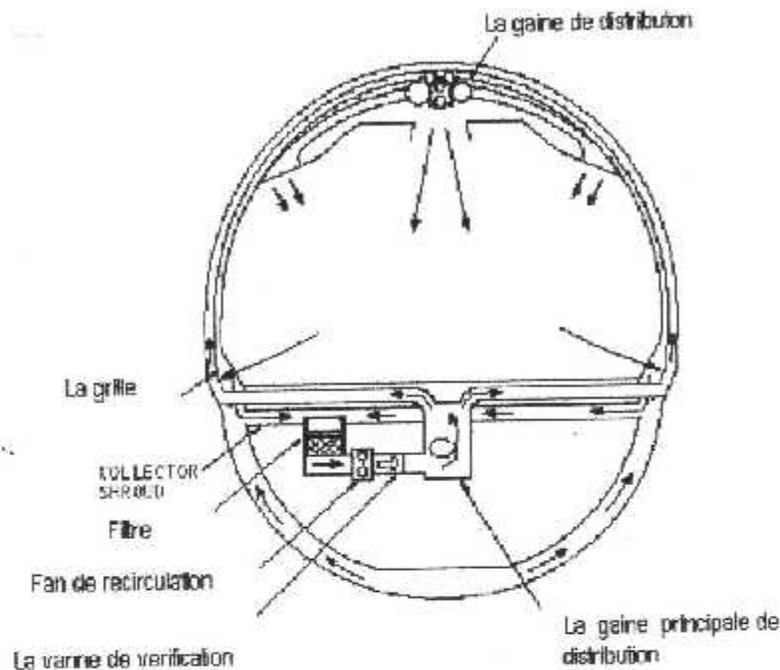


Figure I-7 : Système de recirculation

### I.5. LE CYCLE DE REFROIDISSEMENT

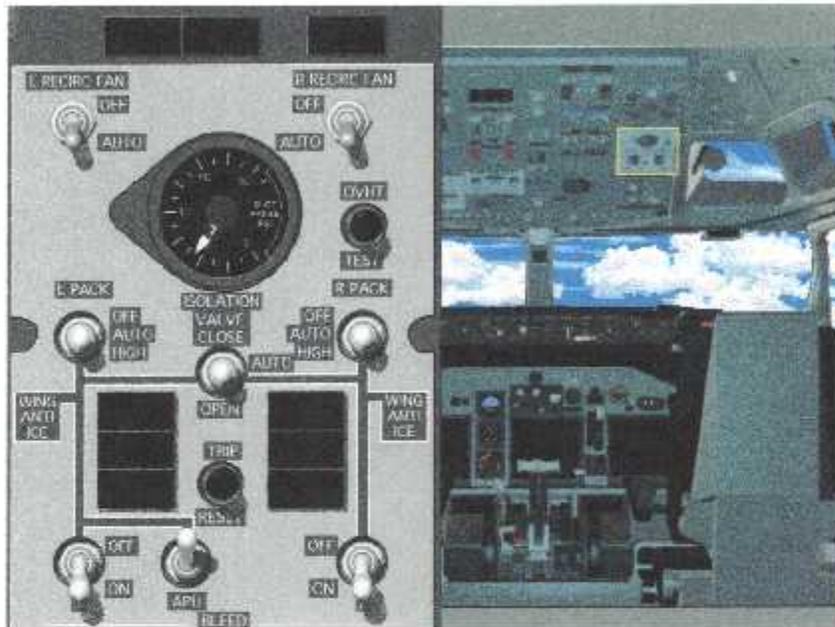
Les fonctions de refroidissement et d'élimination de la vapeur contenue dans l'eau sont assurées par les packs de refroidissement.

Le système est composé de deux packs identiques qui à leurs tour se composent de :

- Deux échangeurs thermiques qui refroidissent l'air de la sortie du compresseur avant d'être dirigé vers la turbine.
- Un ensemble tournant (turbine, compresseur, ventilateur) monté sur un axe commun. Le ventilateur permet d'activer le débit d'air à travers l'échangeur.
- Un clapet by-pass à l'entrée du compresseur permet d'éviter la perte de charge due au démarrage du pack.

- Un clapet by-pass à l'entrée du compresseur permet d'éviter la perte de charge due au démarrage du pack.
- Un séparateur d'eau avec un système anti-givrage.

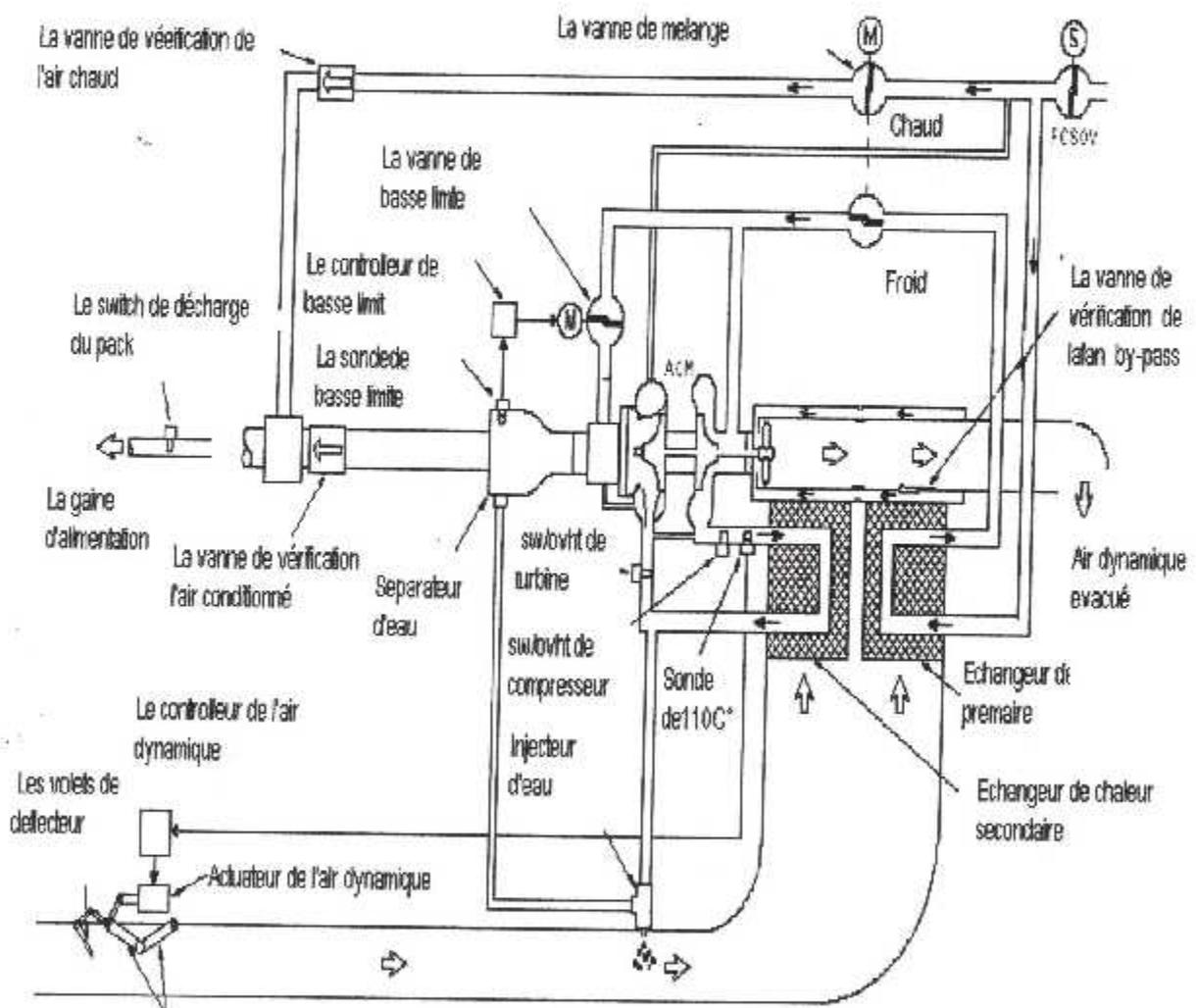
Les packs sont contrôlés par des vannes électro-pneumatiques qui sont commandées par des swiches situées sur P 5 (voir figure I.8).



**Figure I-8: Le panneau d'indication (P5)**

Aux altitudes où volent les avions, la température est de l'ordre  $-56^{\circ}$ , donc il est très important de réchauffer cet air, alors le compresseur du réacteur comprime l'air rentrant, ce qui provoque une augmentation de température jusqu' à  $250^{\circ}\text{C}$ . Il convient donc de le refroidir. Pour cela, on fait passer l'air prélevé de moteur dans l'échangeur primaire où il sera refroidi. Ensuite cet air sera comprimé (réchauffé à nouveau). Un deuxième passage sera dans l'échangeur secondaire où on obtiendra de l'air froid qui passe finalement dans la turbine où il reste détendu et refroidi. Maintenant on a de l'air froid. Cet air passe par le condenseur qui va condenser à son tour cet air pour former les gouttelettes d'eau et rassembler les gouttelettes d'eau. Ces gouttelettes d'eau sont évacuées à

travers les glisseurs. Donc on va disposer de l'air froid qu'on va utiliser dans la prochaine étape qui se déroule dans la chambre de mixage, car c'est au niveau de cette chambre qu'on mélange de l'air froid prélevé dans les packs et l'air chaud prélevé dans les moteurs afin de lui donner la température idéale pour la climatisation de l'avion, enfin l'air passe vers la gaine de distribution principale (voir figure I.9).



**Figure I-9: Les étapes de refroidissement**

## **1.5. LA DISTRIBUTION DE L'AIR CONDITIONNE**

Le système de distribution fournit de l'air conditionné pour les passagers et l'équipage (voir figure I.10).

### **1.5.1. La distribution principale**

Les composants de la distribution principale d'air divise l'air conditionné en trois zones :

- Cockpit,
- Compartiment avant des passagers,
- Compartiment arrière des passagers.

L'air conditionné vient des sources suivantes :

- Groupe d'alimentation au sol,
- Les packs de conditionnement d'air,
- Système de recirculation.

La gaine de mixage collecte et mélange l'air venant de n'importe quelle combinaison des sources.

### **1.5.2. La distribution au cockpit**

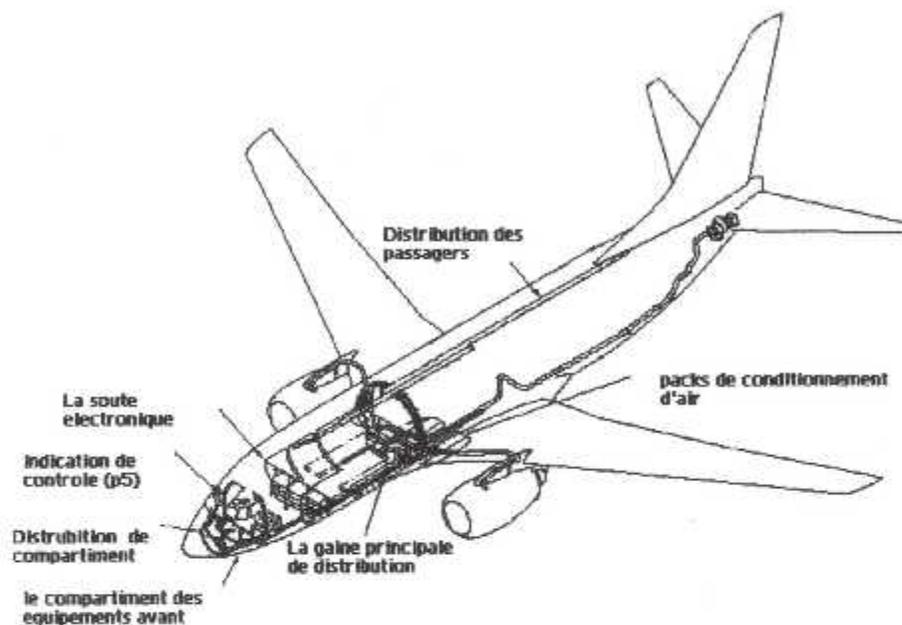
Le compartiment de l'équipage collecte l'air conditionné du pack gauche et de la gaine de mixage situé sur le coté gauche de l'avion qui transmet l'air vers l'équipage. Le cockpit est muni de conduites et des sorties pour contrôler le débit d'air à chaque instant.

### **1.5.3. La distribution d'air conditionné à la cabine des passagers**

Les températures d'air du compartiment des passagers sont contrôlées indépendamment. Il y a des conduites qui fournissent un débit constant pour toutes les surfaces. Dans chaque zone, l'air conditionné est fourni pour les zones suivantes :

- Cabine des passagers,
- Les toilettes,
- Les cuisines.

La distribution d'air conditionné vers les passagers collecte l'air de pack droit et la gaine de mixage. L'air circule à travers les tuyauteries montantes jusqu'à une gaine de distribution en haut.

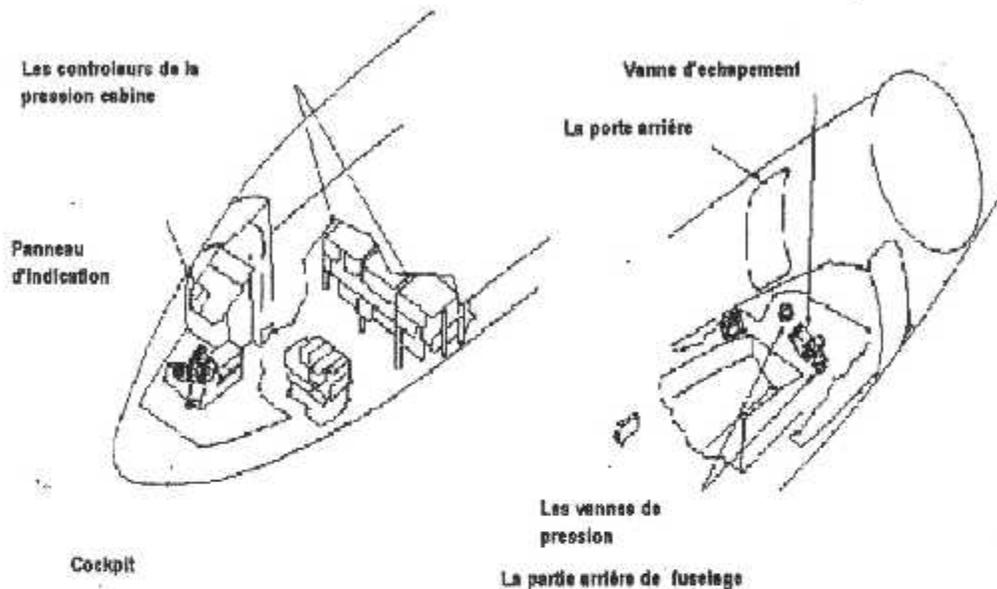


**Figure I-10 : Les gaines de distribution**

## **I.7 LES FONCTIONS DU SYSTEME DE PRESSURISATION DE LA CABINE**

L'objectif du système de pressurisation cabine est de régler d'une manière automatique la pression de l'air dans le fuselage. Le niveau de pression et la vitesse de variation de cette pression sont réglés de façon à obtenir les niveaux de pression nécessaires au confort et à la sécurité des passagers et surtout de l'avion.

Ceci est réalisé par la modulation de la quantité d'air qui s'écoule hors du fuselage à travers une ou plusieurs vannes de régulation (figure I.11).



**Figure I-11 : Emplacement de la vanne d'échappement**

### **1.7.1. Les vannes de régulation de la pression**

Ces vannes sont utilisées pour réguler le débit d'air qui est rejeté vers l'extérieur de l'avion pour maintenir la pression à un niveau requis à l'intérieur de la cabine de l'avion.

Les vannes sont commandées par des calculateurs. Ces calculateurs mesurent la pression à l'extérieur de l'avion, la pression qui règne dans le fuselage, puis ils commandent l'ouverture ou la fermeture des vannes selon des lois programmées pour obtenir la pression requise à l'intérieur du fuselage.

## **1.8. QUELQUES DETAILS SUR LES COMPOSANTS**

### **1.8.1. Les échangeurs (primaire et secondaire)**

Chaque système de refroidissement comporte deux échangeurs. Chaque échangeur a une surface large pour la transformation de l'air chaud en air froid par l'intermédiaire de l'air dynamique.

- Echangeur primaire :

Il reçoit de l'air à partir de la vanne d'arrêt et par l'intermédiaire de l'air dynamique, l'air sortant de cet échangeur est refroidi.

- Echangeur secondaire :

Il reçoit l'air comprimé par ACM et quand l'air circule dans cet l'échangeur, l'air dynamique diminue la température de cet air à nouveau.

### **I.3.2. Air cycle machine**

C'est un ensemble rotatif à une très haute vitesse. Il a trois (03) sections connectées par un arbre commun : la turbine, le compresseur et la ventilateur. Chaque pack a une ACM qui permet de diminuer la température de l'air par la détente à travers la turbine.

### **I.3.3. Condenseur**

Pour chaque pack, on trouve deux condenseurs qui sont placés dans le séparateur d'eau. Ces ensembles sont placés sur les espacements avant du compartiment du pack de conditionnement d'air. Le condenseur diminue la température de l'air pour former des gouttelettes d'eau.

### **I.3.4. Séparateur d'eau**

Il y a quatre (04) séparateurs d'eau, deux pour chaque pack. Ils sont contenus dans l'ensemble de la soute électronique. Ces ensembles sont situés dans les espacements avant des compartiments de conditionnement d'air. Le collecteur collecte l'eau au niveau du séparateur qui va extraire cette eau vers l'extérieur via les glisseurs d'eau.

## **I.9. EMPLACEMENT DES COMPOSANTS PRINCIPAUX DES SYSTEMES DE CONDITIONNEMENT D'AIR**

### **I.9.1. La gaine de distribution principale**

Elle est située dans l'arrière du compartiment cargo avant, les packs sont attachés à ces extrémités. Elle est reliée aussi avec deux conduites qui amènent l'air vers le cockpit et vers la cabine des passagers.

### **I.9.2. Système de distribution de la cabine des passagers**

Les canalisations de la distribution se situent dans la droite, avant la cloison. Elles servent à transporter l'air climatisé vers la sortie supérieure de la conduite qui se trouve dans le plafond de la cabine.

### **I.9.3. Système de distribution de cockpit**

La gaine de distribution est située dans l'espace gauche du fuselage.

### **I.10 Prise d'air dynamique**

En cas de non fonctionnement des packs et si l'avion n'est pas pressurisé ( $P < 1$  PSI), on utilise une prise d'air dynamique pour alimenter le collecteur et ventiler la cabine.

Cette prise d'air est située sur le carénage d'entrée d'air de pack gauche. Elle est actionnée par un vérin électrique situé dans le logement des packs.

L'ouverture de la prise d'air dynamique provoque l'ouverture des deux (02) vannes de régulation de débit ce qui améliore la circulation de l'air dans la cabine.

## Partie II

# Le controle de la température

## II.1. GENERALITES

Le contrôle de la température dans les différents compartiments de l'avion est accompli en surveillant les proportions de l'air chaud et froid vannant de chaque pack.

Ce système fonctionne uniquement quand le système de conditionnement d'air fonctionne, et cela quand il y a une source d'air.

L'ACAU surveille le fonctionnement logique des systèmes pneumatique et conditionnement d'air.

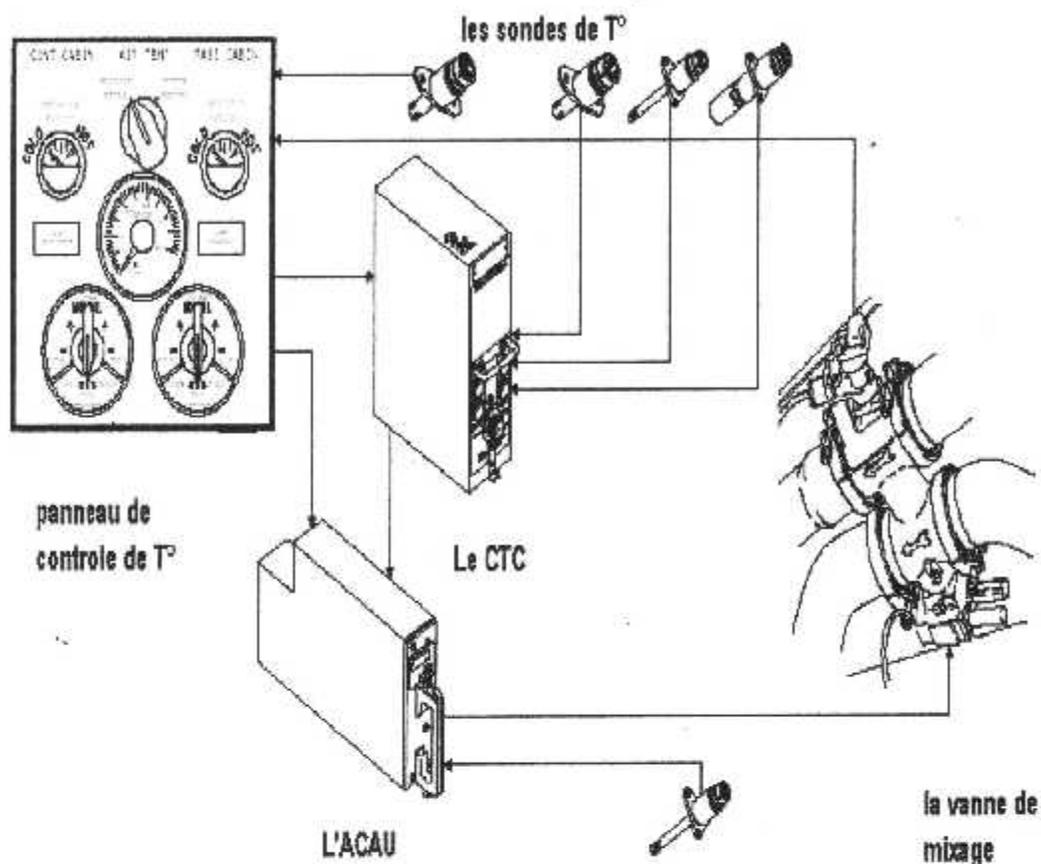
Le CTC reçoit les signaux du panneau de contrôle de température. Les détecteurs envoient les données des températures du compartiment passagers et du cockpit. Le CTC envoie le contrôle et les signaux de fonctionnement à travers l'ACAU pour l'AUTO contrôle de la température.

Les signaux de contrôle de température vont à la vanne de mixage, cette vanne contrôle le taux d'air entrant dans le pack.

Le système de contrôle de température dispose de switches de surchauffe dans la gaine principale, ces switches donnent des indications et peuvent arrêter le fonctionnement quand la température dépasse les limites.

Les sondes de température dans le compartiment passager et sur la gaine surveillent et envoient la donnée de température au panneau de contrôle de température, celui-là montre les températures de l'air et la position de la vanne de mixage.

Lors du fonctionnement des packs, tous les circuits de protection contre le surchauffe et de contrôle de température sont actives (Voir figure II.1).



**Figure II-1 : Contrôle de température**

## **II.2 LES ZONES CONTROLÉES**

Le système de contrôle de température surveille en permanence la température de l'air dans les locations suivantes :

- poste de pilotage,
- compartiments avant et arrière des passagers.

### II.3 LE PANNEAU DE CONTROLE DE LA TEMPERATURE

Le panneau de contrôle de la température se situe dans le panneau supérieur du pilote (P5), dont on trouve :

- Deux switchers sélecteurs ; AUTO et MAN.
- Deux lampes indicatrices de surchauffe du conduit.
- Deux indicateurs de position de la gaine de mixage.

Le panneau est divisé en deux sections :

- La section CONT CABIN ; pour le contrôle du pack gauche.
- La section PASS CABIN ; pour le contrôle du pack droit.

Quand la cabine de pilotage reçoit l'air conditionné de la cote droit de la gaine de distribution principale, les contrôles du pack droit sont identifiés par CONT CABIN.

Quand la cabine des passagers reçoit l'air, les contrôles du pack droit sont identifiés par PASS CABIN.

### II.4 REGULATION DE LA TEMPERATURE PAR L'ACAU

Les ACAUs sont les interfaces pour le fonctionnement logique de l'avion et des systèmes d'air.

Les températures dans les cabines de pilotage et des passagers sont réglées par l'unité ACAU, située dans le compartiment électronique, cette unité contient tous les circuits de la régulation automatique des composants suivants :

- Des deux vannes de mixage,
- Des différents détecteurs de température,
- Des switches de surchauffe et des sélecteurs de température dans la cabine.

Les ACAU reçoivent des signaux des composants suivants :

- Les vannes de démarrage moteur,

- Des deux vannes de mixage,
- Des différents détecteurs de température,
- Des switches de surchauffe et des sélecteurs de température dans la cabine.

Les ACAU reçoivent des signaux des composants suivants :

- Les vannes de démarrage moteur,
- La vanne de contrôle du débit d'air du pack,
- Actuateur de l'air dynamique,
- Les switches de surchauffe du pack,
- Le panneau P5 (switch de surchauffe de la gaine).

L'ACAU émet des signaux vers les composants suivants :

- Vanne de contrôle de la température,
- Contrôleurs d'air dynamique,
- Panneau P5,
- Le CTC,
- Vanne d'arrêts et de contrôle de débit d'air.

## **II.5. LE CONTROLE DE LA TEMPERATURE**

La fonction de contrôle de température est réalisée selon deux modes :

- Le mode automatique,
- Le mode manuel.

## **II.6. FONCTIONNEMENT EN MODE AUTOMATIQUE**

Lors du fonctionnement en mode automatique, un régulateur surveille continuellement les températures, et positionne la vanne de mixage de manière à garder la température au niveau désiré.

de froid, et utilise cette demande comme un signal pour équilibrer la température à l'extérieure du pack, la température demandée est comparée à celle à la sortie du pack qui est détectée par le détecteur de température du pack, le signal est comparé avec 35° F (2°C) qui représente une limite de protection contre le givrage de la tuyauterie de mixage.

La température dans la tuyauterie de mixage et le signal de demande pack sont aussi comparés avec 35° F (2°C), et le contrôleur surveille la vanne de contrôle de température.

Les switches commandent la limite d'ouverture et de fermeture de la vanne de contrôle de température.

Quand les sélecteurs de température de la zone sont dans la position OFF, le contrôleur de température PACK/ZONE utilise une demande fixée à 75° F (24 °C).

### **IL.7.FONCTIONNEMENT EN MODE MANUEL :**

Lors du fonctionnement en mode manuel, la vanne de mixage est contrôlée directement par le sélecteur de température, le système d'indication permet de surveiller la température dans la cabine et la position de la vanne de mixage.

Avec le switch ON du pack droit, une alimentation de 115 VAC est fournie pour les trois switches du sélecteur de température de la cabine des passagers.

Si le sélecteur est en position MAN OFF, les trois switches sont ouverts.

La mise du switch sur COOL fermera les trois switches.

En mettant le switch sur WARM, l'un des trois switches se ferme, ce qui positionnera la vanne de mixage sur la direction opposée.

Le fonctionnement en mode manuel est similaire pour les deux packs.

## **II.8. Protection du pack contre le surchauffe :**

### **II.8.1. But**

Le circuit de protection du pack permet de bloquer le fonctionnement du pack pour éviter le dommage à l'ACM.

### **II.8.2. Détecteur de température du pack**

Les détecteurs de température du pack sont des dispositifs thermiques, leurs résistances changent en fonction de la température, la résistance de détecteur de température est un asservissement pour le contrôleur de température PACK/ZONE, ce dernier utilise l'asservissement pour contrôler la décharge de température du système de conditionnement d'air.

Chaque détecteur de température a deux éléments montés en série, donc on conclut que le détecteur de température mesure la température dans le pack de conditionnement d'air et donne un asservissement pour les contrôleurs de température PACK/ZONE, et fournit un signal de température à l'indicateur de température sur le panneau P5.

## **II.9. LES INDICATIONS DE TEMPERATURE**

### **II.9.1. But**

Le système de contrôle de température fournit une indication d'un état de surchauffe dans les gaines d'alimentation des zones, il indique également les défauts du système de contrôle de la température.

### **II.9.2. Interruption du courant**

L'indication d'interruption de courant est fournie par deux relais K1 et K2.

S'il y a une interruption de courant la lampe ZONE TEMP sur le panneau P5 s'allume immédiatement.

Le système de contrôle de la température des zones est recalé après que l'alimentation soit emmagasinée.

### **II.9.3. Indication de surchauffe**

La protection contre l'état de surchauffe est assurée par les switches dans la gaine d'alimentation du cockpit et des gaines d'alimentation de la cabine des passagers.

S'il y a un état de surchauffe, la lampe ZONE TEMP s'allume. Pour enlever cet état enfoncez le switch TRIP RESET dans le panneau P5 et cela après que la gaine soit refroidie.

### **II.9.4. Indication de défaut du système de contrôle de la température dans le cockpit**

Le défaut des contrôleurs de température ou un mal fonctionnement dans le système provoque l'allumage de la lampe ZONE TEMP et cela uniquement quand le système MASTER CAUTION est recalé, cela montre que la vérification BITE des contrôleurs est nécessaire.

S'il y a une perte de température pour le cockpit, la lampe ZONE TEMP s'allume.

## **II.10. LES SONDES DE TEMPERATURE**

### **II.10.1 But**

Les capteurs de température d'ambiance sont conçus pour répondre aux changements de chaleur. Ils mesurent la température dans les zones du système de C/A, ces sondes sont faites uniquement pour l'indication et elles ne sont pas une partie dans le système d'autocontrôle.

### **II.10.2 Description physique**

La sonde de température a les parties suivantes :

- Élément de détection,
- Connecteur électrique.

### II.10.3 Emplacement

Il y a sept sondes de température dans le système de contrôle de la température, elles sont similaires dans la désignation et le fonctionnement, leurs emplacements sont (voir la figure II.2) :

- La gaine de C/A du compartiment électronique.
- La gaine d'alimentation en air conditionné pour les cabines des passagers avant et arrière.
- Le coté droit avant de la cabine avant des passagers
- Le coté gauche arrière de la cabine arrière des passagers.
- Le pack droit sur l'ensemble du séparateur d'eau droit.
- Le pack gauche sur l'ensemble du séparateur d'eau gauche.

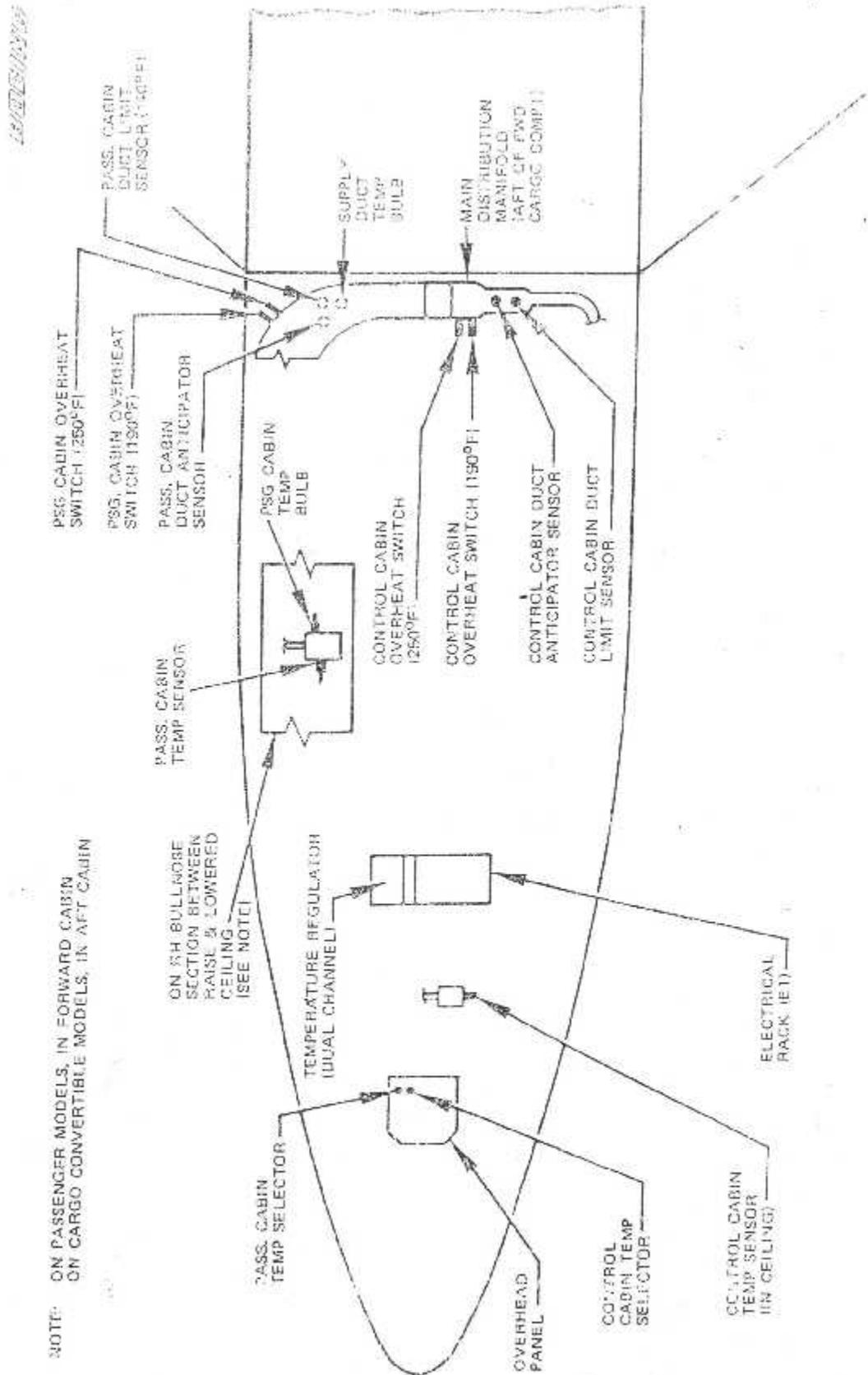


Figure II.2 : Les sondes de température

PARTIE III

ETUDE DE L'ACCESSOIRE

### **III.1. OBJECTIF**

Le but de ce chapitre est de faire une étude d'un accessoire avionique qui est le contrôleur de température cabine : c'est l'unité qui contrôle la température qui règne dans les différents compartiments de l'avion; il porte le nom de CTC (Cabin Temperature Controller).

### **III.2. PRESENTATION DU CTC**

(Voir figure II .1)

#### **III.2.1. Description générale du CTC**

Le CTC est constitué de :

- un châssis, et un support de fixation.
- un boîtier.
- quatre lampes.
- un commutateur du BITE.
- une étiquette d'instruction pour le fonctionnement du BITE.
- une plaquette d'identification.
- deux connecteurs électriques J1 et J2.
- deux cartes d'alimentation.
- deux cartes de contrôle.
- deux cartes du BITE.

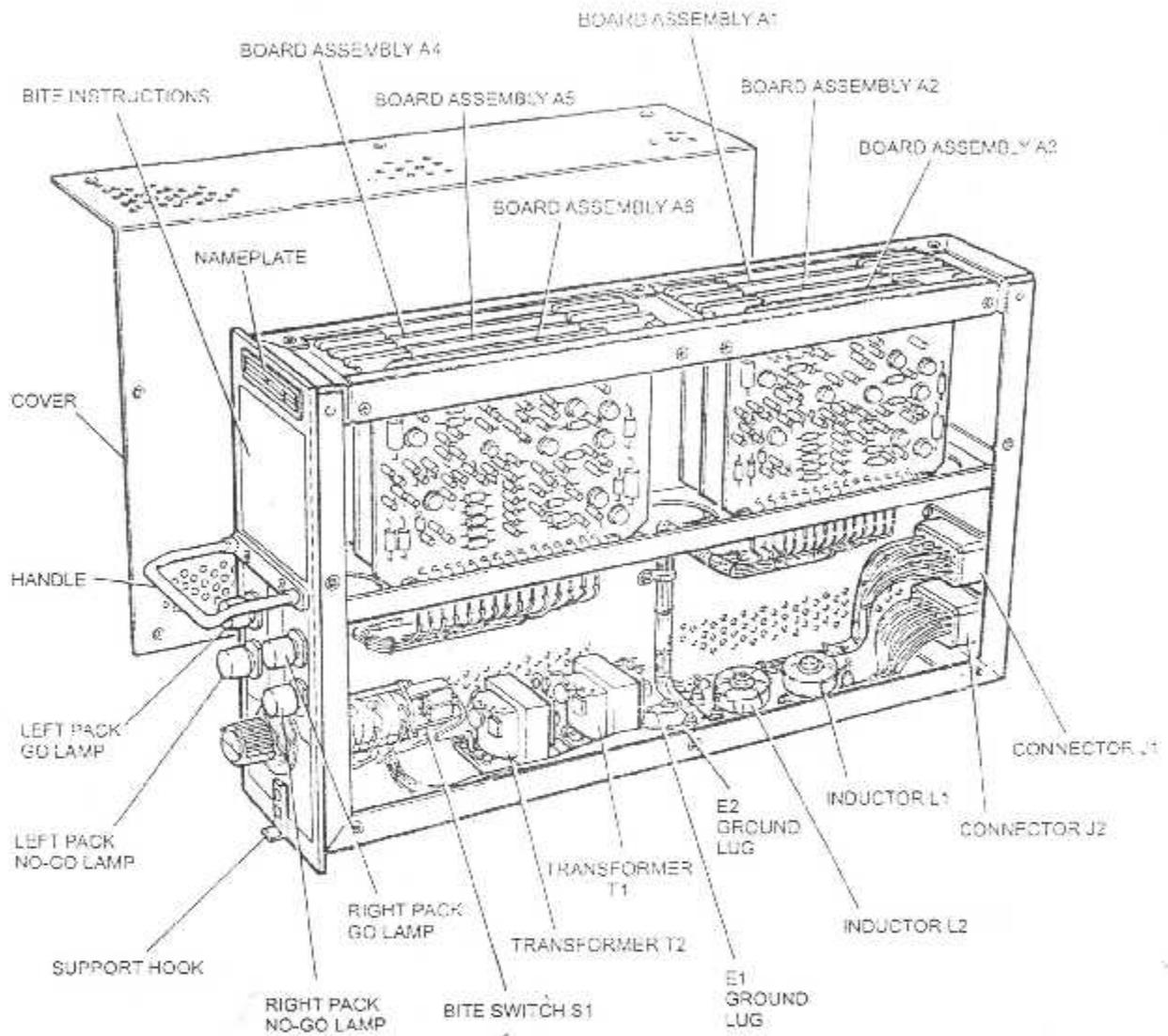
### III.2.2. Caractéristiques physiques

Le CTC fait le contrôle de deux packs identiques mais qui sont électriquement indépendants :

- Le pack droit qui fournit de l'air pour la cabine des passagers et qui est contrôlé par les cartes A1, A2 et A3.
- Le pack gauche qui fournit de l'air pour le poste de pilotage, et qui est contrôlé par les cartes A4, A5 et A6.

Chaque pack est muni d'une carte d'alimentation A1/A4, d'une carte de contrôle A2/A5 et d'une autre pour le BITE: A3/A6.

Les deux packs ont en commun un commutateur rotatif pour effectuer les tests BITE, et chaque pack répond à ces tests par quatre lampes indicatrices, c'est à dire chaque pack a deux lampes ; DS1 et DS3 pour indiquer son bon fonctionnement des packs droit et gauche respectivement (lampes GO) et DS2, DS4 pour signaler une panne (lampes NO-GO).



**Figure III.1. Le contrôleur de température cabine**

### **III.3. Fonctionnement DU CTC**

(Voir figure III.2)

Le CTC est conçu pour traiter les données d'entrée des sélecteurs et capteurs à l'aide de deux chaînes.

- La chaîne d'erreur cabine (cabin error channel) reçoit les signaux du détecteur et des sélecteurs qui se trouvent à l'intérieur de l'avion et du détecteur anticipateur et d'un sélecteur optionnel.
- La chaîne de haute limite (high limit Channel) reçoit les signaux du détecteur de température de la gaine.

Le traitement des signaux d'entrée se fait au niveau des cartes de contrôle, ce qui permet de varier l'énergie appliquée sur le moteur de la vanne de mixage, par conséquent cette énergie positionne la vanne de manière à garder la température de la cabine proche à celle sélectionnée par le pilote, la valeur de cette température varie de  $18.3 \pm 0.833 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $65 \pm 1.5^\circ\text{F}$ ) à  $29.4 \pm 0.833^\circ\text{C}$  ( $85 \pm 1.5^\circ\text{F}$ ).

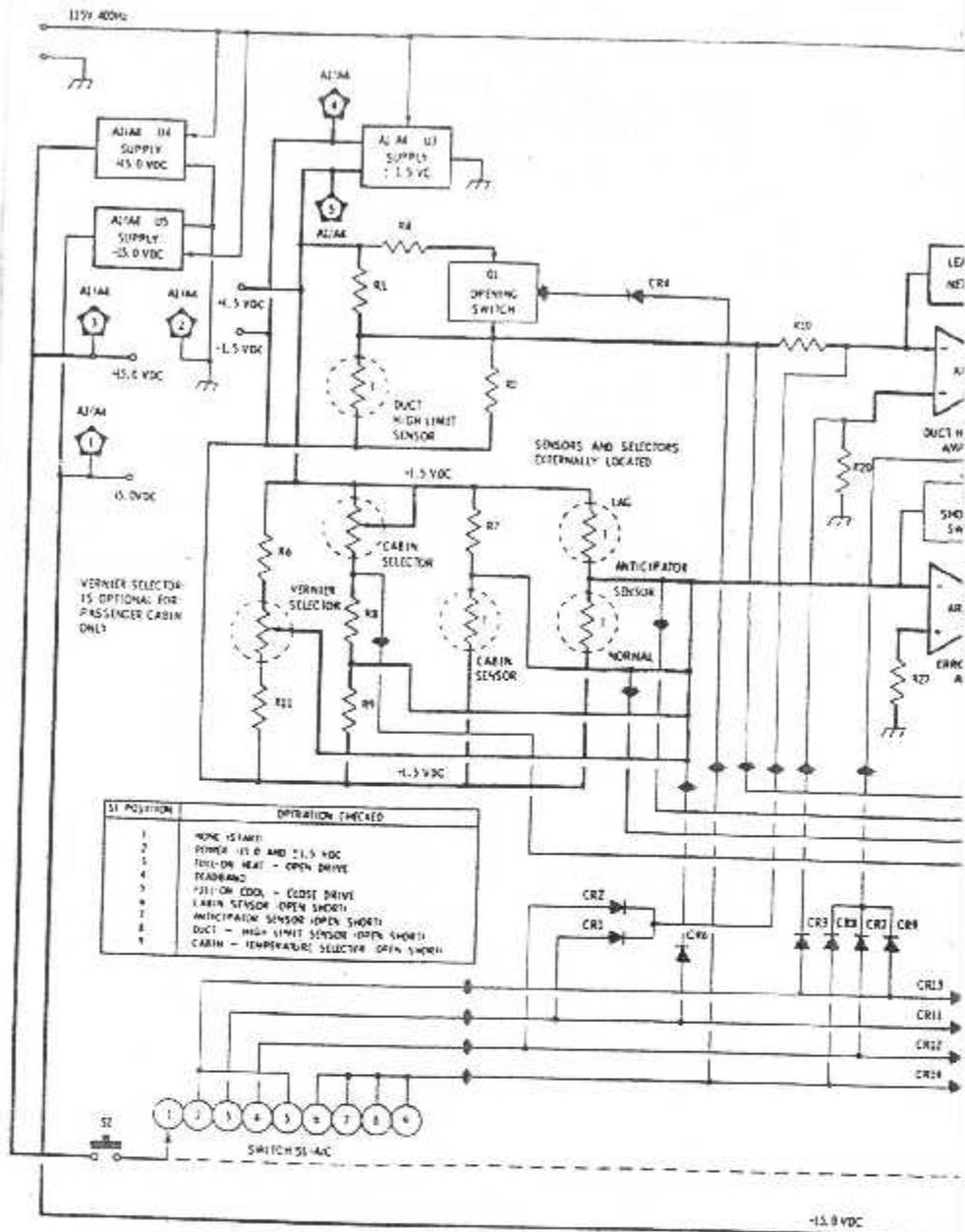
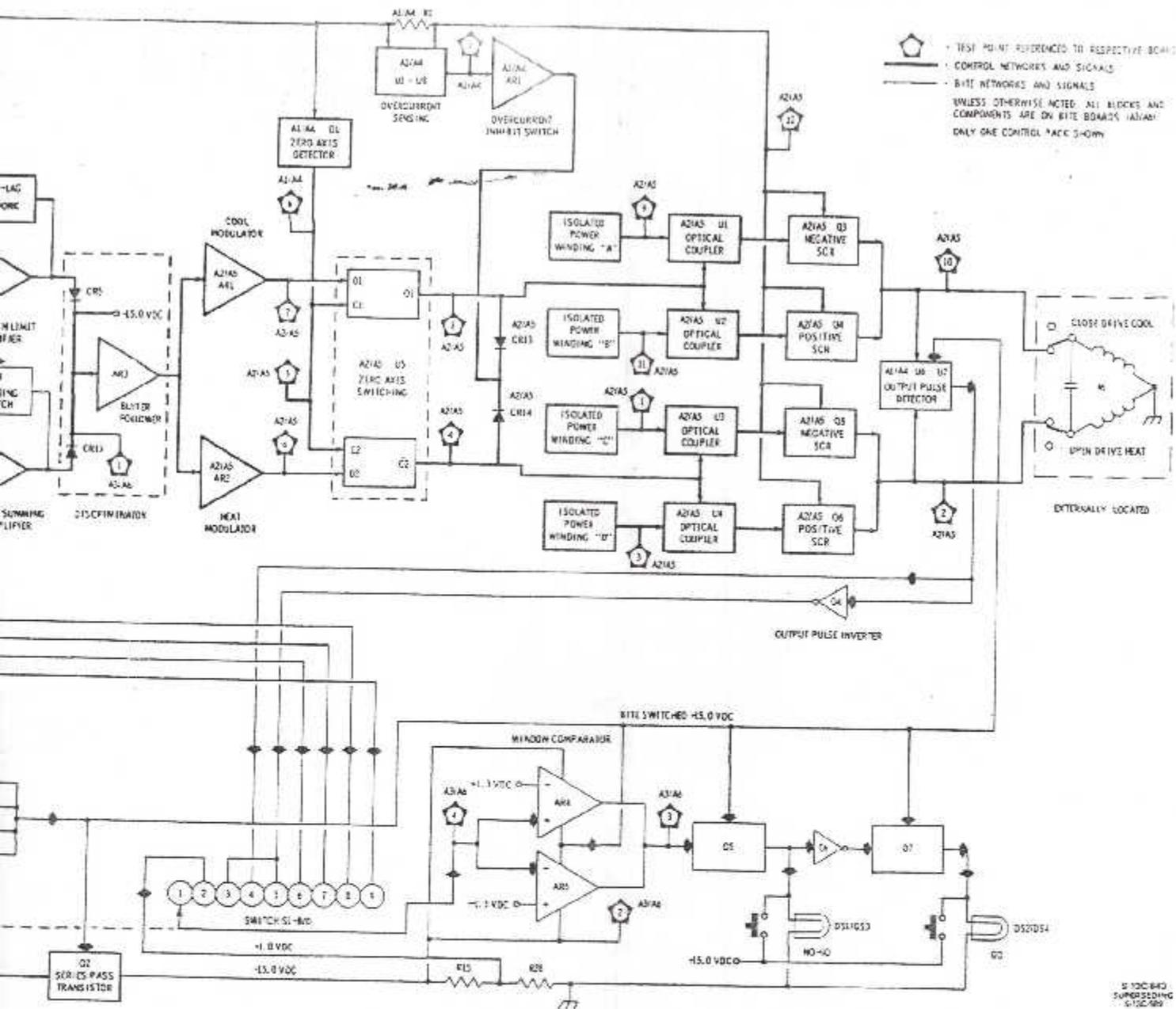


Figure III.1. Schéma



bloc du CTC

### **III.5. LE CIRCUIT DE COMMANDE DE LA VANNE**

(Voir figure III.5: Carte A3/A6)

Un signal d'erreur avec une amplitude et une polarité reflète l'intensité et la direction du changement de température dans la gaine, cette erreur pourra être produite à la jonction du détecteur de haute limite avec la résistance R2, ce signal d'erreur est appliqué (par la résistance d'entrée R10) à l'entrée inverseuse de l'amplificateur d'erreur de la gaine de haute limite AR1.

Le gain de cet amplificateur est obtenu par la division de la valeur de la résistance d'entrée R10 sur celle de R16, la capacité C4 assure la suppression des interférences électromagnétiques et la capacité C6 fournit une compensation de fréquence.

La sortie de l'amplificateur AR1 est injectée via la diode CR5 à l'entrée non inverseuse du buffer suiveur AR3 du circuit discriminateur.

### **III.6. LES CIRCUITS D'ENTREE CABINE**

(Voir figures III.3: cartes A1/A4 et II.5: carte A3/A6)

On a quatre circuits d'entrée, qui sont des diviseurs de tension et sont alimentés par  $\pm 1.5\text{VDC}$ .

Le premier circuit qui est constitué de deux résistances R8 et R9, et du sélecteur cabine produit le premier signal.

Le second signal est produit par le deuxième circuit qui est constitué du détecteur cabine en série avec la résistance R7.

Le troisième circuit consiste à produire un signal d'erreur quand il y a un changement brusque de température, cela est réalisé grâce au détecteur anticipateur qui est constitué de deux éléments (détecteurs), un exposé (normal) et un autre couvert (retardataire).

Le quatrième circuit est constitué d'un sélecteur (vernier selector) en série avec les résistances R6 et R11, ce circuit fournit le quatrième signal.

Les quatre signaux sont injectés dans le réseaux constituant l'amplificateur sommateur inverseur AR2, les résistances R21, R24, R27, R31, R33, et R34, les capacités C4, C5 et C6.

La sortie de l'amplificateur AR2 est injectée à travers la diode CR15 à l'entrée non inverseuse du buffer suiveur AR3 du circuit discriminateur.

### **III.7. LE CIRCUIT DISCRIMINATEUR**

(Referez-vous à la figure III-5)

Le circuit discriminateur comprend les diodes CR5, CR15 et CR17 (forment un buffer suiveur), les résistances R47 et R40 (forment le sélecteur de la tension positive et l'amplificateur opérationnel AR3).

### **III.8. FONCTIONNEMENT DES MODULATEURS**

(Voir figure II.3 : carte A1/A4)

#### **III.8.1. Généralités**

Le fonctionnement des deux modulateurs AR1 et AR2 est pareil, à moins qu'ils sont montés en inverse, par conséquent, ils fournissent des sorties à polarités opposées.

Le modulateur AR1 qui a un pôle négatif produit une demande de froid quand le modulateur AR3 produit une demande de chaleur et quand ce dernier produit une demande de froid, le modulateur AR2 fournit une demande de chaleur.

Les deux modulateurs ne fonctionnent plus, si les tensions d'erreur atteignent  $\pm 0.55\text{VDC}$ .

### III.8.2. Fonctionnement du modulateur

Dans le cas d'augmentation de la température, la résistance du détecteur décroît, c'est à dire il y aura une chute de tension au niveau de la jonction du détecteur et les résistances qui sont en série avec celui-ci.

Le modulateur AR1 est alimenté (à travers la résistance R9) par  $-15$  VDC, la pin 6 du modulateur est bloquée par les diodes CR7, CR8 et CR10, ce qui empêche la demande en froid .

Le modulateur AR2 est alimenté (à travers la résistance R10) par  $+15$  VDC, la pin positive 6 du modulateur est bloquée par les diodes CR9 et CR12, quant à la tension à la jonction de la diode CR11 et de la résistance R22 est positive ( $14$  VDC) et cela quand le modulateur ne fonctionne pas.

Comme le signal d'erreur du buffer suiveur AR3 augmente jusqu'à ce qu'il arrive à un niveau assez élevé pour surmonter le pole négatif du modulateur AR1, la pin 6 devient positive ,et la sortie positive est injectée à l'entrée non inverseuse (pin3) via la diode CR5 et la résistance R17.

Les résistances R9 et R17 qui forment un diviseur de tension , permet de fournir la tension positive, au même temps la capacité C1 commence à se charger à travers la diode CR7 et le diviseur de tension formé des résistances R5 et R15.

Quand la charge positive de la capacité C1 qui est appliquée à l'entrée non inverseuse (pin 2) de l'amplificateur opérationnel, dépasse le niveau du signal de demande positive appliquée à la pin 3, la sortie de l'amplificateur opérationnel sera négative.

Avec une sortie négative à la pin 6, la capacité C1 commence à se décharger à la masse à travers la résistance R5. Quand la charge dans la capacité C1 baisse de sorte que la tension à la pin 2 devient négative par rapport à la pin 3, la phase du rendement négatif se termine, un cycle est achevé et un autre commence.

La diode Zener VR1 empêche la sortie positive de dépasser +12.0VDC, par conséquent, contrôle le taux de chargement et la tension de la capacité CR1.

La capacité C9 permet d'accélérer et de régulariser le fonctionnement de la diode CR5.

### **III.9. DETECTEUR DE L'AXE ZERO**

La pulsation d'horloge de l'axe zéro est générée par le réseau constitué du transistor Q1, des résistances R11 et R15, et des diodes CR4 et CR8, une pulsation carrée de 15 volts est générée pour chaque alternance positive du 400 Hz ; cette pulsation est appliquée aux entrées C1 et C2 de la bascule U5.

Le but de ces pulsations est de permettre à la bascule U5 de synchroniser les bords montants et descendants de la sortie de l'onde carrée du modulateur, avec les points d'intersections de l'axe zéro de l'alimentation 115 volts, 400 Hz qui sont appliqués à la sortie des SCRs, cela est nécessaire car la sortie de la fréquence 400 Hz n'est pas continue mais de même fréquence que le modulateur.

### **III.10. PROTECTION CONTRE LES COURTS CIRCUITS**

Le pont de rectification U1, en conjonction avec le coupleur optique U8 accomplit cette fonction, et cela en chutant La tension à travers la résistance R1.

### **III.11. LE BITE (BUILT IN TEST EQUIPEMENT)**

Le CTC est équipé d'un test intégré qui lui permet de détecter les pannes et de les isoler, et aussi de détecter les capteurs défectueux quand l'unité est installée sur avion.

Un LRU fonctionnant normalement est indiqué par une lampe verte (GO).

Un LRU défectueux est indiqué par une lampe rouge (NO-GO).

Les fonctions BITE (voir figure 2) sont commandées et sélectionnées par le switch (S1) et cela quand ce dernier est sur position 2 via 9.

Quand le switch S1 est relâché les lampes GO et NO-GO doivent s'allumer individuellement.

Quand le switch du BITE S1 est mis sur l'une des huit positions, soit sont les lampes GO qui s'allument (c'est-à-dire les lampes vertes DS2/DS4) ou bien les lampes NO-GO (lampes rouges DS1/DS3), cela dépend du circuit à tester s'il fonctionne comme cela est recommandé ou non.

### III.11.1. L'Alimentation

Dans toutes les positions du BITE, les sections A et C du switch S1 fournissent une tension continue de +15 VDC nécessaire pour le fonctionnement de tous les circuits BITE.

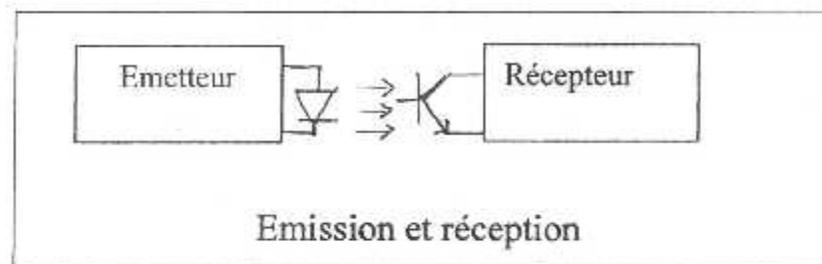
Le transistor Q2 avec la diode Zener VR1 et les résistances associées fournissent une tension de -15 VDC pour le BITE.

Les signaux de demande BITE qui sont dérivés de la tension +15 VDC sont injectés quand la réaction des deux packs est appliquée au circuit window (amplificateurs opérationnels AR4 et AR5) à travers les sections B et D du switch S1.

### III.12.LES CAPTEURS

#### **III.12.1. Technique de transmission par le rayonnement**

La liaison infrarouge est de loin celle qui intéresse plus les systèmes d'alarmes et des télécommandes pour des portées de quelques mètres, la transmission se fait dès qu'un courant traverse la diode électroluminescente, qui est la source d'émission.

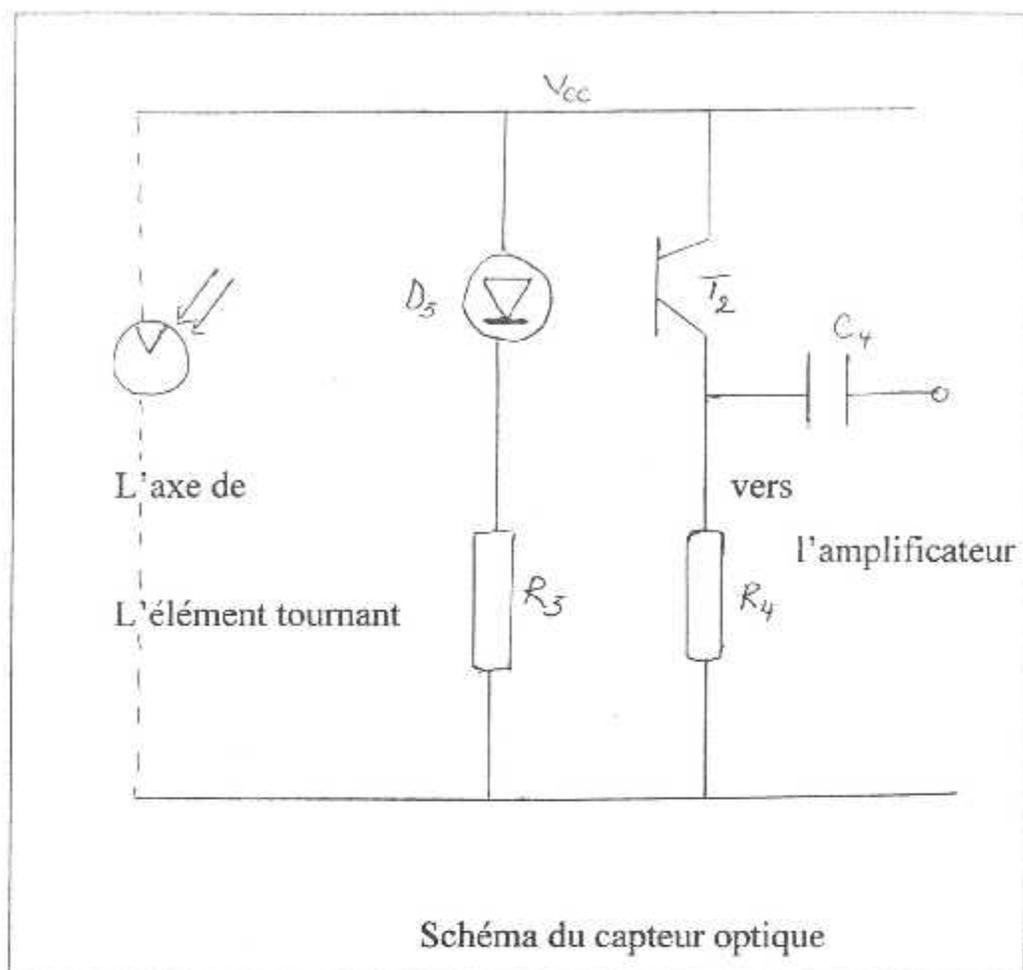


Tout ce passe comme si on envoyait avec une lampe de poche un signal en morse à un détecteur optique (photo diode) qui aura pour rôle de convertir ces rayonnements en signaux électriques.

La transformation de l'information sur un faisceau de rayon infrarouges s'effectue comme sur une onde radio, l'onde infrarouge est modulée en amplitude sur certaines fréquences porteuses afin d permettre au récepteur de distinguer celle venant de l'émetteur de rayonnement ambiant, parasite.

#### **III.12.2. Principe de fonctionnement**

Dès la fermeture de l'interrupteur, la LED D1 émet un signal infrarouge continu dont l'intensité est fixe par R1, le rayonnement invisible est capté par réflexion sur l'axe de l'élément tournant dont on cherche à contrôler la vitesse par le phototransistor TI qui est polarisé par la résistance R2, les signaux alternatifs sont prélevés par C3 sur l'émetteur du phototransistor.



### III.12.3. Etage d'amplification

L'amplificateur réalisé est à base d'un transistor NPN, polarisé en émetteur commun.

Les signaux alternatifs d faibles amplitude sont prélevés par C4 sur l'émetteur du phototransistor T2 puis amplifiés par le transistor T3, ce dernier est alimenté à travers R5,R6,R7 et R8 et filtré par les capacités C2 et C3.

L'amplificateur T3 est muni d'une résistance de réaction automatique R7 entre le collecteur et la base.

Les condensateurs C5 et C6 transmettent les signaux amplifiés à l'entrée non inverseuse de l'amplificateur opérationnel Ic4.

L'étage d'amplificateur est caractérisé par son fort gain en tension et l'inversion de phase. Le montage émetteur commun amplifie les signaux alternatifs de faible amplitude délivrés par le phototransistor qui est par la suite transmis vers l'étage de mise en forme.

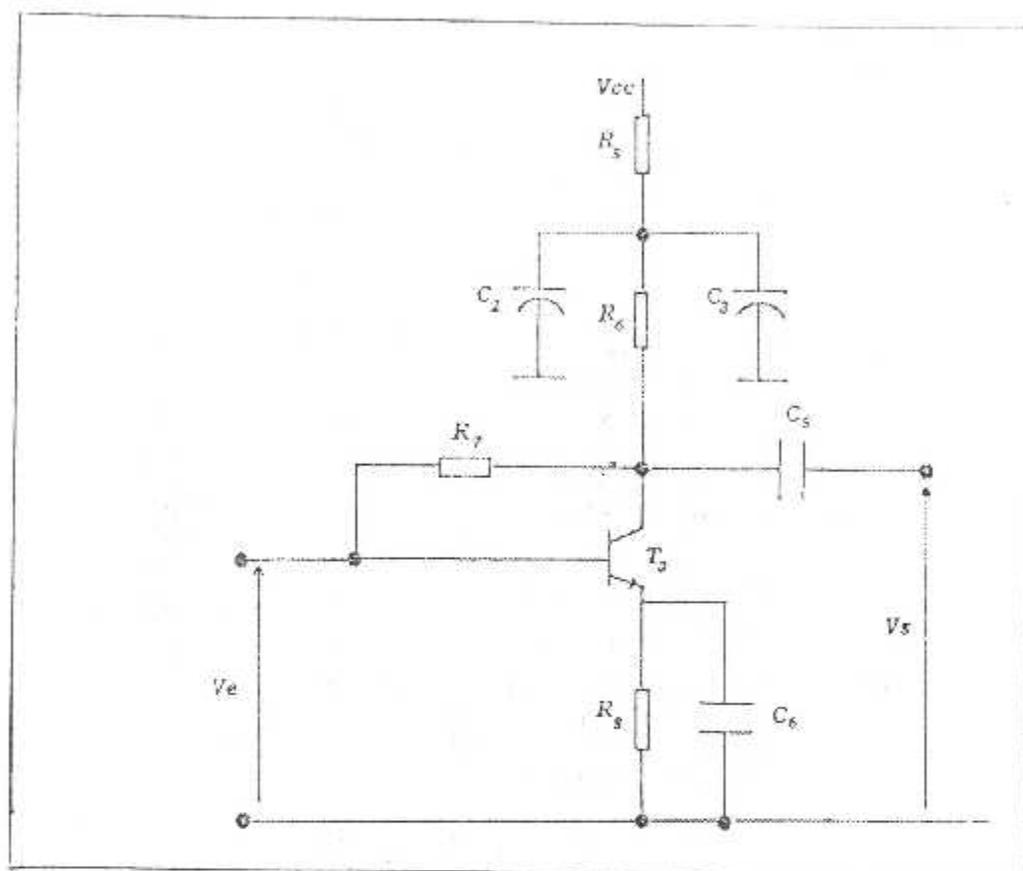


Schéma du montage amplificateur



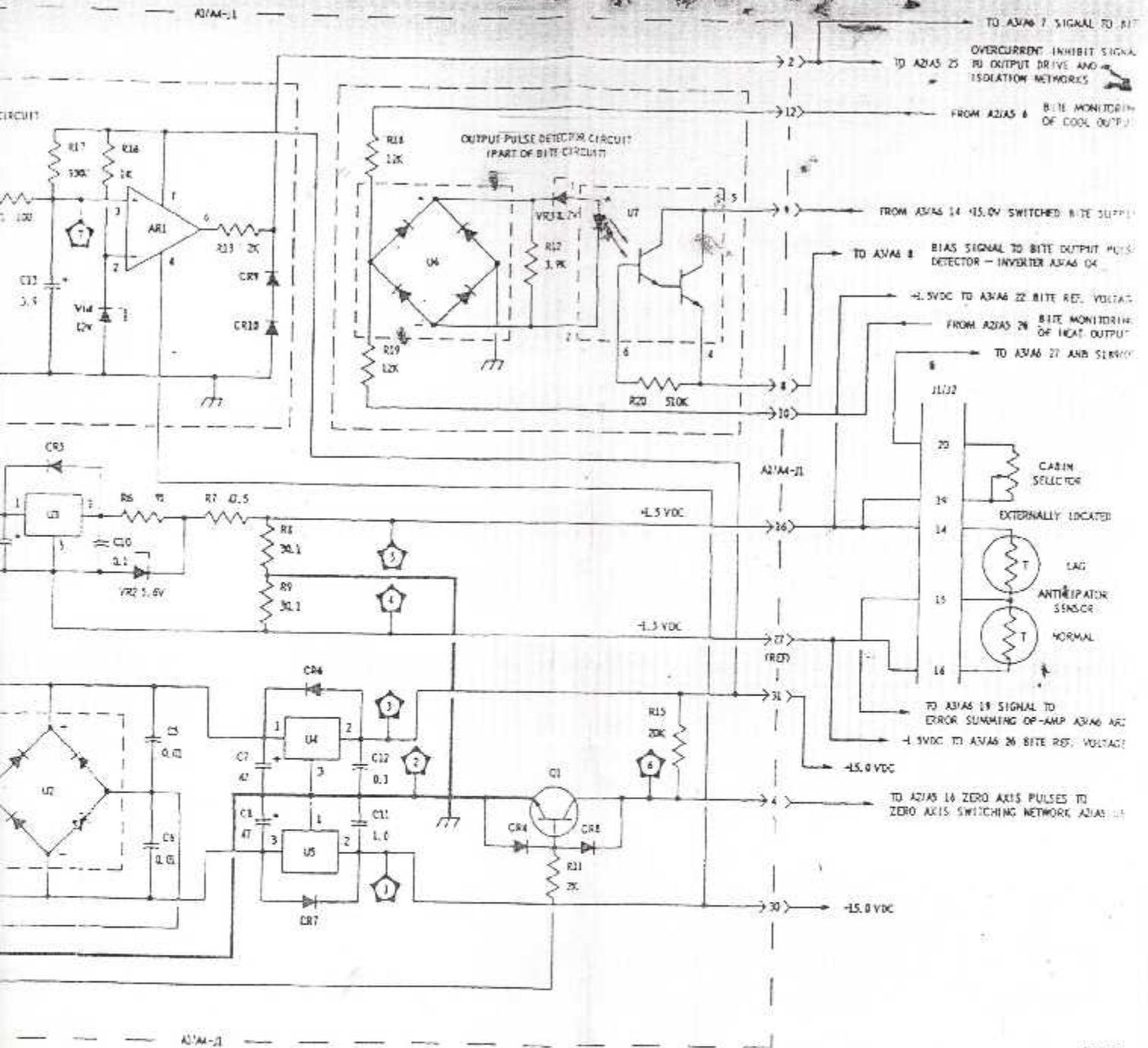


Figure III-2 : Schéma électrique des cartes AI/A4

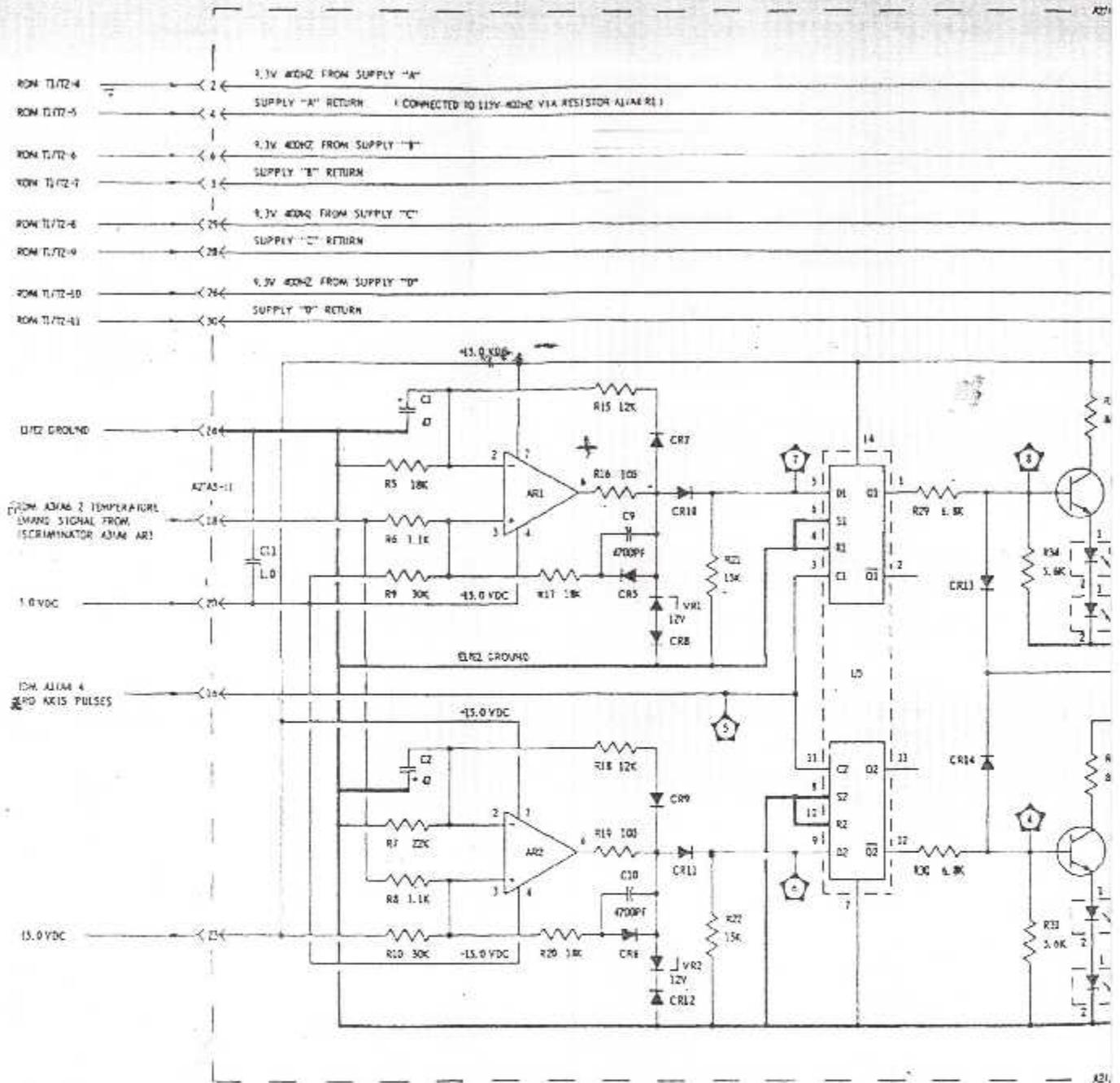


Figure III-4 Schéma électrique des cartes A2/A5

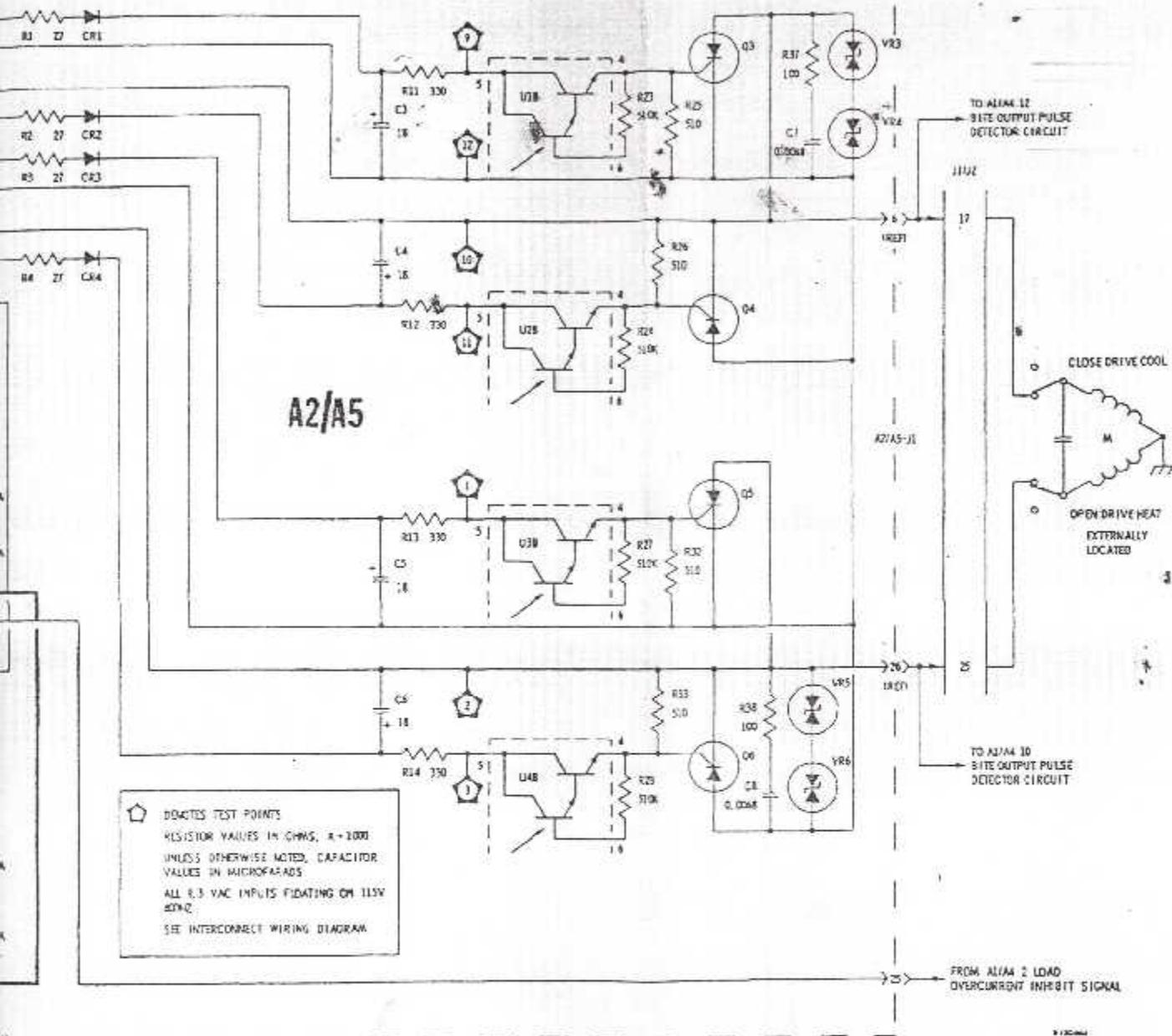


Figure III-4 Schéma électrique des cartes A2/A5

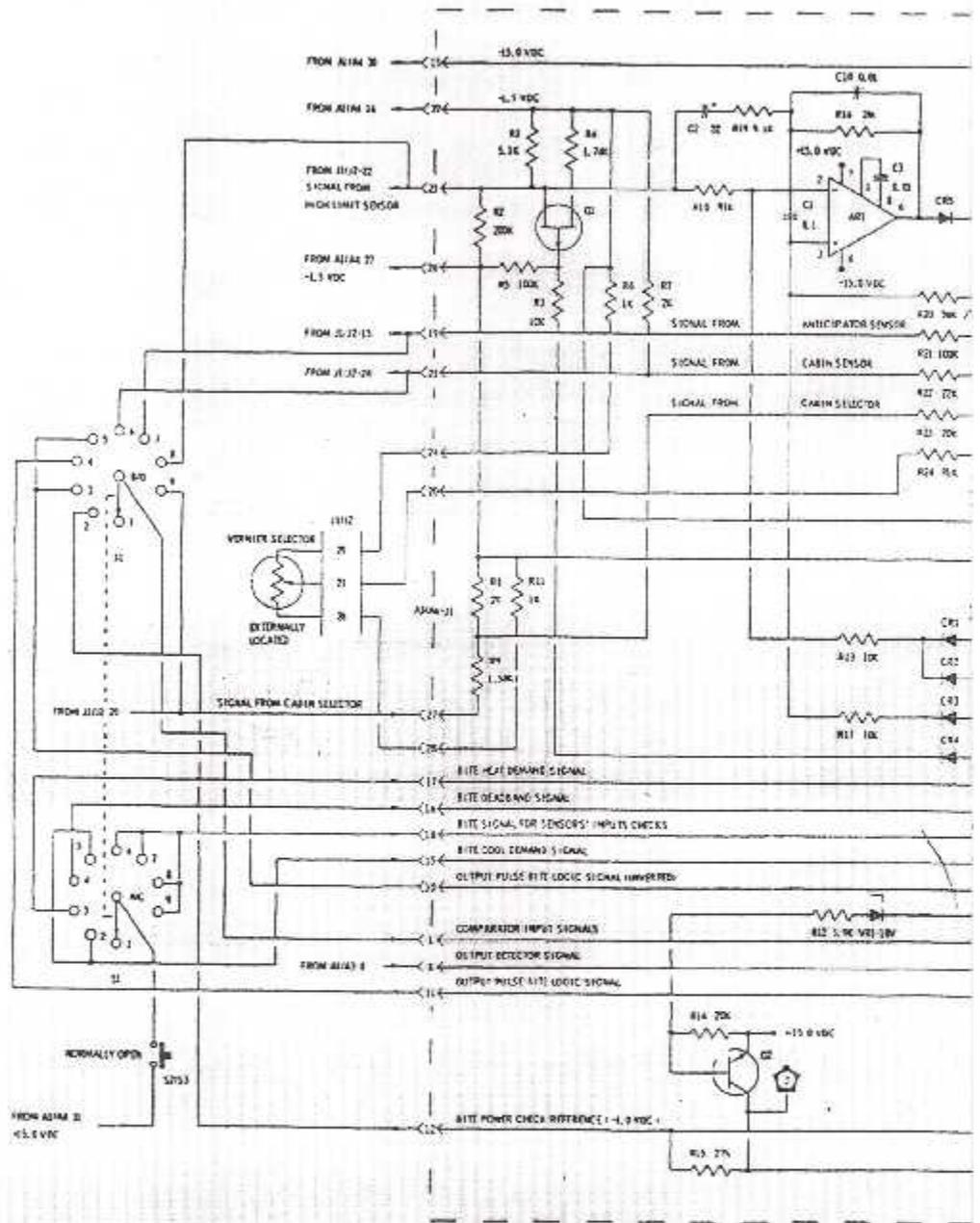
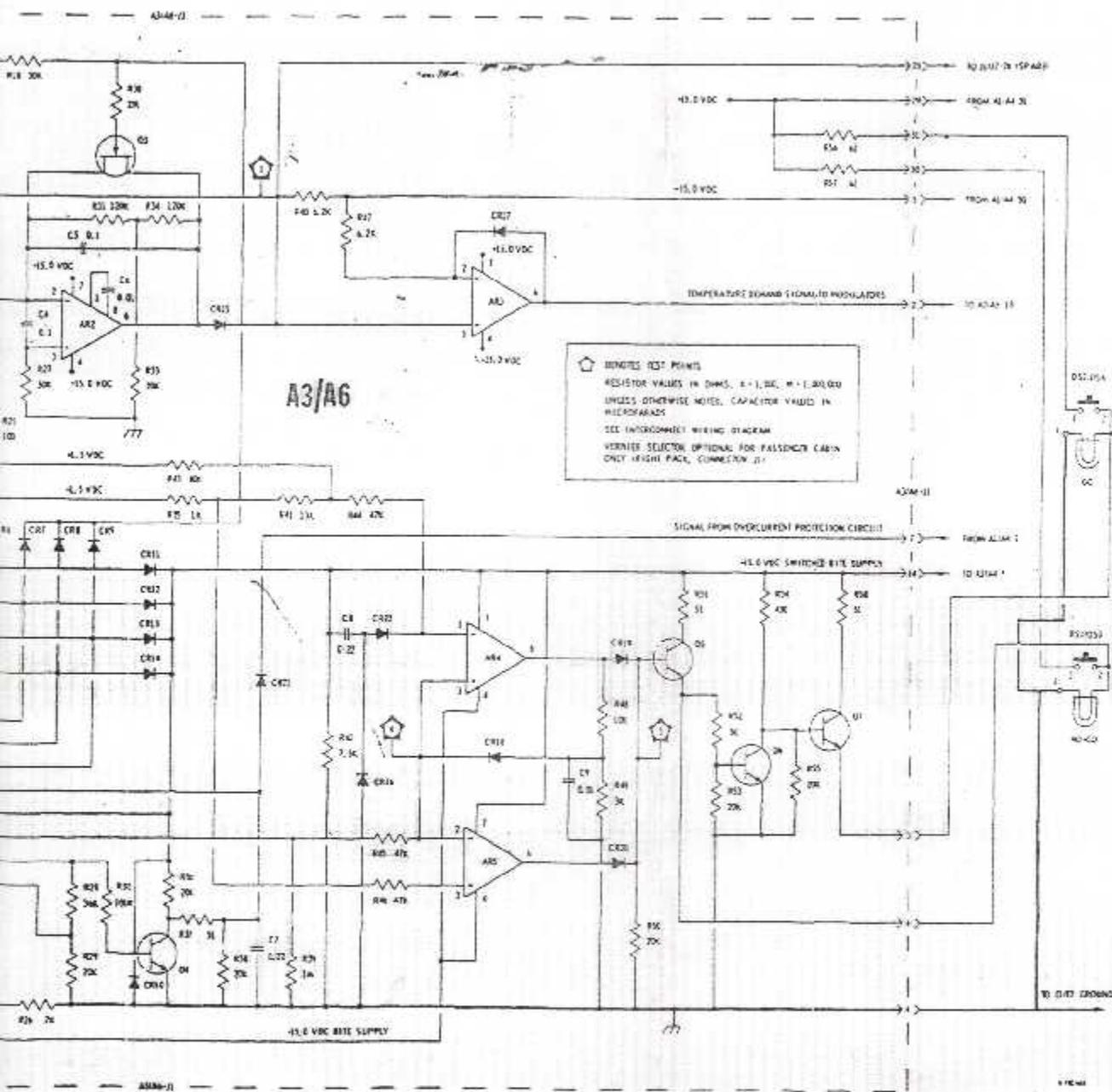


Figure III 4 Schéma Elec



### **III.13. LA REALISATION DU BANC D'ESSAI**

#### **Introduction**

Les pannes qui peuvent empêcher le fonctionnement des équipements aéronautique, peuvent survenir à n'importe quel moment, C'est pour cela qu'ils sont dotés de bancs d'essais pour faciliter leurs entretiens dans les ateliers.

#### **III.13.1. Objectif**

On a consacré cette partie pour la réalisation du banc d'essai du contrôleur de température cabine, cet accessoire qui nous permet de contrôler la température dans la cabine.

#### **III.13.2. Réalisation du banc d'essai**

Le schéma électrique du banc d'essai du CTC est représenté sur la figure (III.6).

#### **III.13.3 alimentation du banc d'essai**

L'alimentation nécessaire à ce banc d'essai est de 115 VAC/400 Hz.

#### **III.13.4. La vue de face du banc d'essai**

- Le banc d'essai réalisé est de 482 mm de longueur, et de 150mm de hauteur, sur sa face avant on y trouve les éléments suivants:
- Un connecteur,
- Les bornes des décades,
- La borne de l'oscilloscope,
- Les switches S101, S102 et S103,
- Les fusibles F101 et F102,
- Les points test TP1, TP2, TP3, TP4, TP5 et TP6,
- Les voyants: DS101, DS102, DS103 et DS104.

(Voir la figure : III.7)

**III.13.5. Le câblage**

Les dimensions du banc d'essai nous ont permis de bien placer les différents éléments.

Le câblage est constitué des éléments suivants :

- Les résistances : R101, R105, R107, R109, R110, R111 et R112,
- Les selfs : L101 et L102
- Les diodes Zener: VR101, VR102, VR103, VR104, VR105 et VR106,
- La capacité C101.

(Voir la figure III.8).

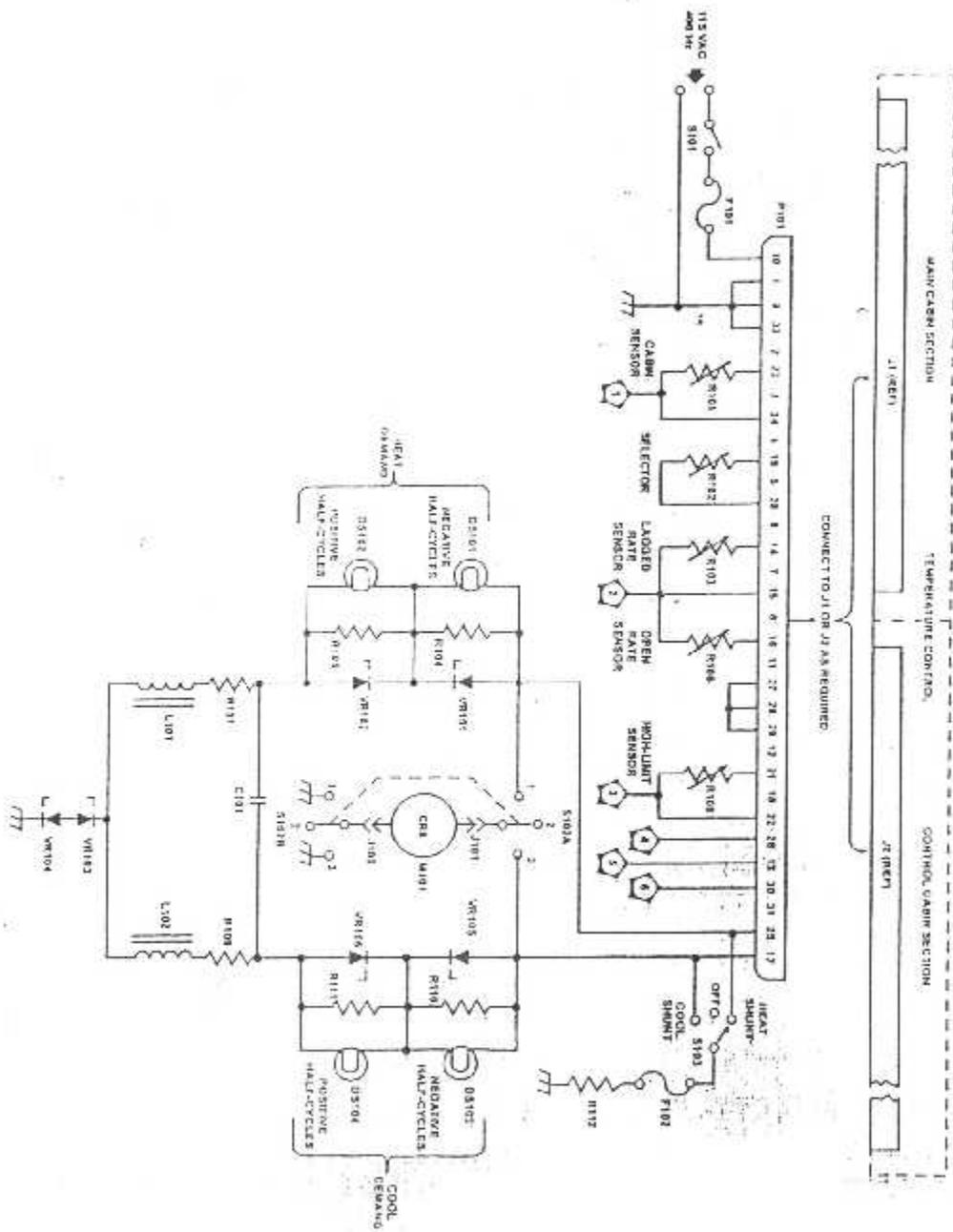
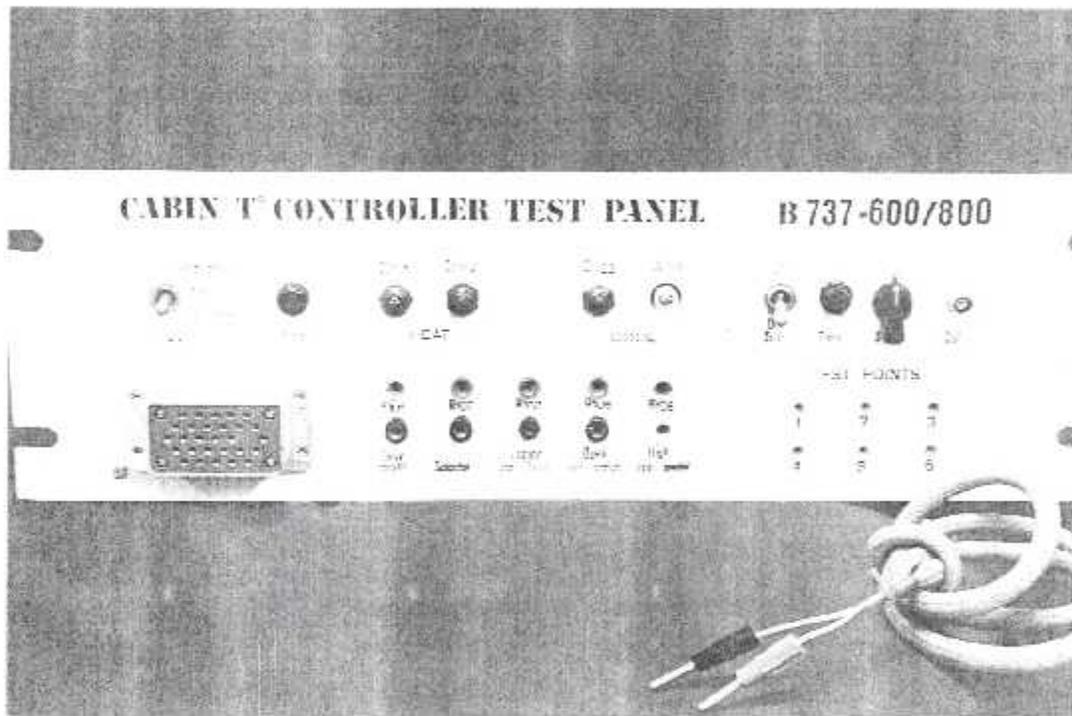
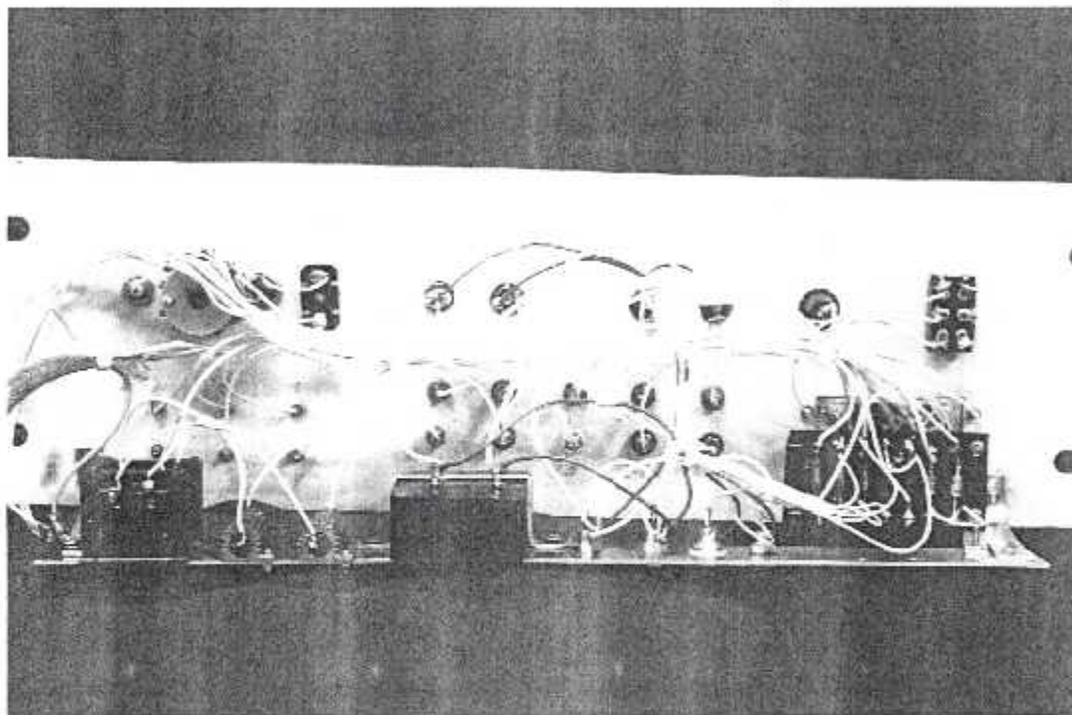


Figure (III.6) : Schéma électrique du banc d'essai



**Figure (III.7) : La face avant du banc d'essai**



**Figure (III.8) : Le câblage**

### III.13.6. la procédure de test

Pour procéder au test du contrôleur de température cabine suivez

Instructions suivantes :

- Connectez l'unité de contrôle au banc d'essai et mettez le switch d'alimentation sur la position OFF.
- Connectez la décade R101 du détecteur de T° cabine au banc d'essai et fixez-la sur 2000 Ohms.
- Connectez la décade R102 du détecteur de T° cabine au banc d'essai et fixez-la sur 420 Ohms.
- Branchez les décades R103 et R106 du détecteur anticipateur au banc d'essai et mettez-les sur 2000 Ohms.
- Connectez la décade R108 du détecteur de haute limite et mettez-la sur la valeur de 3500 Ohms.
- Branchez un oscilloscope au banc d'essai et mettez le switch S102 sur la position n°1, mettez aussi le switch S103 sur la position OFF.
- Assurez-vous que le commutateur du BITE est sur la position 'START'.
- Maintenant on peut connecter le banc d'essai à l'alimentation à travers
- Le switch S101 en le mettant sur la position ON.

Après avoir effectué l'installation initiale on va suivre une chaîne programmée de tests pour s'assurer du bon fonctionnement du CTC.

A la fin de ces tests on arriverait à savoir si l'accessoire qui est mis hors service est prêt à fonctionner à nouveau, et de repérer les éléments défectueux pour les changer.

PARTIE IV  
SIMULATION

### **IV.1. INTRODUCTION**

Afin de pouvoir réparer notre accessoire qui est le contrôleur de la température cabine (CTC) dans des temps très brefs et pour obtenir des résultats meilleurs, on a utilisé un logiciel très performant et efficace qui répond a nous besoins , c'est DELPHI.

### **IV.2. PRESENTATION DE DELPHI**

DELPHI est un environnement visuel qui offre une souplesse pour le développement d'applications logicielles. Il est le très célèbre logiciel de développement rapide des applications.

Le DELPHI offre des avantages d'une programmation visuelle permettant de gagner du temps au programmeur à l'aide d'un mode de conception. Il offre aussi un environnement de programmation et de mise au point des programmes très efficaces.

### **IV.3. NOTIONS DE PROGRAMMATION VISUELLE ET EVENEMENTIELLE**

#### **IV.3.1. Programmation visuelle**

La programmation visuelle est une des particularités des nouveaux logiciels. Elle consiste à utiliser des composants visuels et non visuels (en mode exécution) qui permettent d'exécuter des actions courantes en programmation. Ces composants sont regroupés sur des pages (onglets) selon leur type et leur rôle.

### **IV.3.2. Programmation événementielle**

La programmation événementielle est la particularité la plus importante de DELPHI. En effet, elle permet d'associer une instruction ou un groupe d'instructions à un événement donné.

Tous les composants existants possèdent des événements, c'est-à-dire qu'ils peuvent réagir aux différents événements selon la demande de l'utilisateur.

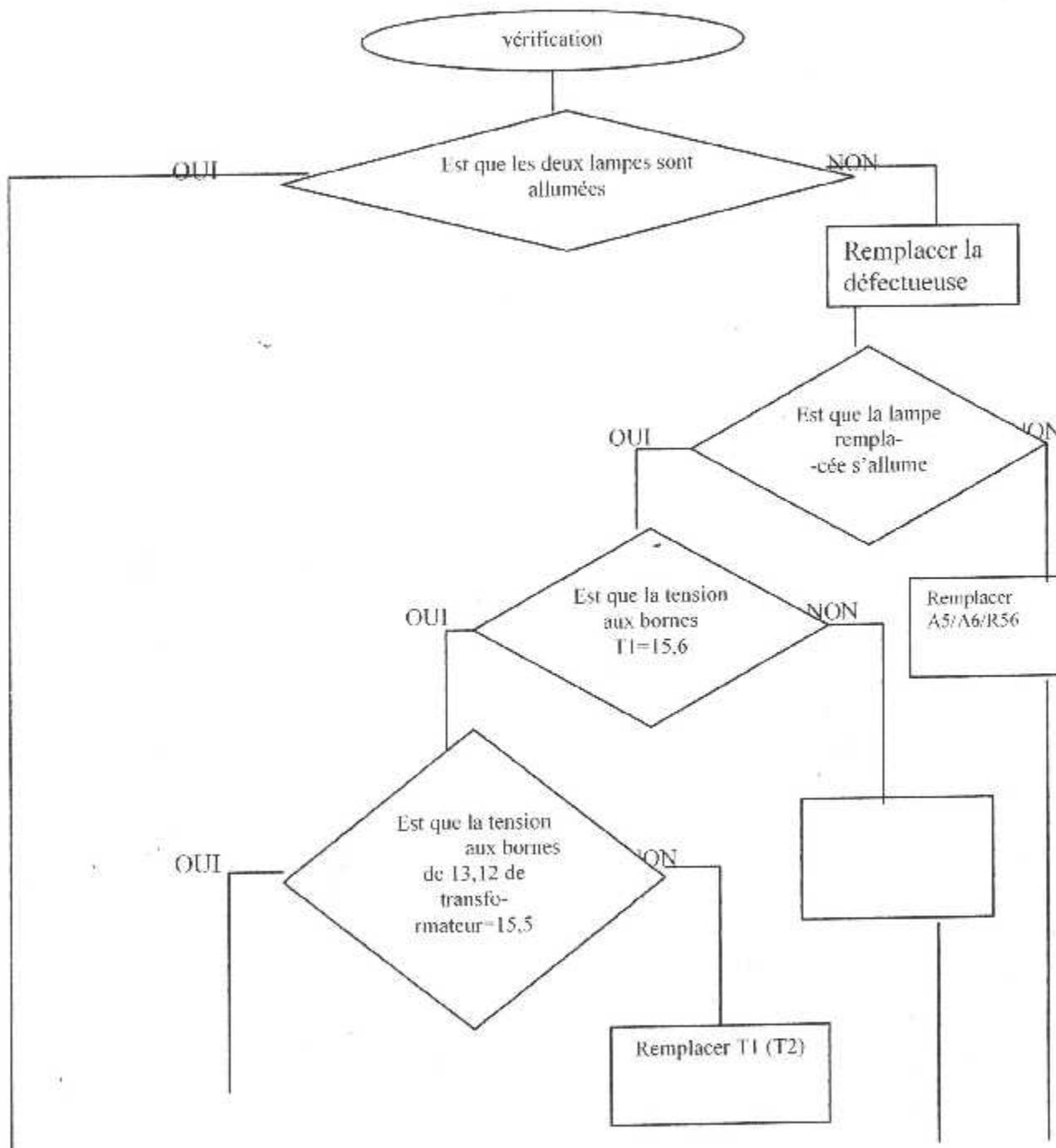
## **IV.4. LES BASES DE DONNEES**

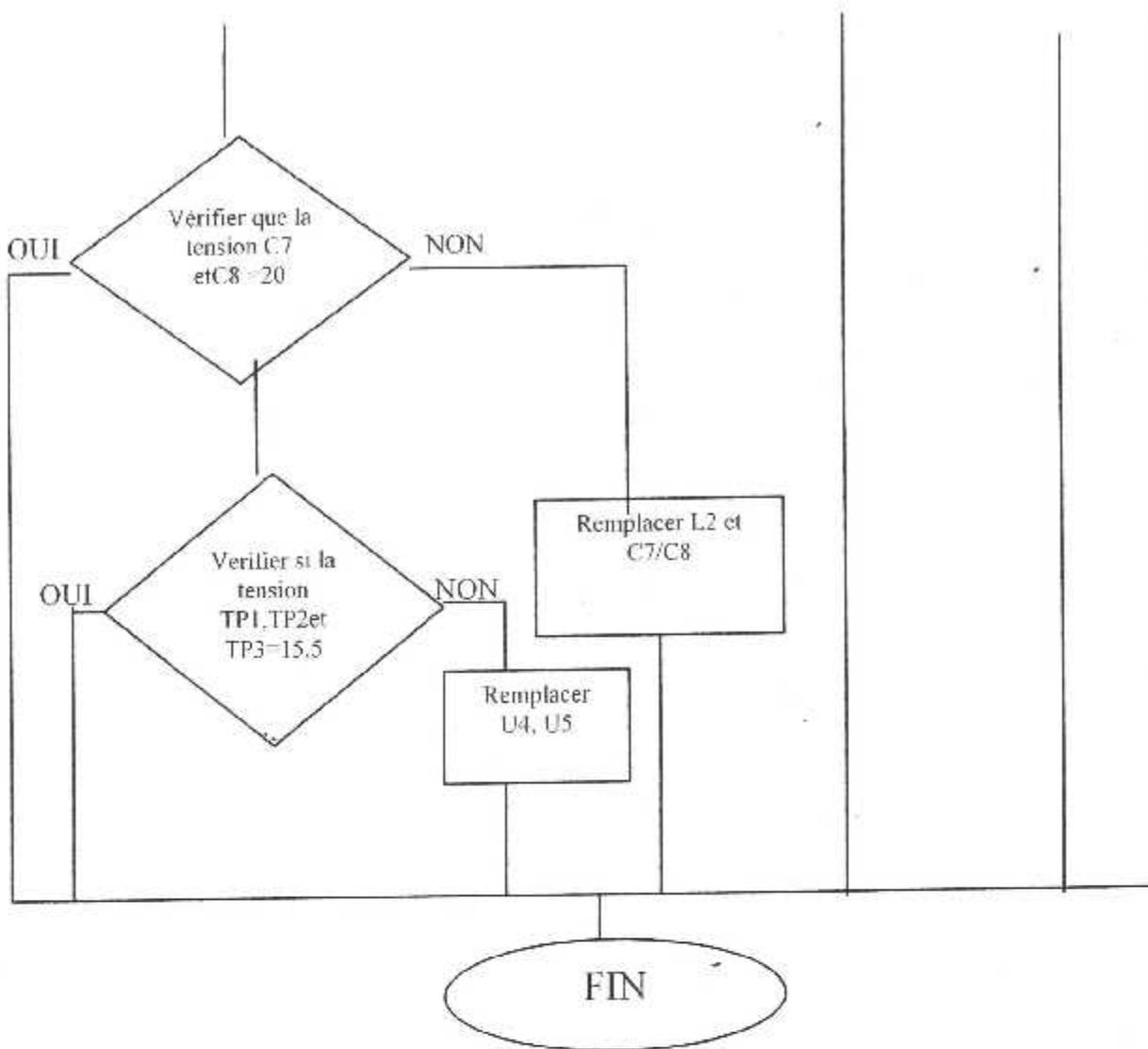
### **IV.4.1. Définition**

Une base de données est un ensemble de données structurées, non redondantes et organisées.

Il existe un logiciel qui permet à l'utilisateur de créer et de manipuler les bases de données à base des méthodes traitant les fonctions et les procédures de l'ensemble de données .

IV.2 L'organigramme de la maintenance





**L'organigramme de la maintenance**

**IV.5 LA FORME DE LA BASE DE DONNEES**

On a rempli la base de données selon les procédures de la maintenance indiquées dans l’organigramme précédant ,comme elles sont recommandées par le constructeur.

Préc	Vérifications	TexteOui
1	VERIFIEZ SI LE SWITCH DU TEST BITE EST SUR LA POSITION 'START' ?	POURSUIVEZ LES TESTS
2	VERIFIEZ SI LES 'DEUX LAMPES 'GO' ET 'NO GO' SONT ALLUMÉES ?	POURSUIVEZ LES TESTS
3	VERIFIEZ SI L'UNE DES DEUX LAMPES 'GO' EST ALLUMÉE ?	POURSUIVEZ LES TESTS
4	VERIFIEZ SI LES TENSIONS AUX BORNES 1 ET 2 DU TRANSFORMATEUR T1(T2)	POURSUIVEZ LES TESTS
5	VERIFIEZ SI LA TENSION AUX BORNES 12 ET 13 DU TRANSFORMATEUR ET AUX	POURSUIVEZ LES TESTS
6	VERIFIEZ SI LES TENSIONS AUX POINTS DE TEST A1/A4-TP3-TP1 ET LA MAS	POURSUIVEZ LES TESTS
7	VERIFIEZ SI LES TENSIONS ENTRE LES POINTS DE TEST A1/A4-TP5-TP2 SON	POURSUIVEZ LES TESTS
8	VERIFIEZ SI LES TENSIONS SONT ÉGALES A +1.5 VDC OU -1.5 VDC ?	POURSUIVEZ LES TESTS
9	VERIFIEZ SI LES TENSIONS AUX BORNES 16-17 ET 16-15 DU TRANSFORMATE	POURSUIVEZ LES TESTS
10	VERIFIEZ SI LES TESTS DE LA TABLE 1(VOIR SCHEMA 5) SONT SATISFAITS	

TexteNon	Aller Oui	Aller Non	Type
METTEZ LE SWITCH SUR LA POSITION 'START'	2	1	PREPARATION [OP n°1]
IL Y A UN PROBLEME CONTINUER	9	3	BITE LAMPS CHECK [OP n°2]
IL Y A UN PROBLEME CONTINUER	2	4	BOTH LAMPS DOES NOT LIGHT [OP n°3]
REPLACEZ L'INDUCTANCE L1(L2) ET LA CAPACITE C1(C2) ( LES CAPACITES C	5	6	BOTH LAMPS DOES NOT LIGHT [OP n°4]
REPLACER LE PONT DE DIODES A1/A4 -U1-U2 ET LES CAPACITES A1/A4-C7-I	6	7	BOTH LAMPS DOES NOT LIGHT [OP n°5]
REPLACER LE REGULATEUR DE TENSION A1/A4-U4 OU A1/A4-U5 (VOIR SCH	2	2	BOTH LAMPS DOES NOT LIGHT [OP n°6]
IL Y A UN PROBLEME CONTINUER	40	8	+15 OR-15VDC SUPPLY CHECK [OP n°7]
REPLACER LE REGULATEUR DE TENSION U3 ET LES RESISTANSES R8-R9	10	9	+1.5OR-1.5 VDC SUPPLY DEFECTIVE [OP n°8]
REPLACER LES DIODES A1/A4-CR2ET LES CAPACITES C1,C2,C9,C10 ET LE	11	7	+1.5 OR-1.5VDC SUPPLY DEFECTIVE [OP n°9]
	50	40	BITE GO NO-GO CHECKS [OP n°10]

**FIGURE IV.1 : La forme de la table**

## IV.6 SIMULATION DES TESTS

Pour faciliter le dépannage des accessoires mis hors service aux gens qui n'ont pas l'habitude d'utiliser les manuels de maintenance, ou pour ceux qui sont limités par le temps, il est préférable d'utiliser ce langage de programmation.

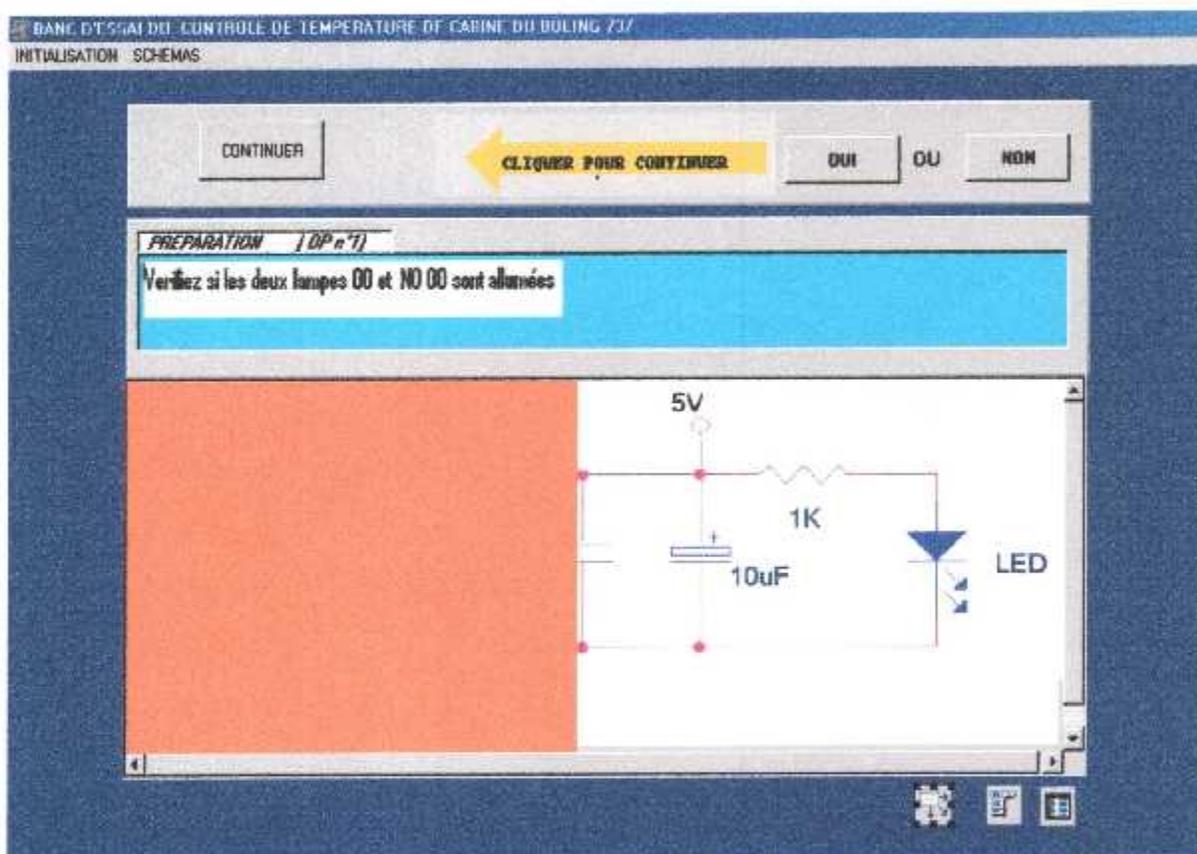


Figure IV.2 : La forme de la simulation des tests

CONCLUSION

## Conclusion générale

Pour bien transmettre nos connaissances acquises durant notre Projet de Fin d'Etudes aux lecteurs, tous est expliqué d'une façon très simplifiée.

Il <sup>est</sup> très important de savoir comment on conditionne l'air dans l'avion pour qu'il soit convenable aux besoins du corps humain, en effet, notre première partie fut une étude détaillée du système de conditionnement d'air.

Sachant que la température dans l'avion doit être réglée en permanence, donc on a consacré deux parties en faisant l'étude sur le CTC et le système de contrôle de la température nous a permis de faire la concordance entre l'accessoire (le CTC) et le système de conditionnement d'air avec ce qui se trouve sur le panneau d'indication et de contrôle de température dans le cockpit.

Durant notre stage pratique aux ateliers d'AIR ALGERIE, nous avons aboutis à réaliser le banc d'essai du CTC, que nous espérons sera bénéfique pour la compagnie, et également on a effectuer sa procédure de dépannage.

Cette réalisation faisant intervenir plusieurs principes de l'électronique et à apporter un plus pour nos connaissances dans ce domaine.

Enfin, dans notre dernière partie nous avons fait une petite amélioration pour notre travail, en utilisant le langage DELPHI comme support permettant de faciliter la maintenance du CTC.

Nous souhaitons que notre présent travail servira comme document pour la bibliothèque et les prochaines promotions.

# ANNEXES

**La liste des différents composants utilisés dans la réalisation du**

**banc d'essai :**

C101 : capacité 0.39 MFD $\pm$ 5%600VDCW

DS101, DS104 : lampes filament 345.6 Volts

F101 : fusible 125Volts

F102 : fusible250Volts

J1, J2 : connecteurs électriques

J101, J102

L101, L102 inductances

M101 : oscilloscope (502Ampers)

P101 : connecteur

R101, R103: decades

R104, R105: resistance de 56 Ohms $\pm$  3% 3 Watts

R106 : decade

R107: resistance de 200 ohms  $\pm$  50Watts

R108 : decade

R109 : resistance d 200 Ohms  $\pm$  1% 50 Watts

R110, R111 : des résistances de 56Ohms  $\pm$  3 % 3 Watts

R112 : resistance de 45.3 Ohms  $\pm$  1% 5 Watts

S101 : bouton poussoir à trios positions

S102 : switch rotatif à trois positions

S103 : switch

VR101, VR102 : diodes Zener

VR103, VR104 : diodes Zener

VR105, VR106 : diodes zener

### Les particularités principales du CTC

Tension de fonctionnement.....	15 ± 5 VAC
Fréquence de fonctionnement .....	400 Hz ± 5%
Température ambiante de fonctionnement.....	-65° à 100°F (-54° à 71°C)
Connecteur J1 :	
Pins 1, 9, 13(points test) et 32.....	la masse
Pins 2 via 8, 11, 12, 18, 31, 33 et 34.....	ne sont pas utilisées
Pin 10.....	entrée 115V/400Hz
Pins 14, 15(point test 2) et 16 .....	détecteur anticipateur
Pin 17.....	énergie de sortie de la demande en froid
Pins 19 et 20 .....	sélecteur de T° cabine
Pins 21 et 22(point test 3).....	détecteur de haute limite
Pins 23 et 24(point test 1).....	détecteur de T° cabine
Pin 25.....	énergie de sortie de la demande en chaleur
Pin 26(point test 4).....	vérification de l'entrée du discriminateur
Pins 27, 28 et 29.....	sélecteur vernier
Pin 30(point test 6 ).....	vérification de la tension +15 VDC
Connecteur J2 :	
Toutes les fonctions des pins du connecteur J2 sont similaires au connecteur J1	

## LES COMPOSANTS PASSIFS

### Les résistances

#### Introduction

Une résistance est un dipôle passif (fig. 1.1) qui dissipe de l'énergie.

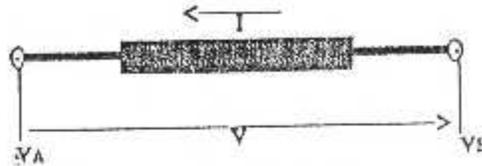


Fig. 1.1 - Dipôle résistif

La différence de potentiel  $V = V_A - V_B$  aux bornes de la résistance obéit à la loi d'Ohm :

$$V = RI$$

$I$  : Courant traversant la résistance exprimé en Ampères (A)

$R$  : Valeur de la résistance exprimée en Ohms ( $\Omega$ ). Les multiples de l'Ohm sont :

- Le Kilo-Ohm =  $1 \text{ K}\Omega = 1000\Omega (10^3\Omega)$

- Le Méga-Ohm =  $1 \text{ M}\Omega = 1000000\Omega (10^6\Omega)$

Ainsi si l'on applique une tension continue  $V = 2$  volts aux bornes de la résistance  $R$  et on mesure un courant  $I$  de 1 milli-ampères ( $10^{-3}\text{A}$ ), alors la valeur de la résistance  $R$  est :

$$R = V/I ; R = 2\text{K}\Omega$$

#### Caractéristiques d'une résistance :

Parmi les paramètres essentiels qui définissent une résistance, on peut noter sa valeur nominale et la tolérance avec laquelle elle est donnée.

Ces deux grandeurs sont indiquées directement selon un code de couleur peint sous forme d'anneaux sur la résistance elle-même (Fig. 1.2)

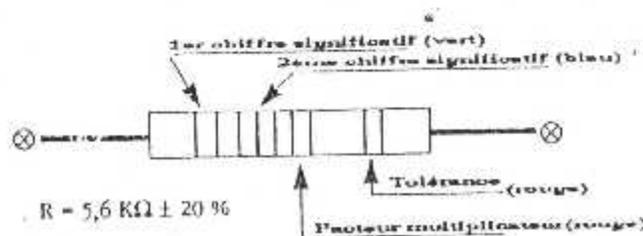
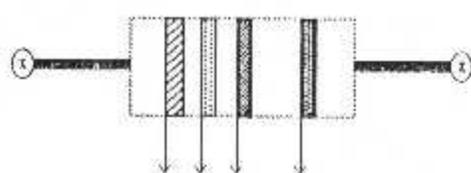


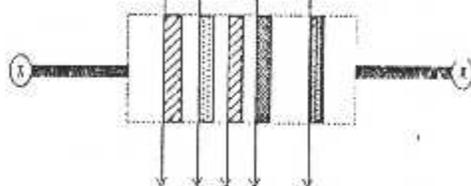
Fig 1.2 Organisation du code de couleurs pour l'indication de la valeur d'une résistance à 2 chiffres significatifs.

Sur une certaine catégorie de résistances de précision, on trouve cinq anneaux de couleurs au lieu de quatre. L'anneau supplémentaire concerne un chiffre significatif en plus. Pour plus de détail sur le code de couleurs international se reporter au tableau I.1.

Résistances d'usage courant. 2 chiffres significatifs.



Résistances de précision. 3 chiffres significatifs.



couleur	1er chiffre	2ème chiffre	3ème chiffre	Multipl- cateur	Tolérance
Argent →				X 0,01Ω	+ 10%
Or →				X 0,1Ω	+ 5%
Noir →		0	0	X 1Ω	+ 20%
Marron →	1	1	1	X 10Ω	+ 1%
Rouge →	2	2	2	X 100Ω	+ 2%
Orange →	3	3	3	X 1KΩ	
Jaune →	4	4	4	X 10KΩ	
Vert →	* 5	5	5	X 100KΩ	
Bleu →	6	6	6	X 1MΩ	
Violet →	7	7	7		
Gris →	8	8	8		
Blanc →	9	9	9		

Tab. I.1 Code de couleurs des résistances

## Les résistances non linéaires : Les capteurs de température

Ce type de résistances n'obéit pas à la loi d'Ohm. Il n'existe plus une relation de linéarité entre la tension et le courant traversant la résistance.

Un cas particulier de ce genre de composants sont les capteurs de température appelés les thermistances.

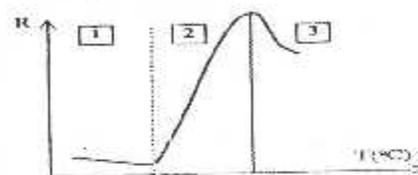
On trouve deux types de thermistances :

- Les CTP (coefficient de température positif)
- Les CTN (coefficient de température négatif)

La résistance des thermistances varie selon une loi exponentielle avec la température.

### a) CTP

Ces composants sont moins utilisés que les CTN. La loi de variation ne suit une loi approximativement exponentielle que dans une certaine zone fig. 1.5.



Zone 1 : coefficient de température légèrement négatif (<0)  
Zone 2 : zone d'utilisation  
Zone 3 : coefficient de température négatif, échauffement cumulé et risque de destruction.

Fig. 1.5 Caractéristique d'une CTP

### b) CTN

La relation qui existe entre la valeur de la résistance et la température est donnée par :

$$R = A \exp(B/T)$$

R : valeur de la résistance en ohm à la température T exprimée en °K (degré Kelvin ; 0°K = - 273°C)

A et B : constantes dépendant du modèle choisi.

Un exemple de caractéristique de CTN (11 43 de chez Siemens) est donnée à la figure 1.6.

R (Ω)

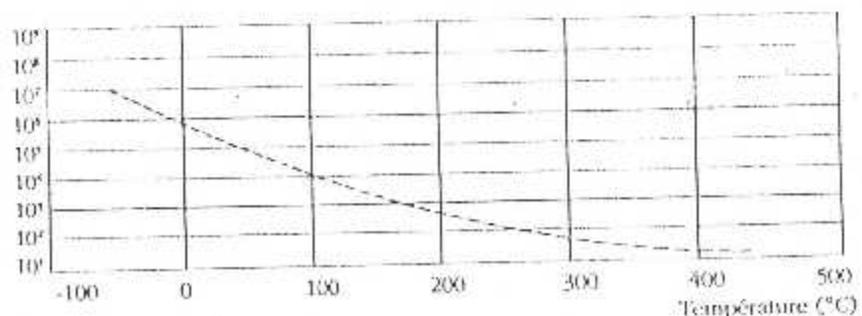


Fig. 1.6 Variation de la résistance de la CTN 1143/100KΩ en fonction de la température R = f(T)

## Les condensateurs

### Définition

Un condensateur est un dipôle qui emmagasine de l'énergie. Il est formé de deux conducteurs en regard (armatures) entre lesquels on a placé un diélectrique (isolant) de permittivité  $\epsilon_r$  fig. 1.7

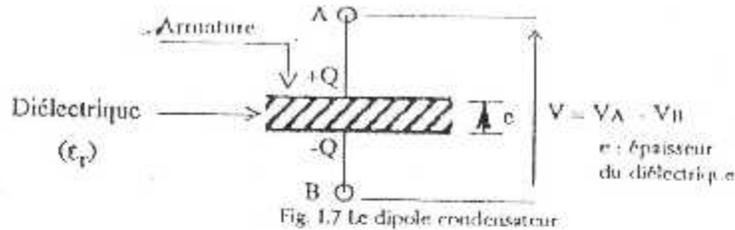


Fig. 1.7 Le dipôle condensateur

En appliquant une différence de potentiel  $V$ , les armatures du condensateur se chargent à  $+Q$  et  $-Q$ . Le rapport entre la charge électrique  $Q$  et la tension appliquée définit la capacité d'un condensateur.

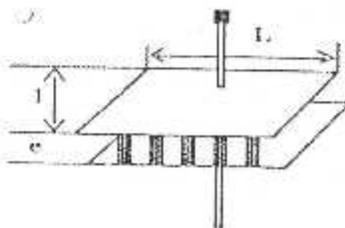
$$C = \frac{Q}{V}$$

L'unité exprimant une capacité est le Farad (F). Néanmoins, on utilise plutôt des sous multiples qui rendent mieux compte de la réalité des valeurs des capacités des condensateurs, on retrouve alors :

- le micro-Farad ( $\mu\text{F}$ ) =  $10^6 \text{ F}$
- le nano-Farad (nF) =  $10^9 \text{ F}$
- le pico-Farad (pF) =  $10^{12} \text{ F}$

La valeur de la capacité d'un condensateur ou de la charge accumulée sur les armatures dépend de la réalisation géométrique du condensateur et du matériau isolant placé entre les armatures. Dans le cas par exemple d'un condensateur plan fig. 1.8 ou les armatures sont de fines lames conductrices planes parallèles séparées par un isolant d'épaisseur  $e$  et de permittivité diélectrique relative  $\epsilon_r$  ; la valeur de la capacité  $C$  est donnée par :

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{e}$$



$\epsilon_0$  : permittivité du vide.

$$\epsilon_0 = 1/(36\pi \cdot 10^9)$$

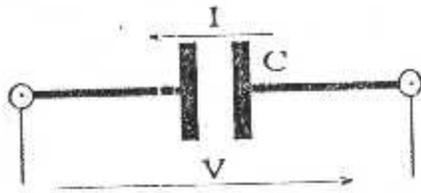
$S$  : surface des armatures

$$S = L \cdot l$$

Fig. 1.8 Le condensateur plan

### Caractéristiques d'un condensateur

A l'application d'une tension sinusoïdale, un condensateur de capacité  $C$  va présenter une impédance  $Z$  purement imaginaire.



$$V = V_m \sin(\omega t)$$
$$Z = \frac{j}{C\omega}$$
$$V = ZI = \frac{j}{C\omega} I \text{ (loi d'Ohm)}$$

On constate l'existence d'un déphasage de  $(\pi/2)$  entre la tension appliquée et le courant traversant l'impédance. Le courant est en avance de phase sur la tension fig. 1.9.

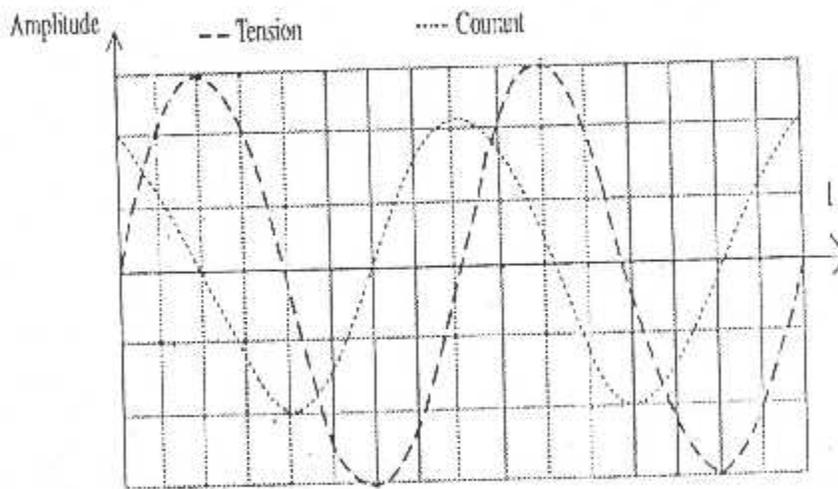


Fig. 1.9 Déphasage entre la tension appliquée à un condensateur et le courant le traversant

En analysant la relation qui lie la tension au courant, on remarque que si on veut transmettre un courant continu ( $\omega=0$ ), l'impédance présentée par le condensateur est un circuit ouvert ( $Z \rightarrow \infty$ ).

Le condensateur se comporte pour le courant continu comme un interrupteur ouvert. C'est pour cette raison qu'on dit que le condensateur ne laisse pas passer le courant continu. Par contre quand la fréquence du signal alternatif devient importante ( $\omega \gg$ ), le condensateur a une impédance pratiquement nulle. On dit que le condensateur est un bon véhicule pour les courants haute fréquence.

Un condensateur :

- ne laisse pas passer le courant continu
- avantage le passage des courants haute fréquence

## Facteur ou coefficient de qualité

Nous avons considéré jusqu'à maintenant le condensateur comme une capacité pure. Ce qui supposait donc une puissance absorbée ou dissipée nulle. En réalité il existe un phénomène de dissipation d'énergie lié au fait que la conductibilité de l'isolant n'est pas nulle. Le schéma réel du condensateur doit tenir compte de cet effet fig. 1.10.

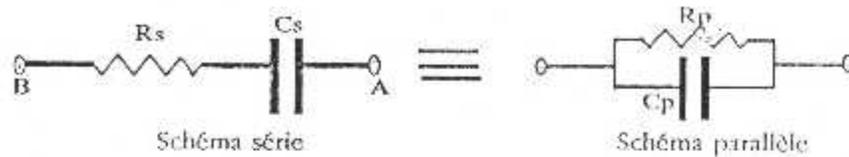


Fig. 1.10 Schéma équivalent d'un condensateur

Les deux schémas sont équivalents, on a :

$$R_p = \frac{1 + \tan^2(\delta)}{\tan^2(\delta)} R_s$$

$$C_p = \frac{1}{1 + \tan^2(\delta)} C_s$$

$$\tan(\delta) = \frac{1}{R_p C_p \omega} = R_s C_s \omega$$

La loi d'ohm pour le circuit série s'écrit :

$$V = V_R + V_C = R_s i + \frac{1}{j C_s \omega} \cdot i$$

La représentation de Fresnel Fig. 1.11 montre que le courant cette fois-ci est déphasé d'un angle  $\alpha = (\pi/2 - \delta)$ .

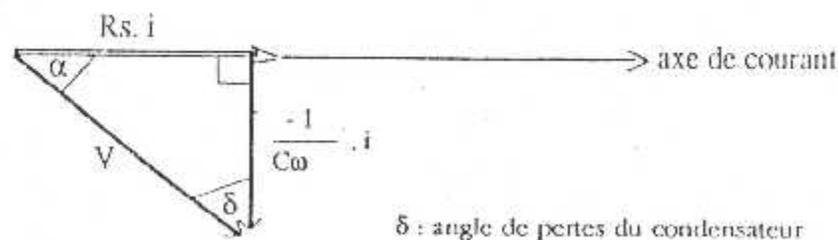


Fig. 1.11 Représentation du déphasage du courant par rapport à la tension totale.

## LA DIODE

### Les semi-conducteurs

#### Définition

Un semi-conducteur est un matériau intermédiaire entre les métaux (conducteurs) et les isolants. On peut considérer les semi-conducteurs comme de mauvais isolants à la température ambiante.

La spécificité d'un semi-conducteur par rapport aux autres matériaux réside dans les propriétés suivantes :

#### Résistivité

Pour un métal, la résistivité croît quelque peu avec la température de même pour un isolant. Pour un semi-conducteur cette résistivité décroît par contre, très rapidement avec la température figure II.1

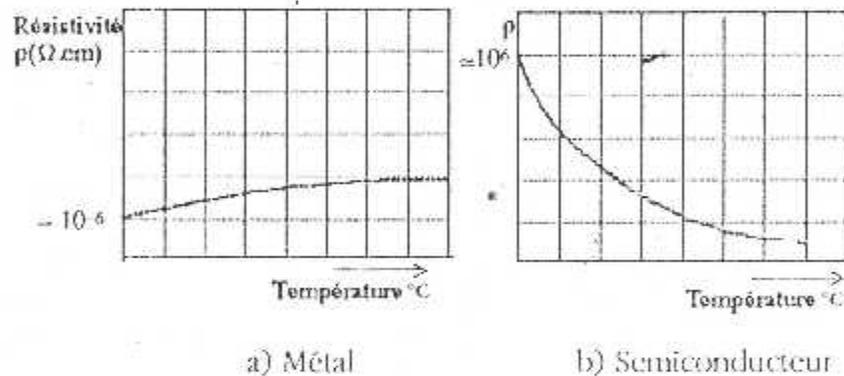


Fig. II.1 Comportement de la résistivité des matériaux en fonction de la température.

#### Photoconduction

Un semi-conducteur éclairé voit sa résistivité diminuer. Cette propriété est absente chez les autres matériaux.

#### Redressement

Un semi-conducteur n'autorise le passage du courant que dans un seul sens, cette propriété est très utilisée. Elle sera développée plus en détail plus loin.

#### Dopage d'un semiconducteur

Les semi-conducteurs les plus anciennement connus sont le Germanium et le Silicium. Le plus utilisé étant ce dernier. Considérons un atome de silicium et sa représentation simplifiée figure II.2

## La diode : composant électronique

### Présentation

La diode est au fait une jonction "PN" encapsulée dans un boîtier hermétique de protection. On trouve une diversité de formes de boîtiers. La diode se présente donc comme un dipôle à deux électrodes. L'anode est reliée à la région "P" et la cathode à la région "N". A l'utilisation on repère les électrodes à l'aide d'un anneau peint sur le boîtier tubulaire d'encapsulation figure II.10.

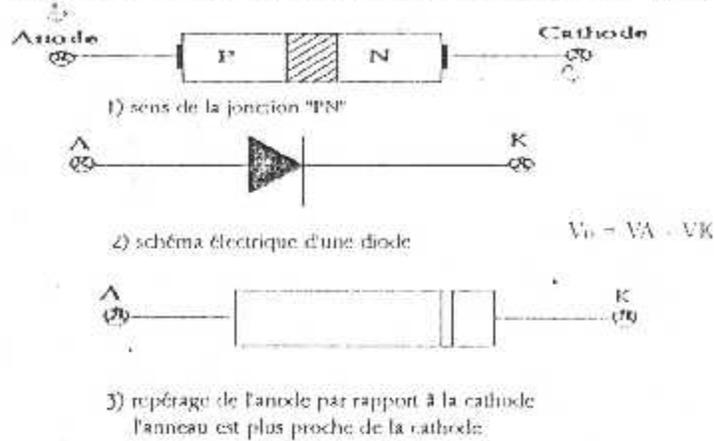
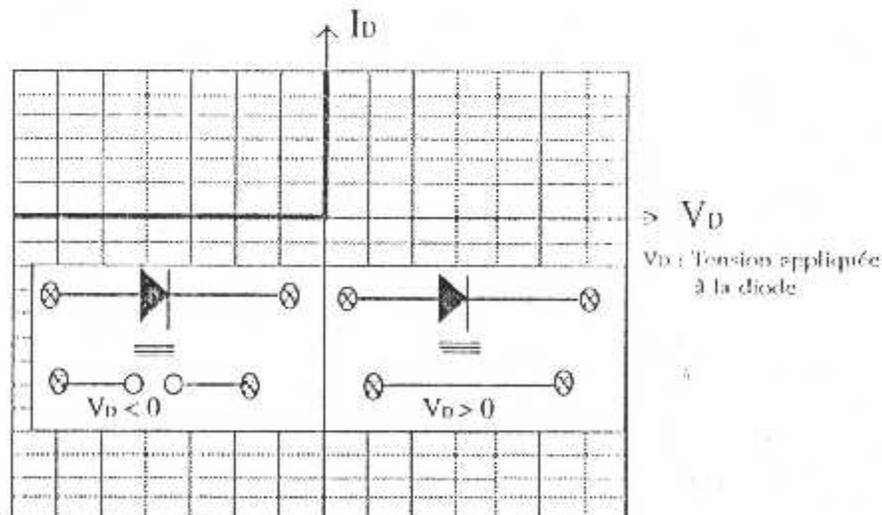


Fig. II.10 - Les diverses représentations de la diode

### Caractéristique en première approximation :

- diode idéale.

En première approximation on néglige l'influence de la barrière de potentiel créée par le champ électrique interne. La caractéristique qui représente le courant  $I_D$  traversant la diode en fonction de la tension  $V_D$  qui lui est appliquée est donnée sur la figure II.



- Caractéristique d'une diode idéale.

résistance de charge  $R$  de faible valeur ( $R$  très petit devant  $R_i$ ) pour que la relation :

$$V_s = \frac{R}{R_i + R} V_e \text{ se réduit à } V_s = 0$$

Un problème surgit cependant si  $R$  est trop faible. On ne peut plus restituer totalement l'alternance positive. Un compromis doit être alors imposé sur la résistance de charge  $R$  :

$$R_d \ll R \ll R_i \quad [ \ll : \text{très petit} ]$$

$R_d$  résistance dynamique de la diode polarisée en direct.

### Diodes spéciales

Les diodes à jonction qui ont été vu et jusqu'à maintenant sont utilisées plus particulièrement en :

- redressement
- détection
- communication

Néanmoins il existe d'autres types de diodes utilisées soit pour les mêmes fonctions soit pour d'autres telles que :

- régulation
- oscillation
- multiplication de fréquence
- circuits d'accord
- amplification hyperfréquence etc...

Parmi les diodes spéciales on note les plus essentielles :

#### Diodes à pointe :

Elle est constituée d'une pointe métallique en contact avec un semi-conducteur dopé "N". Son avantage par rapport à une diode à jonction est sa faible capacité de barrière ou de jonction. Elle est donc plus apte à être utilisée en haute fréquence. Son inconvénient majeur est son aptitude de ne pouvoir supporter que des faibles puissances. Elle est surtout employée en détection et en commutation.

#### Diodes zener

Ce sont des diodes à jonction "PN" où le phénomène de claquage par effet zener (effet de champ ou d'avalanche) est avantageux. Pour ce type de diodes le claquage n'est pas destructif (cela sous entend une utilisation dans des conditions normales).

## Applications de la diode

### Redressement simple alternance

L'utilisation d'une diode permet de ne laisser passer le courant que dans un sens (polarisation directe). Ainsi, lorsqu'on applique par exemple un signal sinusoïdal à l'entrée d'un circuit redresseur monoalternance figure II.15a, on obtient en sortie un courant qui ne possède que les alternances positives figure II.15b.

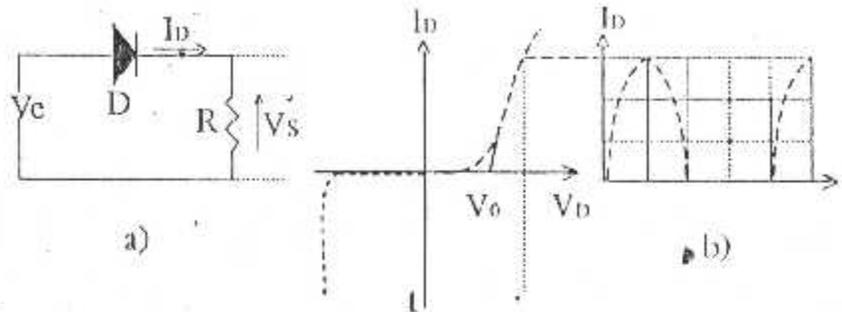


Fig. II.15 - Transformation d'un courant alternatif en courant monoalternance

La tension de sortie  $V_s$  est donnée par :

$$V_s = R I_D$$

$V_s$  est une tension redressée monoalternance. Elle n'a d'existence que lorsque la diode est conductrice. A ce propos on peut écrire en première approximation quand  $V_e > 0$  :

$$V_s = V_e \frac{R}{R+R_d} = V_e \quad \text{car } R_d, \text{ la résistance dynamique de la}$$

diode est très petite devant la résistance de charge  $R$ . L'opération de redressement simple alternance est résumée à la figure II.16.

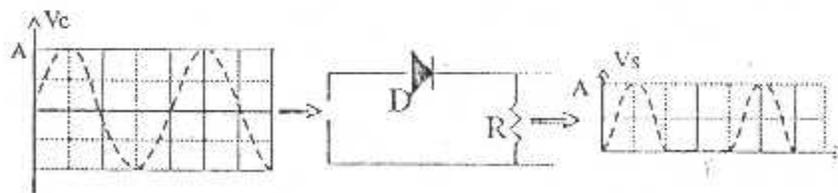


Fig. II.16 - redressement mono alternance idéal

Remarque :

La diode comme nous l'avons vu ne peut conduire qu'à partir d'une tension de seuil  $V_0$ . L'amplitude crête de la tension de sortie n'est pas réellement égale à l'amplitude crête  $A$  du signal d'entrée, mais diminuée de cette valeur de seuil.

## Régulateur de tension

La tension directe  $V_D$  d'une diode au delà de la tension de seuil reste pratiquement constante. Cette caractéristique est utilisée lorsqu'on a besoin d'une tension fixe de faible valeur. Il suffit pour cela de réaliser le circuit de la figure II.19.

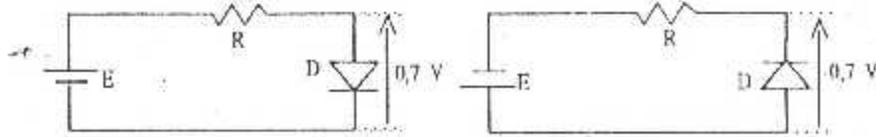


Fig. II.19 - Régulateur de tension

Pour s'en convaincre que même dans le cas où la tension  $E$  subit des variations, la tension de sortie reste pratiquement à la valeur  $0,7V$  ou  $-0,7V$  selon le sens de branchement de la diode, il suffit de tracer la droite de charge sur la caractéristique directe de la diode figure II.20.

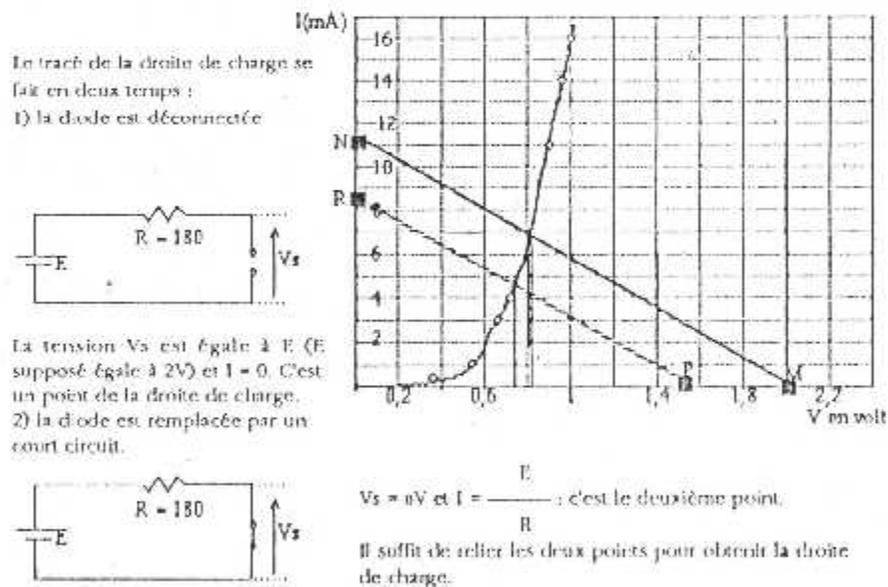


Fig. II.20 - Caractéristique et droite de charge

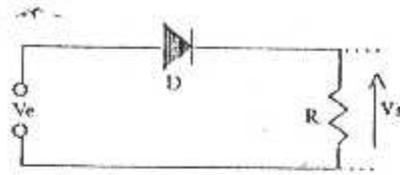
Supposons au départ que la tension  $E$  soit égale à  $2V$ , la droite de charge va passer par les points.

$$M \quad \begin{bmatrix} V_s = 2V \\ I = 0 \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad N \quad \begin{bmatrix} V_s = 0 \\ I = 11,1\text{mA} \end{bmatrix}$$

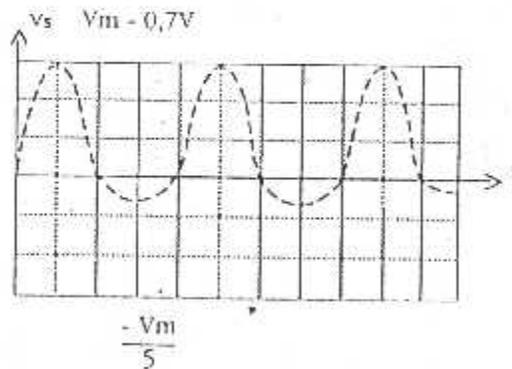
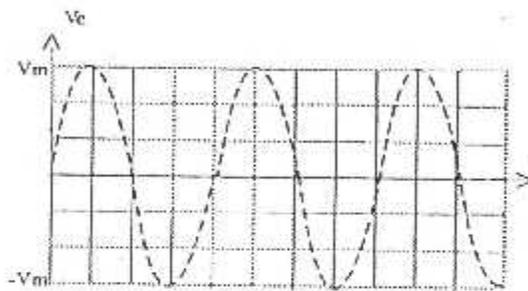
### Autres spécificités des diodes

problèmes liés à la résistance inverse de la diode.

Nous avons considéré jusqu'à présent que la résistance présentée par une diode polarisée en inverse était infinie et que le courant inverse était nul. En réalité cela n'en est rien. Ainsi si l'on reprend le circuit de redressement simple alternance, le signal de sortie obtenu diffère quelque peu du signal idéalement redressé si les précautions adéquates ne sont pas prises.



- Détection simple alternance



- Influence de la résistance inverse sur le redressement d'un signal.

$V_e$  est une tension sinusoïdale à valeur moyenne nulle. Quand  $V_e$  est supérieure à la tension de seuil ( $\approx 0,7V$ ), la diode conduit et restitue l'alternance positive de  $V_e$  diminuée de la tension de seuil :

$$V_s = \frac{R}{R_d + R} V_e - V_0$$

On considère  $R_d \ll R$  alors :

$$V_s = V_e - V_0$$

Supposons maintenant la présence de l'alternance négative de  $V_e$ . De même supposons que la résistance  $R$  n'est pas négligeable devant la résistance inverse  $R_i$  présente par la diode.

$$V_s = \frac{R}{R_i + R} V_e$$

A titre d'exemple prenons  $R_i = 4R$  ;

$$V_s = -\frac{1}{5} V_e$$

La représentation du signal de sortie dans ce cas est donnée à la figure

Nous avons déjà vu comment résoudre le problème du seuil de la diode. Il reste maintenant la question relative à la résistance inverse de la diode. Une solution simple est de choisir une

## Redressement double alternances

### Définition

Le circuit de redressement double alternances, utilise un pont à diodes figuré II.17. L'application d'une tension sinusoïdale en entrée du dispositif de redressement permet d'obtenir en première approximation l'alternance positive telle quelle, alors que la polarité de l'alternance négative est inversée.

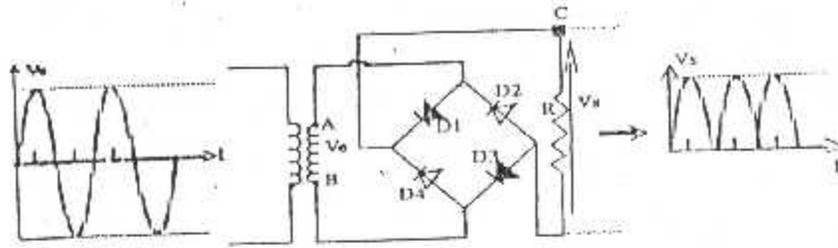


Fig. II.17 - circuit de redressement double alternances.

### Fonctionnement

$V_e > 0$

Comme le point C est préalablement à un potentiel nul, alors, pendant l'alternance positive de  $V_e$  ( $V_A > V_B$ ), les deux diodes D1 et D3 conduisent figure II.18a. Les diodes D2 et D4 sont bloquées. L'alternance positive est restituée.

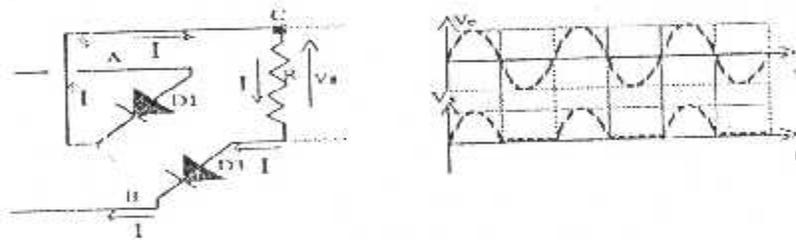


Fig. II.18a - Restitution de l'alternance positive

$V_e < 0$

A l'arrivée de l'alternance négative de  $V_e$  ( $V_A < V_B$ ) les deux diodes D1 et D3 se bloquent et les diodes D2 et D4 conduisent figure II.18b. On restitue dans ce cas l'alternance négative redressée.

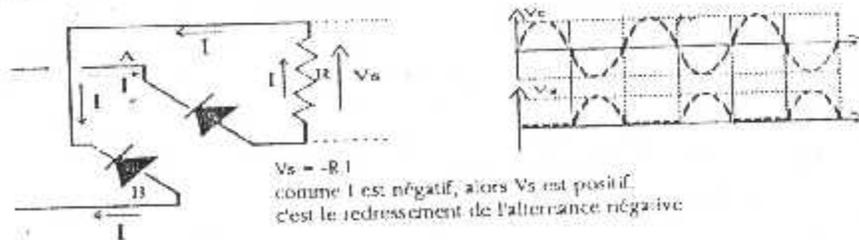


Fig. II.18b. - Restitution de l'alternance négative

## LE TRANSISTOR BIPOLAIRE

Structure et symbolisme.

Un transistor est constitué par la mise cote à cote de trois portions de semi-conducteur alternativements dopées "N" ou "P". Ainsi on peut concevoir deux types de transistors figure III.1a et III.1b :

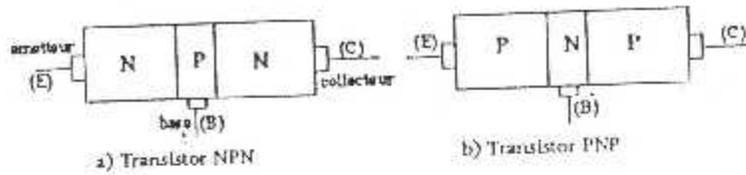


Fig. III.1 Structure d'un transistor bipolaire

L'appellation bipolaire vient du fait que la conduction est assurée par des porteurs de nature différente. Les régions N sont riches en électrons libres, alors que les régions P sont par contre pauvres en électrons libres (riches en trous mobiles). Le symbolisme donné aux transistors bipolaire est indiqué par les figures III.2a et III.2b

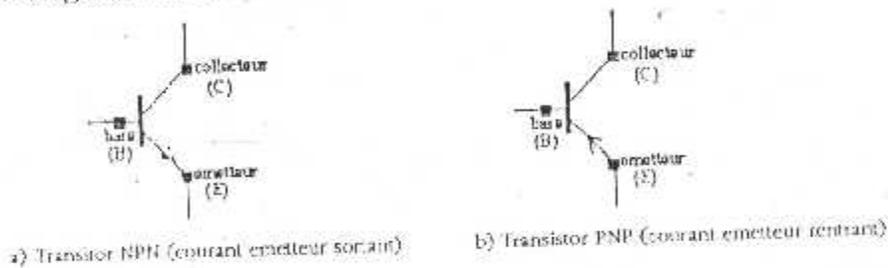


Fig. III.2 - Symbole électrique d'un transistor bipolaire.

L'effet transistor

Nous allons pour alléger l'étude considérer un transistor NPN. L'étude d'un transistor PNP est pratiquement analogue. La jonction base-emetteur du transistor NPN est polarisée en direct alors que la jonction base-collecteur est polarisée en inverse figure III.3.

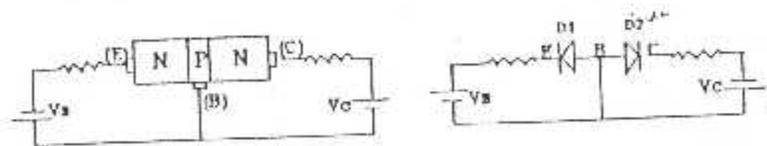


Fig III.3 - Polarisation d'un transistor.

Sans rentrer dans les détails, on sait du fait que la jonction base-émetteur est polarisée en direct (la diode D1 est conductrice :  $V_{BE} = 0,7V$  pour le silicium), il y a circulation d'un courant appréciable de la base vers l'émetteur.

La jonction base-collecteur étant polarisée en inverse, la diode D2 est bloquée. Normalement aucun courant ne doit être perçu au niveau du collecteur. En réalité on constate la présence d'un fort débit de courant avoisinant celui constaté au niveau de l'émetteur.

C'est ce qu'on appelle l'effet transistor

Ce phénomène n'a lieu d'être qu'aux conditions suivantes :

- La base doit être légèrement dopée.
- L'épaisseur de la base doit être mince.

Ainsi, quand la jonction base-émetteur est polarisée en direct, les électrons libres de la région N (émetteur), vont diffuser vers la région P (base). La base étant mince et légèrement dopée, alors quelques électrons provenant de la région N vont se combiner aux trous de la région P. Les électrons libres restants, vu l'épaisseur réduite de la base vont franchir cette dernière et diffuser vers le collecteur. Ils créent ainsi un courant collecteur de fort débit comme le schématise la figure III.4

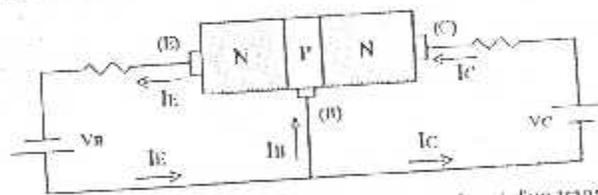


Fig. III.4 - Organisation des courants existants au niveau d'un transistor NPN.

On aura donc en statique (polarisation continue) la relation suivante entre les courant collecteur  $I_c$ , émetteur  $I_e$  et de base  $I_b$  :

$$I_e = I_c + I_b$$

Environ 99% des électrons libres partant de l'émetteur atteignent le collecteur (1% se recombinent dans la base), d'où le rapport approximatif entre courants :

$$\alpha = \frac{I_c}{I_e} = 0,99$$

De même on peut écrire que :

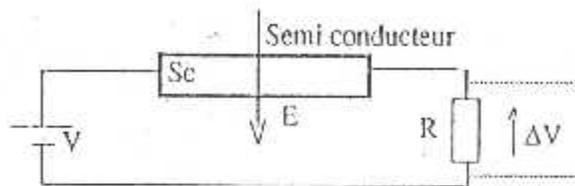
$$\frac{I_c}{I_b} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \beta \quad \beta = 99$$

$\beta$  est appelé gain en courant du transistor et varie généralement entre 50 et 10 000 selon principalement l'épaisseur et le dopage de la base.

## LE TRANSISTOR A EFFET DE CHAMP

### L'effet de champ

Lorsque on dispose d'un semi-conducteur et on lui applique un champ électrique qui lui est perpendiculaire figure IV.1, on constate que toute variation du champ électrique  $E$  entraîne une variation du courant circulant à travers la résistance  $R$ . Ce phénomène est dû au fait que la résistance du semi-conducteur  $Sc$  varie en rapport avec le champ électrique.



$$\Delta V = R \Delta I = R(E)$$

Fig. IV.1 - Effet d'un champ électrique perpendiculaire sur le comportement d'un semi-conducteur.

### Principe d'un transistor à effet de champ

Un transistor à effet de champ se caractérise par rapport à un transistor bipolaire par les paramètres suivants :

- Résistance d'entrée très élevée ( $> M \Omega$ )
- La structure d'un transistor à effet de champ (T.E.C) se prête bien à la fabrication des circuits intégrés à très haute densité.
- Le TEC est un très bon élément de commutation.
- L'influence de la température sur le fonctionnement d'un TEC est moindre.

Ainsi en s'inspirant de la description de l'effet de champ de la figure IV. 1, on peut affirmer que si l'on soumet un semi-conducteur dopé N à un potentiel  $V$  figure IV. 2, il va y avoir un déplacement d'électrons d'un point source (S) vers un point nommé drain (D). Ce semi-conducteur qui relie ces deux points s'appelle 'le canal'. Comme ce dernier est du type N, les porteurs majoritaires sont des électrons.

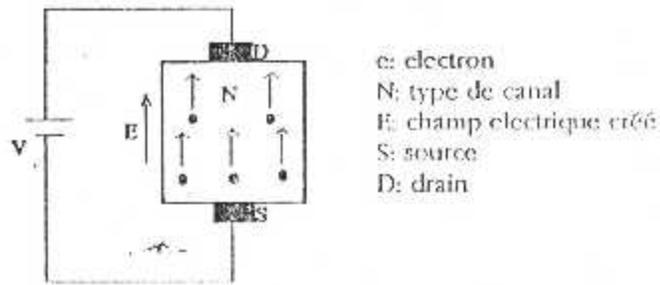


Fig. IV.2 - Création d'un canal type N

On réalise un transistor à effet de champ en insérant de chaque côté du canal N deux portions de semi-conducteurs dopés P figure IV.3. Les deux portions de semi-conducteur dopées P sont reliées intérieurement entre elles.

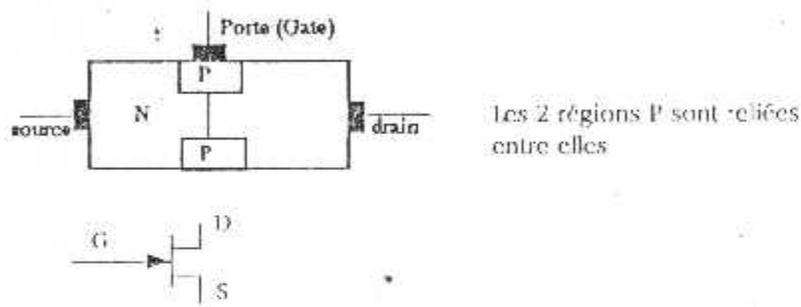


Fig. IV.3 - Représentation d'un transistor à effet champ à canal N

### Fonctionnement d'un transistor à effet de champ

Un fonctionnement normal d'un transistor à effet de champ exige que la jonction "porte (gate) - source" soit polarisée en inverse et que le drain soit polarisé positivement par rapport à la source figure IV.4.

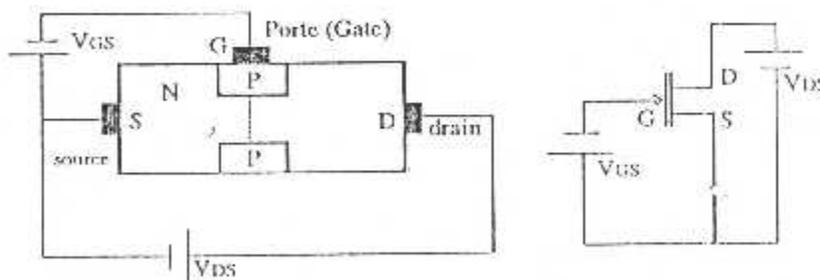
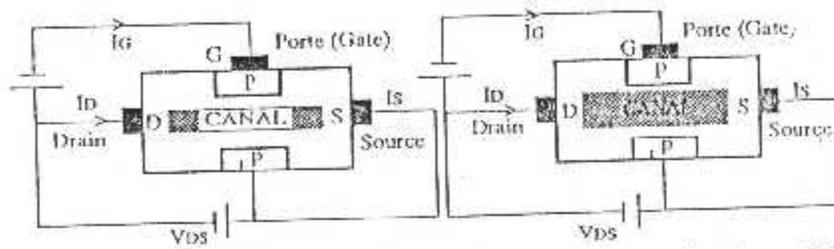


Fig. IV.4 - Polarisation d'un TEG à canal N

La jonction "Gate - Source" étant polarisée en inverse, le courant qui la traverse est pratiquement nul, d'où la grande valeur de la résistance d'entrée d'un TEC.

La zone de charge d'espace liée à chaque jonction PN dépend de la polarisation inverse  $V_{GS}$ . Quand la tension  $V_{GS}$  appliquée entre la porte (gate) et la source est élevée, la zone de charge d'espace est importante et le canal de conduction est réduit figure IV.5a. Dans le cas contraire le canal est plus large et on a un plus fort courant drain  $I_D$  figure IV.5b.



a) : Canal étroit  $V_{GS} = -5V$

b) : Canal étendu  $V_{GS} = 0V$

Fig. IV.5 - Influence de  $V_{GS}$  sur la largeur du canal de conduction.

$I_S$  : courant source

$I_D$  : courant drain

$I_G$  : courant grille ou porte ou gate.

$$I_G \approx 0$$

$$I_S = I_D + I_G$$

$$I_S = I_D$$

### Caractéristiques d'un transistor à effet de champ

Caractéristique de transfert  $I_D = f(V_{GS})$  à  $V_{DS}$  constant

La valeur constante de la tension  $V_{DS}$  n'aura que peu d'incidence sur l'évolution de la caractéristique  $I_D = f(V_{GS})$ . Elle agira surtout sur la valeur maximal de  $I_D$  ( $V_{GS} = 0$ )

$$V_{GS} = V_G - V_S$$

$V_G$  et  $V_S$  sont respectivement les tensions appliquées aux semi-conducteurs dopés P et N.

Dans le cas d'un transistor à effet de champ type N le fonctionnement normal impose  $V_G < V_S$ . Pour un  $V_{DS}$  donnée l'évolution du courant drain en fonction de  $V_{GS}$  est représentée par la figure IV.6.

### Gain en courant

Le gain en courant est le rapport entre le courant de sortie (courant collecteur pour le transistor) et le courant d'entrée (courant débité par le générateur G). La variation de ce paramètre pour les trois types de configurations en fonction de la résistance de charge  $R_L$  est donnée par la figure III.23.

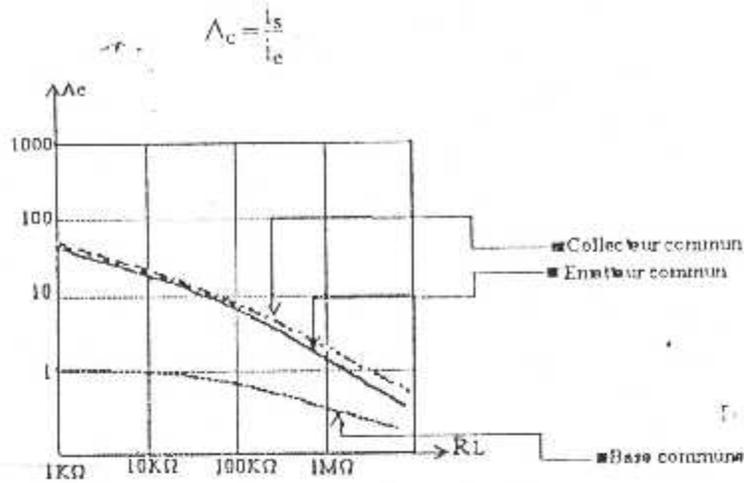


Fig III.23 - Evolution du gain en courant en fonction de la résistance de charge pour les trois types de configurations du transistor.

### Gain en puissance

Le gain en puissance est défini par le produit du gain en tension et du gain en courant :

$$\Delta_p = \Delta_v \Delta_c$$

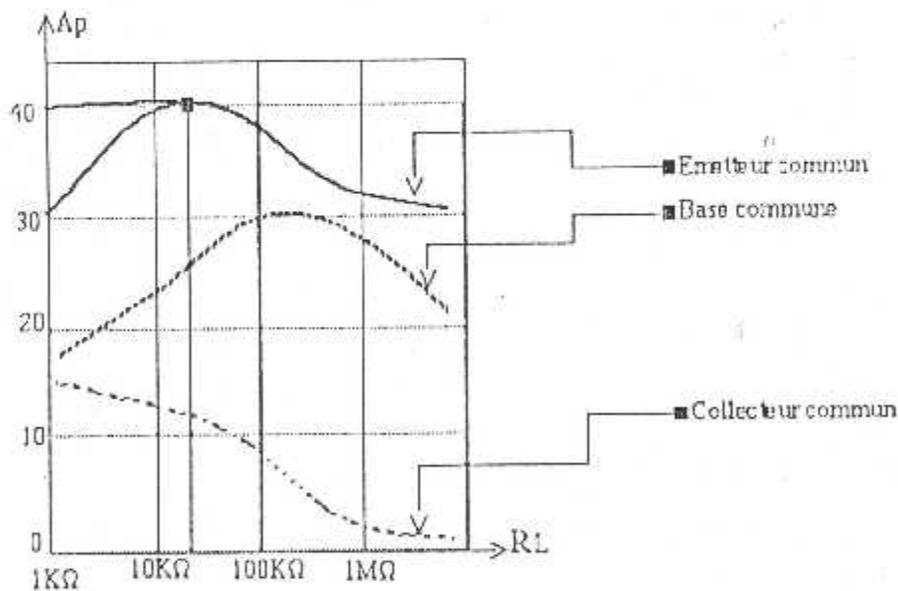


Fig III.24 - Evolution du gain en courant en fonction de la résistance de charge pour les trois types de configurations du transistor.

### Gain en tension

Le gain en tension est défini comme étant le rapport entre la tension apparaissant aux bornes de la charge  $R_L$  ( $V_s$ ) et la tension fournie par le générateur  $G$  ( $V_e$ ).

$$A_v = \frac{V_s}{V_e}$$

Les courbes de la figure III.22 représentent la variation de ce paramètre pour les trois types de configurations.

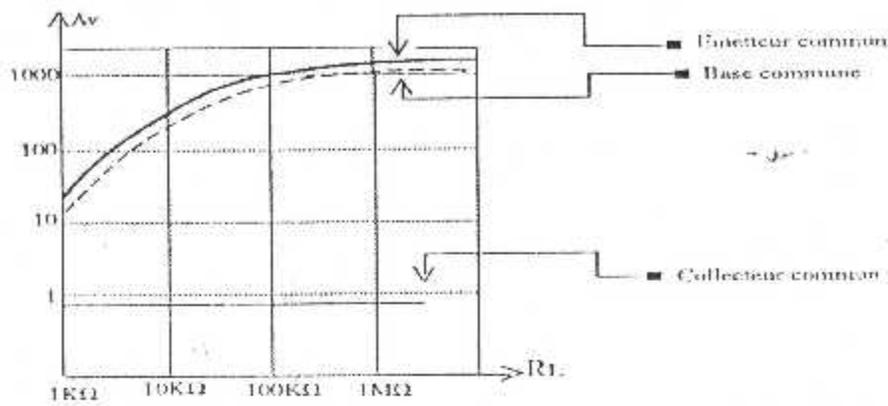
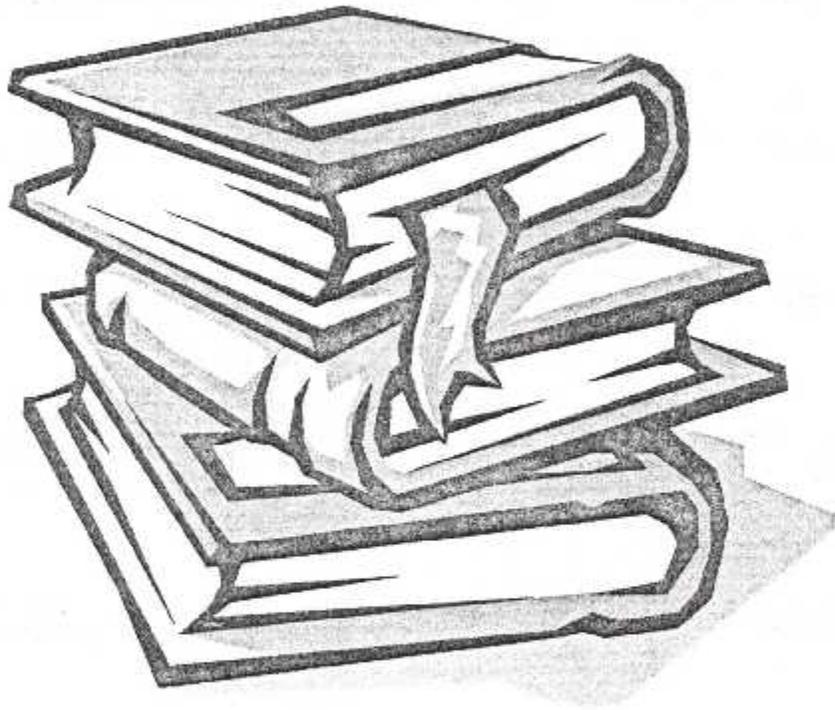


Fig III.22 - Evolution du gain en tension en fonction de la résistance de charge pour les trois types de configurations du transistor.

# BIBLIOGRPHIE



## BIBLIOGRAPHIE

### Ouvrages

- BRAHIM HAROUBIA, Les bases de l'électronique.
- TAYEB CHERIF RACHID, Electronique de base (tome 1).

### Thèses :

- Etude et réalisation d'un banc d'essai pour le système de contrôle et de régulation de la température APU et pack température contrôler. Promotion 2002. Institut d'aéronautique .Université de BLIDA.
- Etude de système de conditionnement d'air dans les cabines d'avion de ligne et la dimension d'un échangeur de chaleur AIR /AIR du circuit de conditionnement d'air Promotion 2004 .Institut d'aéronautique. Université de BLIDA.

### CD ROM :

- Flight CBT.
- AMM.
- Delphi 5.

### Cite web :

- [www.boieng.com](http://www.boieng.com).
- [www.b737.org.uk](http://www.b737.org.uk).