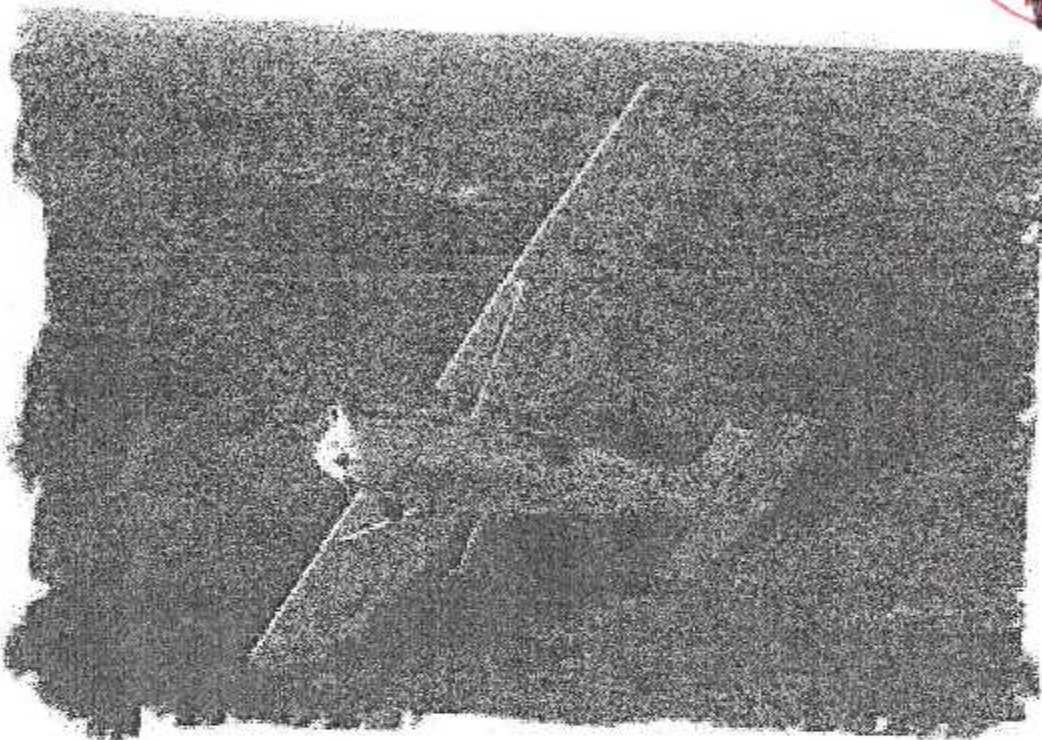


REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université saâd DAHLB DE BLIDA

Projet de fin d'études  
En vue de l'obtention du diplôme des études universitaires appliquées en  
aéronautique option : avionique



**THEME**  
**ETUDE ET REALISATION D'UN BANC D'ESSAI**  
**POUR GENERATRICES ET INDICATEURS**  
**TACHYMETRIQUES POUR AVION CESSNA 208**

Présenté par :

- BOUADJADJA Zakia
- BOUREDJOUANE Aziza

Promoteur :

M<sup>elle</sup> : BEN CHIKH Salima  
M<sup>r</sup> : BEN SALEM Laheem

Promotion 2004

# REMERCIEMENTS

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à tous les responsables de la DIRECTION TECHNIQUE de Tassili Airlines, de nous avoir accueilli dans leurs structures et rendu possible notre travail. En particulier :*

- \* *M. BEN ABDELRAHMEN Mouloud (DIRECTEUR TECHNIQUE).*
- \* *M. CHAIB Mohammed (SOUS DIRECTEUR TECHNIQUE).*
- \* *M. BENSALEM Lahcen (CHEF D'ATELIER AVIONIC).*

*Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance.*

*Nous témoignons notre reconnaissance à :*

- \* *M. HAMRIT Ahmed*
- \* *M. HAREK Amer.*
- \* *M. OUAZIDINE Madani.*
- \* *M. BRAHEM CHAOUECHE Khoudja.*
- \* *M. NECAIBIA Kamel.*
- \* *M. YAHY Omar.*

*Pour les conseils et l'aide permanente qu'ils nous ont prodigués tout au long de ce travail.*

*Nous sommes heureux, d'exprimer notre respectueuse gratitude et nos vifs remerciements à tous nos enseignants pour l'enseignement et le suivi qu'ils nous ont apportés pendant notre formation.*

*Pour conclure, à Messieurs les membres de jury qui nous font l'honneur de siéger dans notre soutenance, nous les prions de bien vouloir trouver ici l'expression de nos salutations les plus distinguées.*

## **DEDICACE**

***Je dédie ce modeste travail:***

***A mes très chères parents : ma mère et mon père***

***A mes grands père et mère***

***A mes sœurs :Aïcha, Messouda, Fatima, Rahma, Houda, Sherifa .***

***A mes frères :Abd-alhafide, messoude, mohamede,et le petit slimene .***

***A ma sœur avant qu'elle soit ma binome AZIZA et sa famille .***

***Tout mes amies :samira , fousia , zahra,Lamia, zahra , nasima, akila ,  
bahia, chahrazède , Nora, Louiza , aïcha ,kheira , anissa , soumaïa ,  
tassaadite et fatima.***

***A tous mes amies (amis) de l'institut d'Aéronautique.***

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

**\*ZAKIA\***

# Dédicaces

*Je dédie ce mémoire :*

*A ma mère*

*Qui m'a soutenu pendant ce long parcours*

*A mon père.*

*A mes frères : Hamoud , Abd alkrim , Tahar et ses familles.*

*A mes sœurs : Yamina , Houria , malika et ses famille.*

*A mes oncles et mes tantes .*

*A mes cousins et cousines.*

*A ma binome Zakia et sa famille*

*A mes amies : Samira , Fouzia , Nassima , Zahra , Noura , Zahra , Lamia ,  
Akila , Bahia , Hassina , Amel , Nour el houda , Fadhrila ,  
Ouarda.*

*A Mes professeurs du primaire à l'université.*

*A familles : Ichina et Bouzid.*

*A toutes personnes et à celles que par mégarde j'aurais pu oublier , je dédie ce  
Modeste travail.*

*AZIZA*



# SOMMAIRE

## Introduction générale

### Chapitre I : Etude des systèmes tachymètres sur avion

I-1. Généralités .....	01
I-2. Moteur du cessna 208 B.....	03
I-2-1. Description générale.....	03
I-2-2. Principe.....	06
I-3. l'ensemble -moteur - génératrice- indicateur .....	09
I-3-1. Réducteur accessoire .....	09
I-3-1-1 Génératrice tachymètre de gaz .....	12
I-3-1-2 Indicateur tachymètre de gaz.....	13
I-3-2. Réducteur hélice (REDUCTEUR CEAR BOX).....	15
I-3-3-1. Génératrice tachymètre d'hélice .....	15
I-3-3-2. Indicateur tachymètre d'hélice.....	15
I-4. Principe de fonctionnement de la génératrice tachymètre.....	17
Conclusion .....	18

### Chapitre II : Etude électrique des différents étages de module tachymètre

II -1 .Introduction .....	19
II -2 Schéma synoptique du banc d'essai.....	19
II-3. Etude de différents étages.....	21
II-3-1 Alimentation.....	21
II-3-1-1 Le transformateur .....	21
II-3-1-2. Le redresseur double alternance .....	22
II-3-1-3. Filtre de bloc d'alimentation.....	23
II-3-1-4. Principe de régulation.....	25
II-3-2 Commande de vitesse (oscillateur astable ).....	26
II-3-2-1. Mise en forme.....	29
II-3-2-2. Commande de variation de fréquence.....	30
II-3-3. Circuit de commande.....	32
II-3-3-1. Principe du transistor de commutation.....	33
II-3-3-2. Moteur d'entraînement .....	34
II-3-3-2-1. Principe de fonctionnement.....	34
II-3-3-2-2. Moteur à aimant permanent.....	35
II-3-3-3. Diode de roue libre (diode de récupération ).....	35
II-3-4. Capteur .....	36
II-3-4-1. Technique de transmission par le rayonnement I.R.....	36
II-3-4-2. principe de fonctionnement.....	36
II-3-5. Etage d'amplification.....	38
II-3-6. Bloc de mise en forme .....	39
II-3-7. Bloc de base se temp. ....	40
II-3-8. Remise à zéro .....	42
II-3-9. Bloc de traitement numérique .....	43
II-3-9-1. Unité de comptage .....	43
II-3-9-2. Unité de décodage d'un compteur.....	43
II-3-9-3. Unité d'affichage.....	44
II-3-10. principe de fonctionnement de l'étage de traitement numérique .....	45

## **Chapitre III : Etude et réalisation du banc d'essai**

III-1 Introduction .....	47
III-2. principe de fonctionnement .....	47
III-3. Objet de la régulation .....	48
III-4. conception du banc d'essai .....	49
III-4-1. Bloc d'entraînement .....	49
III-4-2. Le circuit de commande de la vitesse .....	51
III-4-3-. Bloc de compte tours/minutes .....	52
III-5. Schéma électrique du circuit de test .....	53

## **Chapitre IV : procédure du test**

IV -1 Procédure de teste de la génération .....	54
IV-1-1. teste opérationnel des génératrices suivant les différent types .....	54
IV-1-2. Liste et mode opérationnel des réparations (génératrice) .....	55
IV-2. calibration des indicateurs tachymétrique pour avion de type cessna 208B .....	56
IV-2-1. Tableau de calibration d'indicateur hélice (NP) .....	57
IV-2-2. Tableau de calibration de l'indicateur de génératrice de gaz (NG) .....	58
Conclusion .....	59

## **Conclusion Générale.**

# Liste des figures

## Chapitre I :

Fig-I-1 : vue générale du CESSNA.....	01
Fig-I-2 : les différentes parties du moteur PT6A-114A.....	04
Fig-I-3 : moteur de CESSNA 208B.....	05
Fig-I-4 : principe de turbopropulseur.....	06
Fig-I-5 : principe de moteur PT6.....	08
Fig-I-6 : présentation de l'ensemble moteur-generatrice-indicateur.....	10
Fig-I-7 : réducteur(GEAR BOX).....	11
Fig-I-8 : l'emplacement de la génératrice tachymétrique du générateur de gaz.....	14
Fig-I-9 : l'emplacement de la génératrice tachymétrique de l'hélice.....	16

## Chapitre II :

Fig-II-1: Schema synoptique.....	20
Fig-II-2. redresseur a double alternance.....	22
Fig-II-3. circuit électrique de bloc d'alimentation.....	23
Fig-II-4. la forme des signaux avant et après le filtrage.....	24
Fig-II-5 : schéma du régulateur.....	26
Fig-II-6 : commande de vitesse.....	26
Fig-II-7 : schéma électrique de l'oscillateur NE555.....	27
Fig-II-8 : schéma interne du circuit intégré NE555.....	28
Fig-II-9 : signaux au niveau de l'Astable a base de circuit intégré NE555.....	30
Fig-II-10 : circuit de commande.....	32
Fig-II-11 : transistor de commutation.....	33
Fig-II-11-A- transistor en état bloqué.....	33
Fig-II-11-B-transistor en état saturé.....	33
Fig-II-12 : principe de moteur a courant continu.....	34
Fig-II-13 : schéma électrique du moteur a aimant permanent.....	35
Fig-II-14 : diode de roue libre.....	35
Fig-II-15 : émission et réception.....	36
Fig-II-16 :schéma du capteur optique.....	37
Fig-II-17 :schéma de phototransistor NPN.....	37
Fig-II-18 :schéma de montage amplificateur.....	38
Fig-II- 19 :schéma de mise en forme.....	39
Fig-II-20 : base de temps.....	40
Fig-II-21 : montage de remise a zéro.....	42
Fig-II-22 :oscillogramme.....	43
Fig-II-23 :afficheur a 7 segments.....	44

## Chapitre III :

Fig-III-1 : bloc d'entraînement.....	50
Fig-III-2 : signal du circuit de commande de vitesse.....	51
Fig-III-3 : schéma électrique du circuit de test.....	53



## Introduction générale :

Les équipements mobiles traditionnels sont substitués par des cartes électroniques beaucoup plus précises, consommant très peu d'énergies et d'encombrement réduit, et qui sont d'une large intégration dans l'automatisation des systèmes, notamment le contrôle de vitesse des mobiles.

Les appareils électroniques pour la mesure de la vitesse se sont imposés grâce à quelques particularités uniques ; dans cet ordre d'idée, ils sont mentionnés dans la possibilité de mesurer les vitesses sans perturbation de l'état de l'objet soumis à la mesure, ainsi que la possibilité de mesurer la vitesse à variation rapide.

Le but de notre projet est l'étude et la réalisation d'un système tachymétrique qui sert à mesurer la vitesse de rotation en RPM (révolution par minute).

Notre travail est réparti comme suite :

Dans le premier chapitre, nous faisons une description générale du système avion, nous nous intéressons plus particulièrement aux génératrices tachymétriques et à leurs emplacements sur avion.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude électrique des différents étages du module tachymètre.

En suite, dans le troisième chapitre nous présentons la réalisation du banc d'essai.

Et le dernier chapitre est consacré à la procédure de test pour génératrice tachymétrique et son mode opératoire de réparation, et la calibration des indicateurs tachymétriques.

En fin nous terminons notre travail par une conclusion générale.

## L'HISTORIQUE DE L'ENTREPRISE « TASSILI AIRLINES »

**TASSILI AIRLINES (TAL)** a été créée en 1998 en collaboration entre Air Algérie (49%) et SONATRACH (51 %) avec une flotte de 05 Pilatus avions affrétés.

En Octobre 2001, une fusion approfondie avec la DTA (Direction du Travail Aérien d'air Algérie) a servi de tremplin à cette compagnie étatique afin de mieux assurer sa position sur le marché national.

En jumelant l'activité du travail aérien à celui du parapétrolier avec 07 CESSNA 208B, 07 Hélicoptères Bell 206L ET 04 Beech Craft 1900D ce qui permet à cette compagnie d'assurer le transport de 400.000 ouvriers des secteurs pétrolier et parapétrolier.

La grande activité au niveau de cette compagnie est la maintenance aéronautique (révision des avions).

Pour cela, d'énormes moyens humains et matériels sont disponibles au niveau du hangar qui est situé dans l'enceinte de l'aéroport Houari Boumediene.

La maintenance de la flotte TAL est assurée par un effectif de techniciens algériens.

### ACTIVITES :

- ❖ Transport du personnel (Relève).
- ❖ Transport de fret rapide.
- ❖ Transport de VIP (très importantes personnalités).
- ❖ Evacuation sanitaire.

### LA FLOTTE :

- ❖ 05 Pilatus.
- ❖ 07 Hélicoptères
- ❖ 07 CESSNA 208B.
- ❖ 04 Beech Craft 1900D +01 (affrété).
- ❖ 02 ATR 42 affrétés.

# Avant Propos

Notre stage pratique au sein de la compagnie TASSILI AIRLINES s'est étalé sur une période de six (6) mois, au cours duquel nous étions affectés à la direction technique, plus exactement aux hangars, où s'effectue la maintenance des avions de la compagnie

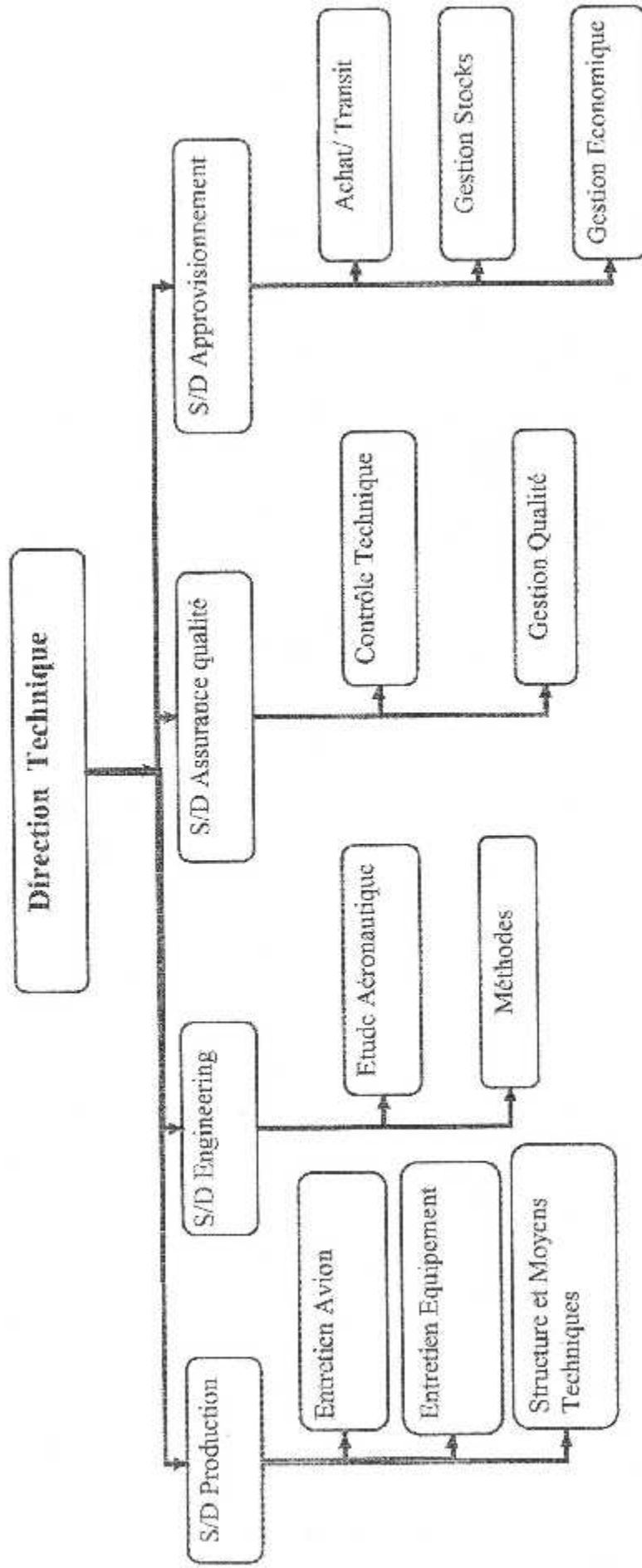
A notre arrivée, les services de la compagnie nous ont proposé de faire une étude sur le banc d'essai qui existe au niveau de l'atelier (un seul banc d'essai en panne).

Les manuels des avions sont rédigés en Anglais ce qui nous a causé des difficultés d'assimilation des propos décrivant le système d'une façon générale. Ceci nous a consulté au fur et à mesure un dictionnaire technique pour y remédier.

Durant toute cette période, on a essayé de collecter le maximum d'informations relatives à la méthode de travail pour l'étude et la réalisation du banc d'essai.

Dans la suite de ce travail seront citées, de façon succincte, les principales notions et informations acquises durant notre stage.

# ORGANISATION DE LA DIRECTION TECHNIQUE





Cessna 208 Grand Caravan - Limoges - photo JP Neymond

# CHAPITRE I

ETUDE DES SYSTEMES

TACHYMETRES

SUR AVION

### I-1. Généralités :

Le CESSNA 208 B est un avion monomoteur, d'un fuselage de type monocoque ayant des ailes hautes, équipé d'un train d'atterrissage fixe.

La capacité du carburant est de 1050 litres  $\approx$  2200 LBS (une autonomie de 7 heures, vitesse de croisière 175 Knouts  $\approx$  350 Km/h).

Il est certifié 09 places, 02 pilotes. Il peut être aménagé en version cargo (transport 1000 Kg de marchandises) ou en évacuation sanitaire.

L'altitude pratique de cet avion est de 12500 Pieds  $\approx$  4000 m.

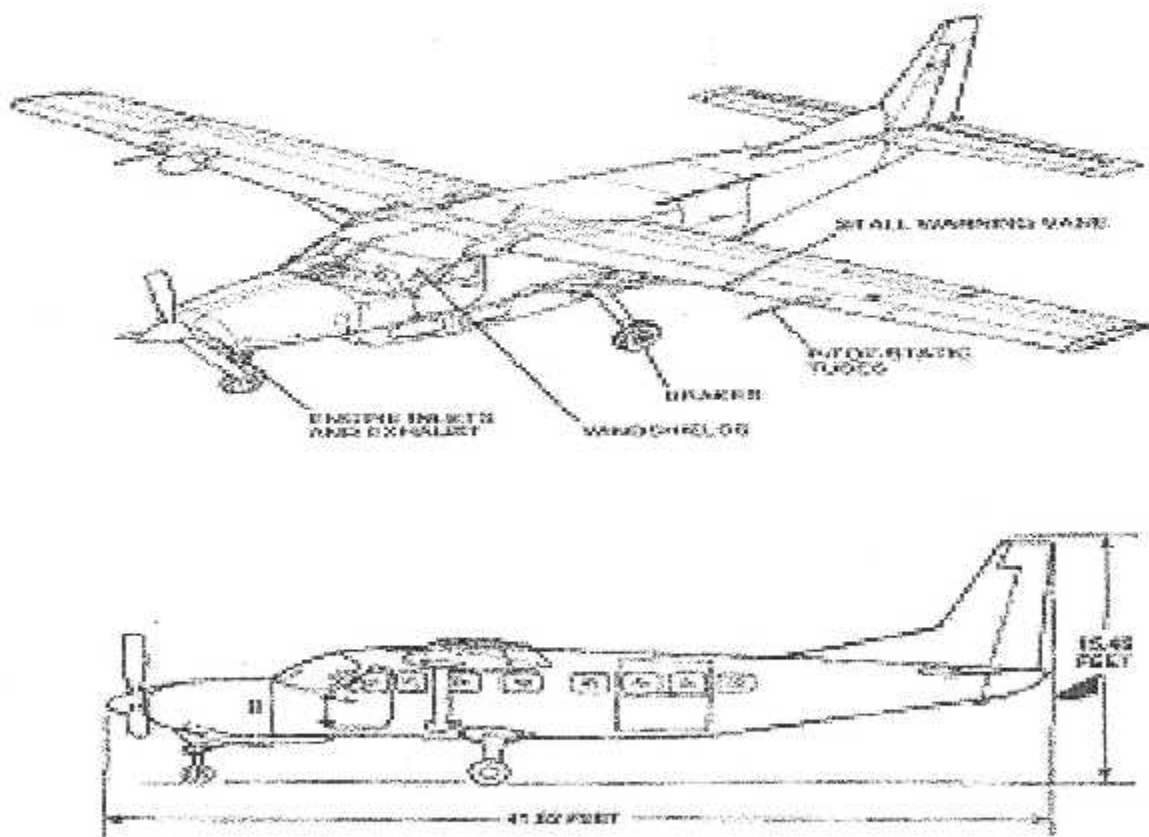


Fig.I-1. Vues générales du CESSNA 208 B.

**Les caractéristiques de l'avion CESSNA 208B :**

Les caractéristiques techniques d'exploitation du CESSNA sont données dans le tableau I.1 suivant :

Caractéristiques	Version fret	Version passager
Vitesse maximale à 3300 m d'altitude	324 Km/h	340 Km/h
Vitesse maximale à 6700 m d'altitude	303 Km/h	322 Km/h
Distance franchissable max. (vitesse max.) :		
A 3300 m d'altitude	1597,3 Km	1681 Km
A 6000 m d'altitude	1935 Km	2055 Km
Plafond pratique (altitude pratique)	7600 m	7900 m
Altitude maximale	8300 m	8300 m
Performance au décollage course au sol	428 m	416 m
Performance à l'atterrissage course au sol	279 m	290 m
Vitesse de crochage	118 Km/h	118 Km/h
Masse maximale au décollage	3970 Kg	3970 Kg
Masse à vide	1817 Kg	1865 Kg

**Tab I.1 : caractéristiques techniques de CESSNA 208B.**

**I-2. Moteur du CESSNA 208B :****I-2-1. Description générale :**

Le CESSNA 208 B est propulsé par un moteur de type PT6A-114A et une hélice à 03 pales. Le PT6A-114A est une turbine à gaz de la famille PRATT & WITNEY, aussi appelé Small PT6.

Le groupe turbopropulseur (moteur et hélice) se divise en deux modules :

- Un module Générateur de gaz qui se comporte de :
  - Une boîte d'accessoires.
  - Un compresseur à 3 étages axiaux et une centrifuge.
  - Un ensemble de diffuseurs.
  - Une turbine à gaz.
  - Une chambre de combustion.
  
- Un module générateur de puissance qui se compose de :
  - Une turbine de puissance.
  - Un échappement.
  - Une boîte de réduction.



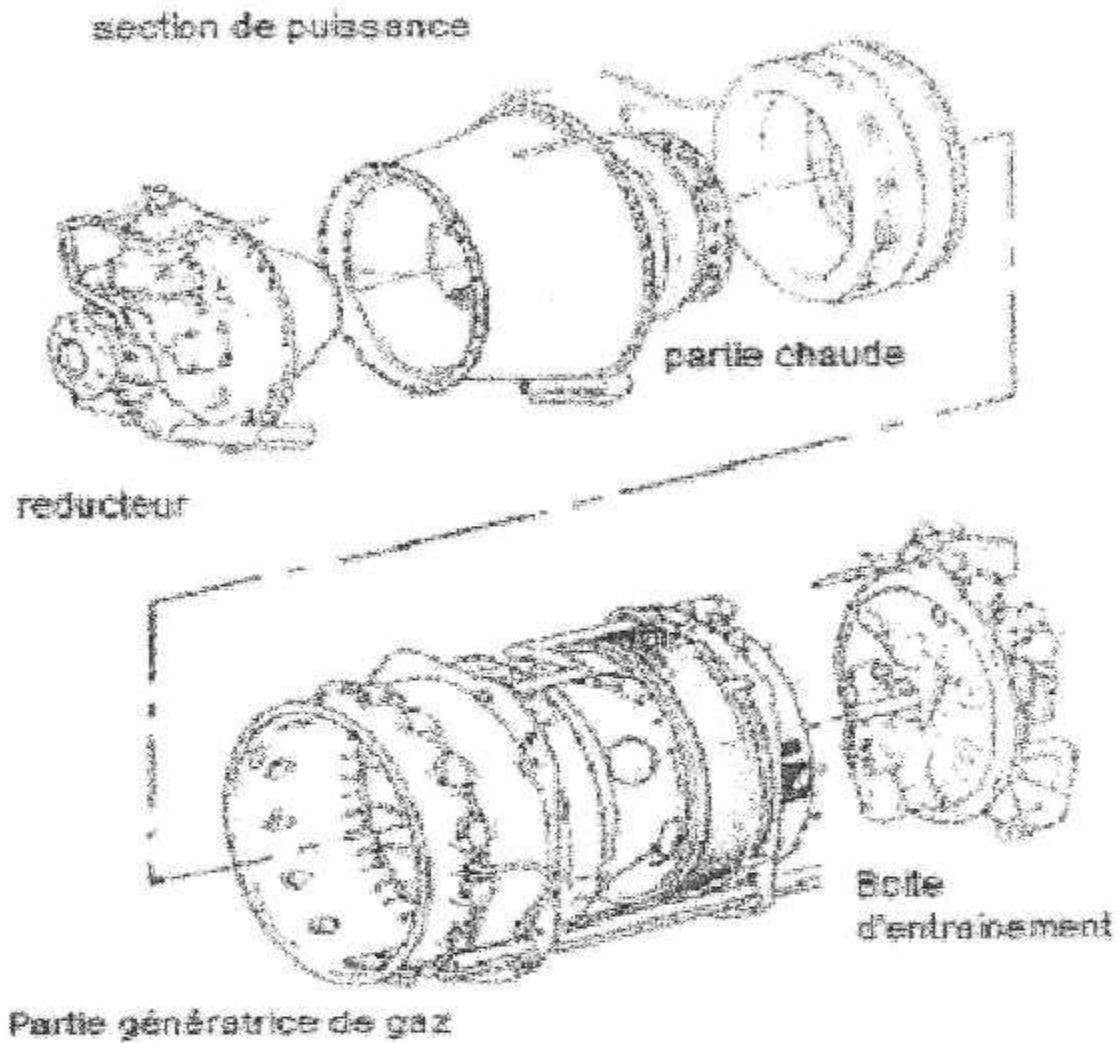


Fig.1-2. Les différentes parties du moteur PT6A-114A.

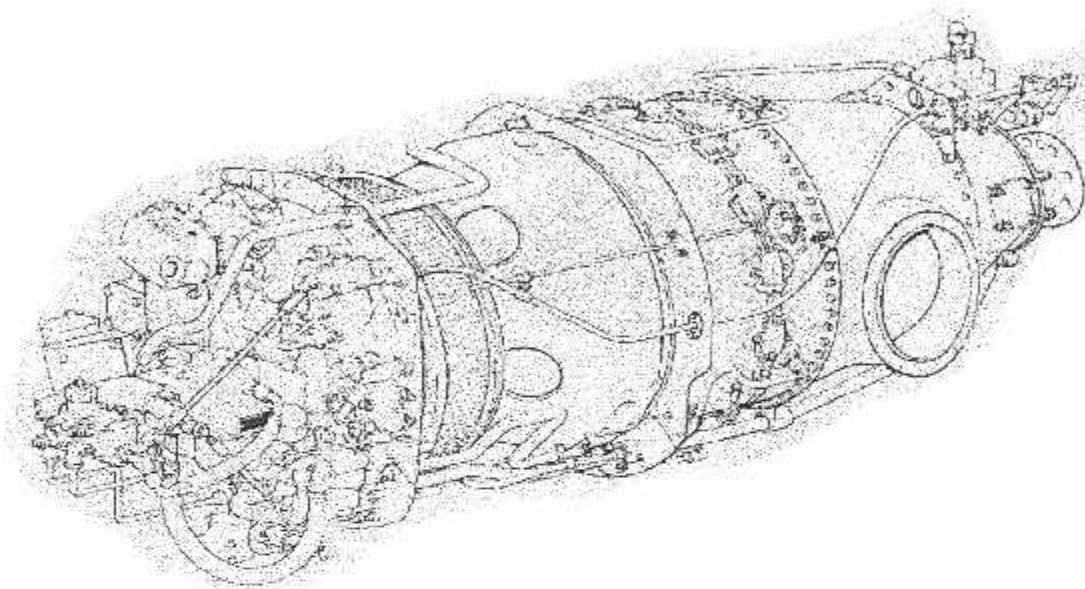


Fig.I-3. Moteur de CESSNA 208 B.

### I-2-2. Principe :

L'air entre dans le moteur à travers "AIR INLET PLENUM " ou "ENTREE D'AIR" (fig I-5), le passage d'air est protégé par une grille appelée "AIR INLET SCREEN". L'air passe dans le compresseur à trois étages axiaux et un centrifuge. Les étages axiaux convertissent la vitesse de l'air en pression vu la forme des ailettes du compresseur ainsi que celle des stators, la pression à cette station est appelée P2.5, l'air ensuite est orienté de 90° par les diffuseurs pipes.

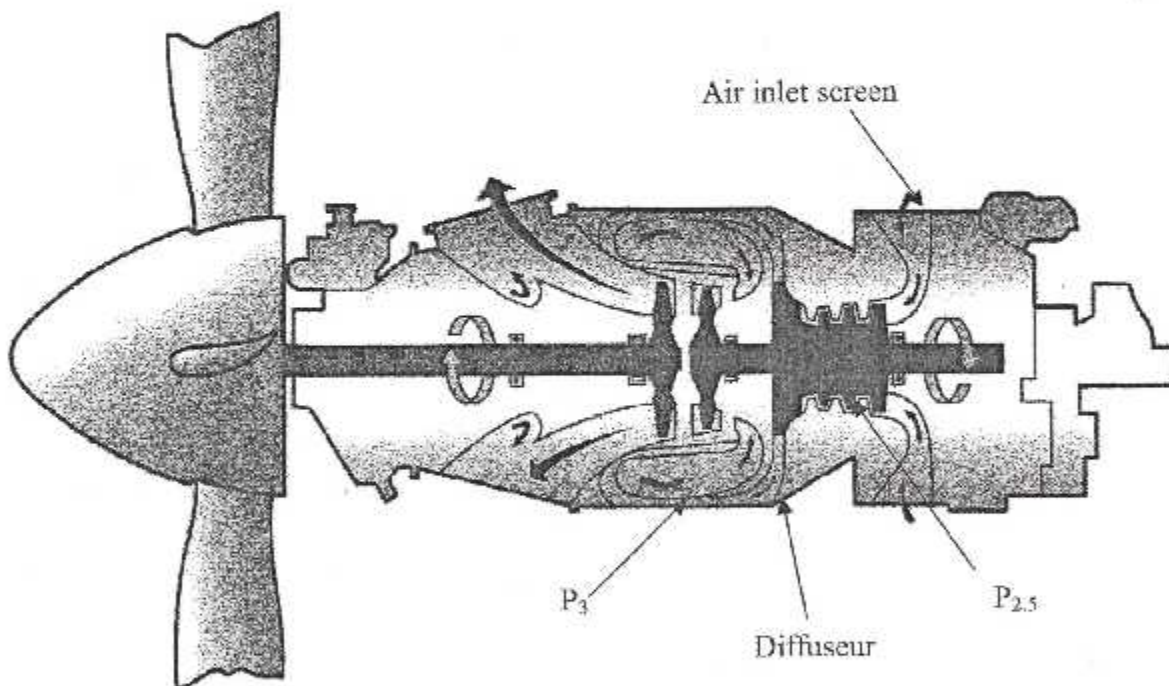


Fig.I-4. Principe du turbopropulseur.

L'air acquit une certaine pression, appelée P3, au niveau du GAZ GENERATOR CASE.

L'air P3 entre dans la chambre de combustion par des trous de différents diamètres, 70% de cet air sert au refroidissement de la chambre de combustion et uniquement 25% d'air est utilisé pour la combustion.

Le carburant réglé en pression et en température par le FCU (Fuel Control Unit) est injecté dans la chambre de combustion par 14 "Fuel Nozzle Adapter" ou injecteurs. Les gaz d'expansion résultant de la combustion du mélange Carburant/AIR (un rapport de 1/15, soit un volume de fuel pour 15 volume d'air) sont dirigés et changés de direction de 180° (pour cela, on appelle PT6A à flux inversé).

Les gaz d'expansion entraînent la turbine après un passage par le "VANE RING" (Obage redresseur) qui donne une meilleure orientation adéquate aux gaz.

La turbine entraîne ensuite le compresseur qui devient autonome, 2/3 de l'énergie entraînent la turbine du compresseur et 1/3 entraîne la turbine de puissance.

Il n'y a pas de lien mécanique entre les deux turbines, d'où le nom "FREE TURBINE" ou turbine libre.

La turbine de puissance entraîne l'arbre hélice après une réduction de 1/15 de la vitesse de rotation de cette turbine.

A travers l'arbre compresseur, une boîte d'engrenage (Accessory Gear Box) entraîne :

- Une génératrice/ démarreur.
- Un compresseur fréon. (optionnel)
- Une pompe HP carburant + FCU.
- Un alternateur
- Une génératrice tachymétrique.
- Quatre pompes d'huile.
- compresseur fréon. (optionnel)
- Deux sorties optionnelles.

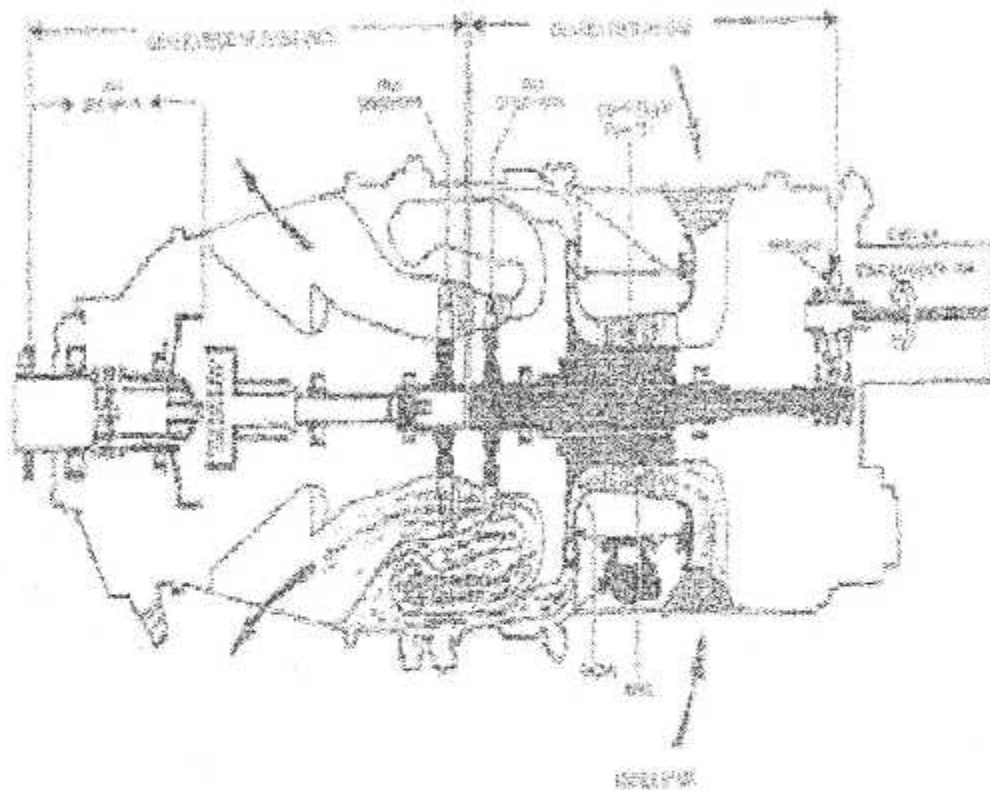


Fig.1-5. Principe du moteur PT6.

### **I-3. L'ensemble moteur –génératrice –indicateur :**

La figure I-6 montre les différents organes constituant l'ensemble moteur- génératrice- indicateur.

#### **I-3-1. Réducteur accessoire :**

Tous les accessoires entraînés par le moteur, à l'exception de la génératrice tachymétrique d'hélice et des régulateurs hélice, sont montés sur la table d'accessoires située à l'arrière du moteur. Ils sont entraînés par la turbine du compresseur par un arbre d'accouplement traversant la partie centrale du réservoir d'huile dans un tube conique.

Le couple de la turbine de puissance est transmis au premier étage du réducteur, puis au deuxième étage, et enfin à l'arbre d'hélice

Le régime maximal de la turbine de puissance (33000 tr/mn) est ramené à une vitesse de rotation d'hélice de 1900 tr/mn, soit un rapport de réduction de 0.0576.

Les accessoires montés sur le carter avant du réducteur, sont entraînés par pignon conique monté en arrière du roulement de butée de l'arbre d'hélice. Les arbres des prises de mouvements, assemblés sur ce pignon, transmettent le mouvement de rotation aux trois brides situées aux positions midi, trois heures et neuf heures qui sont : régulateur hélice, génératrice tachymétrique et régulateur sur vitesse respectivement.

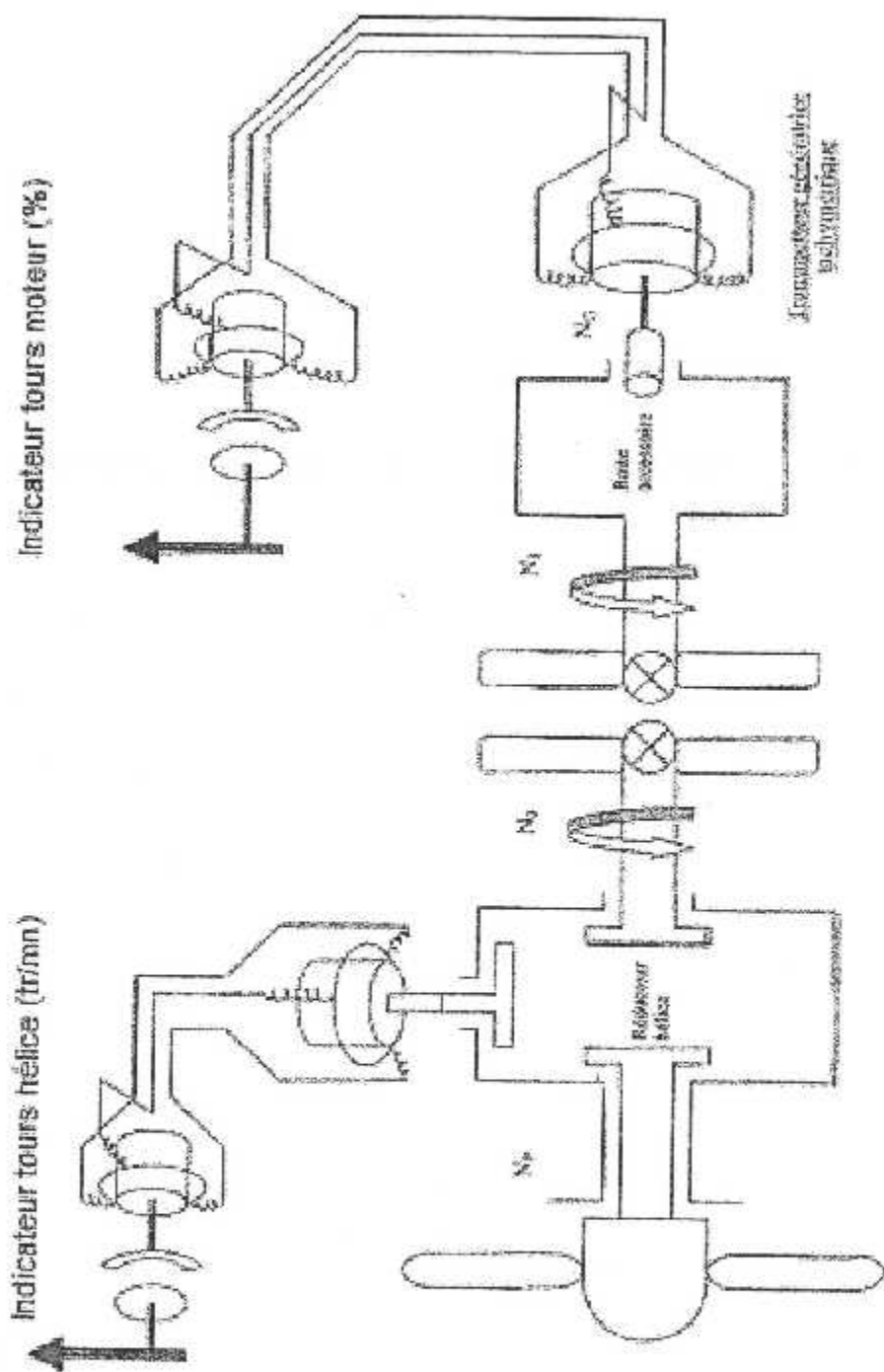


Fig.1-6. Présentation de l'ensemble Moteur-Génératrice-Indicateur.

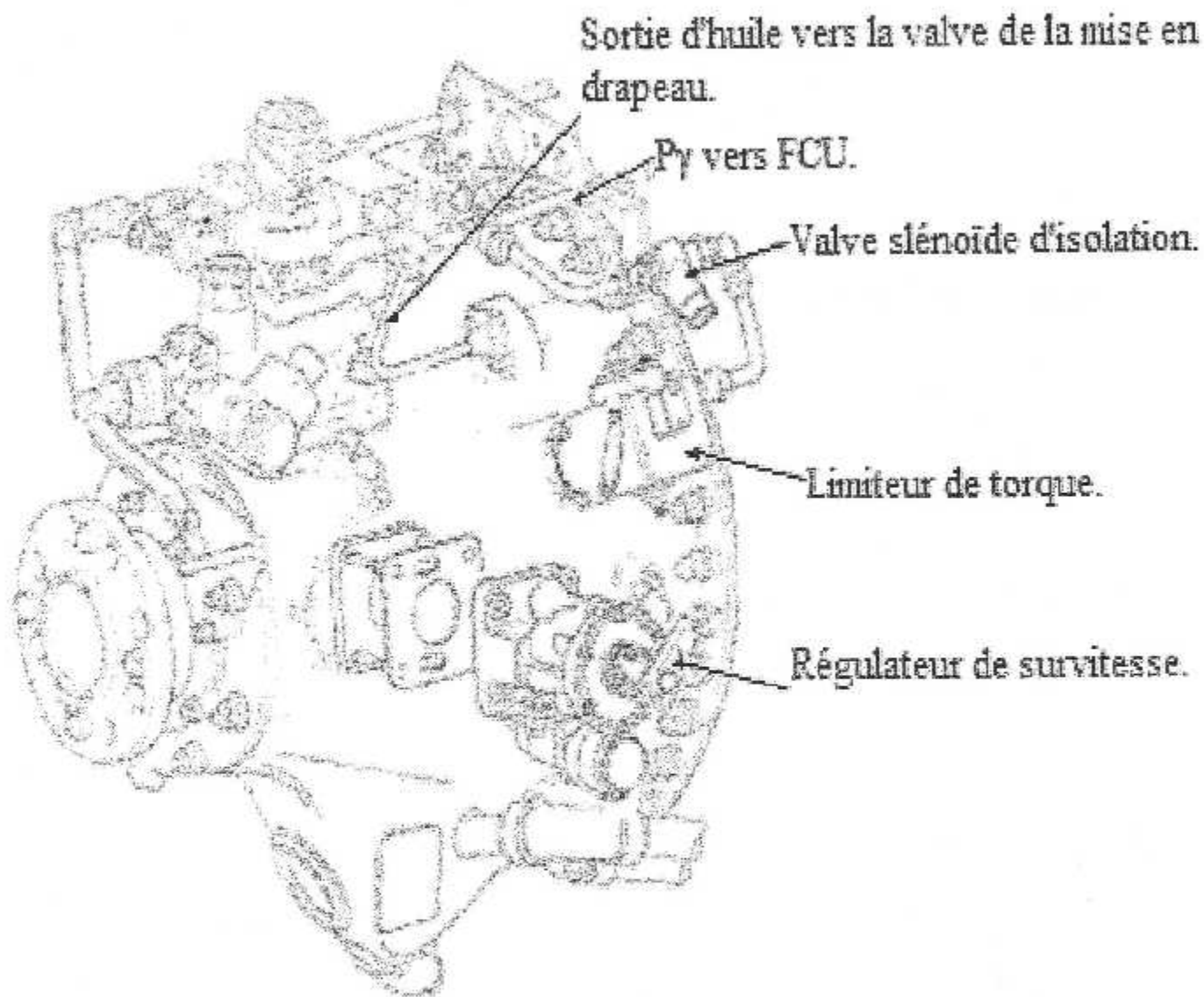


Fig.I-7. Réducteur (GEAR BOX).



Les charges de butée d'hélice sont absorbées par un ensemble de roulements à billes à brides, situés sur la face avant de l'alésage central du réducteur.

Les entretoises de réglage du pignon d'entraînement conique, le roulement de butée et le joint labyrinthe sont empilés et fixés sur l'arbre d'hélice au moyen d'une rondelle clavetée et d'un écrou plat à encoche. Le roulement de butée est protégé par un cache fixé par des boulons sur la bride avant du carter avant du réducteur dans un tube conique.

### **I-3-1-1. Génératrice tachymétrique de générateur de gaz :**

La génératrice tachymétrique (voir Fig I-8, détail A5) est en fait un alternateur dont on mesure la fréquence. Elle est placée sur l'ACCESSORY GEAR BOX (boîte accessoires), du côté droit du REAR CASE (case arrière). La mesure de la fréquence de sortie d'un alternateur entraîné par un moteur détermine la vitesse de rotation de celui-ci.

La génératrice tachymétrique (TACHOMETER GENERATOR) est une machine bipolaire dans laquelle se trouve un aimant permanent (ROTOR) entraîné par le moteur. Quand le moteur tourne à 37500 RPM (100% RPM), la génératrice est entraînée à 4200 RPM. La fréquence du courant engendré par la génératrice tachymétrique est donc de 70 Hz (4200 RPM = 70 tours/s).

La sortie de la génératrice tachymétrique est directement reliée à l'indicateur (NG) suivant un couplage triangle.

### I-3-1-2. Indicateur tachymétrique de générateur de gaz :

L'indicateur tachymétrique (Fig I-8, détail B-14) comprend un moteur synchrone triphasé dont les enroulements stators sont raccordés en triangle à la génératrice tachymétrique.

Lorsque la génératrice tachymétrique est entraînée, l'aimant permanent quadripolaire constituant le rotor de l'indicateur tachymétrique tourne à moitié vitesse.

En effet, bien que le champ induit dans la génératrice et celui développé dans l'indicateur aient la même fréquence et le même sens de rotation, le nombre de pôles du rotor de l'indicateur est double de celui du générateur.

L'axe de rotor est relié à deux disques solidaires (cages) sur lesquels sont fixés quatre aimants permanents. Un ressort en spirale équilibre le couple engendré par ces derniers ; il limite donc le déplacement de la plaque et de l'aiguille fixée sur son axe.

Comme ce couple est proportionnel à la vitesse de rotation du générateur, l'angle parcouru par l'aiguille est proportionnel à la vitesse de rotation du moteur.

Les stators de l'indicateur et du générateur sont connectés en triangle. Une phase est mise à la masse, les deux autres sont raccordées entre-elles.

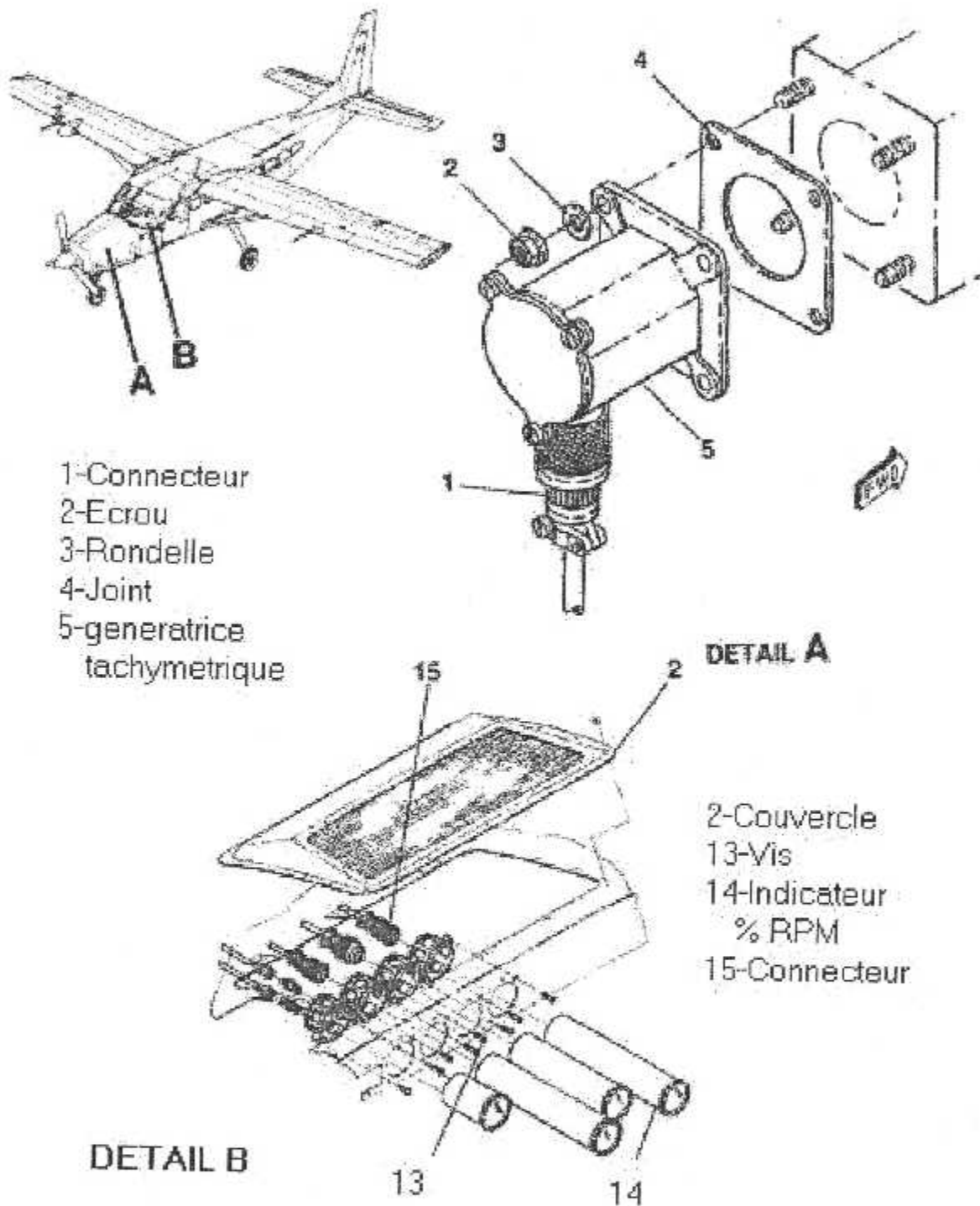


Fig.1-8. Emplacement de la génératrice tachymétrique du générateur de gaz.

### **I-3-2. Réducteur hélice (REDACTION GEAR BOX) :**

Le réducteur et l'arbre hélice, situés à l'avant du moteur, sont logés dans deux pièces coulées en alliage de magnésium, assemblées par des boulons de fixation à la sortie de l'échappement.

Le réducteur contient un train d'engrenage planétaire à deux étages, trois prises de mouvement d'accessoires et l'arbre hélice.

Le premier étage du réducteur est situé dans le carter arrière, tandis que le deuxième étage du réducteur, les prises de mouvement des accessoires et l'arbre d'hélice, est situées dans le carter avant.

#### **I-3-2-1. Génératrice tachymétrique d'hélice : fig.1-9(détail A-5)**

La génératrice tachymétrique d'hélice produit un courant électrique qui est connecté avec le tachymètre d'hélice ; la prise de mouvement et la bride de fixation de la génératrice tachymétrique d'hélice sont situées sur le coté droit du carter du réducteur, et l'axe de la prise de mouvement tourne dans le sens horaire avec un rapport d'entraînement de 0.1273.

#### **I-3-2-2. Indicateur tachymétrique d'hélice : fig.1-9(détail B-8)**

Le tachymètre d'hélice est situé dans la partie supérieure du tableau de bord (voir annexe 1). Les repères de l'instrument sont espacés de 50 tr/mn. Le tachymètre est entraîné électriquement par la génératrice tachymétrique d'hélice, qui est montée sur le coté droit du carter avant. Les repères de l'instrument correspondent à une plage de fonctionnement normal (arc vert) comprise entre 1600 et 1900 tr/mn et à un maximum (trait rouge) à 1900 tr/mn.  $1600 < N_p < 1900$  et  $N_p \text{ max} \geq 1900$  tr/mn.

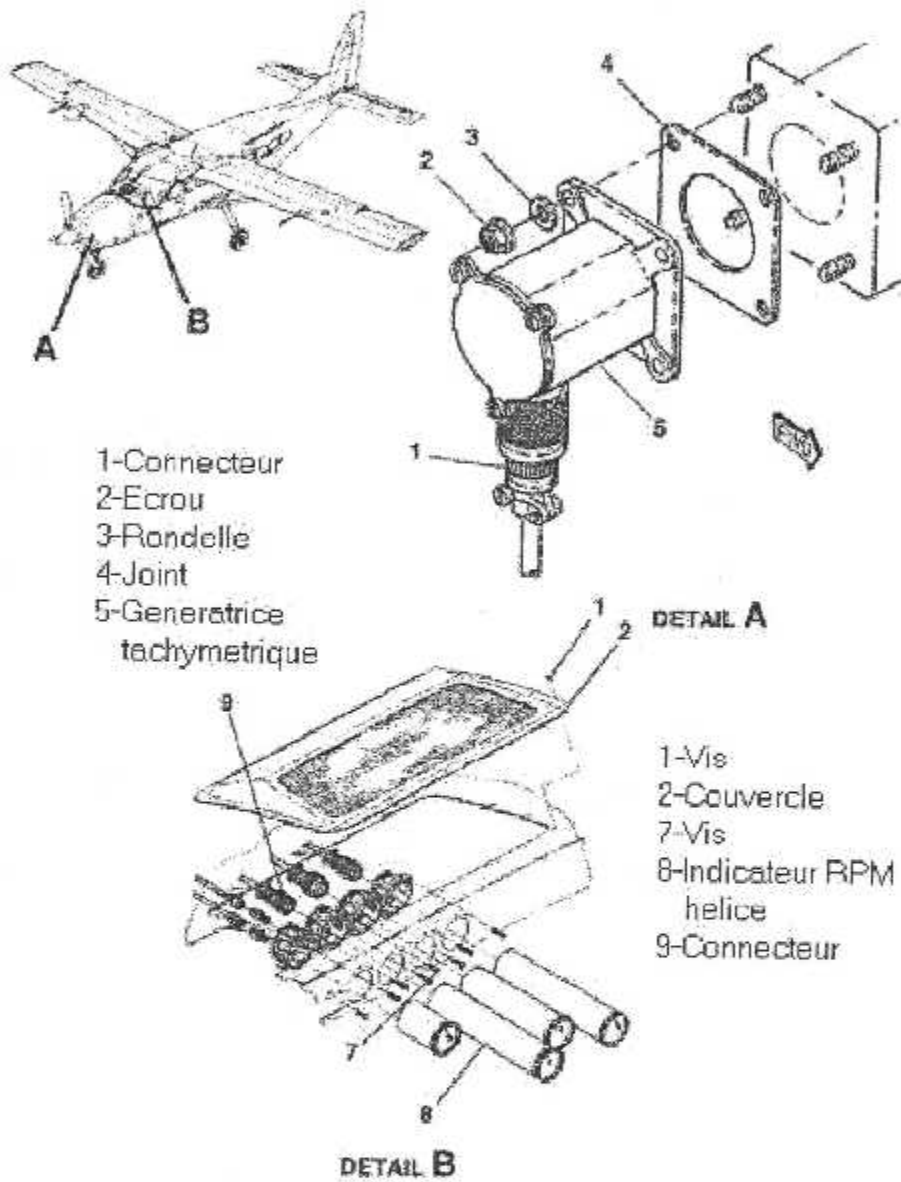


Fig.1-9. Emplacement de la génératrice tachymétrique de l'hélice.

#### I-4. Principe de fonctionnement de la génératrice tachymétrique :

La génératrice tachymétrique a pour fonction de transmettre à l'indicateur RPM le nombre de tours par minute (révolution par minute), effectué par le moteur avion dès sa mise en marche.

Son principe de fonctionnement est basé sur le phénomène de l'induction électromagnétique ; (un conducteur placé dans un champ magnétique est le siège d'une force électromotrice induite).

Le rotor de la génératrice tachymétrique est un aimant permanent.

Si le moteur avion est à l'arrêt :

$N_1 = 0 \Rightarrow N_G = 0$  (avec :  $N_1$  et  $N_G$  vitesses de rotation) ; donc le rotor de la génératrice tachymétrique ne crée pas de flux variable dans le temps, ce qui implique que :

$$\Delta\Phi_1(t) = \Delta\Phi_2(t) = \Delta\Phi_3(t) = 0 ; \text{ ainsi la tension à la sortie est nulle.}$$

Si le moteur avion tourne :

$N_1 \neq 0 \Rightarrow N_G \neq 0$  ( $\Delta\Phi_i \neq 0$ ), implique qu'il y a génération de tension aux bornes de la génératrice tachymétrique.

Pour  $N_1 \neq 0$ , la tension de sortie est proportionnelle à la vitesse du moteur de l'avion.

Le rapport de vitesse est obtenu de la façon suivante :

Pour la génératrice de gaz : (voir annexe 7), on a le coefficient

$$K_{\text{gaz}} = N_1/N_G = 37500 \text{ tr/mn} = 8,92.$$

Pour l'hélice : (voir annexe 7), on a :  $K_{\text{prop}} = 1900 \text{ tr/mn} = 0,4523$ .

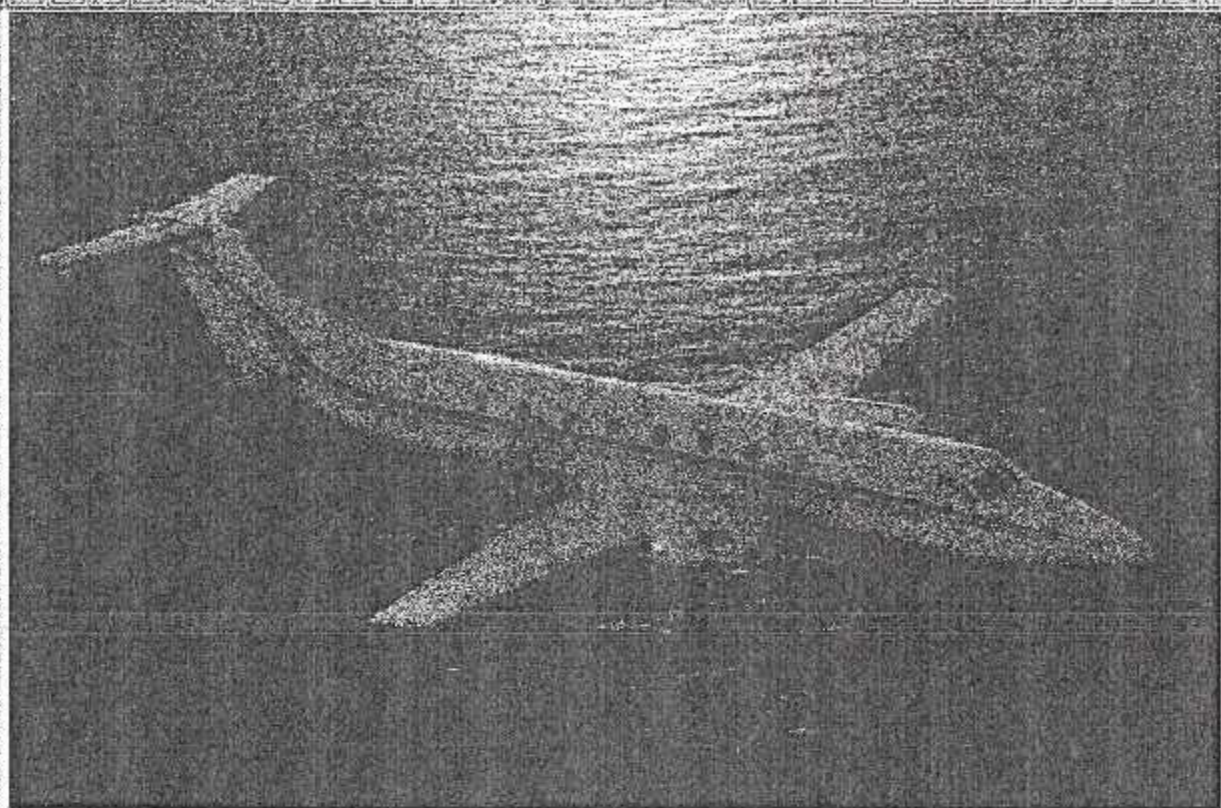
Lorsque le moteur est à 100% de sa vitesse nominale (37500 tr/mn), vitesse à laquelle le rotor de la génératrice tachymétrique ne peut être supportée, l'existence d'une boîte d'engrenage est donc nécessaire.

Dans notre cas, le rapport de réduction est d'environ de 1/9.

**Conclusion :**

Nous avons présenté l'Aéronef concerné par notre étude, et mis en évidence l'importance du système avion.

A cet effet, nous avons présenté les caractéristiques de l'avion, exposé le principe du turbopropulseur et les différents étages de réduction. Afin de définir la liaison moteur-inducteur, et montré que les deux indications des paramètres moteurs et hélice devront être affichées en permanence pour le pilote ainsi que pour le mécanicien, et cela pour garantir la navigabilité et la sécurité de vol.



# CHAPITRE II

ÉTUDE ÉLECTRIQUE  
DES DÉFERENTS  
ÉTAGES DE MODULE  
TACHYMÈTRE



**II-1. Introduction :**

Dans ce chapitre, on présente les différentes étapes nécessaires pour la réalisation d'un système tachymètre et la description de chaque bloc qui le compose.

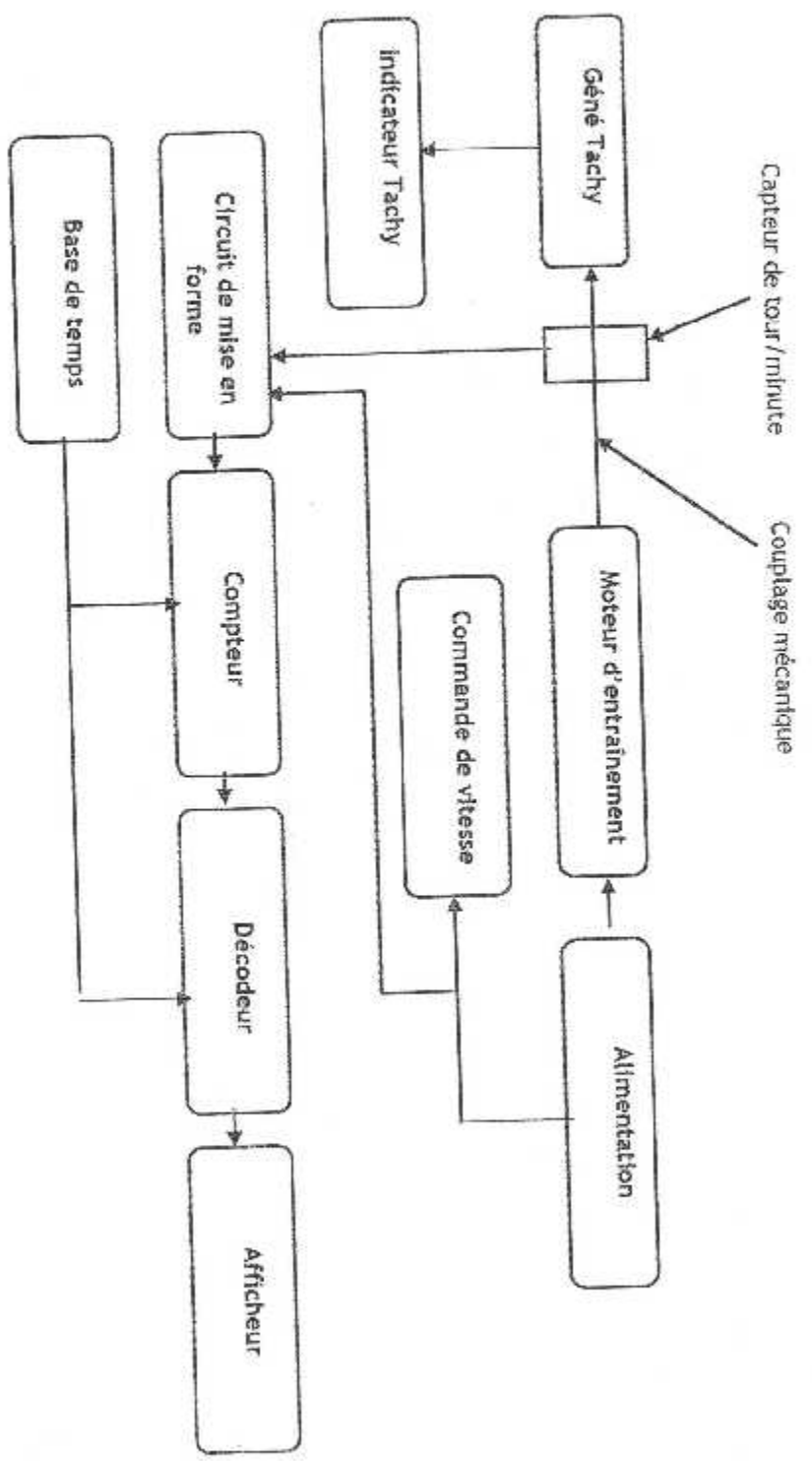
**II-2. Schéma synoptique du banc d'essai :**

Le schéma synoptique comporte un bloc d'alimentation qui va alimenter le moteur d'entraînement et la commande de vitesse.

Ce moteur va faire tourner la génératrice tachymétrique par un couplage mécanique (l'axe d'entraînement + l'engrenage). Cette génératrice est reliée directement avec un indicateur tachymétrique.

On a placé un disque qui contient des trous sur l'axe d'entraînement pour mesurer la vitesse de rotation du moteur en RPM.

Fig II.1 SCHEMA SYNOPTIQUE



### II-3. Etudes des différents étages :

#### II-3-1. Alimentation : (Fig. II- 3)

Le circuit d'alimentation comprend :

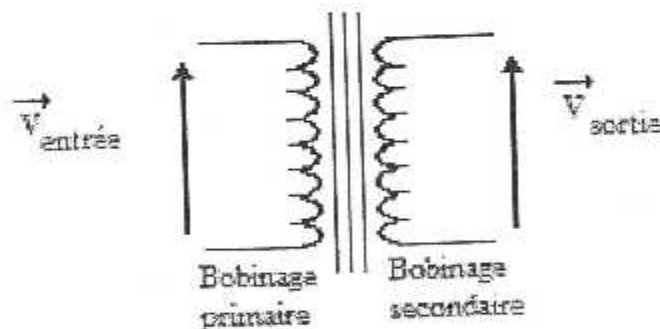
##### II-3-1-1. Un transformateur :

Le transformateur de (220V-24V /3A) est un appareil statique transformant une énergie portée par un courant alternatif de tension donnée en énergie électrique portée par un courant alternatif de tension différente, dont la puissance est  $S = U \times I = 24 \times 3 \rightarrow S = 72VA$ .

Un transformateur peut être élévateur ou abaisseur de tension. Dans les conditions normales d'utilisation, le rendement du transformateur est très élevé.

On utilise un transformateur monophasé (abaisseur de tension). Il porte deux enroulements superposés mais soigneusement isolés l'un de l'autre. L'un reçoit l'énergie entrante, c'est le bobinage primaire ; l'autre délivre l'énergie sortante, c'est le bobinage secondaire. Le courant alternatif primaire induit un flux magnétique alternatif dans le circuit magnétique, ce flux induit à son tour un courant alternatif dans le bobinage secondaire.

\* Symbole :



En pratique, il suffit d'utiliser un transformateur fournissant une tension efficace de 10% à 20% supérieure à la sortie du redressement. (Fig. II- 3).

Vu la consommation importante du moteur au démarrage, un fusible de protection (FUSE) sera mis en place.

### II-3-1-2. Un redresseur à double alternance :

Le redresseur double alternance en pont utilise quatre diodes, tel qu'illustré à la figure II-2.

Lorsque le cycle à l'entrée est positif (partie «a»), les diodes  $D_1$  et  $D_2$  sont sous polarisation directe et conduisent le courant dans la direction indiquée. Une tension est développée aux bornes de  $R_{charge}$  ressemblant à la moitié positive du cycle à l'entrée. Durant ce temps, les diodes  $D_3$  et  $D_4$  sont sous polarisation inverse.

Lorsque le cycle est négatif, (partie «b»), les diodes  $D_3$  et  $D_4$  sont sous polarisation directe et conduisent le courant dans la même direction à travers  $R_{charge}$  que lors du cycle positif. Durant le demi cycle négatif  $D_1$  et  $D_2$ , sont sous polarisation inverse. Une tension de sortie redressée double alternance apparaît donc aux bornes de  $R_{charge}$ .

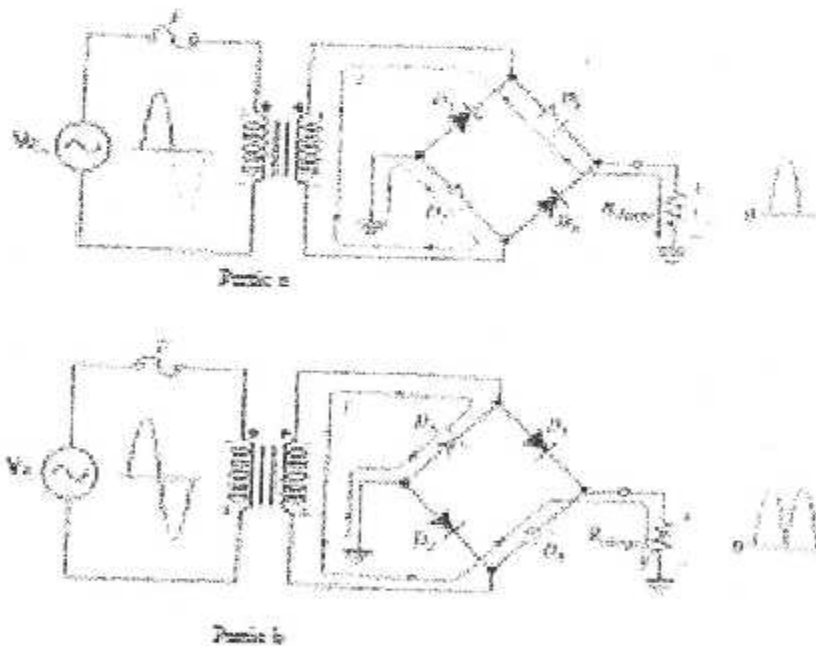


FIG.II-2. Redresseur à double alternance.

### II-3-1-3. Filtrage de bloc d'alimentation :

Un filtre de bloc d'alimentation réduit considérablement les variations de tension à la sortie d'un redresseur afin de produire une tension continue d'un niveau à peu près stable. Le filtrage est nécessaire puisque les circuits électroniques requièrent une alimentation et un courant constant, procurant la puissance et la polarisation nécessaire à leur bon fonctionnement.

Le filtrage est produit à l'aide d'un condensateur qui possède une capacité  $C = Q/V$ , polarisée et mise en place pour filtrer le courant à la sortie du redresseur et minimiser les ondulations. On tolère 10% sur la tension de sortie du redresseur. (fig.II-3).

La figure II-4 montre la forme des signaux avant et après filtrage :

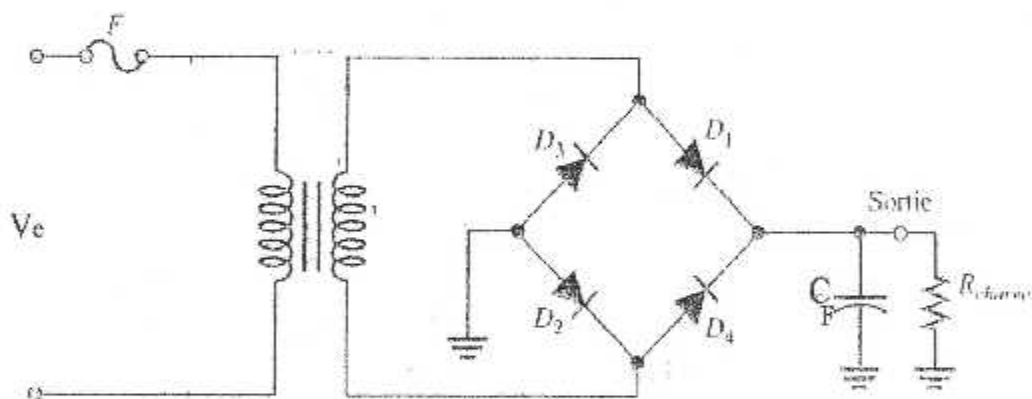


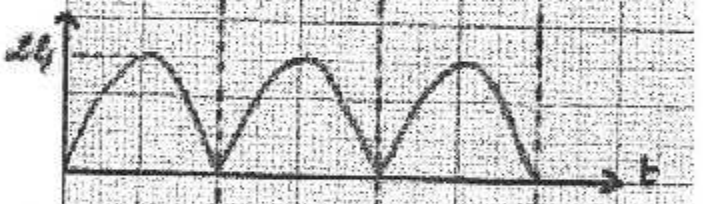
FIG.II-3. Circuit électrique de bloc d'alimentation.



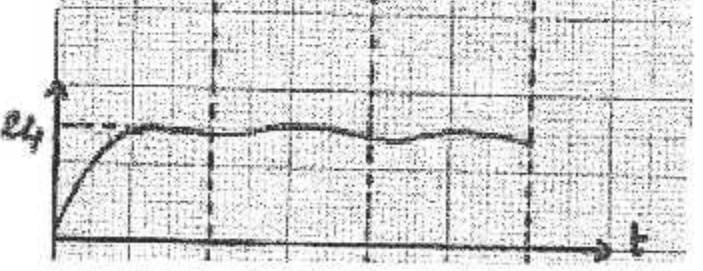
FigII.4-a. Signal d'entrée.



FigII.4-b. Signal de sortie.



FigII.4-c. Signal après redressement.



FigII.4-d. Signal après le filtrage.

FIG.II-4. La forme des signaux avant et après le filtrage.

#### 11-3-1-4. Principe de régulation :

Les régulateurs de tension de la série 78NN sont des composants très répandus, robustes, faciles à utiliser et de prix avantageux.

Essentiellement, ces composants sont utilisés pour des applications à tension fixe. Les deux derniers chiffres de la série 78NN désignent la tension de sortie. Par exemple : le 7812 régule la tension de sortie à +12v.

D'autres tensions de sortie disponibles sont données dans le tableau suivant :

Série 78 NN

TYPE	Tension de sortie
7805	+5.0 v
7806	+6.0 v
7808	+8.0 v
7809	+9.0 v
7815	+15.0 v
7813	+18.0 v
7824	+24.0 v

Les régulateurs de la série 78NN peuvent fournir un courant de sortie supérieur à 1A lorsqu'on les utilise avec un dissipateur thermique approprié. Les composants de la série 78LNN peuvent fournir jusqu'à 100mA, ceux de la série 78MNN jusqu'à 500mA et les composants de la série 78TNN peuvent développer un courant de 3A.

La tension d'entrée doit être plus élevée que la tension de sortie d'au moins 2v. Les circuits possèdent une protection contre les courts-circuits ainsi que contre l'échauffement excessif.

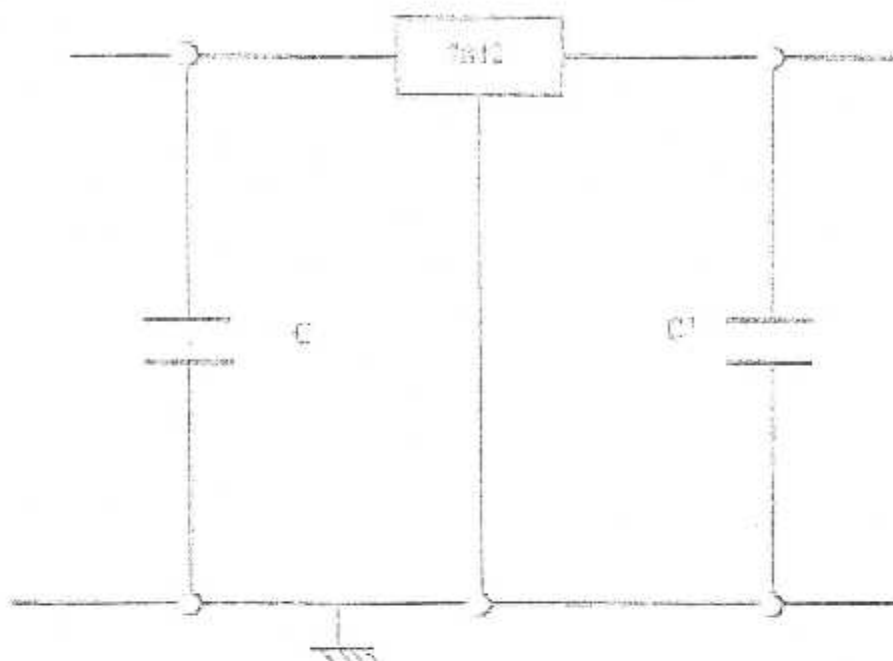


FIG.II-5. Schéma du régulateur.

II-3-2. Commande de vitesse (oscillateur astable):

Il comprend les blocs suivants (Fig.II-6).

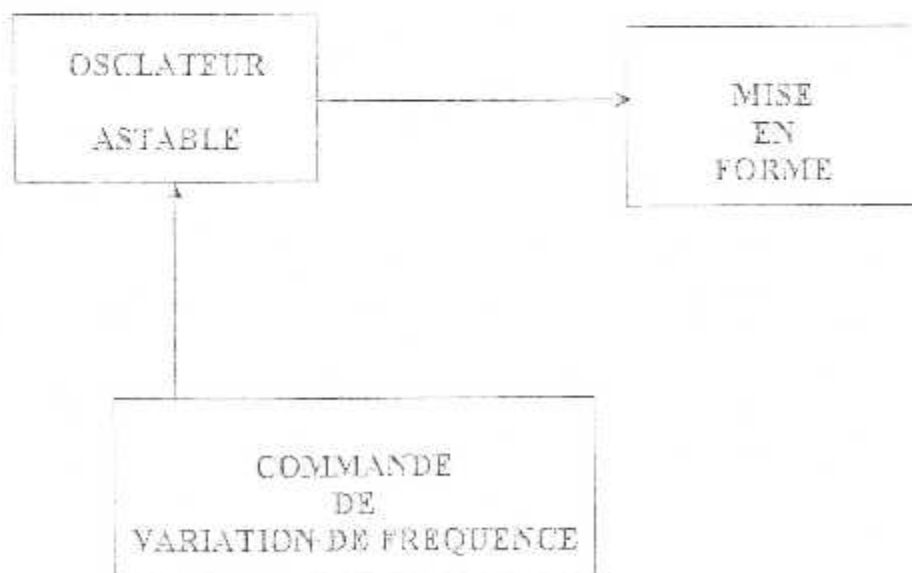


FIG.II-6. Commande de vitesse.



Le schéma électrique du circuit oscillateur est montré dans la figure ci-dessous :

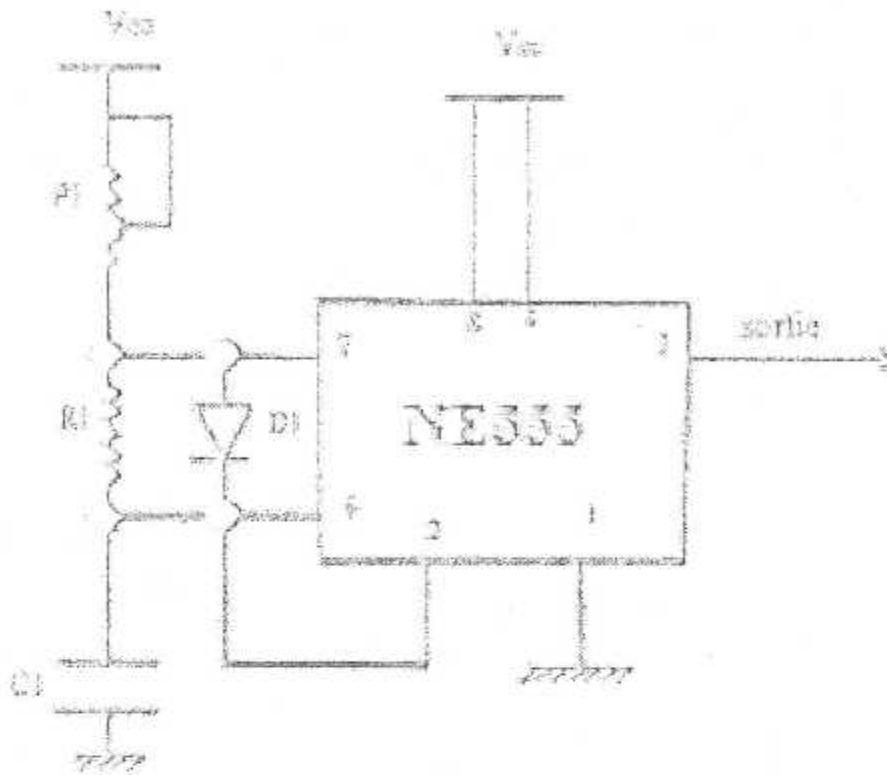


FIG.II-7. Schéma électrique de l'oscillateur NE555.

Le schéma intégré simplifié du circuit intégré est donné par la Fig.II-8.

Nous allons donner une explication simplifiée de ce circuit qui est l'élément essentiel pour générer des signaux de formes carrées.

Le circuit intégré NE555 est constitué :

- D'un réseau formé de trois résistances égales qui permettent de fixer le niveau de commutation à  $(+1/3 V_{cc})$  et  $(+2/3 V_{cc})$ .
- De deux comparateurs  $S_1$  et  $S_2$  sensibles au niveau de commutation fixe par le réseau R-R-R.
- D'une bascule RS dont les entrées R et S sont commandées par les états de sortie des deux comparateurs  $S_1$  et  $S_2$ .
- D'un transistor Tr qui travaille en saturé bloqué ; appelé transistor de décharge.

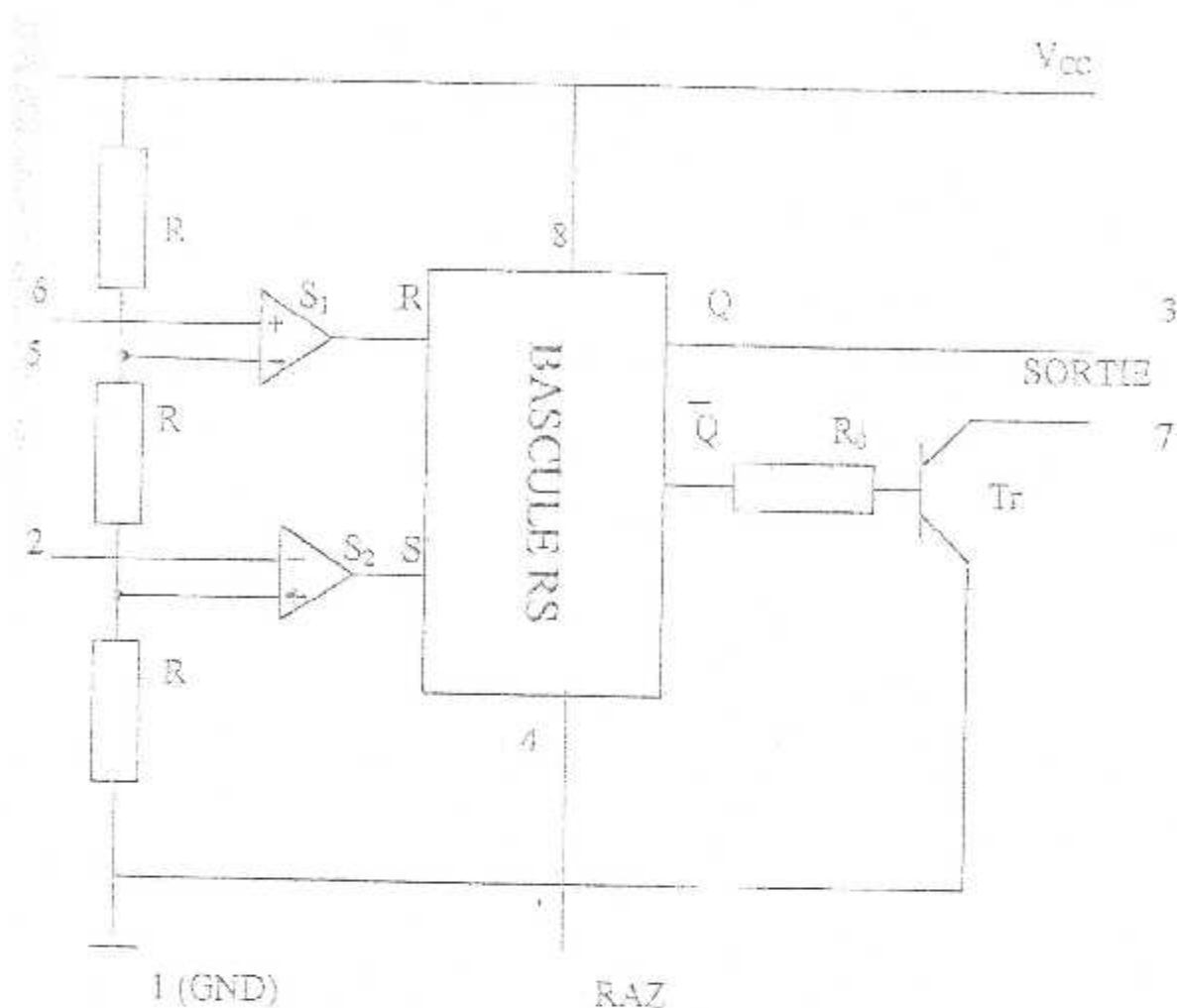


FIG.11-8. Schéma interne du circuit intégré NE555.

D'après le schéma interne du circuit intégré NE555, on constate que lorsque qu'il n'y a aucun signal externe injecté sur les entrées seuil (6) et trigger (2), l'état de sortie est au niveau haut (tension dont la valeur avoisine la tension d'alimentation).

Le NE555 peut être alimenté par une tension comprise entre 4.5V et 16V. Il peut fournir un courant de charge de 200mA, ce qui permet la commande d'un relais, d'une LED, d'une lampe à faible puissance ou d'un haut-parleur à grande impédance.

Tableau de vérité de la bascule.

R	S	$Q_{n+1}$	$\overline{Q}_{n+1}$
0	0	$Q_n$	$\overline{Q}_n$
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	0	0

II-3-2-1. Mise en forme :

Pour visualiser le fonctionnement du dispositif astable, on donne sur la figure ci-dessous l'allure de divers signaux mis en jeu :

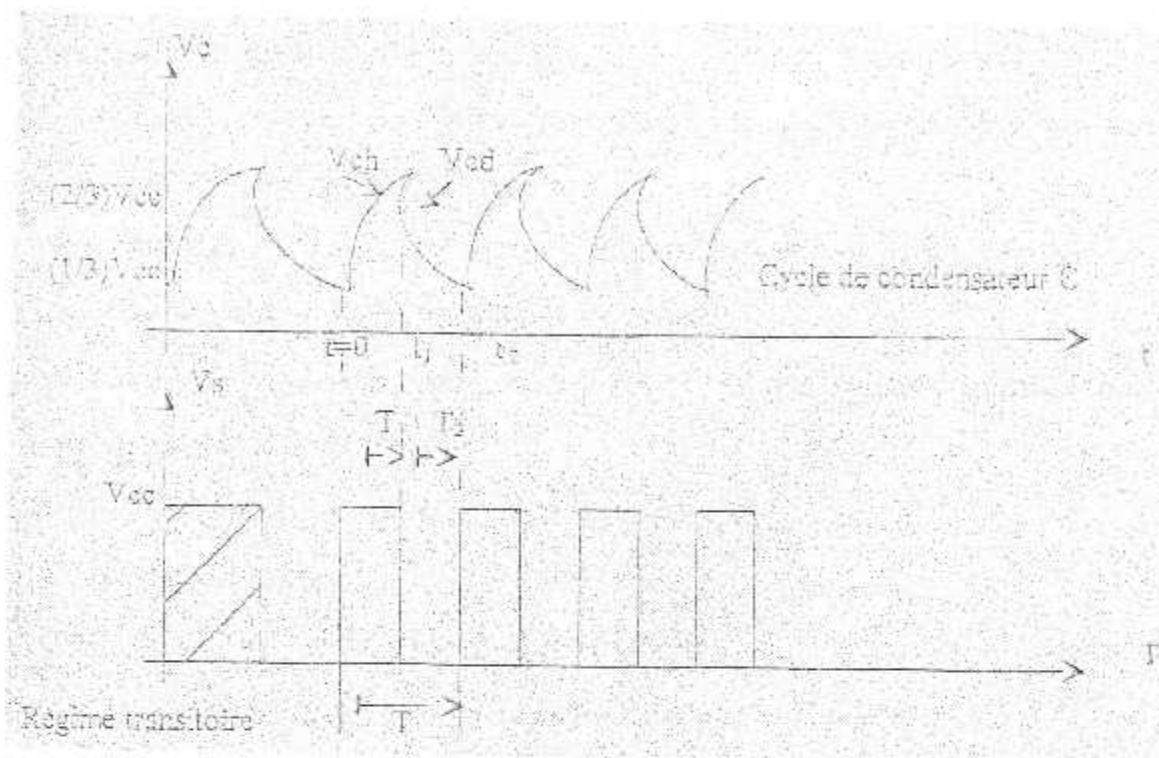
- Le signal aux bornes du condensateur C.
- La tension de sortie au niveau du NE555.

Le condensateur  $C_1$  se charge à travers le potentiomètre  $P_1$

$$\text{Si : } V_{C_1}(t) = 0V \Rightarrow \begin{cases} e_2 = 0 \Leftrightarrow S_2 = V_{cc} \\ e_1 = 0 \Leftrightarrow S_1 = 0 \end{cases}$$

$$\text{Alors : } \begin{cases} R = 0 \\ S = V_{cc} \end{cases} \quad \text{donc : } Q = 1 \Rightarrow \overline{Q} = 0$$

A la fin, le transistor  $T_r$  est ouvert, alors le condensateur  $C_1$  se charge à la tension  $(+2/3) V_{cc}$ . Après ce niveau, le condensateur est déchargé à la tension  $(+1/3) V_{cc}$ .



$V_{ch}$  : tension de charge définie entre les instants  $t_0$  et  $t_1$   
 $V_{cd}$  : tension de charge définie entre les instants  $t_1$  et  $t_2$

FIG.11-9. Signaux au niveau de l'astable à base de circuit intégré NE555.

### II-3-2-2. Commande de variation de fréquence :

#### \* Calcul de la période du signal de sortie :

Pour calculer la période  $T$  du signal de sortie (voir Fig.11-9), il suffit de calculer la durée  $T_1$  de l'état haut et la durée  $T_2$  de l'état bas.

$$T = T_1 + T_2$$

#### 1) calcul de la durée $T_1$ de l'état haut :

On suppose que le régime permanent est atteint, l'origine des temps est donc pris à l'instant  $t = t_0 = 0$ .

La durée  $T_1$  est le temps de charger le condensateur  $C_1$ .

On rappelle que la tension de charge  $V_{ch}$  aux bornes du condensateur  $C_1$  évolue selon la loi exponentielle suivant :

$$V_{ch}(t) = A \exp(-t/\tau) + B \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \tau = P_1 \cdot C_1 \\ A \text{ et } B \text{ constantes.} \end{cases}$$

Conditions aux limites :

$$\begin{cases} \text{Pour } t = t_0 ; V_{ch} = (1/3) V_{cc} ; V_{ch} = A + B \\ \text{Pour } t \rightarrow \infty ; V_{ch} = V_{cc} ; V_{ch} = B = V_{cc} \text{ alors : } A = - (2/3) V_{cc} \end{cases}$$

$$V_{ch}(t) = -2/3 V_{cc} e^{-t/P_1 \cdot C_1} + V_{cc} \dots (*)$$

Lorsque :  $T = T_1$  :

$$V_{ch}(T_1) = 2/3 V_{cc}$$

$$(*) \Leftrightarrow 2/3 V_{cc} = -2/3 V_{cc} e^{-T_1/P_1 \cdot C_1} + V_{cc}$$

Donc :

$$T_1 = P_1 \cdot C_1 \cdot \ln(2)$$

### 2) Calcul de la durée $T_2$ de l'état bas :

La durée  $T_2$  représente le temps que met la tension de décharge du condensateur pour passer d'une tension initiale égale à  $(2/3 V_{cc})$  à une tension final égale à  $(1/3 V_{cc})$ .

Il faut rappeler que la décharge du condensateur  $C_1$  s'effectue à travers la résistance  $R_1$  pour la tension de décharge  $V_{cd}$ .

On peut donc écrire :

$$V_{cd}(t) = D \cdot e^{-(t-t_0)/R_1 C_1} + E. \quad (D \text{ et } E \text{ constantes}).$$

L'origine des temps pour la décharge est pris au moment où le phénomène de charge prend fin

Ainsi, pour la décharge on constate que :

Condition limites :

$$\begin{cases} \text{Pour } t = 0 : V_{cd} = D + E = 2/3 V_{cc} \\ \text{Pour } t \rightarrow \infty : V_{cd} \rightarrow 0 \rightarrow E = 0 \end{cases} \quad D = 2/3 V_{cc}$$

$$V_{cd}(t) = 2/3 V_{cc} e^{-(t-t_0)/R_1 C_1}$$

Pour  $t = T_2$ :  $V_{ce}(T_2) = 1/3 V_{cc}$   
 $V_{ce}(T_1) = 2/3 V_{cc} e^{-(t_2/R_1 C_1)} = 1/3 V_{cc}$

Alors :

$$T_2 = C_1 R_1 \ln 2$$

### 3) Calcul de la durée T et le rapport cyclique :

\* La période de l'astable est alors :

$$T = (R_1 + P_1) C_1 \ln 2$$

\* Le rapport cyclique :

$$\eta = T_1 / (T_1 + T_2) = C_1 P_1 \ln 2 / (R_1 + P_1) C_1 \ln 2$$

Donc :

$$\eta = P_1 / (R_1 + P_1)$$

### II-3-3. Circuit de commande :

Le circuit se compose d'un transistor, moteur d'entraînement et une diode.

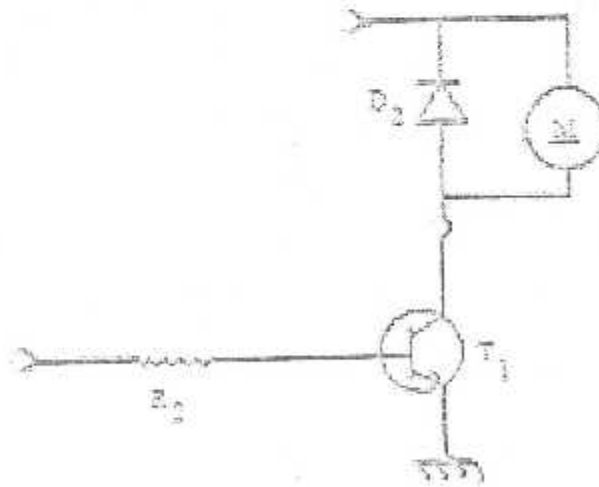


FIG.II-10. Circuit de commande.

### II-3-3-1. Principe du transistor de commutation :

Le transistor est utilisé en électronique de puissance en régime de commutation, c'est à dire en état saturé ou en état bloqué (fig. II-11).

Il s'agit alors d'un interrupteur qui conduit lorsque l'on injecte un courant de base positive (fig. II-11-b) et qui est bloqué lorsque le courant de base est nul (fig. II-11-a).

Les transistors sont des composants très rapides, garantissant de faibles pertes de commutation. Ils possèdent une très grande impédance (résistance d'entrée) donc se commandent en tension, sans consommer de courant comme le transistor bipolaire. Ils sont actuellement assez limités en puissance et en tension, mais cette technologie progresse rapidement.

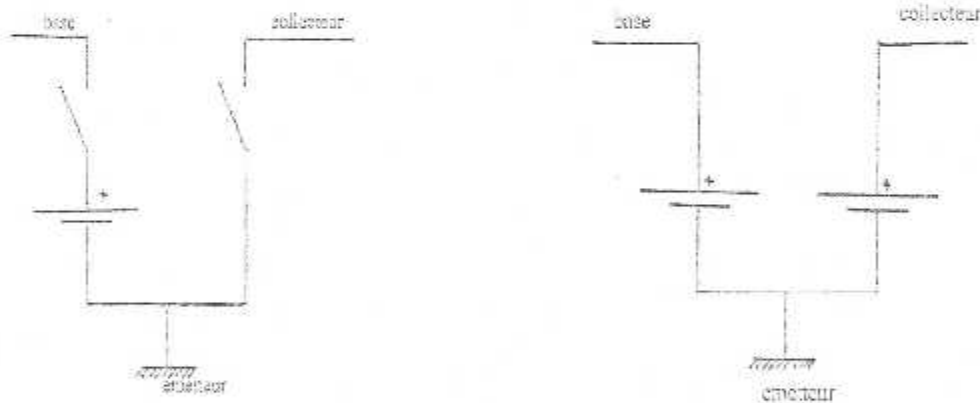


FIG. II- A. Transistor en état bloqué.      FIG. II- B. Transistor en état saturé.

FIG. II-11. Transistor de commutation

### II-3-3-2. Moteur d'entraînement :

#### Rappel :

Les machines électromagnétiques transforment l'énergie électrique en énergie mécanique ou l'inverse grâce au phénomène d'induction électromagnétique et de force électromagnétique. Elles sont réversibles, et comportent un induit et un inducteur.

#### II-3-3-2-1. Principe de fonctionnement :

Le principe du moteur à courant continu est le suivant :

- L'armature fixe (stator ou inducteur) est un électro-aimant ou un aimant permanent qui crée un champ magnétique  $B$  (tesla).
- Sur l'armature mobile (rotor) sont bobinés des conducteurs alimentés en courant continu d'intensité  $I$ . Ces conducteurs, sous l'action de l'induction  $B$ , sont soumis à une force  $F$  qui crée un couple tendant à faire tourner le conducteur (rotor).

Le conducteur se déplace, un contact glissant permet de l'alimenter sur le collecteur, sur lequel frottent les balais.

Le courant s'inverse tous les demi-tours pour fournir un couple de même sens.

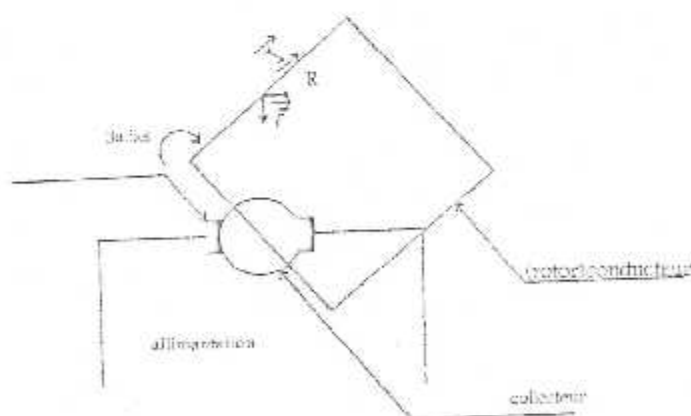


FIG.II-12-Principe du moteur à courant continu.



**II-3-3-2-2. Moteur à aiment permanent :**

Les moteurs à aiment permanent ont leurs alimentations d'induit et d'inducteur totalement séparées (voir Fig. II-13).

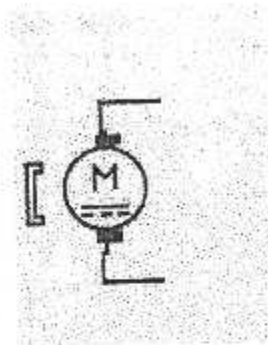


FIG.II-13. Schéma électrique du moteur à aiment permanent.

**II-3-3-3. Diode de roue libre (diode de récupération) :**

Pour la protection du transistor de la contre force électromotrice créé par la bobine au moment de la commutation, En prévoie une diode de roue libre aux bornes du moteur, par conséquent elle doit supporter le courant consommé par le moteur.

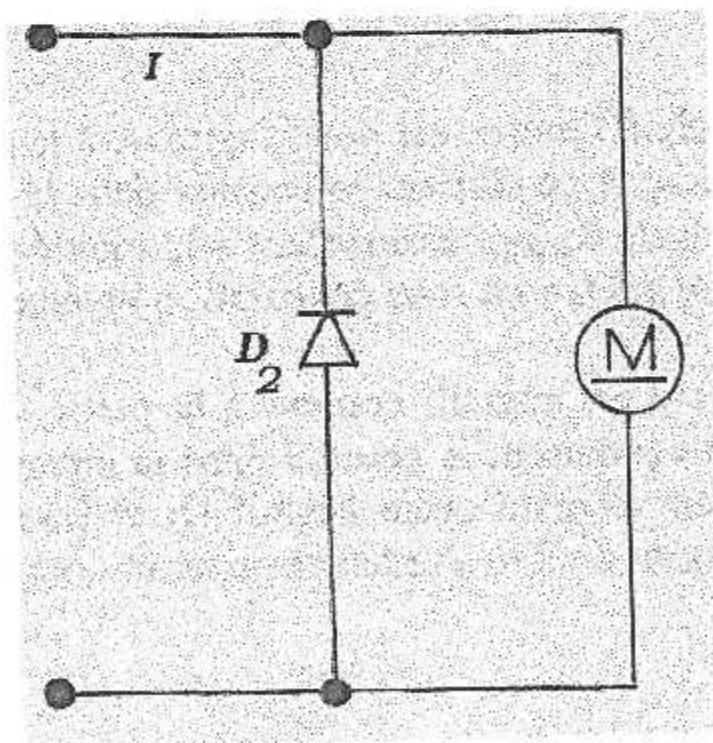


FIG.II-14. Diode de roue libre.

**II-3-4. Capteur :****II-3-4-1. Technique de transmission par le rayonnement I. R :**

La liaison infrarouge est de loin celle qui s'intéresse le plus des télécommandes et des systèmes d'alarme pour des portées de quelques mètres, ils représentent les systèmes de commande et de détection les plus fiables. La transmission s'effectue dès qu'un courant traverse la diode électroluminescente, laquelle est la source d'émission.

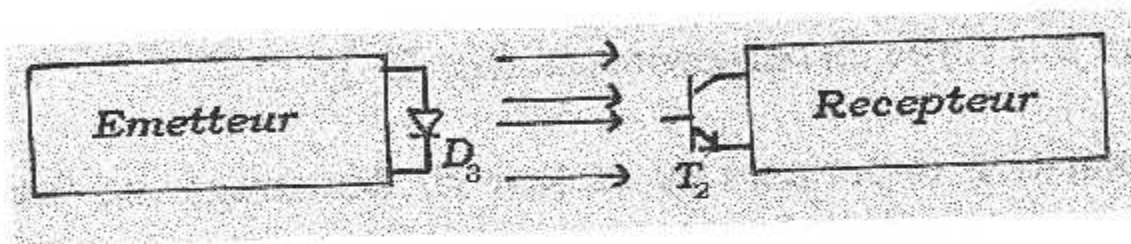


FIG.II-15. Emission et réception.

Tout se passe comme si on envoyait avec une lampe de poche un signal en morse à un détecteur optique (photodiode) qui aura pour but de convertir ces rayonnements en signaux électriques. La transmission d'informations sur un faisceau de rayon infrarouge s'effectue comme sur une onde radio ; l'onde infrarouge est modulée en amplitude sur une certaine fréquence porteuse afin de permettre au récepteur de distinguer celle venant de l'émetteur de rayonnement ambiant (parasite).

**II-3-4-2. Principe de fonctionnement :**

Dès la fermeture de l'interrupteur, la LED  $D_3$  de type TIL32 émet un signal infrarouge continu dont l'intensité est fixée par  $R_3$ . Les rayons invisibles sont captés par le phototransistor  $T_2$  de type TIL78 qui est polarisé par la résistance  $R_4$ . Les signaux alternatifs sont prélevés par  $C_4$  sur l'émetteur de phototransistor.

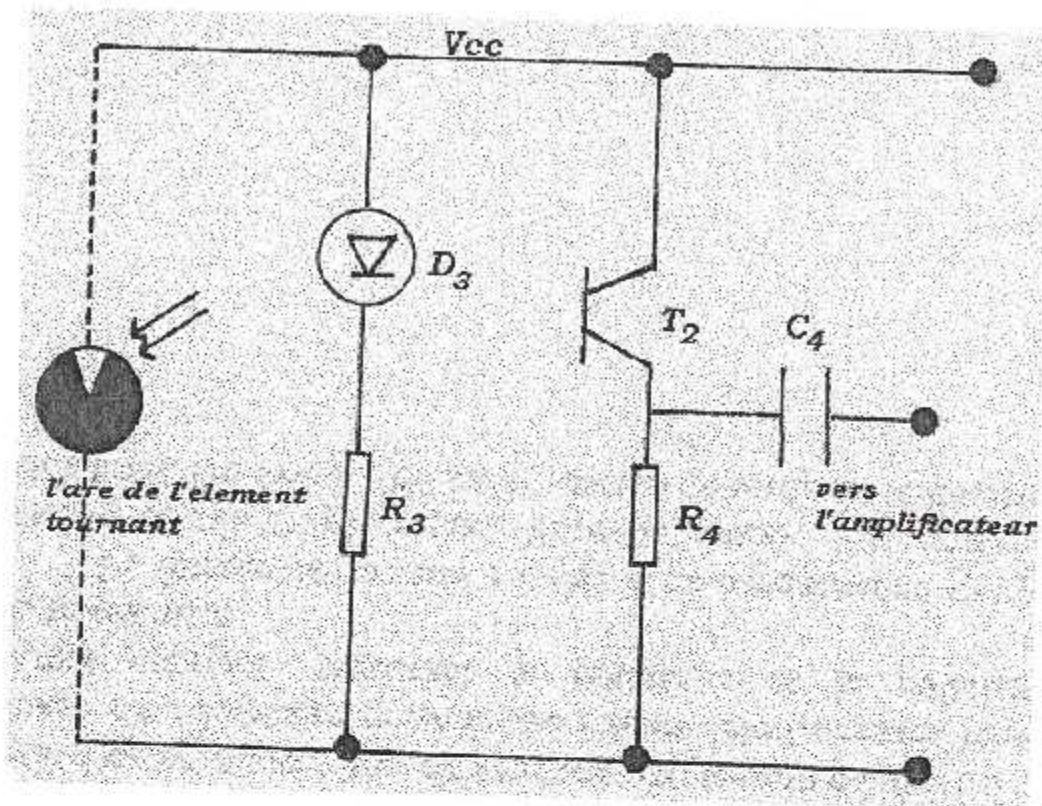


FIG.II-16. Schéma du capteur optique.

La réception du rayonnement consiste à transformer le flux lumineux capté en un signal électrique par le phototransistor  $T_2$ .

Le courant de base de  $T_2$  est amplifié, le courant de collecteur  $I_c$  est  $\beta$  fois plus grand que le courant de base  $I_B$  où  $\beta$  est le gain de courant

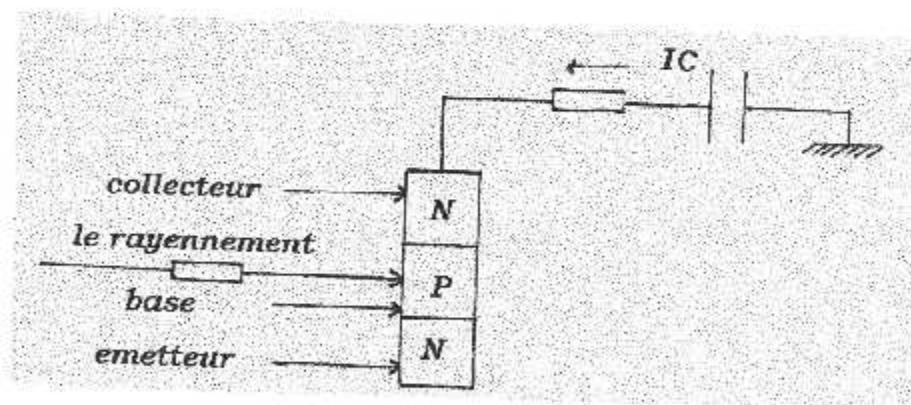


FIG.II-17. Schéma de phototransistor NPN.

### II-3-5 Etage d'amplification :

L'amplificateur réalisé est à bas d'un transistor NPN de type BC 109B polarisé en émetteur commun.

Les signaux alternatifs de faible amplitude sont prélevés par  $C_4$  sur l'émetteur de phototransistor  $T_2$  puis amplifiés par le transistor  $T_3$ , ce dernier est alimenté à travers  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_7$  et  $R_8$ , et filtré par  $C_2$  et  $C_3$ .

L'amplificateur  $T_3$  est muni d'une résistance de réaction automatique  $R_7$  entre collecteur-base dite aussi de polarisation automatique.

Les condensateurs  $C_5$  et  $C_6$  transmettent les signaux amplifiés à l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur opérationnel  $Ic_4$ .

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 transmit vers l'étage de mise en forme.

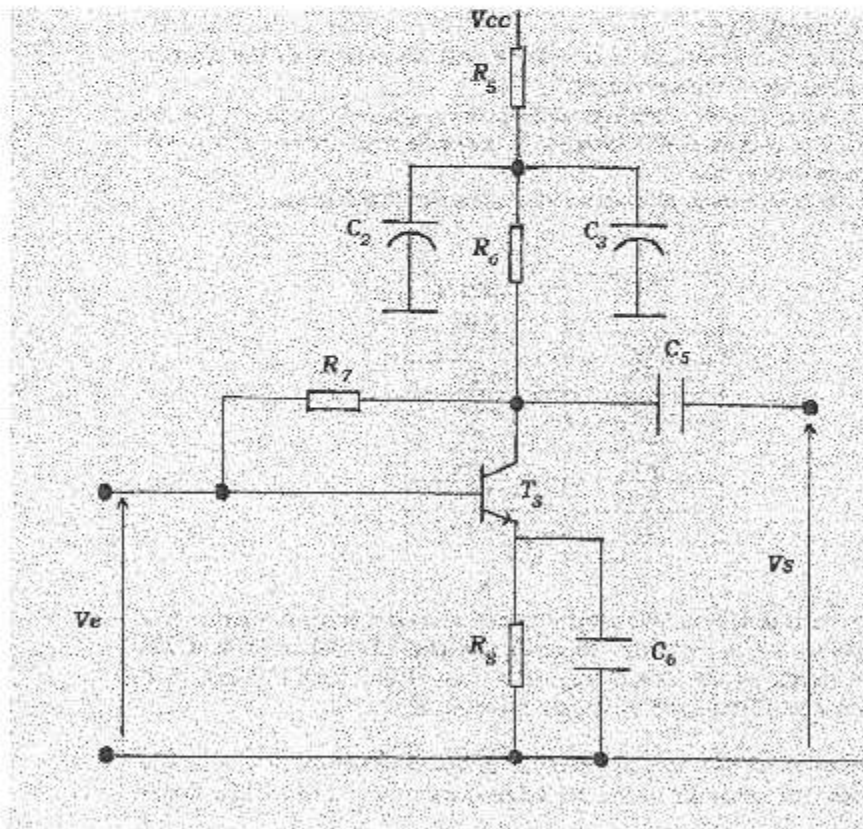


FIG.II-18. Schéma du montage amplificateur.

Calcul des performances :

\* Gain en tension ( $A_v$ ) :  $A_v = V_s/V_e$

$V_s$  : la tension alternative de sortie.

$V_e$  : la tension alternative d'entrée.

\* Schéma équivalent : (dynamique)

$$A_v = \frac{-R_6 (1/R_7 + \beta/h_{11})}{(1 - R_6/R_7)}$$

### II-3-6 Bloc de mise en forme :

Il s'agit dans cette partie de convertir le signal alternatif précédent en un signal de forme rectangulaire cela est réalisable à l'aide d'un amplificateur opérationnel qui compare les deux signaux appliqués sur ses deux entrées dites respectivement inverseuse et non inverseuse. (Voir Fig.II-19).

L'entrée non-inverseuse est polarisée par  $R_9$  et  $R_{10}$ , le potentiomètre  $P_2$  extérieur permet de régler la sensibilité du montage en agissant sur le seuil de détection du signal, l'entrée inverseuse de  $Ic_4$  est polarisée par le pont diviseur  $R_{11}$  et  $R_{12}$  et filtrée par  $C_8$ .

A la sortie de l'amplificateur opérationnel, on obtient un signal carré, soit de niveau haut ou de niveau bas qui est filtré par  $C_9$  avant d'attaquer l'entrée des compteurs  $Ic_6$  et  $Ic_7$  (4518).

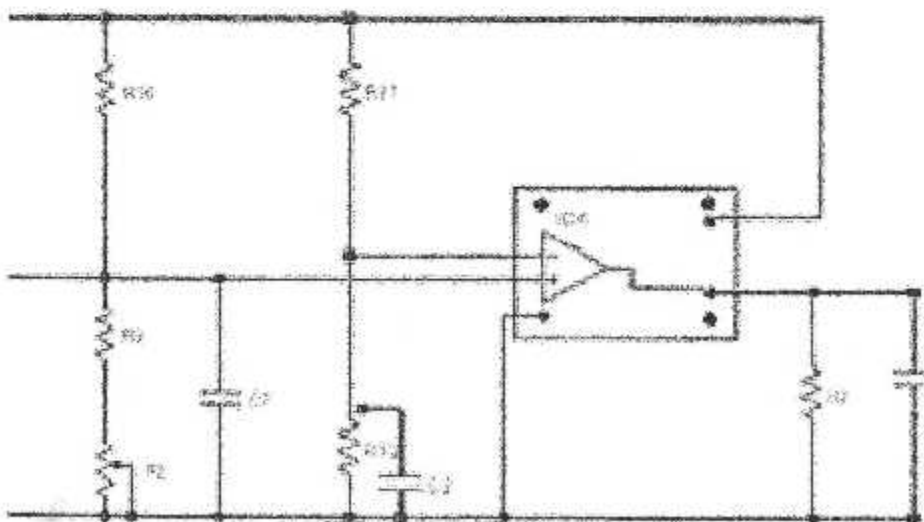


FIG.II-19. Schéma de mise en forme.

L'amplificateur opérationnel type est généralement alimenté sous par tensions de signes opposés ( $\mp V_{cc}$ ). Cependant, dans notre cas l'amplificateur opérationnel utilisé de type MC1 - 711 peut fonctionner sous une seule alimentation positive. En effet, en mettant la broche (4) à la masse, la tension à sa sortie n'aura qu'une seule polarité positive.

La tension de référence à l'entrée inverseuse est portée au potentiel :

$$V_{ref} = R_{12} / (R_{12} + R_{11}) \cdot V_{cc}$$

Tandis que la tension initiale appliquée à l'entrée non inverseuse est telle que :

$$V^+ = (P_2 + R_9) / (P + R_9 + R_{10}) \cdot V_{cc}$$

La superposition à la tension  $V^+$  du signal, délivré par le montage amplificateur précédant, permet d'obtenir à la sortie de l'amplificateur opérationnel un signal positif, tantôt de niveau haut, tantôt de niveau bas.

Le signal de sortie de circuit de mise en forme attaque directement l'entrée compteur.

### II-3-7 Bloc de base de temps :

Les bascules astables à portes logiques sont souvent utilisées à cause de leur simplicité de câblage. Dans notre cas on réalise l'astable avec des portes (NAND).

D'autre part, quand l'entrée commandée reçoit un état bas, l'astable entre en oscillation. La période des oscillations est déterminée par les valeurs des condensateurs et des résistances utilisées. (Voir Fig.II-20. Astable avec les portes logiques).

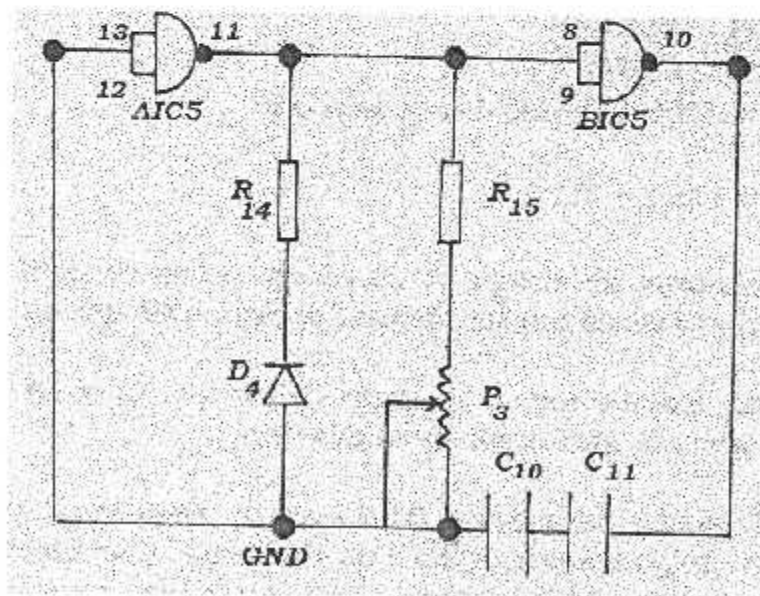


FIG.II-20-Base de temps.

Le signal oscillant entre l'état haut et l'état bas, obtenu à la sortie de l'astable, est dû au fonctionnement alterné des deux portes logiques AIC5 et BIC5, qui est d'ailleurs le résultat des charges et décharges des condensateurs  $C_{10}$  et  $C_{11}$ .

La période des oscillations est réglée à l'aide des résistances et des condensateurs mis en jeux.

• La durée  $T_1$  de l'état haut :

$$V_c(t) = A e^{-t/\tau} + \beta$$

Où  $A$  et  $\beta$  sont des constantes.

$$\tau = (R_{15} + P_3) C_{eq}$$

$$1/C_{eq} = 1/C_{10} + 1/C_{11} \Rightarrow C_{eq} = \frac{C_{10} \cdot C_{11}}{C_{10} + C_{11}}$$

$$\text{Avec : } C_{10} = C_{11} = C$$

$$\text{à } t = 0 \Rightarrow V_c(0) = 0$$

$$\Rightarrow A + \beta = 0 \Rightarrow A = -\beta$$

$$\text{à } t = \infty \Rightarrow V_c(t) = V_{DD}$$

$$\Rightarrow \beta = V_{DD}$$

$$\Rightarrow A = -V_{DD}$$

$$V_c(t) = -V_{DD} e^{-t/\tau} + V_{DD}$$

$$\text{à } t = T_1 \Rightarrow V_c(t) = 2/3 V_{DD} = -V_{DD} e^{-T_1/\tau} + V_{DD}$$

$$1/3 V_{DD} = V_{DD} e^{-T_1/\tau} \Rightarrow 1/3 = e^{-T_1/\tau}$$

$$\Rightarrow \ln(1) - \ln(3) = -T_1/\tau$$

$$\Rightarrow T_1 = \ln(3) \cdot (R_{15} + P_3) \cdot C/2$$

$$T_1 = 0.55 (R_{15} + P_3) C$$

• La durée  $T_2$  de l'état bas :

$$V_c(t) = A e^{-t/\tau'} - \beta$$

$$\tau' = [(R_{15} + P_3) // R_{14}] C_{eq}$$

$$\text{à } t = 0 \Rightarrow V_c(t) = 0 \Rightarrow A = -\beta$$

$$\text{à } t = \infty \Rightarrow V_c(t) = -V_{DD} \Rightarrow \beta = -V_{DD}$$

$$\Rightarrow A = V_{DD}$$

$$V_c(t) = V_{DD} e^{-t/\tau'} - V_{DD}$$

$$\text{à } t = T_2 \Rightarrow V_c(t) = -1/3 V_{DD}$$

$$2/3 V_{DD} = V_{DD} e^{-T_2/\tau'} \Rightarrow 2/3 = e^{-T_2/\tau'}$$

$$\text{Ln}(2) - \text{Ln}(3) = -T_2/\tau'$$

$$\Rightarrow \text{Ln}(3) - \text{Ln}(2) = T_2/\tau'$$

$$1,09 - 0,69 = T_2/\tau'$$

$$\Rightarrow 0,4 = T_2/\tau'$$

$$\Rightarrow T_2 = 0,4 C/2 [R_{11} // (R_{15} + P_3)]$$

$$T_2 = 0,2 [R_{11} // (R_{15} + P_3)] C$$

### II-3-8. Remis à zéro :

La remise à zéro des compteurs IC<sub>6</sub> et IC<sub>7</sub> (Fig. III-22) est assurée par le condensateur C<sub>12</sub> et la résistance R<sub>17</sub> qui envoient une pulsation aux bornes 7 et 15 des compteurs.

La RAZ des compteurs (4518) est effectuée par impulsions positives.

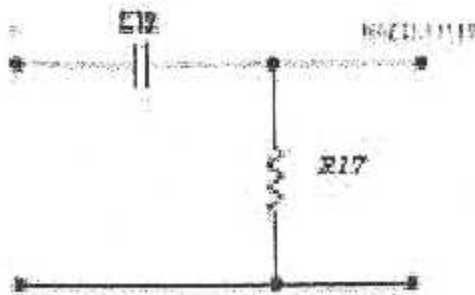


FIG.II-21. Montage de remis à zéro.



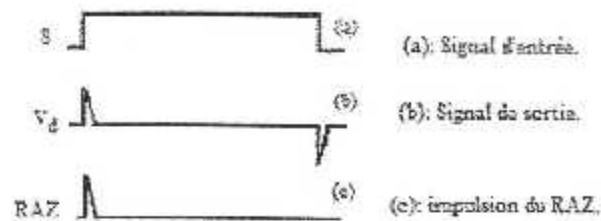


FIG.II-22. Oscillogrammes.

### II-3-9. Bloc de traitement numérique :

#### II-3-9-1. Unité de comptage :

C'est une unité importante dans notre appareil, elle assure le passage de l'analogique au numérique des impulsions à compter.

Pour compter les impulsions et afficher le résultat en numération décimale, nous utilisons des compteurs DCB. Un seul compteur DCB peut compter de "0" à "9" et ensuite être recyclé à "0" pour des valeurs décimales plus grandes. Dans ce sens, il est recommandé de choisir deux circuits intégrés MC1 4518. Chaque circuit intégré comporte deux compteurs DCB qui attaquent l'unité de décodage puis les afficheurs.

#### II-3-9-2. Unité de décodage d'un compteur :

Souvent, les compteurs numériques sont utilisés dans les applications où le nombre est représenté par les états des bascules qui doivent être connus ou affichés. Il convient dans ce cas d'utiliser le décodeur DCB sept (7) segments qui permet d'allumer un seul chiffre. Celui-ci assure une fonction de décodage permettant de transcrire n'importe quel chiffre.

A l'aide d'afficheurs 7 segments (diode électro-lumineuse "LED"). Le décodeur DCB 7 segments accepte en entrée les 4 bits DCB et les rend active. Les sorties vont permettre de faire passer un courant dans les segments représentant le chiffre décimal correspondant.

### II-3-9-3. Unité d'affichage :

L'afficheur à sept segments est une unité de sortie très utilisée pour représenter des nombres décimaux.

Les afficheurs à cathode commune  $AF_1$ ,  $AF_2$ ,  $AF_3$  et  $AF_4$  sont alimentés à travers les résistances  $R_{13}$  jusqu'à  $R_{45}$  qui fixent l'intensité lumineuse.

Généralement pour visualiser un nombre exprimé en décimal, on utilise souvent des dispositifs électroluminescents à 7 segments, contenus dans de petit boîtier isolant époxy cristal, chacun de ses segments est commandé par entrée (a, b, c, d, e, f, g) comme l'illustre la figure suivante :

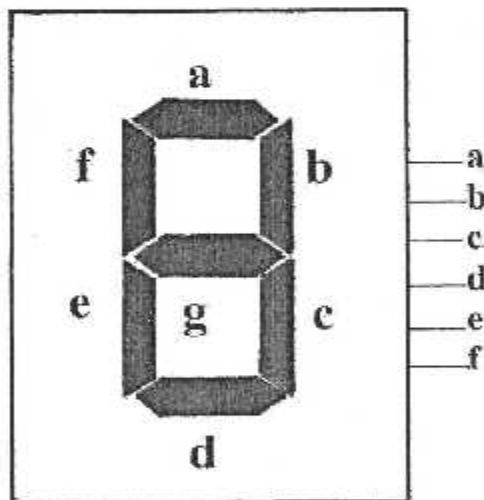


FIG.II-23. Afficheur à 7 segments.

Il existe plusieurs types d'afficheurs :

- Les afficheurs à diode électroluminescente.
- Les afficheurs à filament incandescents.
- Les afficheurs à gaz.
- Les afficheurs à cristaux liquides.

### II-3-10. Principe de fonctionnement de l'étage de traitement numérique :

L'unité de comptage est en fait, un circuit intégré C-MOS de type MC1 4518 qui comprend quatre compteurs synchrones reliés en cascade à quatre bits chacun. Le déclenchement des compteurs se fait par impulsion rectangulaire générée par le circuit de mise en forme à l'entrée (clock) du premier compteur.

Les impulsions rectangulaires disponibles à la sortie de l'horloge (base de temps) attaquent les entrées de validation des compteurs et des quatre décodeurs.

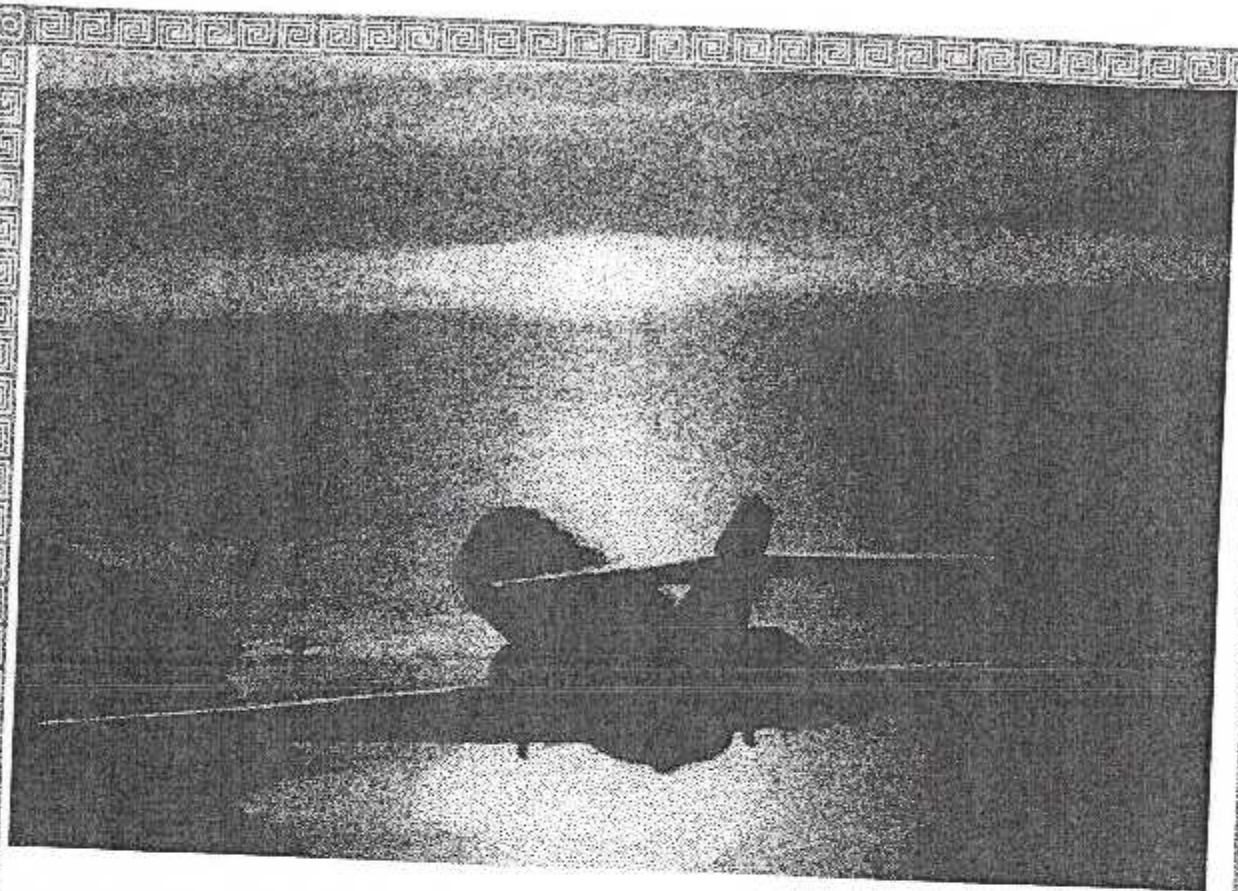
Le premier compteur, relié à l'afficheur des unités arrivant à la valeur max 1001, délivre une impulsion sur la sortie qui incrémente le deuxième compteur par l'intermédiaire de son entrée de validation (ENABLE). Ce dernier est relié à l'afficheur des dizaines. Si l'afficheur des dizaines affiche 1001, il délivre une impulsion qui incrémente le troisième compteur qui est relié à l'afficheur des centaines. Lorsque cet afficheur affiche 1001, il génère une impulsion qui incrémente le quatrième compteur qui est relié à l'afficheur des mille.

Une entrée de remise à zéro (RAZ), prioritaire, activé à l'état haut, permet une réinitialisation des compteurs au début de chaque période de comptage.

Après que les compteurs transmettent des codes BCD, alors il faut avoir des décodeurs adaptés au codage BCD. En plus, il doivent avoir sept (7) sorties pour commander chaque segment de l'afficheur avec mémoire (LATCHENABLE = LE), effacement (BLANKING = BL) et test segment (Lamp test = LT).

Après décodage, ils vont transmettre le tout à quatre afficheurs ; chacun est constitué de sept diodes électroluminescentes, munie chacune d'une pièce de plastique diffusante qui fait apparaître sa lumière comme un trait. Chacun de ces segments est sensibilisé par un segment du décodeur.

Par exemple : pour afficher 1, on allume b et c dont leur segment sont à cathode commune, pour chaque segment, une résistance limitatrice de courant.



# CHAPITRE III

ETUDE ET REALISATION  
DU BANC D'ESSAI

### III-1. Introduction :

Les accessoires utilisés à bord de l'avion nécessitent un contrôle et un réglage avant d'être monter sur avion pour s'assurer de leur bon fonctionnement d'une façon permanente.

Les tests de ces accessoires sont réalisés à l'aide des bancs d'essai qui sert à simuler l'environnement avion.

### III-2. Principe de fonctionnement :

On applique un courant alternatif avec une tension de 220v, ce courant va être transformé, redressé et filtré pour obtenir un courant continu de tension 24v qui alimente le moteur.

Le circuit NE555 est alimenté avec une tension de 12v, à la sortie on obtient un signal rectangulaire, soit au niveau haut ou niveau bas. Le transistor de puissance fonctionne comme un interrupteur, il est saturé lorsque le courant passe, alors il va commander le fonctionnement du moteur, et si le courant ne passe pas, le transistor est bloqué ce qui arrête le moteur.

On branche un disque, qui comporte des trous, sur l'axe d'entraînement du moteur avec la même rotation de ce dernier.

La LED  $D_1$  émet un rayonnement infra rouge qui sera capté par le phototransistor  $T_1$ .

Les signaux alternatifs de faible amplitude sont amplifiés par le transistor  $T_2$ , ce dernier transmet des signaux amplifiés à l'entrée non inverseuse de l'amplificateur opérationnel, et l'entrée inverseuse est polarisée par le pont diviseur des résistances. A la sortie de l'amplificateur opérationnel les signaux mis en forme sont filtrés avant d'attaquer l'entrée des deux compteurs qui commandent les quatre décodeurs.

Le circuit astable avec les portes logiques permet de générer des impulsions de validation d'affichage, qui reste fixe pendant tout le temps de mesure qui est commandé par le circuit de remise à zéro (RAZ).

A la fin, les afficheurs à cathode commune visualisent la valeur de la vitesse captée en (tours/mn)

### **III-3. Objet de la réalisation :**

Le banc d'essai nous permet de vérifier l'état de fonctionnement des accessoires aéronautiques suivant :

- Les génératrices tachymétriques.
- Les indicateurs tachymétriques.

Pour les génératrices tachymétriques, il s'agit de les entraîner en rotation à des vitesses variables et précises, afin de mesurer les tensions de sortie et de les comparer aux références établies par le constructeur.

Pour les indicateurs, on les branche à une génératrice de référence mise en rotation à l'aide d'un bloc d'entraînement, et on vérifie les valeurs affichées dans le banc d'essai.

Donc, les objectifs à atteindre pour notre réalisation sont :

- Entraînement mécanique en rotation de la génératrice.
- Système de variation de la vitesse de rotation.
- Affichage de la tension délivrée par la génératrice, variable en fonction de la vitesse.
- Affichage de la vitesse de rotation de la génératrice tachymétrique en RPM.

### **III-4. Conception du banc d'essai :**

Le banc d'essai est composé de trois parties :

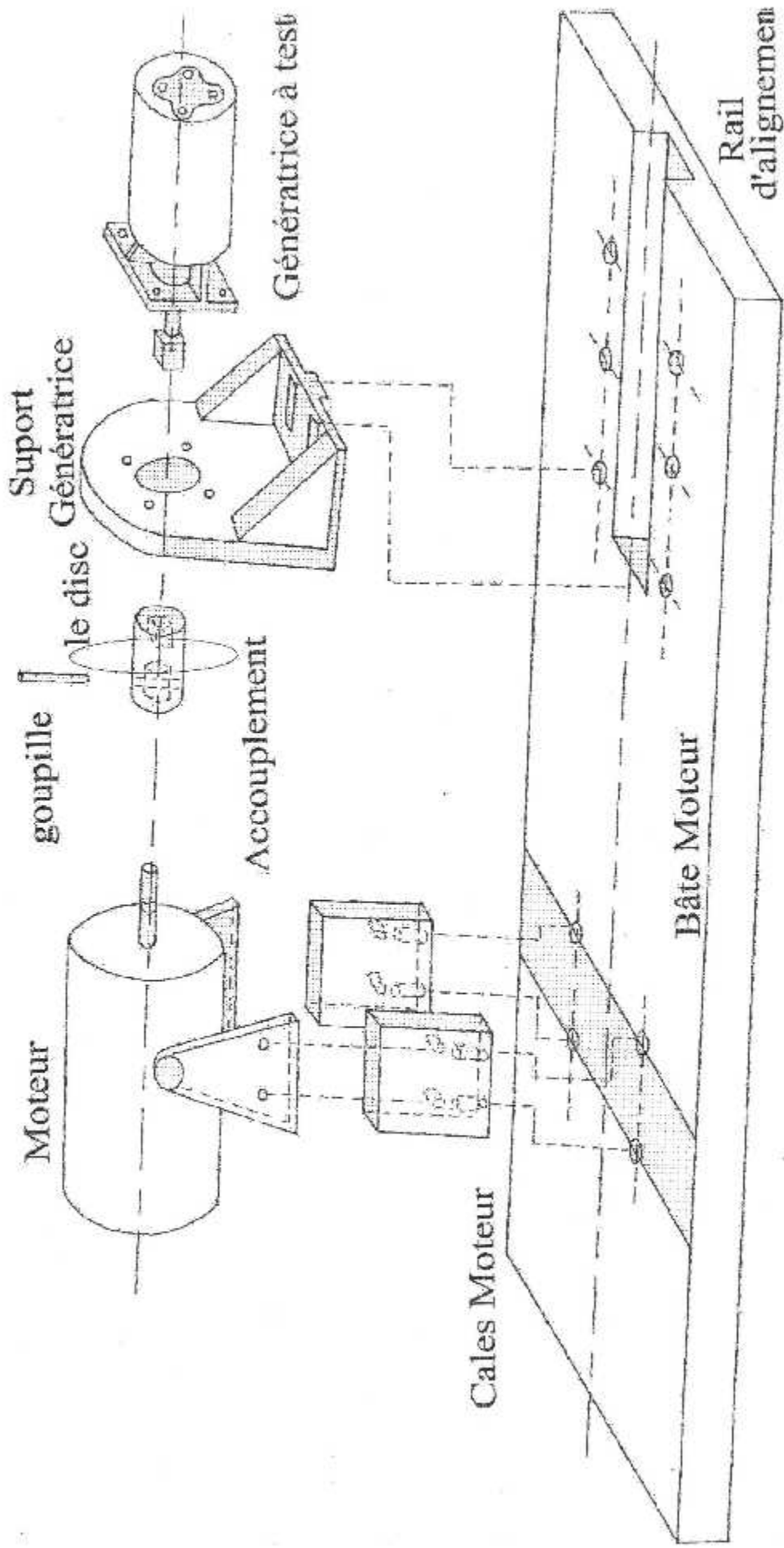
- 1- Le bloc d'entraînement.
- 2- Le circuit de commande de vitesse.
- 3- Le compte tours/minutes.

L'alimentation du banc d'essai est d'une tension extérieure de 24v et la consommation du courant jusqu'à 3.3A.

#### **III-4-1. Bloc d'entraînement :**

Il est destiné à recevoir les différentes génératrices à contrôler à vitesse variable.

Le moteur sert à entraîner la génératrice par l'intermédiaire d'un accouplement adapté à la forme de l'axe de la génératrice.



figIII-1 : Bloc d'entraînement



### III-4-2. Le circuit de commande de vitesse :

On obtient un signal rectangulaire à la sortie du circuit astable NE 555 niveau haut et niveau bas (voir figure III-2).

- Le temps  $T_1$  est varié à l'aide d'un potentiomètre avec :

$$T_1 = P_1 \cdot C_1 \cdot \ln 2$$

- Le temps  $T_2$  est fixé par la résistance  $R_1$  avec :

$$T_2 = R_1 \cdot C_1 \cdot \ln 2$$

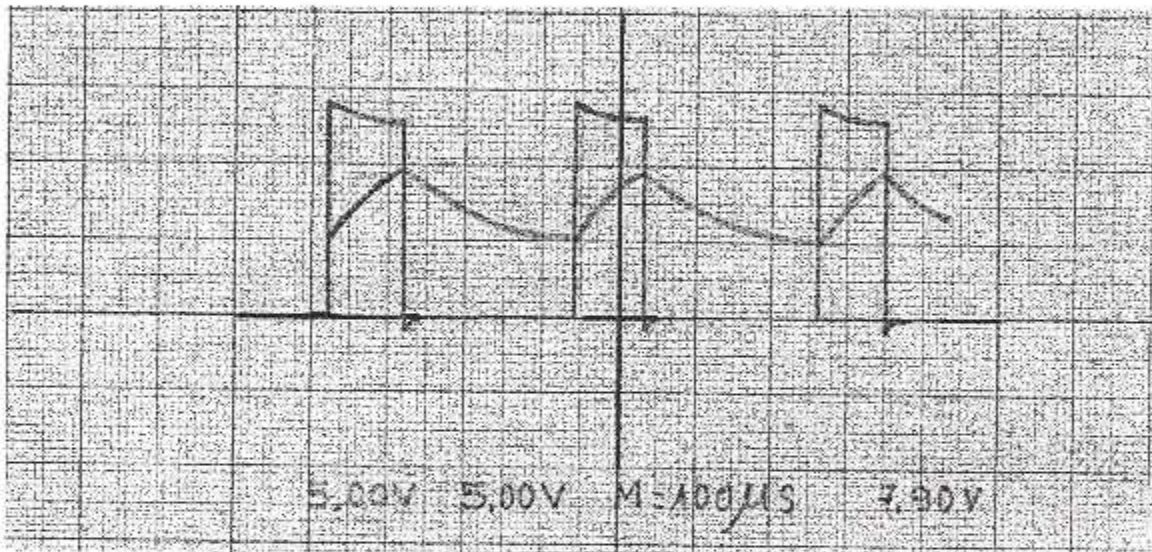


Fig.III-2. Signal du circuit de commande de vitesse.

#### \* Application numérique :

$P_1 \Omega$	$T_1$ (ms)	$T_2$ (ms)	T	$\lambda$ %
0	0	0.22	0.22	0
50	1.13	0.22	1.35	83
100	2.2	0.22	2.42	90
230	5.26	0.22	5.48	95

La résistance  $R_2$  est placée à la sortie du circuit NE555 pour protéger et limiter le courant de base du transistor  $T_1$ .

Le moteur est commandé par le transistor de commutation  $T_1$  :

- Le moteur fonctionne si le transistor est saturé (Fig. II-11-A)
- Le moteur s'arrête si le transistor est bloqué (Fig. II-11-B)

On met une diode  $D_2$  de puissance en parallèle avec le moteur qui joue le rôle de roue libre (récupération).

### III-4-3. Bloc de compte tours/minutes :

On a placé un disque qui contient des trous entre la génératrice tachymétrique et le moteur d'entraînement avec un couplage mécanique sur l'axe d'entraînement.

On obtient :

$$N_M = N_G = N_D.$$

Avec :

$N_M$  : la vitesse du moteur.

$N_G$  : la vitesse de la génératrice tachymétrique.

$N_D$  : la vitesse du disque.

Le capteur optique est un phototransistor de type TIL78 et une photodiode de type TIL32 pour l'émission-réception de la lumière infrarouge. La photodiode émet une lumière qui traverse les trous du disque et le phototransistor capte cette lumière.

Le rapport entre l'émetteur-récepteur produit un signal qui sera amplifié et mis en forme.

On obtient à la fin un signal des impulsions qui attaquent le compteur  $Ic_6$  (voir signal clock).

Le circuit base de temps comporte un signal rectangulaire niveau haut et niveau bas. La variation des temps  $T_1$  et  $T_2$  de l'astable est déterminée à l'aide d'un potentiomètre  $P_3$ .

Ce circuit est autorisé au temps  $T_1$  avec :

$$T_1 = 0,55 (R_{15} + P_3) C \rightarrow T_1 = 1,6s.$$

Le comptage de la vitesse du moteur en tours/minutes effectué dans le temps  $T_1$ . Et le temps  $T_2$  indique la période de mesure avec :

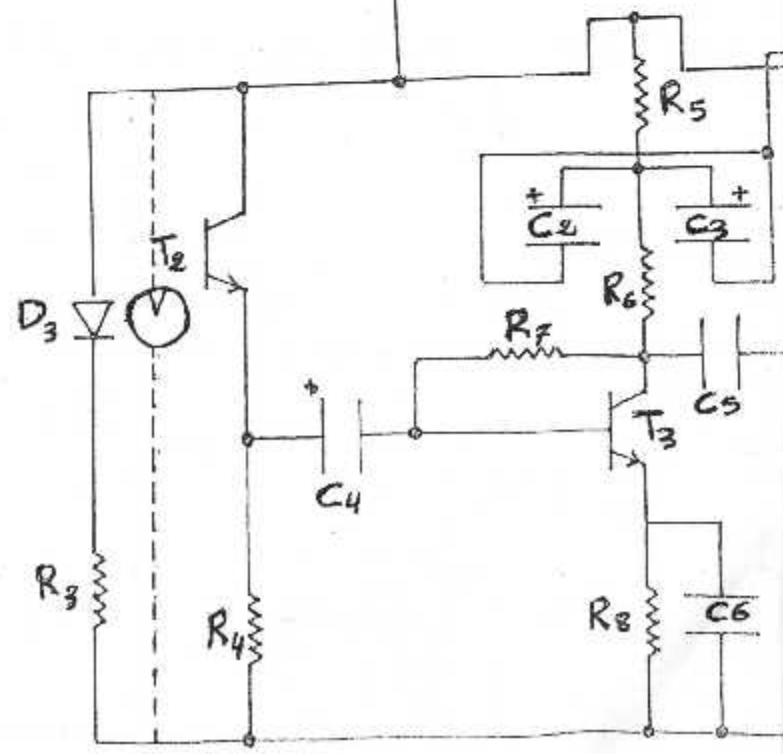
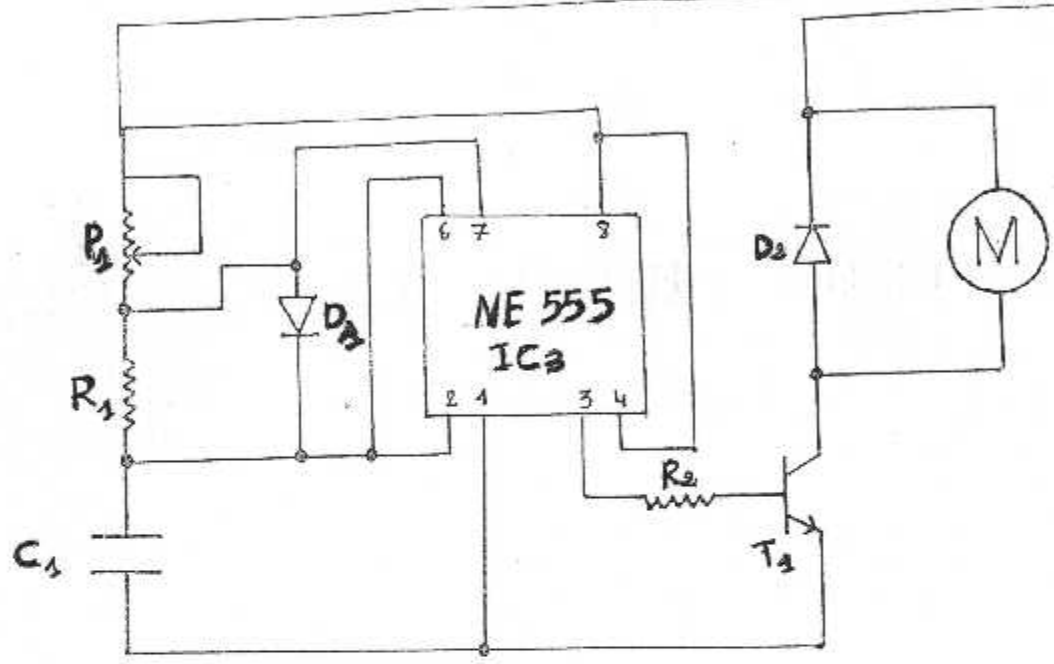
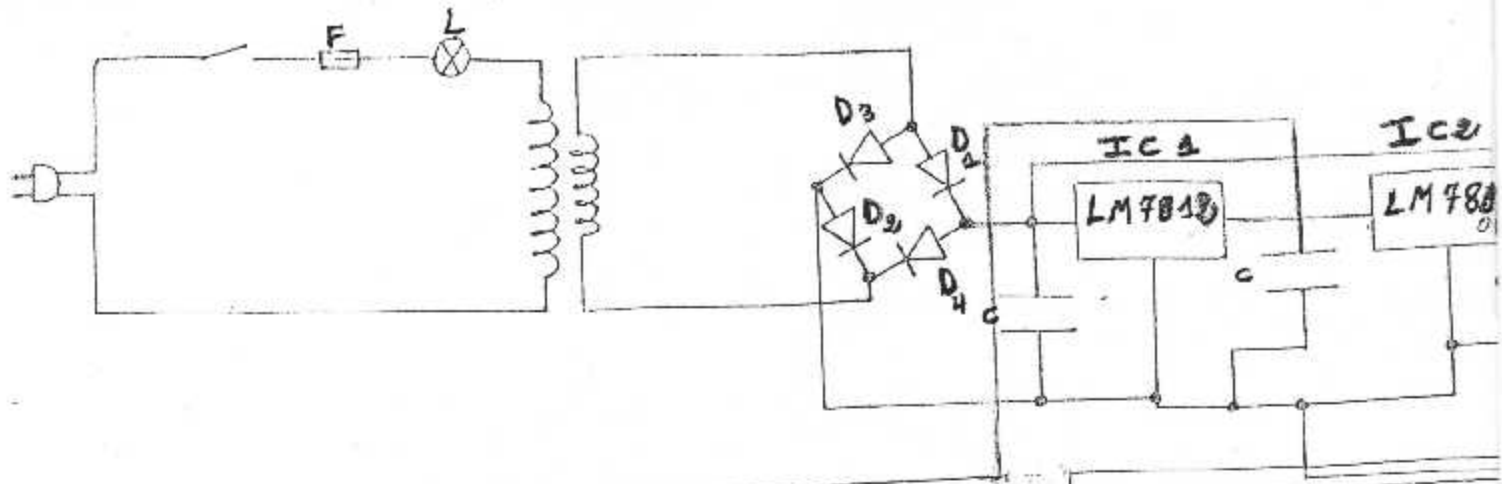
$$T_2 = 0,2 [R_{11} // (R_{15} + P_3)] C \Rightarrow T_2 = 0,02s.$$

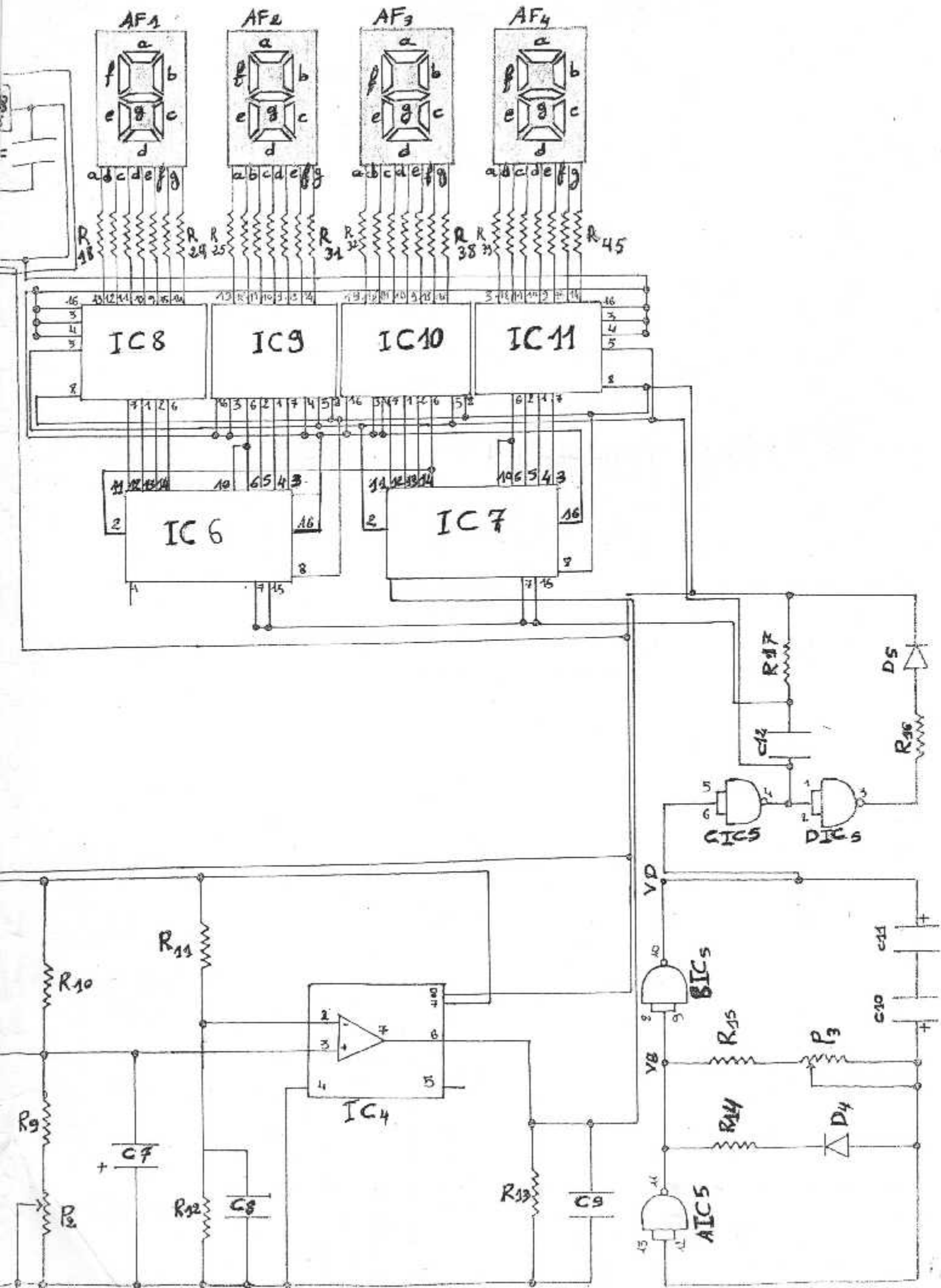
Une remise à zéro des compteurs de type 4518 effectuée par des impulsions positives.

### III-5. Schéma électrique du circuit de test :

Pour mesurer la vitesse du moteur, on doit utiliser le bloc d'essai comme il est représenté sur la figure III-3.

Le bloc du compte tours/minute va visualiser la vitesse de rotation d'un moteur suivant son indication soit en RPM ou en pourcentage (au bord de l'avion).







# CHAPITRE IV

## *Procédures du test*

**IV-1. Procédure de test de la génératrice :**

Ce test consiste à :

- Faire débiter la génératrice sur un circuit équilibré par des résistances.
- Mesurer la tension alternative entre deux phases en permutant chaque fois ces phases à l'aide du commutateur de phase pour la lecture des tensions sur un voltmètre.

**IV-1-1. Test opérationnel des génératrices suivant les différents types :**

Nous donnons ci-dessous les différentes caractéristiques de référence, classées en fonction de la gamme de la vitesse et ce pour divers types de génératrices.

<b>TYPE GENERATRICE</b>	<b>RPM</b>	<b>TENSION</b>
2CM9AAC6 ; 2CMAAH4 ; 2CM9AAV6 ; 2CM9AAZ6 ; 2CM9ABH7 ; 2CM9ABK7 ; 2CM9ABY7 ; 2CM9ABE7 ; 2CM9ACE7 ; 2CM9ACF8 ; 2CM9ADE8.	4200 tr /mn 1000 tr /mn	21 <sub>±</sub> 0.5
2CM9AAA6 ; 2CM9ACH7 ; 2CM9ADT6 ; 2CM9ADB9	1250 tr/mn 300 tr/mn 4200 tr/mn	21 max 3.5 29 <sub>±</sub> 1

**IV-1-2. Liste et mode opérationnel des réparations (génératrices)**

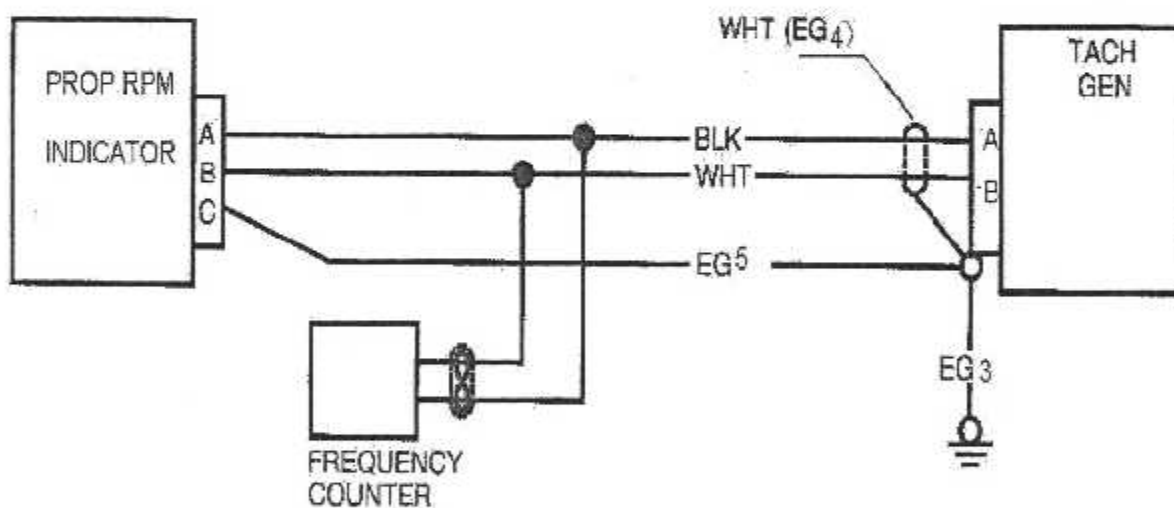
	PANNE	CAUSE	REMEDE
<b>MECANIQUE</b>	- Rupture de l'axe d'entraînement.	- Défauts de structure ou de traitement de l'axe - Montage défectueux sur le groupe moteur (Mauvais centrage des organes d'accouplement). - Blocage accidentel de l'émaille de fer, l'entrefer ; roulement détérioré.	- Changer l'axe.  - Changer l'axe.  - Changer l'axe et les autres pièces détériorées.
	- Jeu axial de l'axe d'entraînement.	- Roulement usé ou oxydé (Défaut de graissage)	- changer le roulement à billes défectueux.
<b>ELECTRIQUE</b>	- Tension du courant induit nulle entre 2 ou 3 phases (Tension mesurée entre les broches de la prise de courant).	- bobinage du stator coupé. - Fil de sortie du stator coupé ou dessoudé (Vibration des soudures incorrectes).	- Changer le stator. - Rétablir les connexions rompues.
	- Tension du courant induit inférieur à 36v entre les trois phases mais équilibrée (1500tr/mn à vide). (Tension mesurée entre les broches de la prise de courant).	Désaimantation partielle du rotor due à un court-circuit : 1° Dans les bobinages du stator (sur chauffage, entrée d'huile acide ou conductrice...)  2° Dans la canalisation électrique reliant le transmetteur à l'indicateur tachymétrique.  3° Entre une ou plusieurs phases et la masse (sur chauffage du stator, fils de sortie mal isolés ou noyés dans l'huile conductrice).	- Aimanter à nouveau le rotor à la valeur convenable. - Changer en plus le stator. - Vérifier en plus la canalisation électrique. - Vérifier en plus la résistance des bobinages du stator. - Vérifier en plus l'état des fils de connexion.



**IV-2. Calibration des indicateurs tachymétriques pour avion de type CESSNA 208B :**

L'indicateur est relié à une génératrice compatible, celle-ci étant entraînée en rotation pour délivrer la tension triphasée nécessaire au fonctionnement de l'indicateur.

Pour la mesure de la vitesse de rotation, nous utilisons un fréquencemètre comme il est indiqué sur la figure ci-dessous.



Pour la calibration des indicateurs, nous utilisons des tableaux de vérification donnés par le constructeur.

**IV-2-1. Tableau de calibration de l'indicateur hélice (NP) :**

<b>OUT PUT (HERTZ)</b>	<b>EQUIVALENT (RPM) (<math>\pm 10\%</math>)</b>	<b>INDICATOR READING (RPM x 100)</b>
	0	0
7.37	442.2	200
14.74	884.4	400
22.11	1326.6	600
29.48	1768.8	800
36.85	2211.0	1000
40.54	2432.1	1100
44.22	2653.2	1200
47.91	2874.3	1300
51.59	3095.4	1400
55.28	3316.5	1500
58.96	3537.6	1600
62.65	3578.7	1700
66.33	3979.8	1800
70.02	4200.8	1900
73.70	4422.0	2000

**IV-2-2. Tableau de calibration de l'indicateur de génératrice de GAZ (NG) :**

<b>OUT PUT (HERTZ)</b>	<b>EQUIVALENT (RPM)</b>	<b>INDICATOR READING (% x 100)</b>
	0	0
7	420	10
14	840	20
21	1260	30
28	1680	40
35	2100	50
36	2184	52
42	2520	60
49	2940	70
56	3360	80
63	3780	90
70	4200	100
1.11	4267	101.6

**Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté la procédure de test des génératrices et des indicateurs pour permettre la vérification de ces derniers et pouvoir exploiter au mieux les capacités du banc d'essai.

## **Conclusion générale :**

L'étude de ce projet a permis d'enrichir notre horizon de connaissance dans le domaine de l'électronique numérique.

Ainsi il nous a permis de voir comment l'électronique peut être associée à la technique numérique. En se servant des circuits intégrés et des afficheurs, ainsi que d'autres composants passifs, le banc d'essai a été conçu et réalisé.

En fin, nous espérons que ce modeste effort puisse apporter un plus et une aide précieuse non seulement aux techniciens de TASSILI AIR LIENES, mais aussi aux étudiant et les futurs stagiaires qui auront à travailler sur ce banc, ainsi que ce présent mémoire enrichira la bibliothèque de notre institut.

# Résumé

Le but de ce travail est consiste à réalisé et utudié un Banc d'essai qui mesure la vitesse de rotation en RPM DE Génératrice tachymétrique et Indicateur tachymétrique.

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو الدراسة النظرية و إنجاز لجهاز قياس السرعة (دورة / د).



# ANNEXES

# ANNEXE 2

- **Les différents tachymètres :**

Les tachymètres utilisés dans les avions sont en nombre de trois :

- Tachymètre magnéto- électrique.
- Tachymètre électronique.
- Tachymètre mécanique.

- **1- Tachymètre magnéto- électrique :**

Les appareils électriques pour la mesure de la vitesse se sont imposés grâce à quelques particularités uniques. Dans cet ordre d'idée, il faut mentionner la possibilité de mesurer les vitesses de variation.

L'indicateur tachymètre a pour but d'assurer une mesure permanente en pourcentage de la vitesse instantanée de rotation de l'organe tournant d'un moteur.

L'indicateur tachymètre comprend essentiellement un moteur triphasé synchrone, un dispositif entraînant, devant cadre gradué linéairement, une aiguille centrale et une aiguille trotteuse.



L'indicateur fonctionne en liaison avec un transmetteur tachymètre entraîné par l'organe tournant du moteur dont nous voulons connaître la vitesse et ils sont électrique par l'intermédiaire de connecteurs normalisés à trois contacts.

- **2- Tachymètre électronique :**

Un capteur d'impulsions « magnétique » détecte le régime du compresseur basse pression, il est constitué d'un aimant qui représente une paire de pôles en regard d'une pièce tournante du compresseur et chaque passage d'une aube crée une impulsion dans une bobine qui entoure l'aimant « par variation de flux magnétique ».

- **3- Tachymètre mécanique**

Le rôle de cette indication est d'assurer une mesure permanente et précise de la vitesse instantanée de rotation d'un organe tournant. Cet instrument à mouvement chronométrique indique la vitesse de rotation moyenne de la prise de mouvement mécanique pendant la fraction de seconde ( $60/10$ enirons) qui précède l'indication de la mesure .Il contient un mouvement d'horlogerie qui fraction le temps en périodes élémentaires égales et un mécanisme qui enregistré le nombre de tour accomplis pendant chacun de ces périodes.

# ANNEXES

## \* Généralités sur les génératrices tachymétriques :

### \* 1- Principe :

La génératrice tachymétrique comprend essentiellement un rotor, solidaire de l'axe d'entraînement et un stator maintenu entre deux flasques, elle délivre une tension alternative triphasée.

Une génératrice tachymétrique peut alimenter un ou deux récepteurs de caractéristiques électriques identiques, indicateurs normaux ou sensibles.

Cette génératrice de type alternatif triphasé, fournit le courant nécessaire à l'entraînement des moteurs synchrones qui se trouvent à l'intérieur des indicateurs, et autres instruments destinés aux mesures de vitesse.

La génératrice comporte, à l'arrière une prise de mouvement femelle normalisé.

### \* 2- Description :

Elle est composée d'un stator et d'un rotor montés à l'intérieur d'un carter obturé un flasque.

#### a. Stator :

Le stator (16) à douze masses polaires, se compose d'un circuit magnétique feuilleté sur lequel sont bobinés trois enroulements disposés en étoile. A leur sortie, les fils sont repérés chacun par une couleur.

#### b. Rotor :

Le rotor est constitué par un aimant cylindrique (17) à deux paires de pôles, deux roulements à billes (14 et 18), protégés guident la rotation de cet ensemble dans le carter, ils sont montés libres mais sans jeu autour de l'arbre.

Une goupille (20) rend solidaire en rotation l'aimant et l'arbre.

Dans le logement du flasque arrière, deux rondelles élastiques (15A) interposée entre le roulement et le flasque, limitent le déplacement axial du rotor qui est maintenu dans le carter par un cerclips.

L'entraînement est assuré par un axe (21).

### **c. Carter et flasque arrière :**

Le carter (23) et le flasque arrière (11) sont assemblés par quatre vis. Une de ces vis est plombée après montage et contrôle de la génératrice.

L'ajustement précis du carter et du flasque sur la frette du stator assure la concentricité rigoureuse du rotor dans le stator.

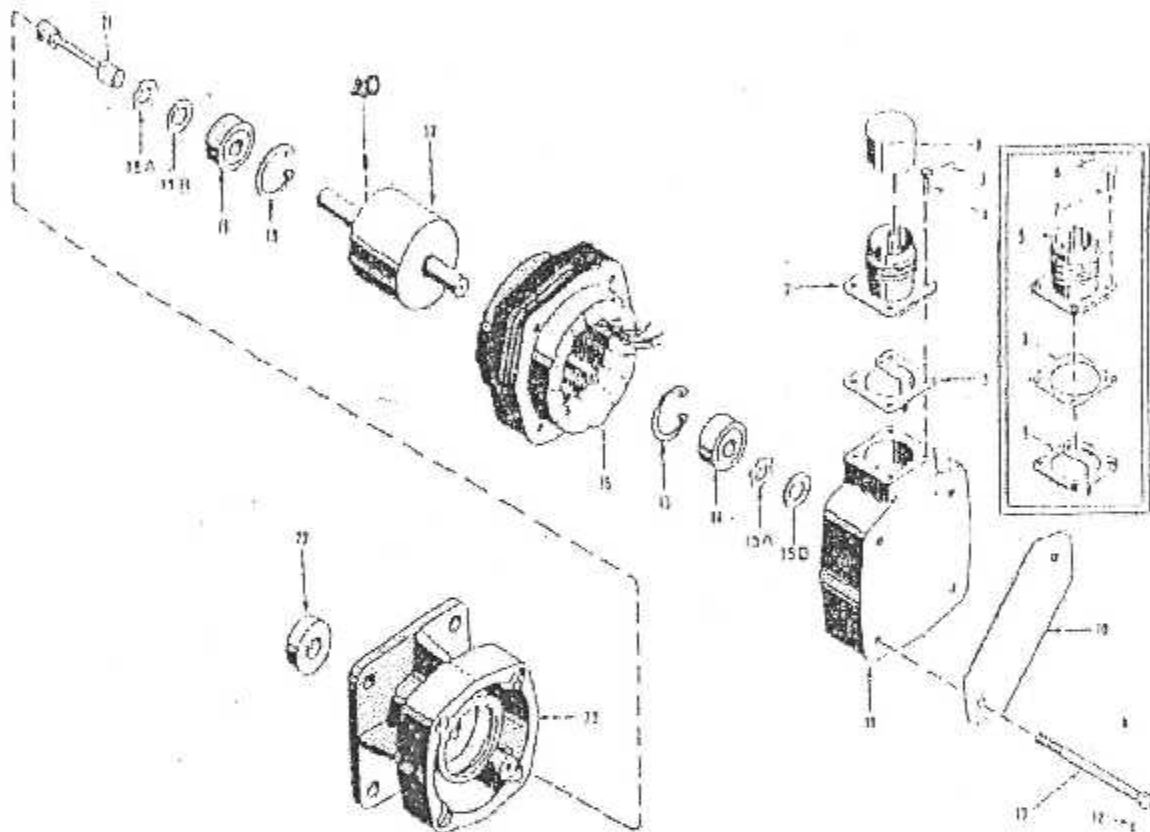
### **\* 3- Fonctionnement :**

Le rotor des génératrices est entraîné en rotation par l'intermédiaire de l'axe d'entraînement engagé, par son extrémité carrée, dans la prise de mouvement du groupe moteur.

La rotation de l'aimant produit aux bornes du stator une tension alternative triphasée, utilisée pour alimenter directement un ou deux récepteurs de tachymètre. L'aimantation du rotor est réalisée de manière à obtenir une tension de forme sensiblement sinusoïdale.

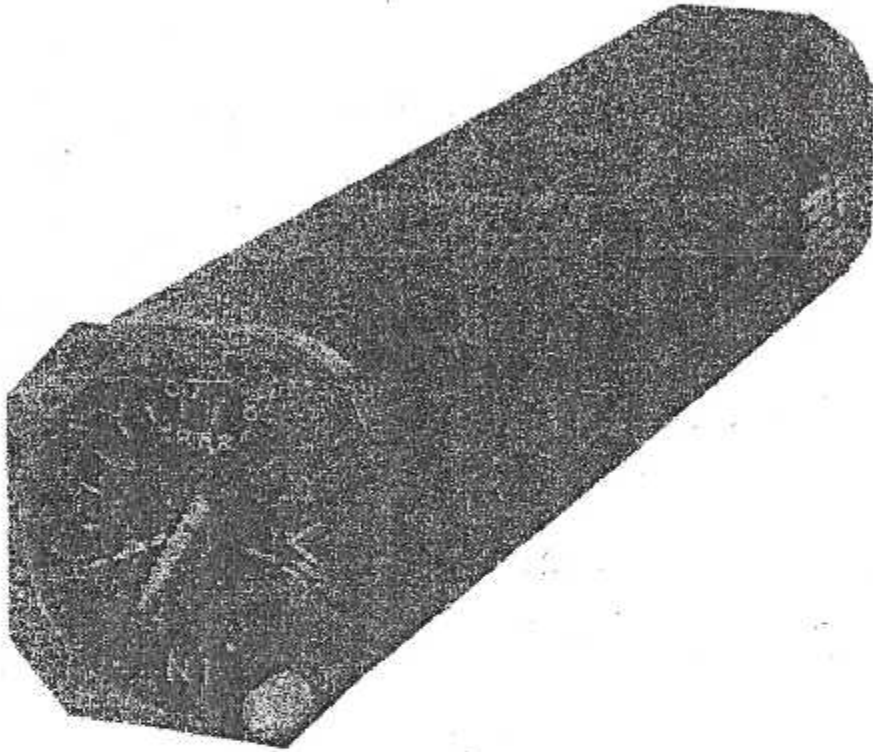
La relation entre la tension et la vitesse de rotation de la génératrice peut légèrement varier selon les conditions de charges, de températures,...etc.

La mesure de la vitesse ne dépendant que de la fréquence du courant.



- 1- Protecteur, bouchon antipoussière.
- 2- Connecteur.
- 3- Fil à freiner.
- 4- Vis plombée.
- 5- Fiche.
- 6- Fil à freiner.
- 7- Vis plombée.
- 8- Joint.
- 10- Plaquette constructeur.
- 11- Flasque arrière.
- 12- Fil à freiner.
- 13- Vis
- 14- Roulement.
- 15- Segment d'arrêt.

- 15. A- Rondelle élastique.
- 15. B- Rondelle.
- 16- Stator complet.
- 17- Rotor complet.
- 18- Roulement à bille.
- 19- Segment d'arrêt.
- 19. A- Rondelle élastique.
- 19. B- Rondelle.
- 20- Goupille.
- 21- Arbre, axe d'entraînement
- 22- Joint de retenue d'huile.
- 23- Carter



**Indicateur tachymétrique**

# ANNEE 4

- **Définition de la lumière infrarouge :**

L'emploi du mot lumière infrarouge paraît peut-être exagéré quand il s'agit de rayonnement invisible, or, tout rayonnement qui peut être manipulé par des méthodes optiques.

- **1- Avantage de la lumière infrarouge :**

- Vitesse de transmission élevée.
- Effets s'appeler négligeables.
- Une meilleure visibilité à través le brouillard ou la fumée.
- Diodes d'émissions et de réceptions peut encombrantes, peut coûteuse.
- Sensibilité aux perturbations limitées.
- Pas de support matériel.

- **2- Utilisation de la lumière :**

Elle est utilisée pour la communication pour deux raisons principales son immunité à certains types de parasites et parasités et la facilité relative à obtenir la sécurité de la voie de communication électriquement.

- **3- Propagation :**

Une radiation lumineuse peut-être considérée comme une vibration sinusoïdale de fréquence  $f$  se propageant dans le vide à la vitesse de  $3 \times 10^8$  m/s et de période  $T$  tel que  $T=1/f$ .

- **4- Longueur d'onde ( $\lambda$ ) :**

C'est la distance parcourue en en une période par la vibration.

$$\lambda = C \times T = c/f$$

avec : C en m/s  
T en secondes  
f en Hz  
 $\lambda$  en mètre

- **5- Emission-Réception :**

- **Emission** : La source utilisée pour l'émission de rayons infrarouge est une diode basée sur le principe de l'électroluminescence des semi-conducteurs, et polarisé par une résistance de protection qui fixe l'intensité du courant à travers la diode.

- **Réception** : La réception du rayonnement consiste à transformer le flux capté en un signal électrique. On distingue deux types de récepteurs optiques à base de semi-conducteur la photodiode et le phototransistor.

- **6- Rapidité d'exécution :**

Le récepteur doit être suffisamment rapide afin de pouvoir transformer l'information lumineuse qu'il reçoit sans la déformer.

Dans notre réalisation, nous utilisons un phototransistor, celui-ci est un composant caractérisé principalement par un gain interne.

- **7-La sensibilité :**

Il doit être capable de donner un signal électrique appréciable même quand il reçoit un flux énergétique très faible, donc, un rapport "signal/bruit" supérieur à 1.



# ANNEXE N°5

## TABLEAU : RESISTANCES

RESISTANCES	VALEURS
$R_1=R_6$	10 K $\Omega$
$R_2=R_{17}$	100 K $\Omega$
$R_3=R^1$	470 K $\Omega$
$R_4=R_{10}=R_{11}=R_{12}$	22 K $\Omega$
$R_5$	2,2 K $\Omega$
$R_7=R_{16}$	1 K $\Omega$
$R_9$	18 K $\Omega$
$R_{13}$	47K $\Omega$
$R_{14}$	4,7 K $\Omega$
$R_{15}$	180 K $\Omega$
$R_{18}, R_{19}, \dots, R_{45}$	680 K $\Omega$

## TABLEAU : CONDENSATEURS

CONDENSATEURS	VALEURS
C	820 $\mu$ F
$C_1$	0,033 $\mu$ F
$C_2=C_9$	0,1 $\mu$ F Céramique
$C_3$	100 $\mu$ F Chimique osciale
$C_4$	1 $\mu$ F Tantale goutte
$C_5=C_6=C_{10}=C_8=C_{11}$	4,7 $\mu$ F Tantale goutte
$C_7$	0,22 $\mu$ F Tantale goutte
$C_{12}$	10 $\mu$ F Plastique

## TABLEAU : POTENTIOMETRES

POTENTIOMETRES	VALEURS
P <sub>1</sub>	230 K $\Omega$
P <sub>2</sub>	10 K $\Omega$
P <sub>3</sub>	10 K $\Omega$

## TABLEAU : TRANSISTORS

T1 2N3055 PUISSANCE DISSIPEE 117 W

IC	IB	VCB	VEB	VCE
15 A	7 A	70 V	7 V	60 V

T2 = Phototransistor récepteur infrarouges TIL78

T3= BC 109 B

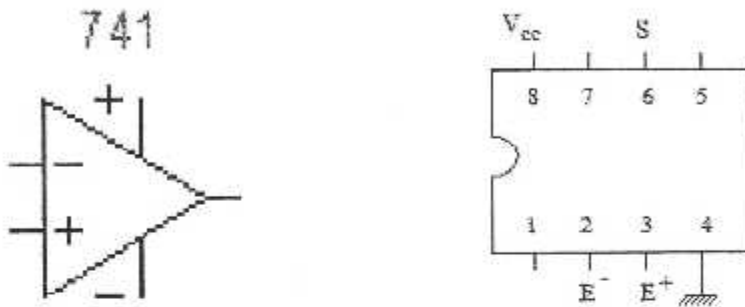
## TABLEAU : DIODES

DIODES	VALEURS
D <sub>1</sub>	1 N 4001 $\rightarrow$ I max= 1 A
D <sub>2</sub>	BYV71 $\rightarrow$ I max = 30 A V= 50 V
D <sub>3</sub>	Diode émettrice infrarouge TIL 32
D <sub>4</sub>	1 N4148
D <sub>5</sub>	LED rouge $\phi$ shaute luminosité + support

## Amplificateur opérationnel :

### Définition :

Un amplificateur opérationnel se schématise comme montre la figure ci-dessous :



$E^+$  représente l'entrée non inverseuse use (le signal de sortie a le même signe que celui de l'entrée).

$E^-$  représente une entrée inverseuse use, la particularité de cette entrée est qu'elle inverse la polarité du signal injecté.

La broche S représente la sortie commune aux deux entrées qui, par une certaine contre réaction, favorise une des deux entrées.

Les deux branches  $V^+$  et  $V^-$  représentent respectivement l'alimentation positive et négative.

### **Caractéristique des amplificateurs opérationnels :**

- Une grande impédance d'entrée (pratiquement infinie).
- Une faible impédance de sortie (pratiquement nulle).
- Un gain très élevé en boucle ouverte (sans contre réaction).
- Une bande passante large.

Parmi les circuits les plus utilisés et les plus disponibles sur le marché, on distingue le 741 qui est un amplificateur opérationnel intégré dans une « puce » de silicium de  $1,5\text{mm}^2$  contenant une trentaine de composant, essentiellement des transistor et des résistances.

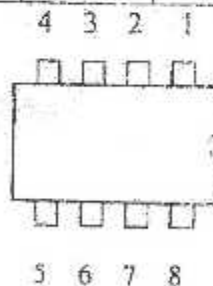
Pratiquement impédance d'entrée de l'ordre du méga ohm et un gain en tension de 200000 sont très satisfaisant à l'exception de sa réponse en fréquence qui est très limitée voir figure ci-dessous.

## CARACTERISTIQUE DU CIRCUIT INTEGRE NE555

NE555				
CARACTERISTIQUES	LIMITES			UNITES
	MIN	TYPE	MAX	
TENSION D'ALARME	4.5		16	V
DERIVE DUE A LA TENSION		0.1		V
TEMPERATURE	0		70	C
DERIVE EN TEMPERATURE		50		PPM
TENSION DE DECLENCHEMENT			5.6	V
COURANT DE DECLENCHEMENT			2	A
COURANT DE SORTIE			200	mA
TEMPS DE MENTEE DU SIGNAL DE SORTIE		100		ns
TEMPS DE DESCENTE DU SIGNALE DE SORTIE		100		ns
COURANT D'ALIMENTATION A VIDE	3*		6*	ma
	10**		15**	
TENSION DE CONTROLE	2.6*		4*	V
	9**		11**	
CONTROLE DE RESET		150		mA
COURANT DE RESET		<1		mA
COURANT DE FUITE EN DECHARGE		<100		mA
FREQUENCE DE SORTIE	0.1	2.10 <sup>5</sup>		Hz
TENSION DE SORTIE ETAT BAS		<0.3 <sup>o</sup>		V
		<2.5 <sup>ooo</sup>		
TENSION DE SORTIE ETAT HAUT		>3.3 <sup>oo</sup>		V
		>12.5 <sup>ooo</sup>		
CONSOMMATION DU CIRCUIT		<6*		mA
		<15**		
DISSIPATION A 25°C		600		mW

- \* : Vcc = 5v
- \*\* : Vcc = 15v
- <sup>o</sup> : à 8 ma
- <sup>oo</sup> : à 100ma
- <sup>ooo</sup> : à 200ma

- 1- Masse
- 2- Déclenchement
- 3- Sortie
- 4- RAZ
- 5- Commande
- 6- Seuil
- 7- Décharge
- 8- Alimentation

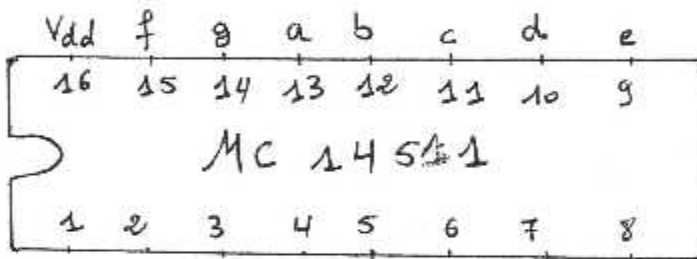


• MC 14518 (double compteur BCD) :



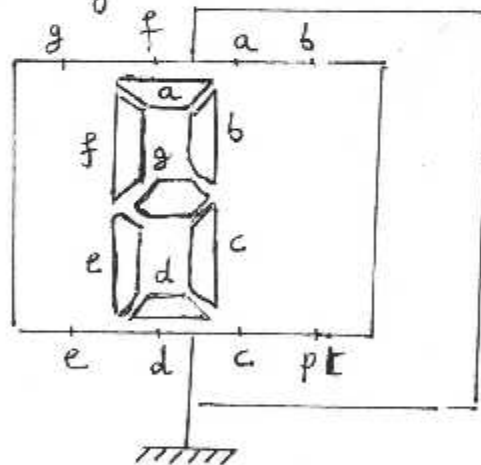
IC 6 et IC 7 sont des compteurs

• MC 14511 (décodeur) :

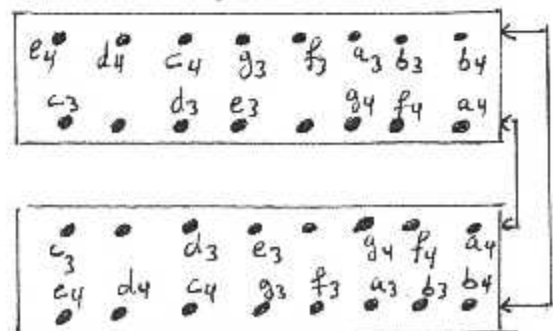


IC 8, IC 9, IC 10 et IC 11 sont des décodeurs.

• Afficheur 7 segments à cathode commune 350 :

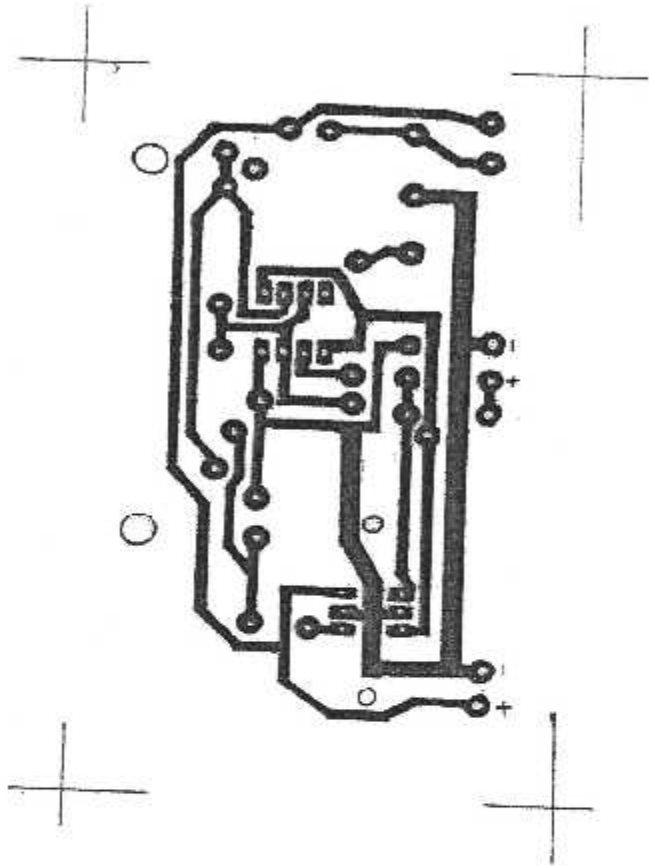


• Les Résistances :  $R_{18} - R_{45} = 680$  (bleu - gris - Marron)  
 CN1 CN2



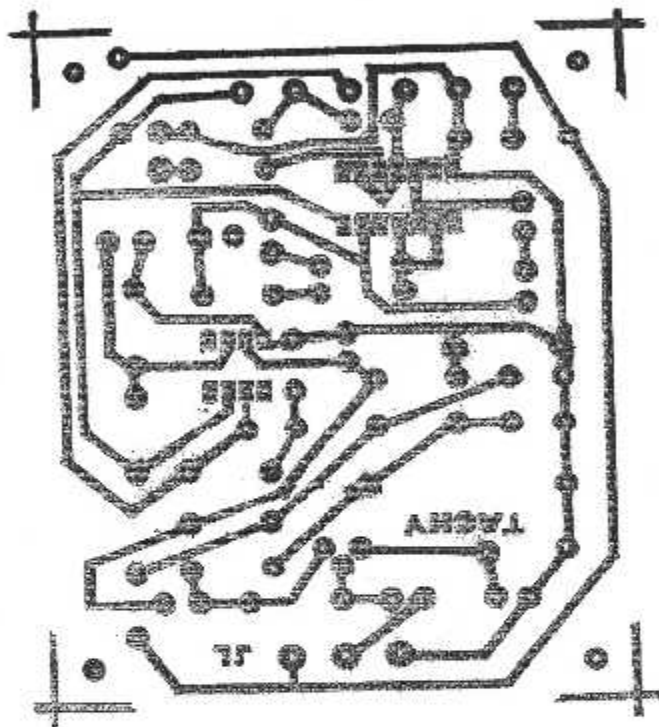
**\* Plaque 1 :**

Circuit imprimé du command de vitesse :



**\*. Plaque 2 :**

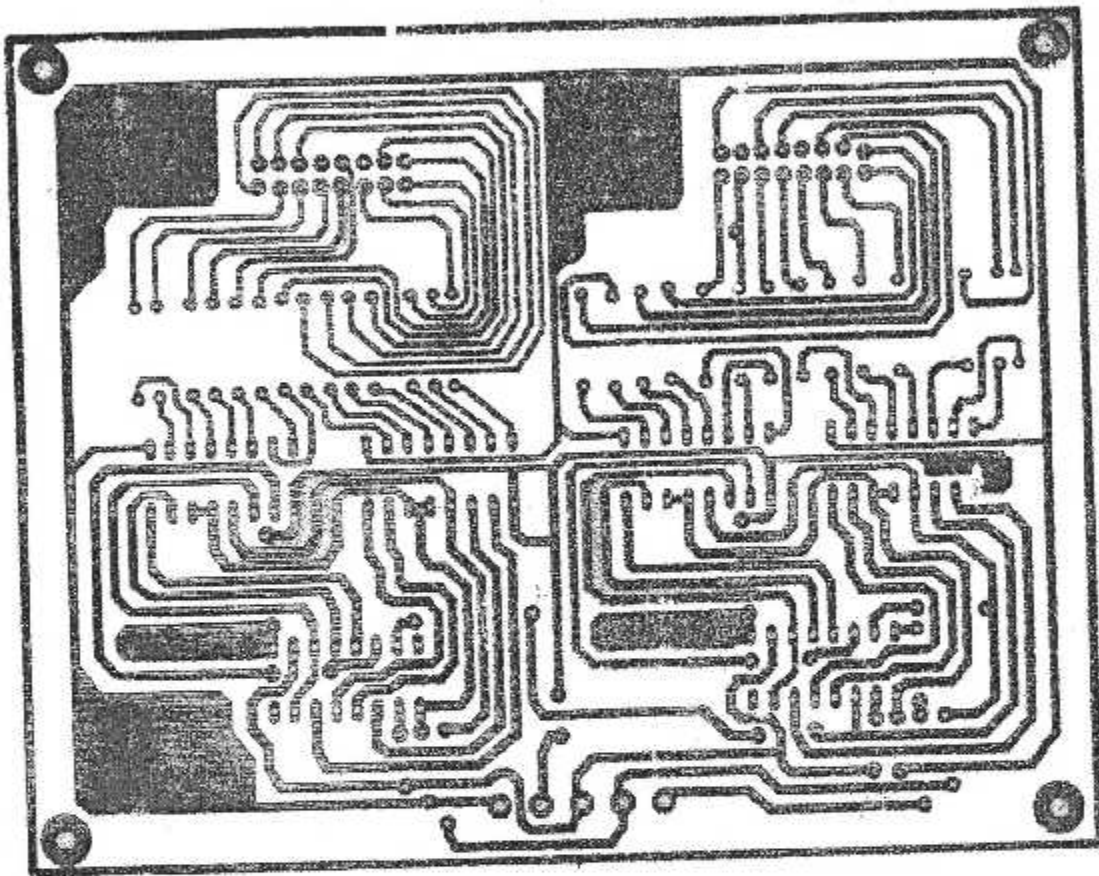
Circuit imprimé de l'horloge et de la mise en forme :





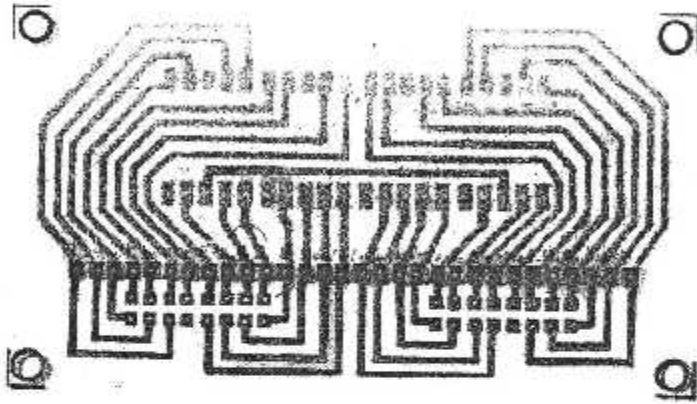
**\* Plaque 3 :**

Circuit imprimé du compte tours/minutes :

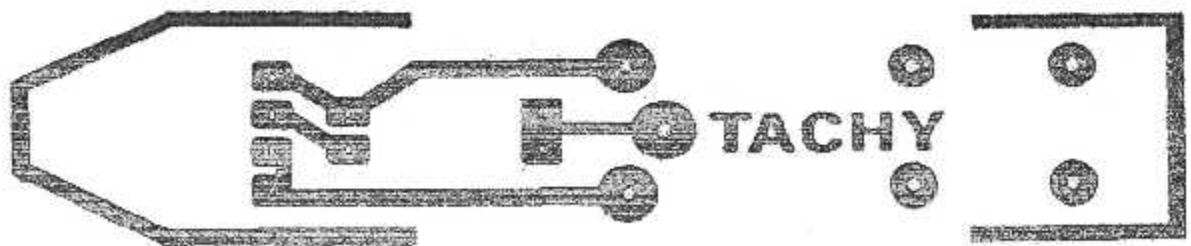


**\*Plaque 4 :**

Circuit imprimé de l'afficheur à sept segments :

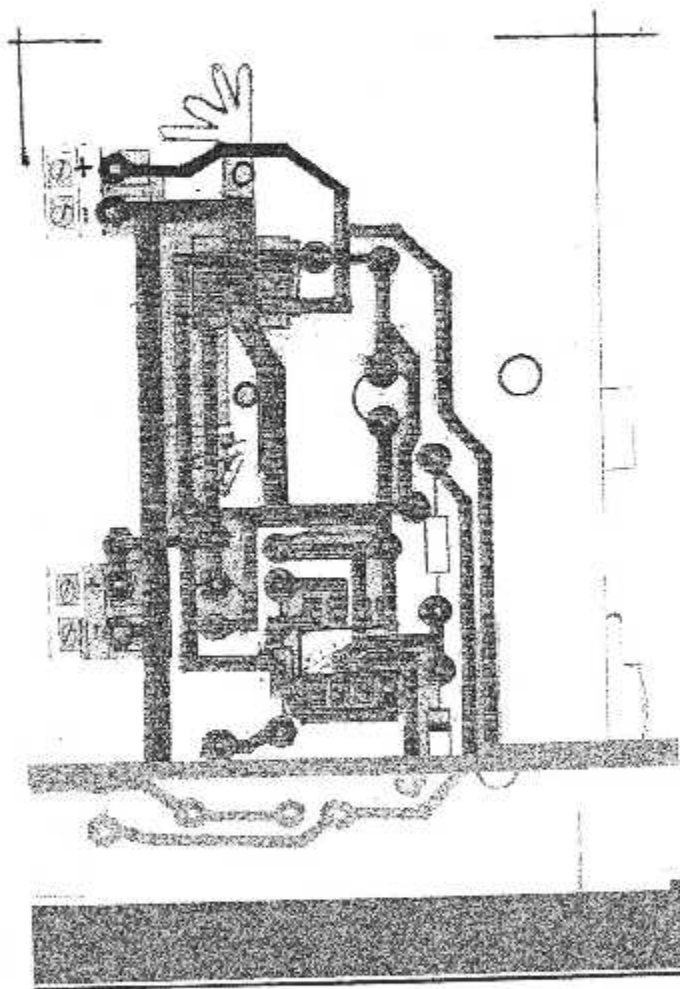


Circuit imprimé du capteur optique :

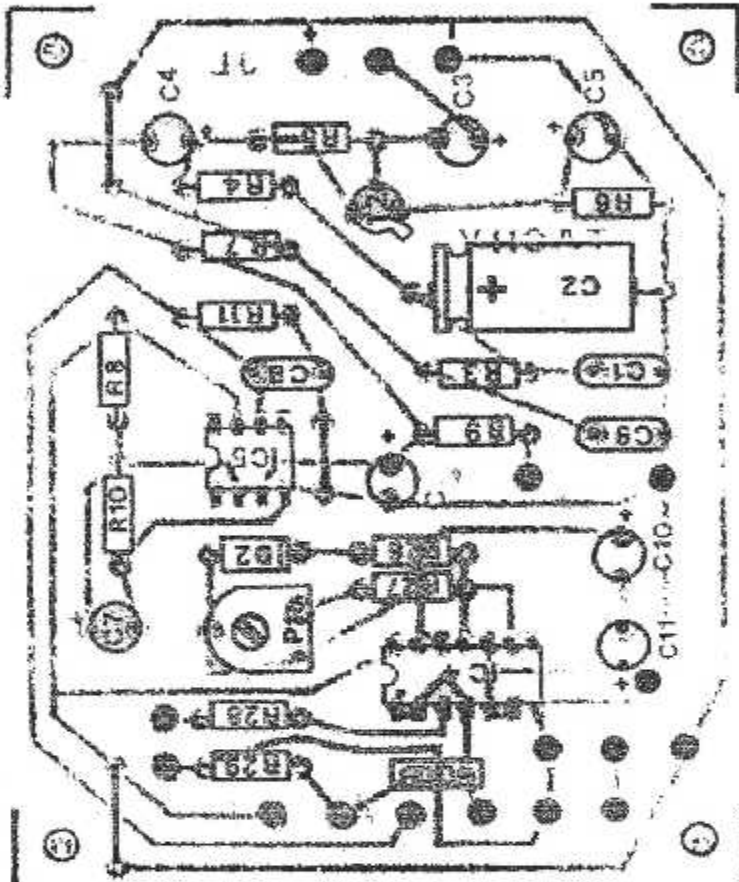


• Implantation des composant :

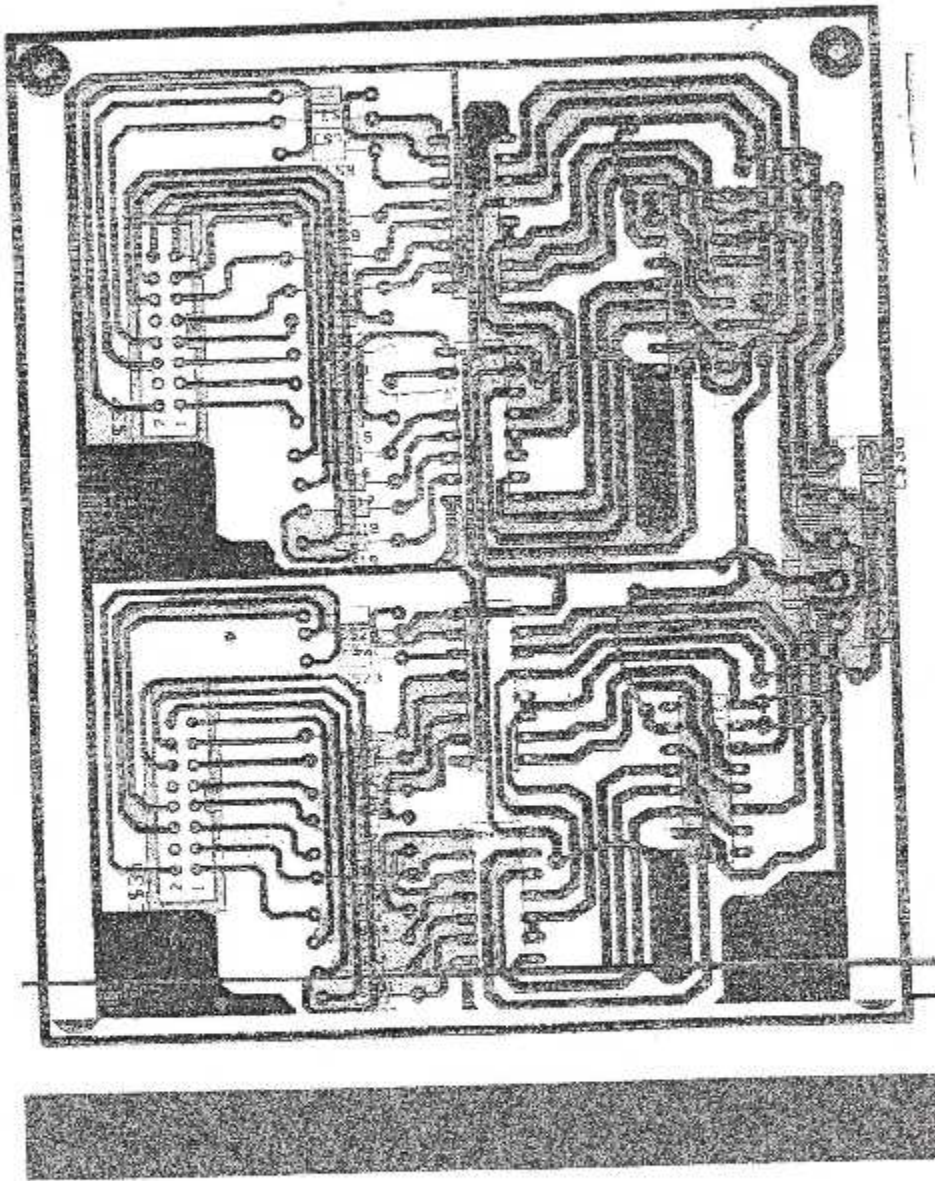
Circuit imprimé du command de la vitesse :



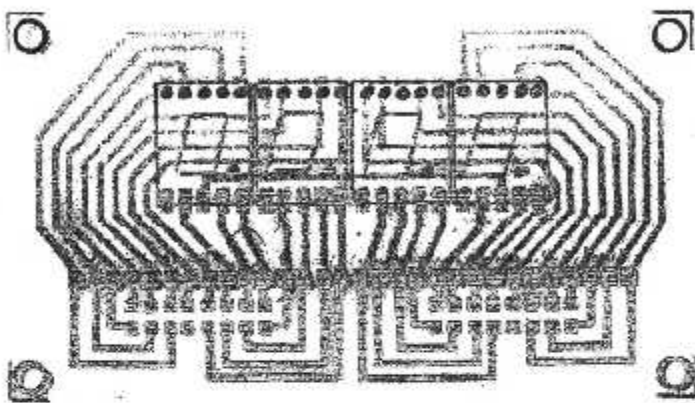
Circuit imprimé de l'horloge et de la mise en forme :



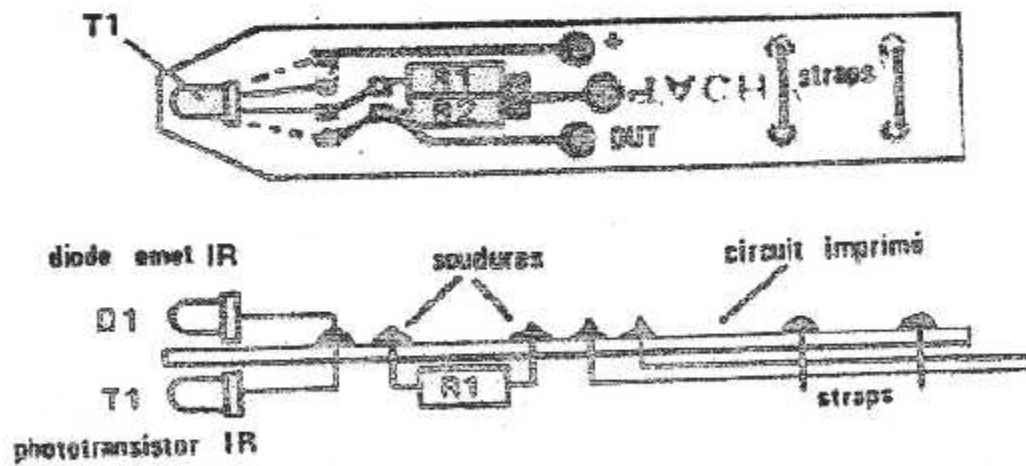
Circuit imprimé du compte tours/minutes :



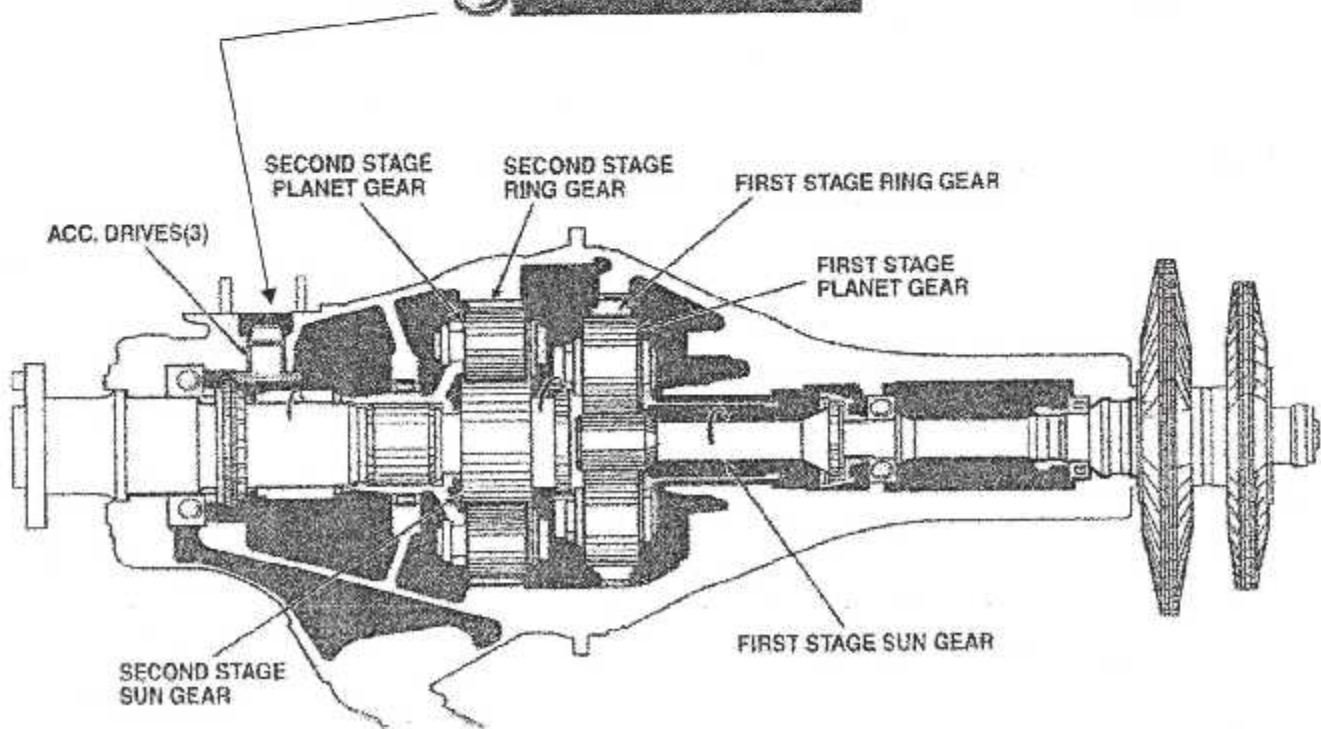
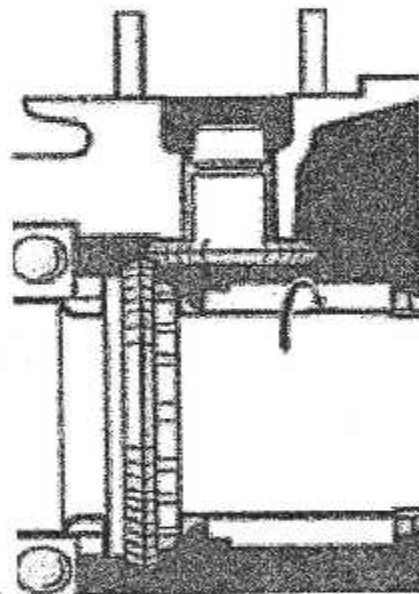
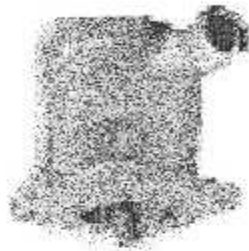
Circuit imprimé de l'afficheur à sept segments :



Circuit imprimé du capteur optique :



# ANNEXE N°6





**PRATT & WHITNEY CANADA**  
**MAINTENANCE MANUAL**  
**MANUAL PART NO. 3043512**

TABLE, Accessory Drives- Leading Particulars

Speed	Drive Pad	Rotation	Ratio	Max. Torque (in. lb)		Max. (RPM)
				Continuous	Static	
	1. Starter-generator (1)	CW	0.2931:1	170	1,600	10,991
	2. Fuel Pump/FCU (1)	CCW	0.1670:1	-	-	6,262
	3. Ng Tach Generator (1)	CCW	0.1121:1	7	100	4,203
	4. Vacuum Air Pump (Optional) (1)	CCW	0.1019:1	60	800	3,821
	5. Optional Accessory Drive (1)	CW	0.3208:1	135	800	12,028
	6. Optional Accessory Drive (Hydraulic Pump) (1)	CCW	0.2041:1	150	800	7,654
	7. Propeller Governor (2)	CW	0.1273:1	50	850	-
	8. Np Tach Generator (2)	CW	0.1273:1	7	100	-
	9. Propeller Overspeed Governor (2)	CW	0.1273:1	50	850	-

NOTE: 1. Rear Accessory Drives: 100% is 37,500 rpm Ng.  
 NOTE: 2. Front Accessory Drives: 100% is 33,000 rpm Np.





# BIBLIOGRAPHIE

- ✦ ELECTRONIQUE AFRIQUE N°01
- ✦ Premier trimestre 1991
  
- ✦ ELECTRONIQUE PRATIQUE
- ✦ Année 1991 N°60
  
- ✦ ELECTRONIQUE DIGITAL
- ✦ Par pierre cabanise édition : 1 trimestre 1986
  
- ✦ Email internet :
- ✦ [WWW. électronique pratique. Fr](http://WWW.électronique.pratique.Fr)
  
- ✦ [http://tachymètre digital. Com](http://tachymètre.digital.Com)
  
- ✦ [WWW. us infrarouge. Com](http://WWW.us.infrarouge.Com)
  
  
- ✦ Manuel de vol de l'avion CESSNA 208 B
- Edition 1991
  
- ✦ Manuel de vol 1990
- Référence APG 4801
  
- ✦ Illustra Ted parts catalogue – CESSNA 208 B – 1999
- ✦ Manuel de maintenance avion 1999
- ✦ Technologie des composants électroniques
- Tome I, **R. BESSON**
  
- ✦ « Multivibrateurs astable »
- BRAHIM HARAOUBIA
  
- Edition DAR ETTAKAFA
  
- ✦ **DATA BOOK** semis – conducteurs 1997