

**République Algérienne Démocratique Et Populaire**

**Ministère De L'enseignement Supérieur Et La Recherche  
Scientifique**



**Université De Blida**



**Département D'aéronautique**

**Projet fin d'étude en vue d'obtention du diplôme DEUA**

**Option: Avionique**

**THEME:**

**indicateur digital de vibration moteur  
étude et réalisation**

**Réalise par:**  
BOUNEDJEMA Tawfiq

**promoteur:**  
KOUIDER ELOUAHED B.

**Promotion 2003/2004**

# Dédiaces

Je dédie ce mémoire à mes chers pour leur affection et leur soutien moral et à qui je dois tout, mes frères, mes toutes et à toutes ces familles :

Ali, Mohamed, Yassine, Farid, Mouloud, naserdine.....

Sous oublier mes amis, Mohamed, abdkader, Habib, hafid, houssine.....

Tawfiq

# Remerciements

J'aimerais exprimer toute notre reconnaissance à notre promoteur monsieur Kouider Alouhed, et nous remercions de nous avoir dirigé dans notre projet de fin d'études par leurs précieux conseils et leurs encouragements durant toute l'année.

Je tiens également à remercier tous les membres du jury pour avoir accepté de siéger à la soutenance de ce mémoire.

**TAWFIQ**



2003\*2004

# Sommaire

## INTRODUCTION ..... 02

### Chapitre I : GENERALITE SUR LES VIBRATIONS

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

#### **I-2- Vibrations et ondes**

I-2-1-Introduction .....04

I-2-2-Les phénomènes périodiques.....04

I-2-3-Type d'oscillations ou vibrations .....05

#### **I-3- Analyse de vibration**

I-3-1- Définition.....06

I-3-2- Mesure de vibration.....07

I-3-3- Domaine de temps et de fréquence.....10

I-3-4- Instrumentation.....10

I-3-4-1- Etude des capteurs.....10

I-3-4-2- Les différents types de capteurs.....11

I-3-4-3- Caractéristiques.....13

I-3-4-4- Câble .....14

I-3-5- Caractéristiques des équipements.....15

I-3-6- Technique de mesure.....16

I-3-7- Sources les plus courants de vibration.....16

### Chapitre II : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

II-1- Introduction.....21

II-2- Indicateur de vibration ..... 21

II-2-1- Capteur de vibration .....21

II-2-2- Conception de l'indicateur.....23

II-2-2-1-Schéma synoptique général

II-2-2-1-1-Fonctionnement général.....24

II-2-2-2- Schéma synoptique détaillé

II-2-2-2-2-Fonctionnement ..... 25

II-2-3-Schéma électronique générale

II-2-3-1-Etude des différents blocs de schéma électrique..... 25

II-2-3-1-1-L'alimentation

II-2-3-1-1-a°/ Introduction..... 25

II-2-3-1-1-b°/ Schéma électrique de l'alimentations.....26

II-2-3-1-1-c°/ Principe de fonctionnement .....26

II-2-3-1-2-Bloc de détection des vibrations

II-2-3-1-2-a°/ Le Fonctionnement .....26

<b>II-2-3-1-3-Bloc de traitement de signal analogique</b>	
II-2-3-1-3-a°/ bloc amplificateur.....	27
II-2-3-1-3-b°/ Redresseur.....	31
II-2-3-1-3-c°/ générateur d'onde de dents scie.....	32
II-2-3-1-3-d°/ Comparateur.....	32
II-2-3-1-3-c°/ Chronogrammes des signaux analogique	
<b>II-2-3-1-4- Bloc de traitement de signal numérique</b>	
II-2-3-1-4-a°/ Régulateur de sortie 5v.....	35
II-2-3-1-4-b°/ Bascule J-K.....	35
II-2-3-1-4-c°/ Générateur d'impulsion.....	36
II-2-3-1-4-d°/ porte ANAD .....	37
II-2-3-1-4-e°/ monostable .....	37
II-2-3-1-4-f°/ Remise à zéro.....	39
II-2-3-1-4-g°/ Etage de comptage	
II-2-3-1-4-g°/ 1- Le compteur "CD4518".....	40
II-2-3-1-4-g°/ 2- Le fonctionnement .....	40
II-2-3-1-4-h°/ Registre *74LS373* .....	40
II-2-3-1-4-i°/ Etage de Décodage – Affichage .....	41
II-2-3-1-4-i°/ 1- Décodeur *CD4511*.....	41
II-2-3-1-4-i°/ 2- Afficheur 7segments à CC.....	42
II-2-3-1-4-i°/ 3- Utilisation de décodeur afficheur.....	42
II-2-3-1-4-i°/ Chronogrammes des signaux numérique.	

### Chapitre III : REALISATION

III-1- Introduction .....	44
III-2- Description du montage.....	44
III-2-1- Le circuit imprimé.....	44
III-2-2- Implantation des composant.....	45
III-3- Câblage final.....	45
III-4- Commande du système.....	46
III-5- réglage et essai.....	46

### CONCLUSION GENERALE .....

Nomenclature  
Annexes  
Bibliographie

# Introduction

---

## **INTRODUCTION GENERALE :**

Les instruments existant à bord d'un avion ont pour but de donner le maximum d'informations nécessaires à la navigation, afin de faciliter la tâche au pilote.

Cependant, de nos jours, la nécessité de disposer d'appareils faibles et précis devient de plus en plus accrue à cause de l'augmentation du trafic aérien et de l'encombrement des couloirs.

De jour en jour, la technologie ne cesse d'évoluer, de présenter comme fruits de recherche des appareils qui donnent au travail de l'homme plus de détermination, en particulier dans le domaine de l'informatique et de l'électronique ou la variété des composants facilite l'invention de nombreux type d'appareils utilisables dans plusieurs domaines.

La connaissance de la vibration moteur d'avion est nécessaire pour le pilotage et la navigation pendant toutes les phases de vol. pour cela nous avons opté la conception d'un indicateur de vibration moteur qui confère des qualités supérieures à celles des indicateurs classiques (à aiguilles).

Pour mener à bien notre étude, nous avons préféré suivre  
Les étapes suivantes:

Au premier chapitre; nous introduisons des notions générales sur les vibrations, ainsi que les différents techniques utilisées pour les mesures de vibration.

Comme notre but est de réaliser un indicateur digital, nous avons jugé utile de présenter au deuxième chapitre, une étude principe de fonctionnement d'indicateur, puis les différents étage de schéma électronique pour arriver finalement au troisième chapitre une réaliser cet indicateur digital.

## CHAPITRE I





**I-1-INTRODUCTION :**

Nous allons introduire dans ce chapitre les vibrations de systèmes physiques comme un cas particulier de mouvement.

Nous allons considérer un phénomène périodique et un système oscillatoire, et à la fin nous passerons aux analyses des vibrations.

**I-2-VIBRATIONS ET ONDES :****I-2-1- Introduction:**

Dans cette partie, nous traitons les généralités sur les phénomènes périodiques. On y trouvera un rappel de définitions essentielles, les équations fondamentales des systèmes oscillatoires.

**I-2-2- Les phénomènes périodiques :****I-2-2-1- Définitions :**

Un mouvement est dit périodique ou vibratoire s'il se produit identiquement à lui-même, à des intervalles de temps successifs égaux, appelés périodes du mouvement. La fréquence  $f$  du mouvement est égale au nombre de périodes par seconde. Elle a comme unité Hertz.

$$F = \frac{1}{T}$$

**Rappel :** L'équation du mouvement périodique est de la forme

$$y(t) = a * \sin (\omega t + \varphi )$$

$y$ : Élongation

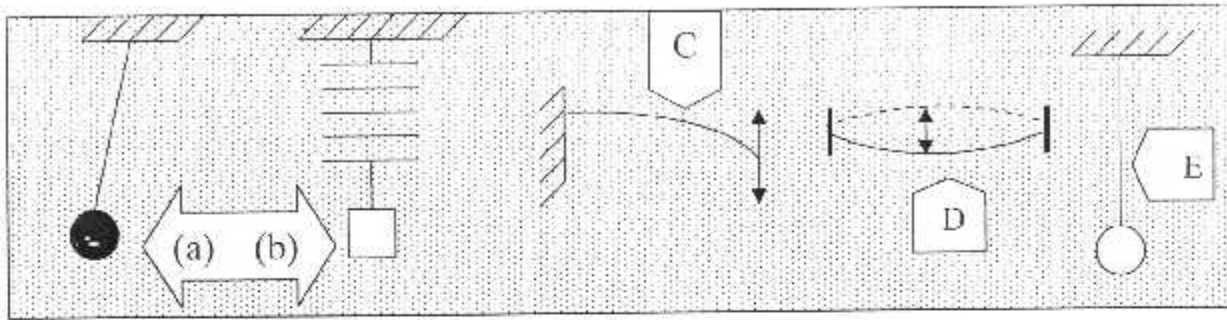
$(\omega t + \varphi)$ : Phase (à l'instant  $t$ )

$a$ : Amplitude maximale

$w$ : Pulsation avec.  $w=2\Pi f$

$\varphi$ : Phase initiale

**I-2-2-2- Quelques systèmes oscillatoires :**



**Fig. I-1- Système oscillatoires**

- A) Pendule simple
- B) Masse attachée à un ressort
- C) lame vibrante
- D) Corde élastique
- E) Pendule de torsion

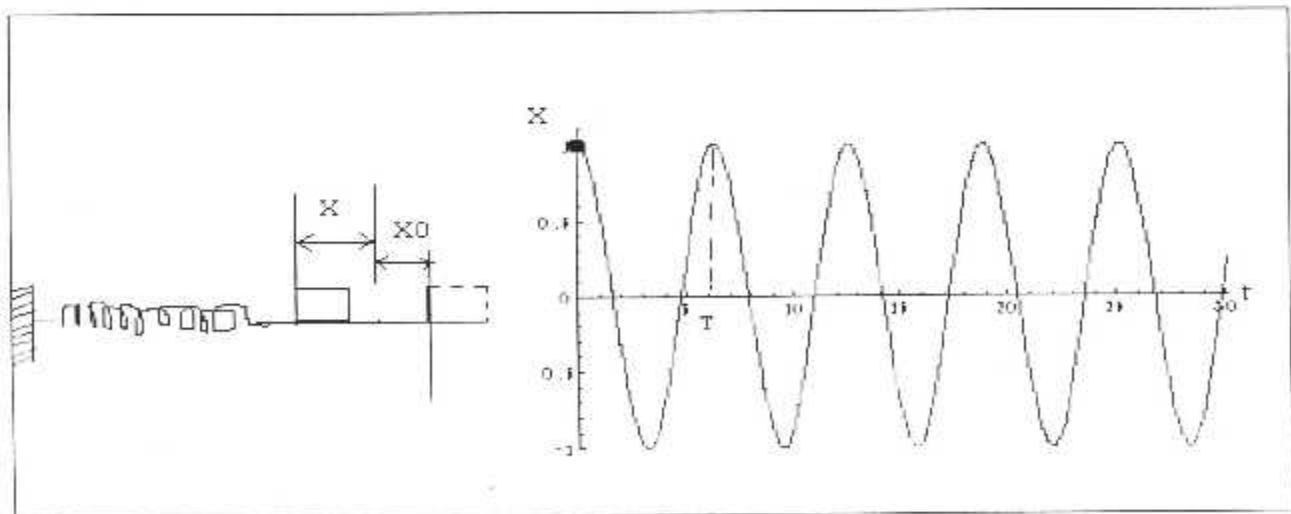
**I-2-3- Types d'oscillations ou vibrations :**

Il existe deux types de vibrations (oscillations) :

- a) Oscillations propres non amorties.
- b) Oscillations amorties

**a) les oscillations propres non amorties :** on appelle oscillations propres les oscillations des systèmes non soumis à une excitation extérieure.

**Exemple:**

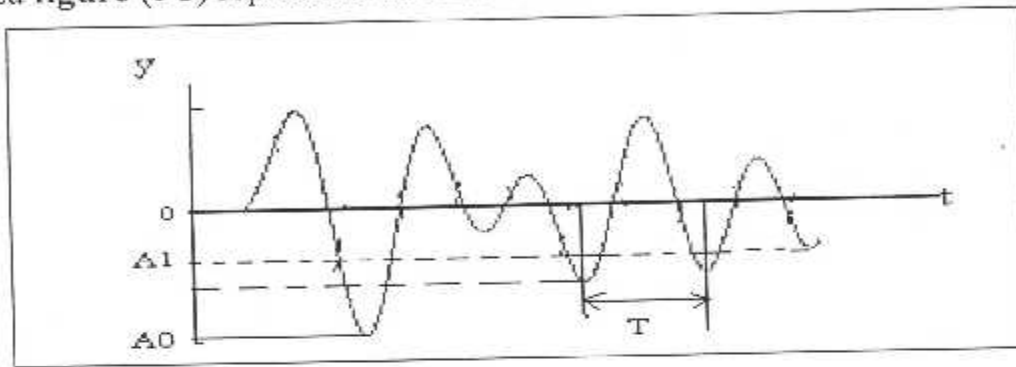


**Fig. I-2- L'oscillation masse- ressort**

**b) Les oscillations amorties :**

Dans ce qui suit, nous allons étudier plus particulièrement ce cas de phénomène vibratoire puisque nous avons utilisé dans notre montage une tige flexible qui est la partie mécanique et vibratoire.

**Ex:** La figure (I-3) représente la courbe des oscillations amorties.



**Fig. I-3-** Courbe des oscillations amorties

L'enveloppe  $a(t)$  de cette courbe nous donne la variation d'amplitude avec le temps :  $y(t) = a(t) * \cos(\omega t + \varphi)$

$$a(t) = a_0 * e^{(-ct)}$$

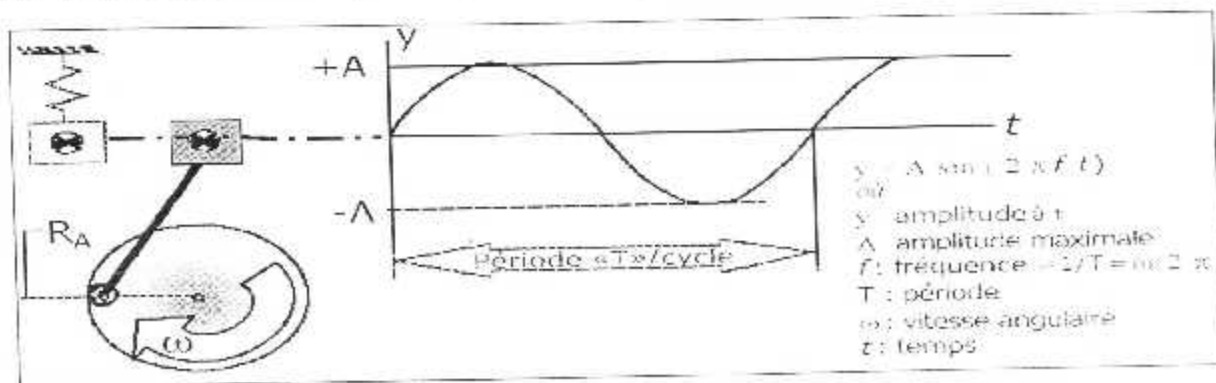
$a_0$  : L'amplitude à  $t=0$

**I-3-ANALYSE DE VIBRATION**

**I-3-1-Définitions:**

**Vibration:** résultat du mouvement d'une masse de part et d'autre d'un point central.

**Une oscillation complète:** (aller-retour) correspond à un CYCLE.



**Fig. I-4-** Oscillation complète

-ce qui cause la vibration:

**Distribution inégale de masse au tour du centre de gravité (débalancement):**

Par exemple, ce type de vibration sera fonction de:

- masse excédentaire causant le débalancement
- la distance du centre de gravité
- la vitesse de rotation

**Impact:** Par exemple, ce type de vibration sera fonction de :

- hauteur de la chute,
- masse tombante
- masse réceptive,
- élasticité des deux masses.

### **I-3-2- Mesure de vibration:**

Les vibrations peuvent aussi indiquer l'état d'une machine. La mesure de leur amplitude au cours du temps rend possible une maintenance préventive pour éviter des pannes inattendues souvent catastrophiques, entraînant des réparations et des arrêts de production coûteux. Là encore, le "commutator" de proximité, à sortie analogique, associé à un automate programmable très souvent déjà disponible, offre une solution à la fois simple avantageuse et qui répond très souvent aux exigences.

La surveillance peut s'effectuer sur un, deux ou trois axes, il faut un détecteur de proximité par axe. Pour cette application, il faut prendre garde à la fréquence maximale de commutation des capteurs. (fig.I-5)

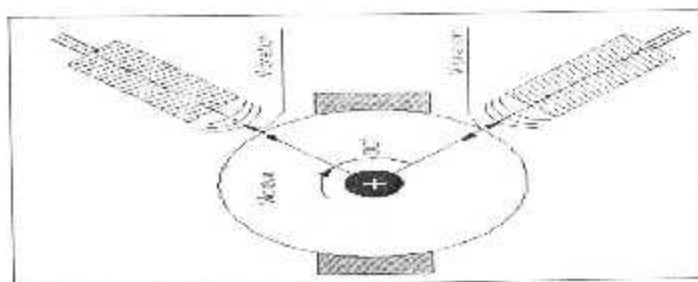


Fig. I-5- Mesure de vibrations

**I-3-2-1-la mesure de vibration implique deux paramètres:**

L'amplitude et la fréquence (la phase est un 3ième optionnel)

**Fréquence:**

Nombre d'événements (cycles) par unité de temps

- RPM, CPM, CPS (Hz), ...

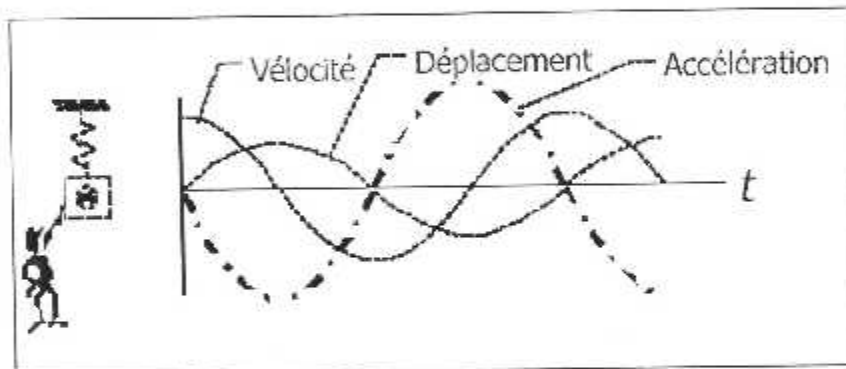
**Amplitude:**

Valeur maximale d'une grandeur qui varie périodiquement :

-déplacement, vitesse ou accélération (**Fig. I-6**)

Donc pour décrire l'amplitude, nous avons le choix:

déplacement, vitesse, et accélération



**Fig. I-6- Amplitude**

**- déplacement :**

Exprime en milles, microns, ou en **dB**

Mais dans cette étude on utilise l'unité millième de pouce .

$$1mp = 25 \cdot 10^{-6} m = 2.54 cm$$

**- vitesse :**

Exprime en :  $\mu o/sec$ ,  $mm/sec$ , ou **dB**

Vitesse plus élevée, déplacement plus faible, accélération un peu plus grande.

**- accélération :**

Exprimé en  $\mu o/sec^2$ ,  $pi/sec^2$ , ou **dB**

Déplacement presque nul, vitesse moyenne, et changement de vitesse très grand.

**- mesure des amplitudes :****Valeur crête (peak):**

Égale à l'amplitude du signal

Souvent utilisée pour les déplacements (0-1000cpm)

**Valeur crête à crête (peak to peak):**

Egale à deux fois l'amplitude du signal

Souvent utilisée pour les vitesses (1000-60,000 cpm)

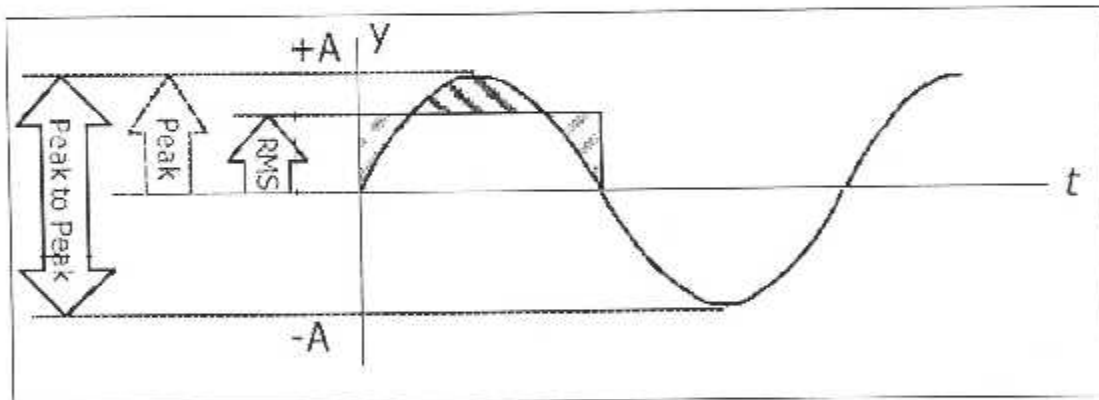
**Valeur RMS (root mean square):**

Égale à .707 l'amplitude du signal (surface sous la courbe)

Représente l'énergie du mouvement

Souvent utilisée pour les accélérations (40000+ cpm)

Atténuante pour les "spike"



**Fig. I-7-** Mesure des amplitudes

**I-3-3- Domaine de temps et de fréquence :**

Un signal vibratoire est généralement constitué d'un ensemble de fréquences émises en même temps:

- exemple du moteur d'avion, ...

-les fréquences se superposent en s'additionnant et en se soustrayant

Le signal est décomposé pour fin d'analyses:

Graphique amplitude vers fréquences

- \* spectre de fréquence ou signature vibratoire
- \* exemple: bande de fréquence d'un " equalizer"
- \* la résolution des fréquences déterminera la précision

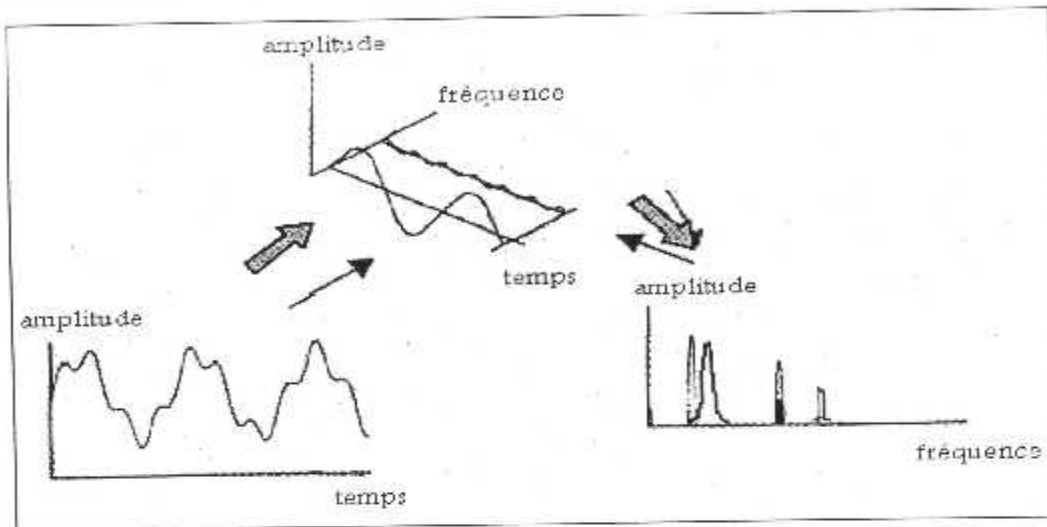


Fig. I-8- Domaine de temps et de fréquence

**I-3-4- instrumentation:**

**I-3-4-1- Etude des capteurs:**

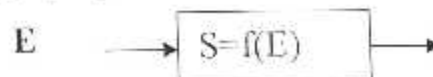
**I-3-4-1-1- Définition :**

Les capteurs jouent un rôle de plus en plus important car se sont eux qui agissent sur l'environnement de l'homme.

Leur importance s'accroît avec l'évolution de la technologie et plus particulièrement de l'électronique, car ils permettent d'assurer la liaison homme-machine- environnement.

D'une façon générale, les capteurs transforment une grandeur physique en un signal électrique selon une loi bien connue:

$S = f(E)$  ou  $E$  est la grandeur physique à mesurer et  $S$  la tension



**I-3-4-2- Les différents types de capteurs :**

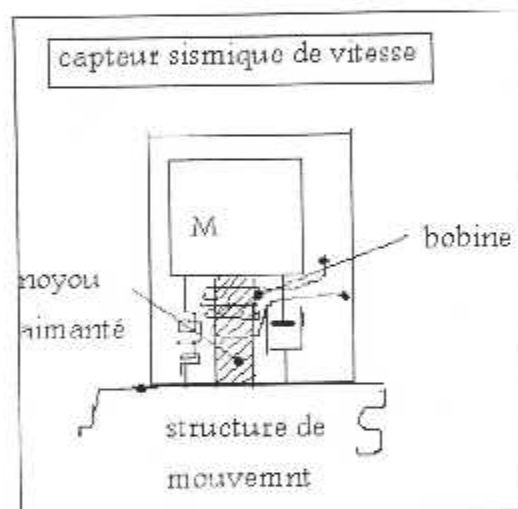
Il existe trois types de capteurs :

**I-3-4-2-1- A déplacement** :( sans contact, magnétique, permanent)

Le déplacement de la masse sismique par rapport au boîtier de l'accéléromètre est mesuré à l'aide d'un capteur soit potentiométrique, soit inductif, soit encore par une méthode optique (miroir entraîné par le mouvement de la masse sismique).

**I-3-4-2-2- Vélocimétrie**: (avec contact, magnétique ou mécanique)

La mesure de la vitesse vibratoire de la structure étudiée ou du boîtier du capteur, la traduction électrique de la vitesse relative par rapport au boîtés est généralement assurée par une bobine liée à la masse sismique et mobile autour d'un noyau aimanté Solidaire du boîtier capteur ou l'inverse.



**Fig. I-9** Capteur sismique de vitesse

**I-3-4-2-3- Accéléromètre**: (avec contact, magnétique ou mécanique)

L'accélération correspond, d'après les principes fondamentaux de la mécanique, à une relation entre une force et une masse; les capteurs d'accélération font tous appel dans leur principe à un phénomène physique permettant, à partir de cette relation, d'obtenir une grandeur électrique ou une information visualisable pour un opérateur.

Les capteurs d'accélération peuvent être classés en fonction du phénomène physique auquel ils font appel et qui peut donner lieu soit à la mesure directe



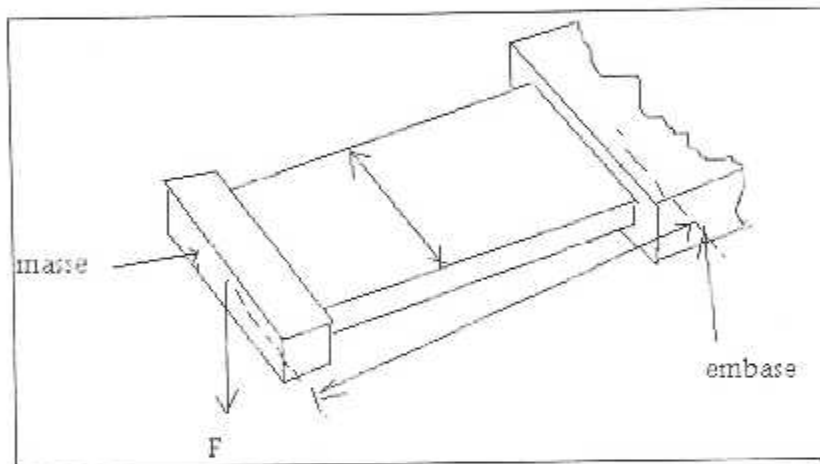
d'une force (capteur piézoélectrique, capteur à équilibre de couple ou de force), soit à une mesure indirecte, par déplacement ou de la déformation d'un corps

### **1-3-4-2-3-1- Les types des accéléromètres:**

#### **A°/ accéléromètre piézorésistives:**

La masse sismique est solidaire d'une lame de rappel élastique équipée de 2 ou 4 jauges piézorésistives montées dans un pont de Wheatstone.

La flexion de la lame est traduite en déformation des jauges soit directement (cas des accéléromètres basses fréquences), soit indirectement en association avec un amplificateur mécanique (cas des accéléromètres moyenne fréquence ou de choc). (Fig. I-10)

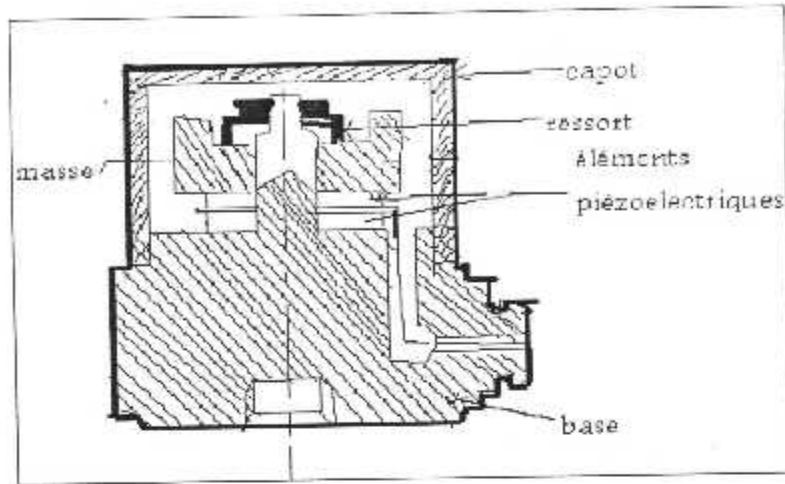


**Fig. I-10-** accéléromètre piézorésistives

#### **B°/ accéléromètre piézoélectrique:**

Dans ce type d'accéléromètre, la masse sismique est supportée par un élément piézoélectrique, qui délivre une charge électrique proportionnelle à la force de rappel, donc au déplacement de la masse sismique. L'ensemble est solidaire d'une embase rigide, le tout étant contenu dans un boîtier hermétique.

Il faut généralement mesurer les accélérations dans les deux sens. Les conditions de capteur piézoélectrique ont été étudiées au (fig.I-11).



**Fig.I-11-** Accéléromètre piézoélectrique

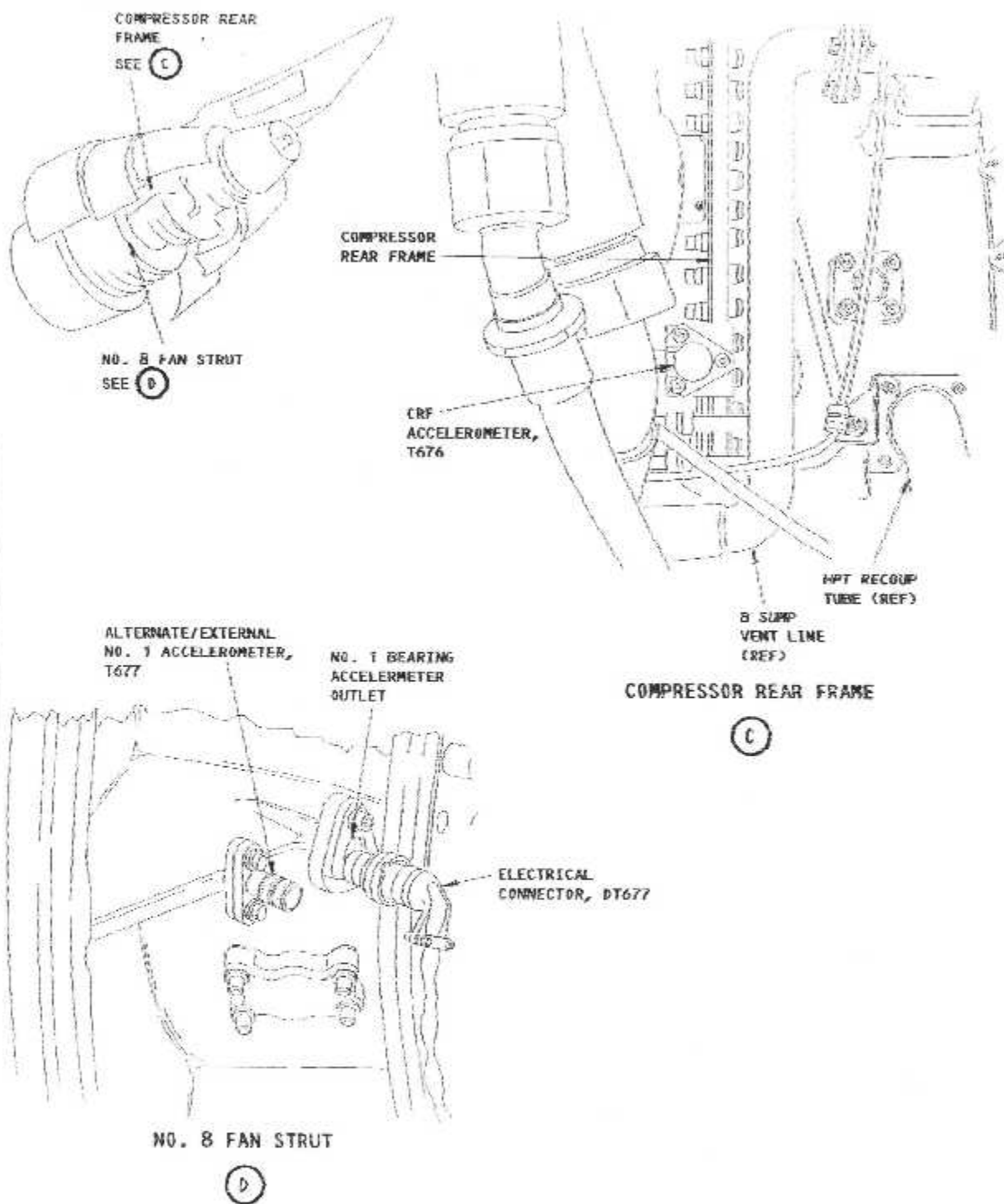
Ce type de capteurs est plus utilisé en aéronautique pour la surveillance des réacteurs d'avions.

La position de ce capteur sur le moteur (CF6-80C) d'avion (B.767).

### **I-3-4-3- Caractéristiques :**

Les capteurs sont caractérisés par les paramètres suivants :

- \* **La dynamique :** C'est la plage des valeurs des paramètres d'entrée qui peuvent être prises en compte avec les performances annoncées.
- \* **La fonction de transfert :** (Entrée-sortie) elle se traduit par une courbe  $[S = f(E)]$  qui précise la relation qui relie la tension de sortie  $S$  aux paramètres d'entrée  $E$ .
- \* **La sensibilité :**  $(d)$  elle est donnée par  $[(d) = dS/dE \text{ pour } S=f(E)]$ . Elle est constante par une loi linéaire.
- \* **La fidélité :** (erreur de non-linéarité)  
C'est l'écart maximum que l'on peut constater entre la courbe de transfert théorique et celle obtenue pratiquement.
- \* **La rapidité de réponse :** (temps d'établissement) c'est le temps nécessaire pour que la tension de sortie atteigne sa valeur en régime établie avec une précision donnée suite à une variation du paramètre d'entrée.



Airborne Vibration Monitoring (AVM) System - Component Location  
Figure 102 (Sheet 2)

EFFECTIVITY

ALL

77-31-00

HQ2A.1

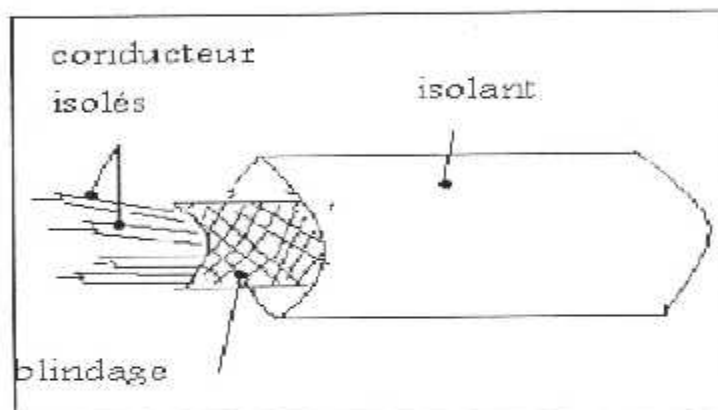
Page 103  
Aug 22/01

\* **Le pouvoir de résolution** : il indique la plus petite variation du paramètre d'entrée que le capteur peut traduire.

#### I-3-4-4-Câble:

L'usage d'accéléromètres à connecteurs enfichables est à déconseiller dès lors que l'on mesure des phénomènes de fréquence supérieure à 5kHz. Il faut alors préférer un capteur à câble intégré. (caractéristique mécanique et effet sur capteur)

Par exemple un accéléromètre piézorésistif est toujours utilisé avec un câble de liaison à 4 conducteurs, blindé et isolé. (Voir fig.I-12)



**Fig.I-12- Câble**

Le câble amène une altération du signal transmis à l'entrée du conditionneur, qui est fonction de sa longueur et de la fréquence.

En continu et pour les basses fréquences (100 à 200 Hz) l'atténuation du signal est de la forme (**Fig.I-13**)

$$\frac{V_e}{E_{eq}} = \frac{R_i}{R_{eq}} + R_i + 2R'$$

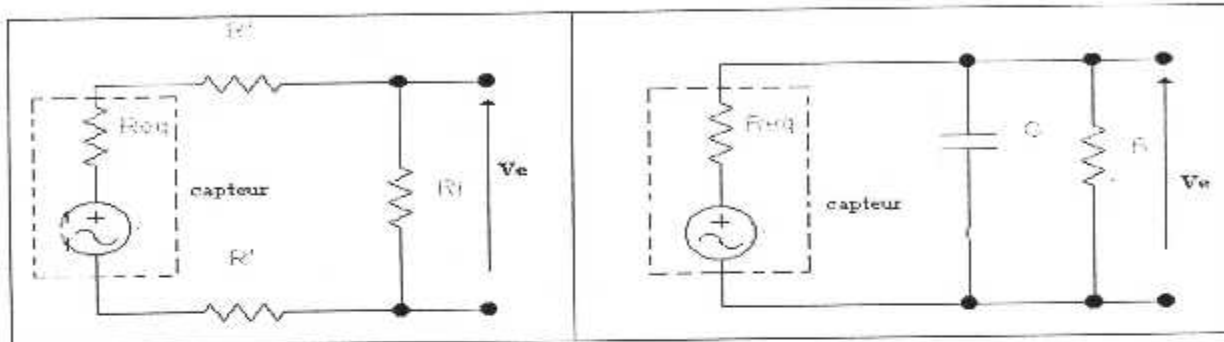
$E_{eq}, R_{eq}$  : Générateur et résistance interne équivalant au pont de Wheatstone (théorème de thévenin)

$R_i$  : Résistance d'entrée du conditionneur.

$R'$  : Résistance du câble

Aux fréquences suffisamment élevées, on peut schématiser le câble par une capacité  $C$  unique. La structure du montage est alors celle d'un filtre passe-bas (**Fig.I-14**) de fréquence de coupure:

$$F_c = 1 / 2\pi (R_{eq} R_i / (R_{eq} + R_i)) C$$



**Fig. I-13-** Câble sans capacité  $C$       **Fig. I-14-** Câble par une capacité  $C$

A une fréquence  $f = n * f_c$ , l'atténuation est : 1 dB pour  $n = 0.5$  ; 3 dB pour  $n = 1$  ; 12 dB pour  $n = 4$ .

Dans le cas d'une longueur de câble importante, on peut alimenter l'accéléromètre à courant constant au lieu de tension constante afin d'éliminer l'influence de la résistance de ligne d'alimentation.

### **I-3-5- Caractéristiques des équipements:**

- Chaque machine possède une signature vibratoire unique et qui évolue (usure, dégradation)
- fréquences fondamentales d'une machine; selon les composantes mécaniques (moteur, engrenages, chaînes, pales, roulements Ets...)

### **I-3-6- Technique de mesure:**

\* Technique de mesure standard pour bien diagnostiquer:

Trois (3) mesures par point:

- \* Axial (A) : dans le sens de l'axe de rotation.
- \* Horizontal (H) :  $90^\circ$  à l'axe de rotation, dans le plan horiz.
- \* Vertical (V) :  $90^\circ$  à l'axe de rotation,  $90^\circ$  à l'horizontal, dans le plan vertical.

Noter les points (A, B, C...) en commençant par l'arrière du moteur et suivre l'ordre de transmission de l'énergie

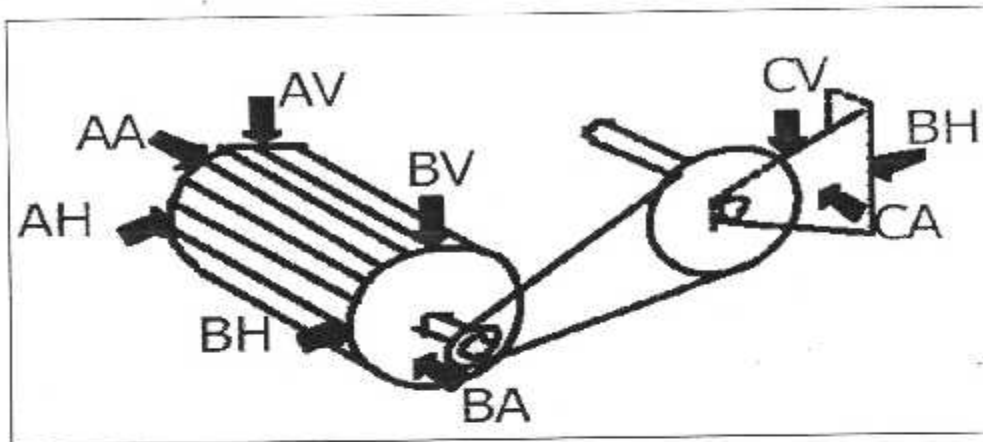


Fig. I-15- Technique de mesure standard

### **I-3-7- Sources les plus courantes de vibration:**

**I-3-7-1- Débalancement** (40 à 50% des problèmes) distribution inégale de poids autour d'un pivot

\* saleté, corrosion, déformation, expansion, ...

Symptôme: 1\*RPM

4Types:

- \* statique, localisé sur un coté du rotor
- \* couple, localisé sur un coté du rotor, et à 180° sur l'autre coté
- \* quasi-statique, statique combinée avec couple
- \* dynamique, semblable au couple, mais pas à 180°

**I-3-7-2-Mauvais enlignement** (40 à 50% des problèmes) Symptôme : 1\* RPM et 2\* RPM, axial 50% de radial (H ou V)

Energie captée par élément ayant le moins de masse

Expansion thermique, montage trois types:

- \* décentré, centres ne coïncidant pas mais parallèles
- \* angulaire, centres coïncident mais ne sont pas parallèles
- \* combinaison des deux



Fig. I-16- Mauvais enlignement

**I-3-7-3- Roulements :**

Principe de dégradation de la route, Hautes fréquences en général, Selon les caractéristiques du pallier (fabricant)

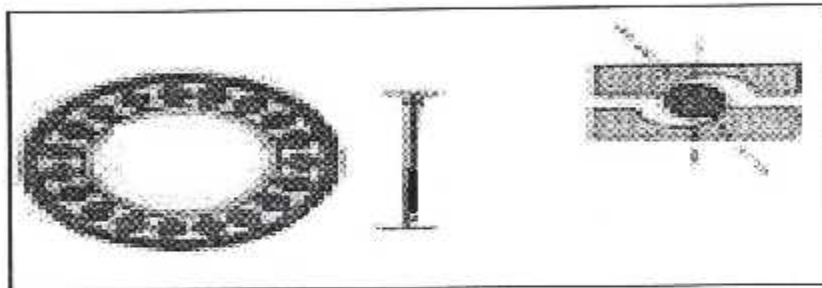


Fig. I-17- Roulements

**I-3-7-4- Engrenages :**

L'engrènement est le nombre de fois que les dents entrent en contact entre-elles

"Gear meshing " =  $1,750 * 120 = 210,000$  cpm

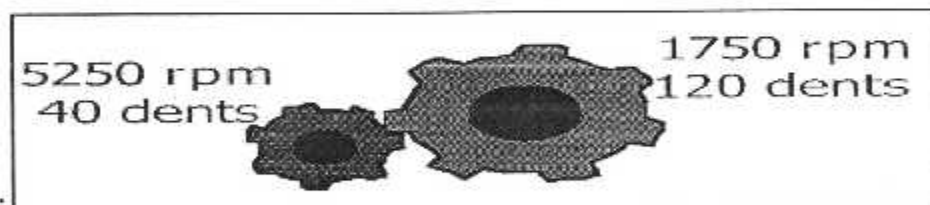


Fig. I-18- Engrenages

**I-3-7-5- Entraînement par courroies**

Fréquence de passage : vitesse réelle de la courroie, dès enlignement, charge excessive, Ets...

$d_1$  = dia. Poulie menante

$d_2$  = dia. Poulie menée

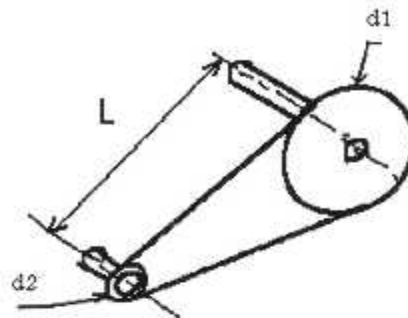
$L$  = centre à centre des poulies

rpm = poulie menante

$C$  = longueur de la courroie

$C = 2L + (d_1 \times \pi/2) + (d_2 \times \pi/2)$

$$f_p = \frac{d_1 \times \pi \times \text{rpm}}{C}$$



### **I-3-7-6- Forces aéro / hydrodynamiques :**

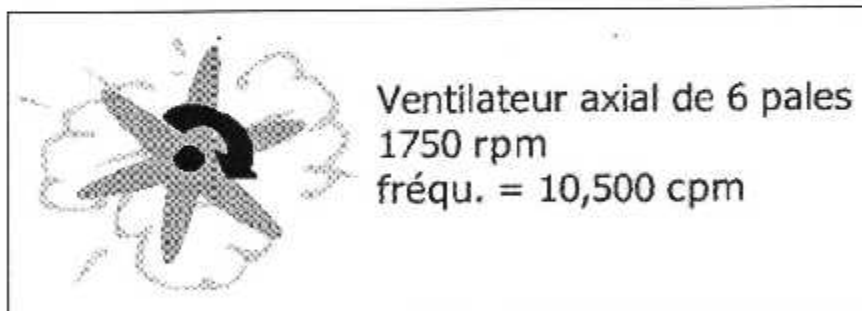
Pompes, ventilateurs, souffleurs, turbines, etc. ...

Fréquence de pulsation = nbre de palettes x rpm

Phénomènes difficiles à identifier (hautes fréquences)

- \* turbulence
- \* recirculation
- \* cavitation

Utile d'utiliser la fréquence naturelle de la composante



**Fig. I-19-** Forces aéro/hydrodynamiques

### **I-3-7-7- Problèmes électriques :**

Complexité du moteur électrique :

- **électrique:** champ magnétique (stator) (Voir fig. I-20)

\* rotor décentré, 2 \* fréquence électrique

\* si moteur cage écureuil (ex: rotor 48 barres et stator et stator 64 passages de bobines).



-**Mécanique:** roulement, rotor, accouplement, pied boiteux

(Voir fig. I-20)

\* causes vues précédemment

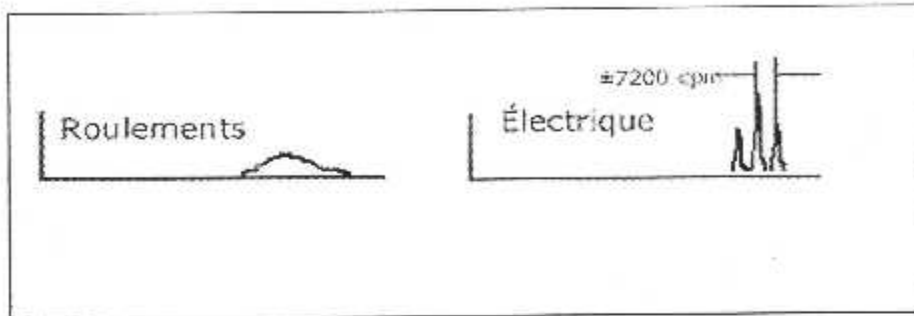


Fig. I-20- Problème électrique

**I-3-7-8- Fréquence naturelle, résonance et vitesse critique:**

**Résonance :** fréquence d'excitation coïncide avec la fréquence naturelle

**Vitesse critique :** vitesse de rotation correspondant à la fréquence naturelle de l'arbre dans ses paliers, fréquence à laquelle une pièce va vibrer après un choc (cloche)

$$f_n = \sqrt{K/M}$$

$f_n$  = fréquence naturelle  
 K = rigidité  
 M = masse

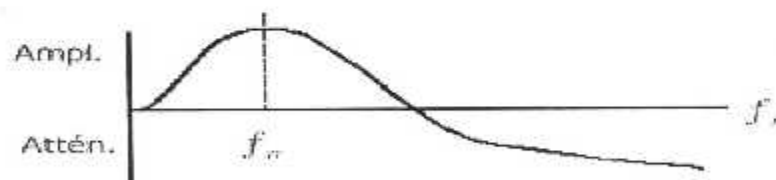


Fig. I-21- Fréquence naturelle

## CHAPITRE II



Principe de fonctionnement  
d'indicateur

## **II-1-INTRODUCTION:**

Dans ce chapitre on va voir l'étude détaillée qui permettra un affichage digital en permanence de vibration et la détection de la vibration.

On commence cette étude par la description d'un synoptique général, puis on passe aux différents étages du montage, qui sont classés dans l'ordre suivant:

- alimentation
- le capteur
- les amplificateurs
- convertisseur et affichage

## **II-2-INDICATEUR DE VIBRATIONS:**

Le dispositif de mesure des vibrations (**engine vibration, airborne vibration monitoring**) renseigne le niveau de vibration du moteur au cockpit. Il comprend :

- deux capteurs de vibrations par moteur.
- un amplificateur sélectif.
- deux indicateurs.
- un test switcher.
- un sélecteur de capteur.

### **Note:**

Le niveau de vibration acceptable varie d'un moteur à l'autre pour n'importe quel régime.

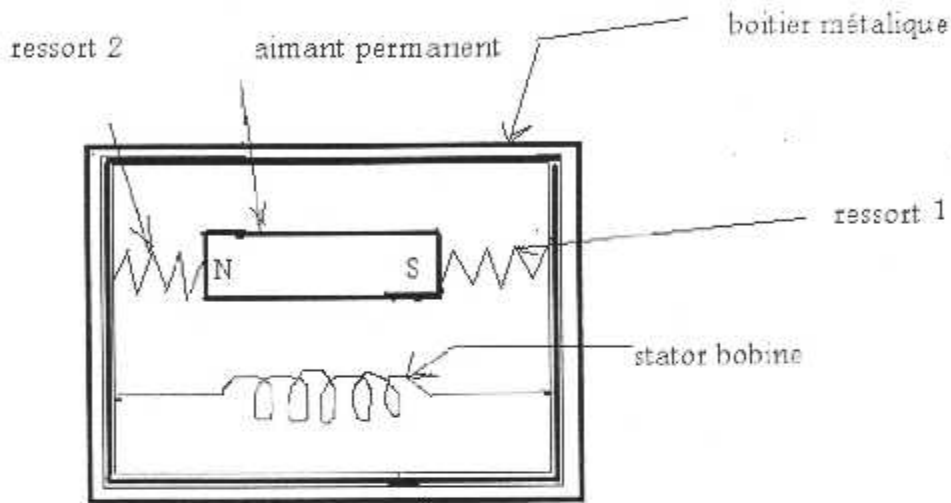
### **II-2-1-CAPTEUR DE VIBRATION:**

Chaque moteur est équipé de deux capteurs situés l'un sur le carter arrière du compresseur, l'autre au niveau du carter arrière de turbine.

En utilise dont cette étude un capteur est constitué d'un aimant permanent contenu dans un boîtier fixé au carter et suspendu entre ressorts dans un stator bobine.

Le déplacement relatif entre l'aimant et le bobinage induit une tension qui est proportionnelle à la vitesse de déplacement de l'aimant, c'est-à-dire à la vitesse des vibrations. La fréquence induite est proportionnelle à la fréquence des vibrations.

Un sélecteur permet de brancher l'un ou l'autre **pick-up** dans le circuit.



**Figure II-1-** Schéma synoptique de capteur

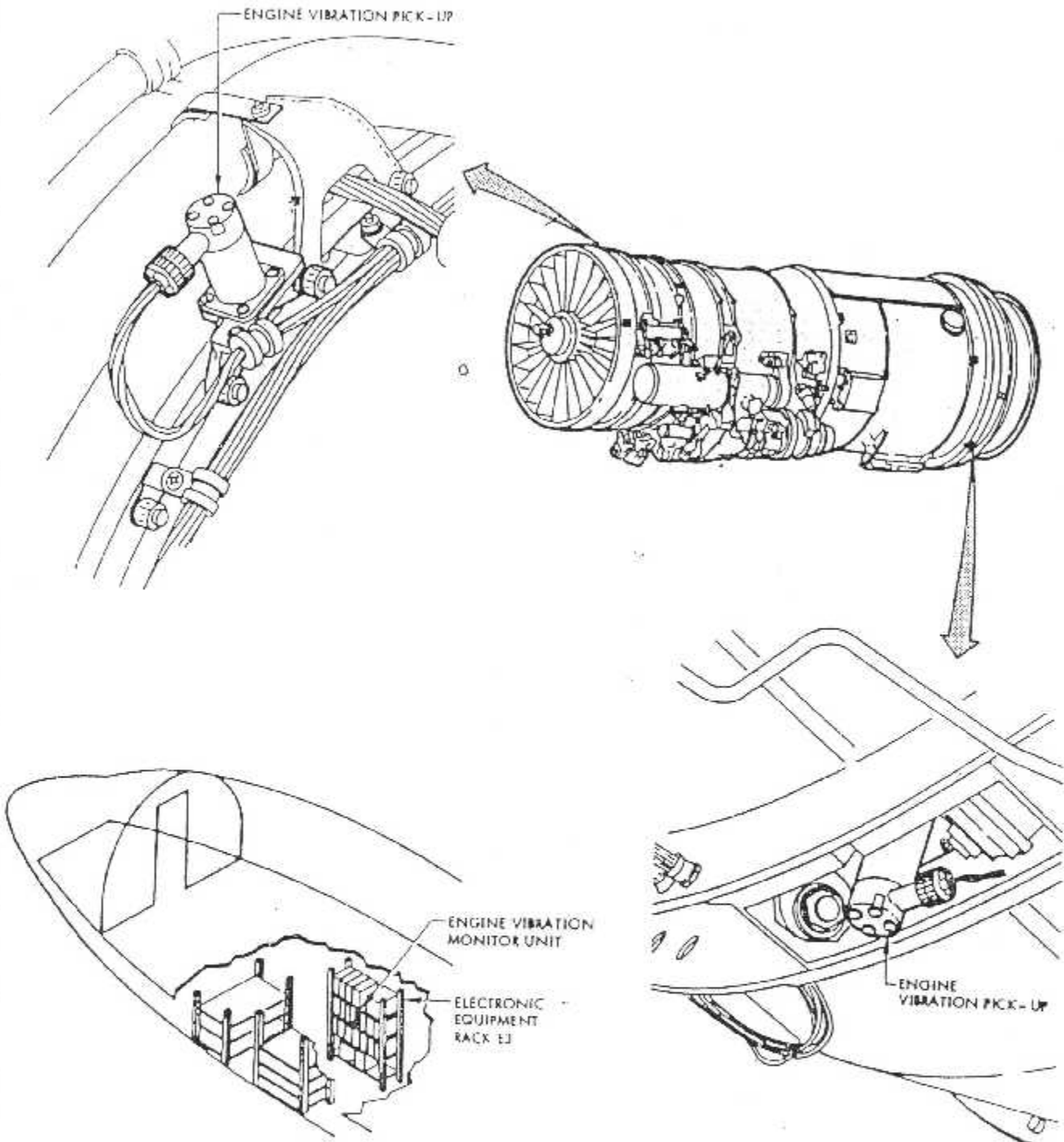
La positions des capteurs sur le moteur **JT8D-15** de l'avion **B737**.

-Le capteur de vibration est à l'intérieur du moteur qu'on ne peut pas voir. On obtient l'accès à ce capteur pendant la révision de moteur. Les attaches d'une prise électrique à ce câblage de capteur au ventilateur enferment ce raccordement est à l'arrière du réservoir d'huile à moteur, juste au-dessus de la plaque signalétique de moteur.

- Le capteur vertical de vibration de caisse de compresseur d'armature ventilateur est sur l'armature arrière de ventilateur que tu ouvres le capot droit de ventilateur et le capot droit d'inverseur de poussée pour obtenir l'accès à ce capteur.

- Et donnée aussi la position de boîtee de traitement du signal pour calcule la vibration de chaque moteur (F.VMU).

On donne le schéma (**B.737-A.V.M.SYSTEM**).



B.737 - A.V.M. SYSTEM

### II-2-2- Conception de l'indicateur:

Deux indicateurs sont situés à la partie inférieure du panneau des instruments moteur.

Ils sont constitués d'un microampèremètre à aimant permanent, mais dont cette étude on utilise un indicateur de affichage numérique.

Le bloc amplificateur est constitué de deux canaux symétriques indépendants d'amplification et de filtrage.

Représentés la **figure (II-2) (B.737-indicateur de vibration moteur)** mais dont cette étude en étudiée un seul canal.

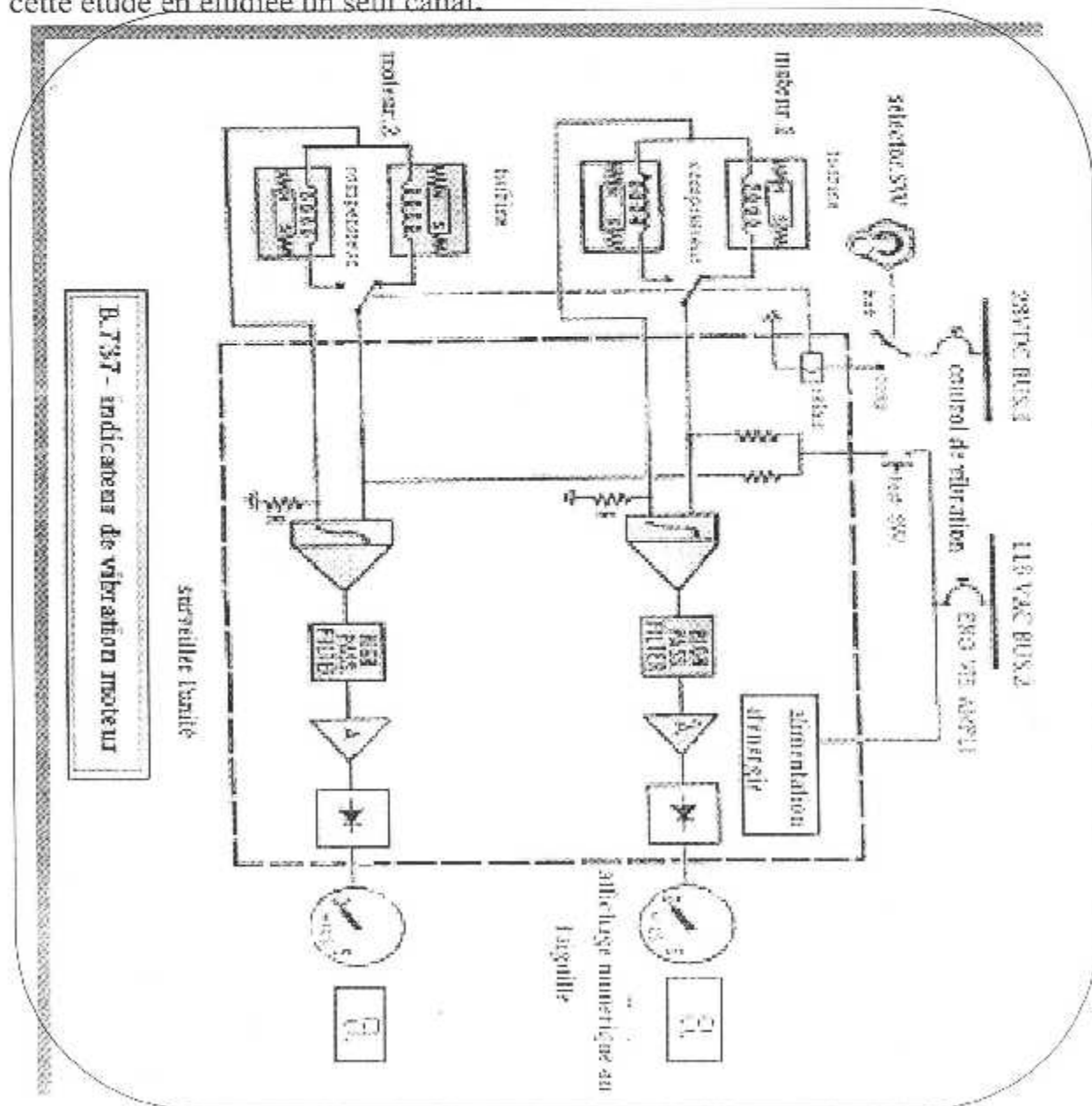
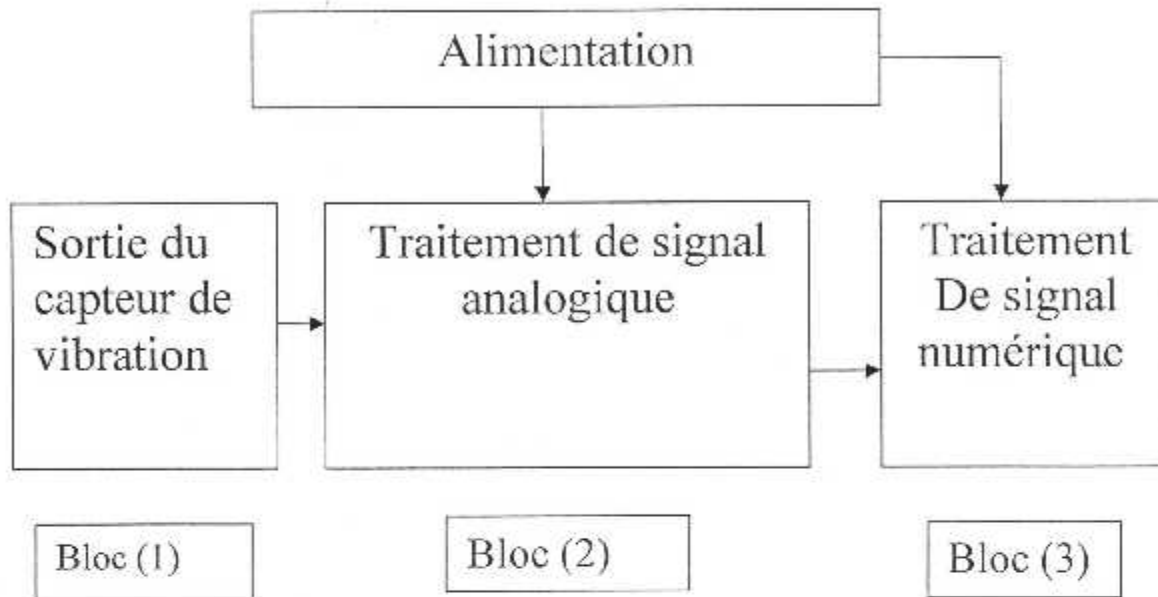


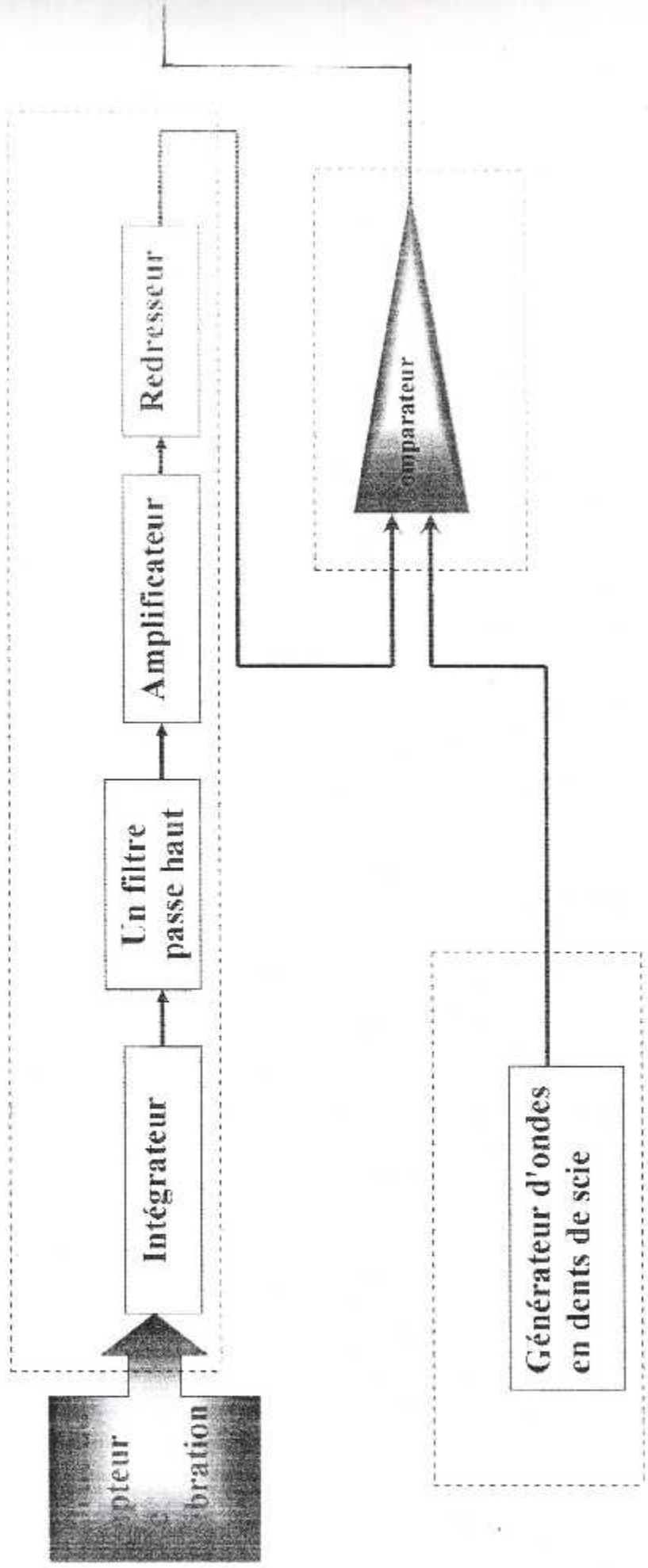
Figure II-2- B737- indicateur de vibration moteur

**II-2-2-1- Schéma synoptique général:****II-2-2-1-1-fonctionnement général :**

Tout d'abord le bloc (2) est une alimentation 12V, et 5V pour alimenter le bloc (3)

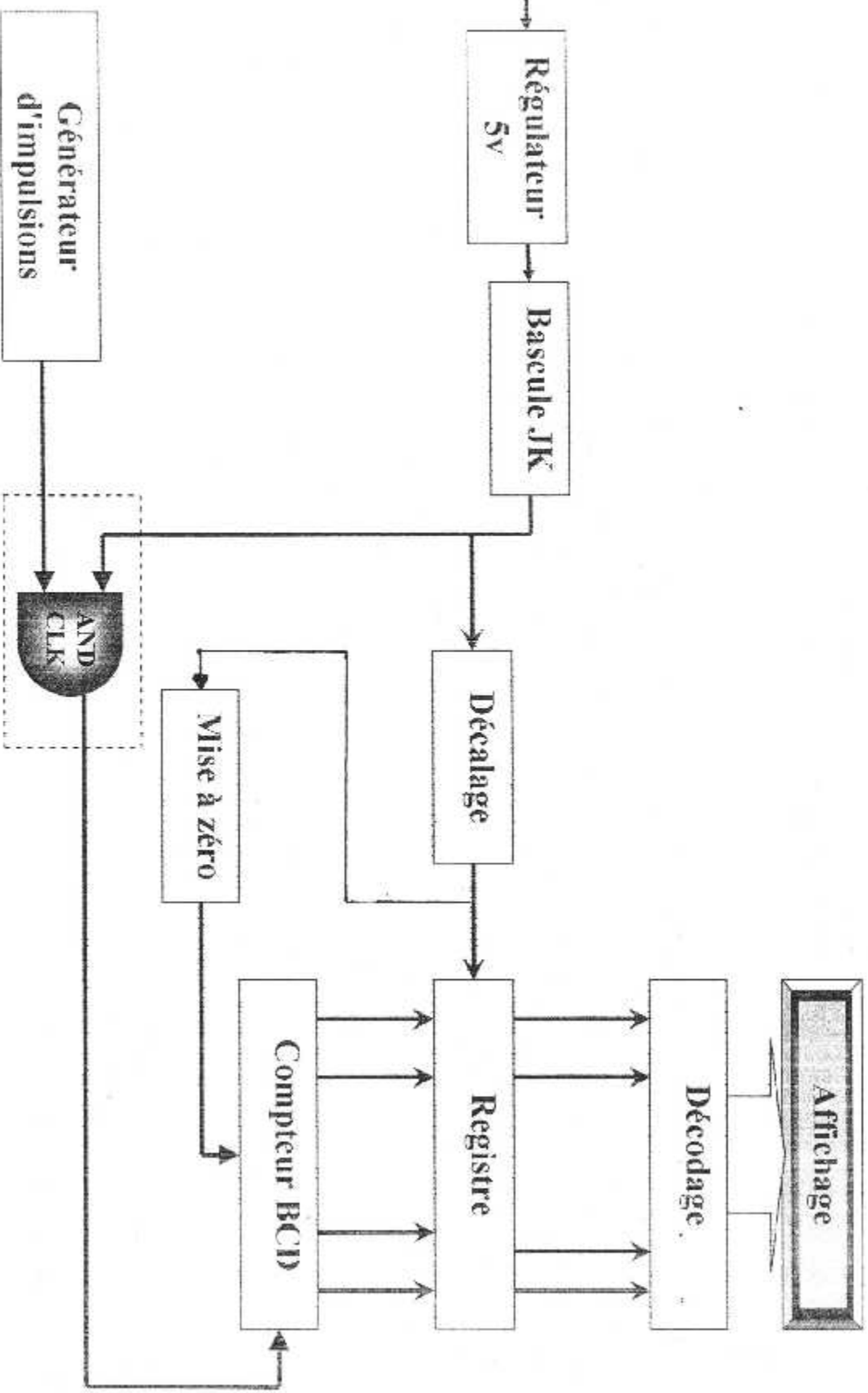
Cet ensemble est constitué de trois blocs (1, 2,3). Le bloc (1) (sortie de capteur) donne un signal, ce signal traverse le bloc (2) (traitement du signal analogique), le bloc (2) traite ce signal puis en sortie le signal analogique est converti en numérique (bloc 3) et est appliqué sur l'afficheur.

**Schéma synoptique détaillé à analyser**

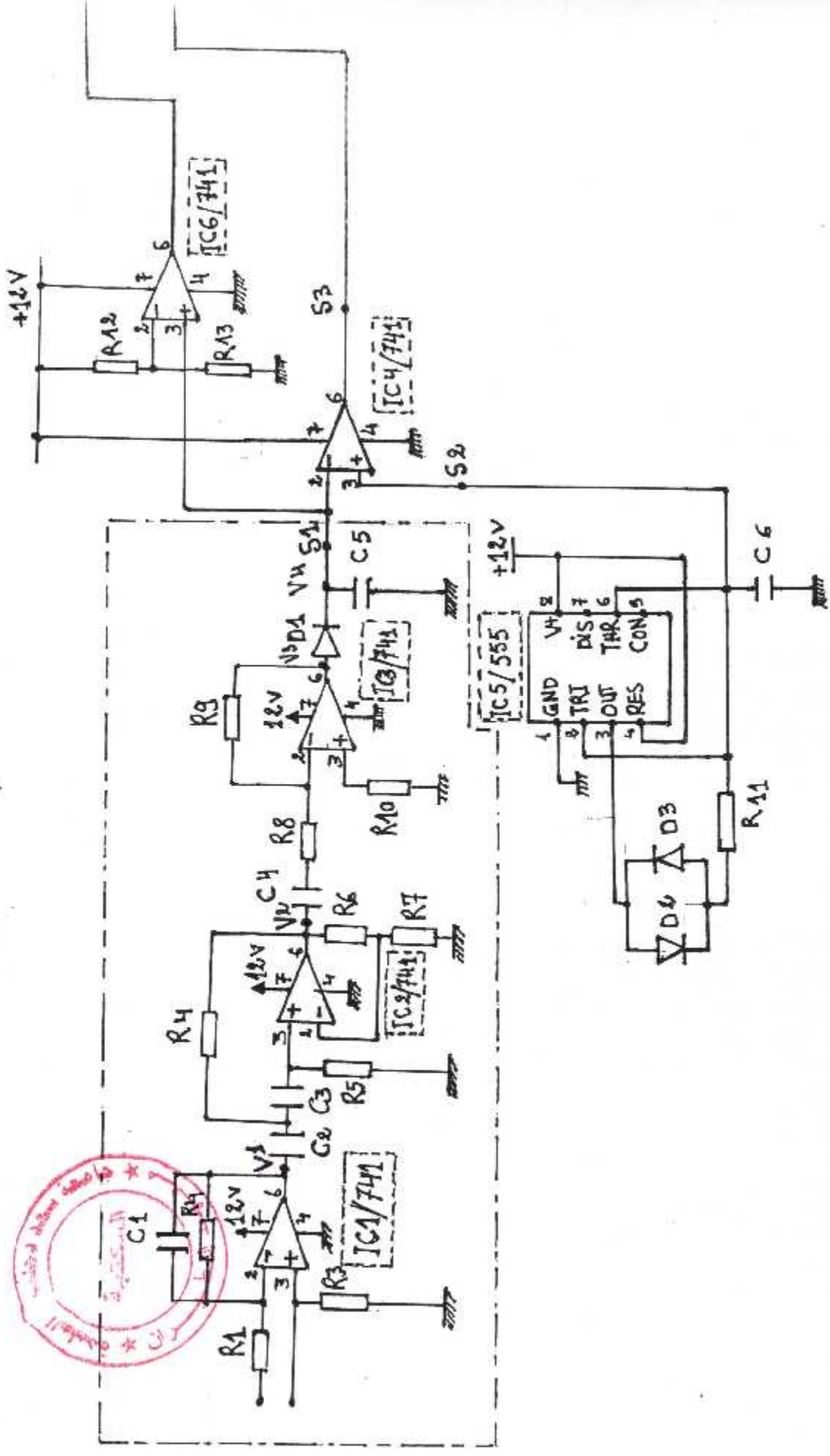


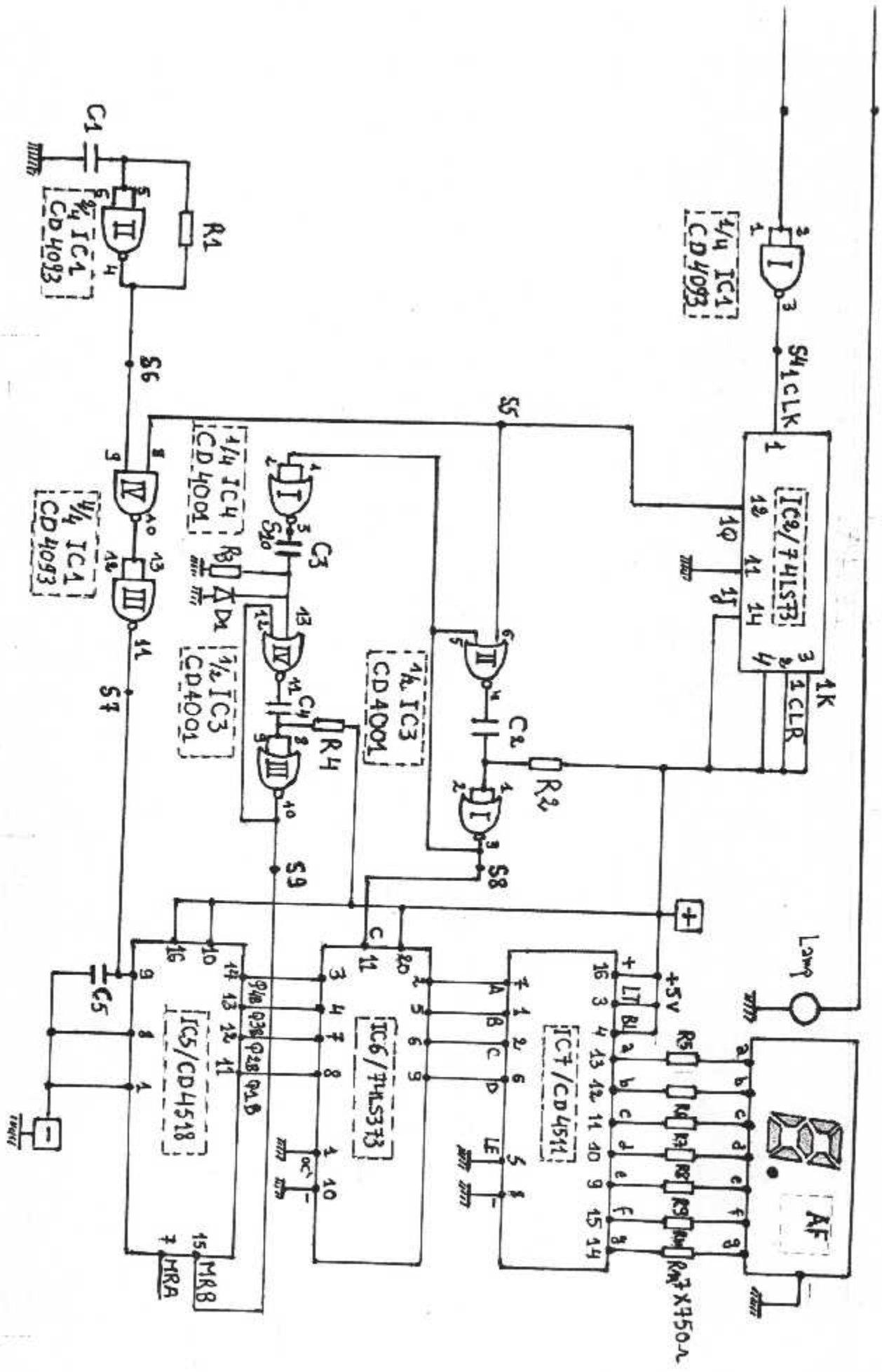


# Schéma synoptique détaillé numérique



# Şehma elektronik Genel





### **II-2-2-2-1- fonctionnement :**

Le signal issu de capteur **bloc (1)** attaque un **bloc (2)** qui est intégré et traverse un filtre passe haut qui élimine les fréquences indésirables.

Le signal est ensuite amplifié, redressé puis traverse vers le **bloc (3)**, le comparateur compare le signal analogique avec le signal de générateur d'ondes de dents scie, puis en sortie de comparateur un mot numérique sera acheminé vers le bloc (3).

Puis on multiplie les deux signaux (signale numérique et générateur d'impulsion) par une porte AND. A la sortie de la porte AND le signal traverse le compteur binaire, le registre puis sera décodé et appliqué sur un afficheur.

On utilise un monostable (circuit intègre 74LS121) pour la commande de registre pour afficher un nombre numérique et la mise à zéro de compteur.

### **II-2-3-1- Etude des différents blocs de schéma électronique :**

#### **II-2-3-1-1- L'alimentation :**

##### **II-2-3-1-1-a°/ Introduction :**

Les systèmes électroniques ont besoin toujours d'une alimentation, cette dernière peut être stabilisée, symétrique, Variable ou découpage ... etc.

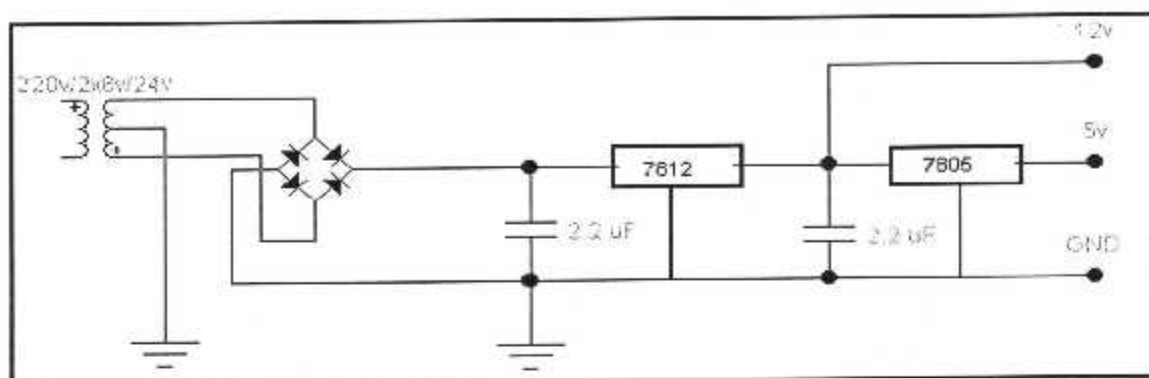
Notre montage a besoin d'une tension simple de "5v" qui soit stable; elle peut être obtenue à partir de la tension "16 à 12v "

Comme le montre le schéma synoptique de la **figure (II-3)**

Transformateur	Pont de diodes	Filtrage	Régulation	5v, 12v
----------------	----------------	----------	------------	---------

**Figure II-3-** Schéma synoptique de l'alimentation

**II-2-3-1-1-b°/ Schéma électrique de l'alimentation :**



**Figure II-4-** Schéma électrique de l'alimentation

**II-2-3-1-1-c°/ Principe de fonctionnement :**

L'énergie provient du secteur 220v par l'intermédiaire d'un transformateur de 24VA dont l'enroulement secondaire délivre un potentiel de 12v.

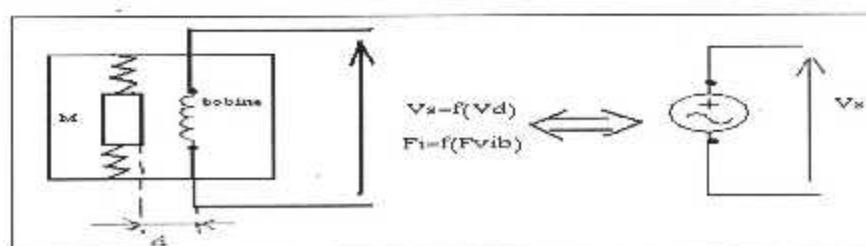
Un pont de diode redresse les deux alternances.

Par la suite, la capacité (C1) réalisent un filtrage efficace afin de fournir un à régulateur 12v.

On en potentiel quasi continu, de l'ordre de 16v, légèrement ondulé reparlera, ce potentiel est également acheminé sur l'entrée d'un régulateur de tension à 12v, non sans avoir encore subi un filtrage par la capacité C2. Sur la sortie, on recueille alors un potentiel continu, stabilisé à 5v destiné au pilotage de l'électrique de commande.

**II-2-3-1-2- Bloc de détection des vibrations :**

Le premier bloc représente le capteur de la vibration, ce dernier délivre une onde électrique d'une faible amplitude proportionnelle à la vibration subit par le détecteur



**Figure II-4-** Schéma électrique de capteur

### II-2-3-1-2-a°/ Fonctionnement :

Le déplacement relatif entre l'aimant et le bobinage induit une tension ( $V_s$ ) qui est proportionnelle à la vitesse de déplacement ( $V_d$ ) de l'aimant, c'est-à-dire à la vitesse des vibrations, la fréquence induit ( $F_i$ ) est proportionnelle à la fréquence des vibrations ( $F_{vib}$ ). (mouvement vibratoire amortie)

Lorsque l'aimant permanent tenant lieu du masse lotte évolue devant le capteur on enregistre un alternance principale dont l'amplitude est fonction de vibration.

### II-2-3-1-3- Bloc de traitement de signal analogique :

#### II-2-3-1-3-a°/ Bloc amplificateur:

##### 1- les amplificateurs opérationnels:

Les amplificateurs opérationnels ont été créés à l'origine pour réaliser des opérations d'additions, soustraction, d'intégration, ...

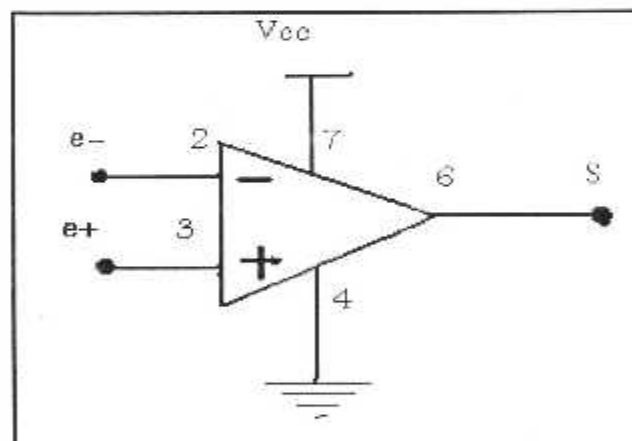


Figure II-5- Symbole de amplificateur

##### 1 - 1 - Intégrateur :

Cette fois la tension de sortie est  $V_s$ . On constate que si la constante de temps  $t = R_3.C_1$  du circuit est plus grande que la période du signal, on obtient en sortie une tension qui est pratiquement égale à l'intégrale du signal d'entrée, la tension de sortie  $V_s$  en travers vers le filtre passe haut. (Voir fig. II-6)

On donne :  $R_3 = 10 * R_1$  et  $C_1 = (1/f) * R_3$ , tel que  $R_2 = R_1 // R_3$

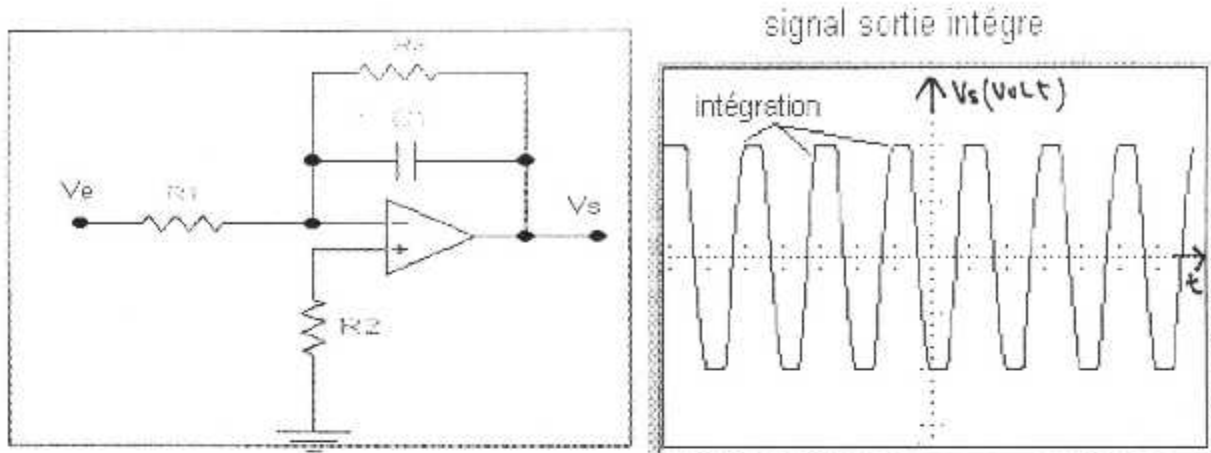


Figure II-6- Intégrateur

$$Z = R3 // \left( \frac{1}{jC1\omega} \right)$$

$$Gv = \frac{Vs}{Ve} = -\frac{Z}{R1}$$

$$Vs = \left( -\frac{Z}{R1} \right) * Ve$$

$$Z = \frac{\left( \frac{R3}{jC1\omega} \right)}{\left( R3 + \frac{1}{jC1\omega} \right)} = \frac{R3}{jR3C1\omega + 1}$$

$$Vs = \left[ -\frac{R1}{R1(jR2C1\omega + 1)} \right] * Ve$$

Tel que  $Ve$  : signal périodique (carré ou sinusoïdal)

**1-2-Le filtre :**

Un grand nombre de filtres actifs ont la structure donnée par la **fig. (II-7)**. Les impédances  $Z0$  à  $Z3$  sont des résistances ou des condensateurs, l'amplificateur est supposé idéal.

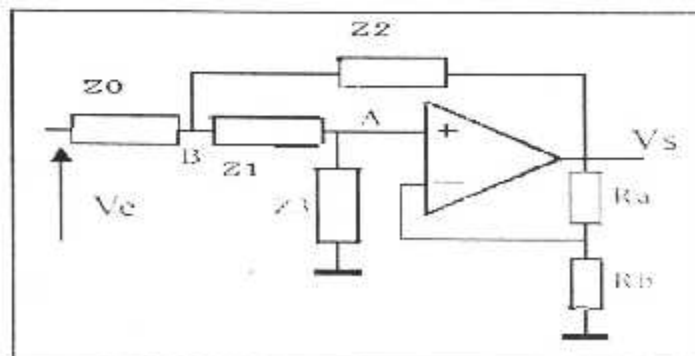


Figure II-7- le filtre

On pose :  $K = \frac{(Ra+Rb)}{Rb}$

La réaction introduite par le pont  $Ra$  et  $Rb$  étant négative, l'amplificateur fonctionne en régime linéaire et  $V+ = V-$ .

Comme le courant d'entrée de la borne inverseuse est nul, on a :

$V- = V+ = \frac{Ra \cdot Vs}{Ra+Rb}$  donc  $V- = V+ = VA = Vs / K$

$Z1$  et  $Z3$  forment un diviseur de tension idéal et donc :

$VB = VA \cdot [(Z1+Z3) / Z3] = (Vs/K) \cdot [(Z1+Z3) / Z3]$ . Relation (1)

L'application en B donne :

$VB = [(Ve/Z0) + (VA/Z1) + (Vs/Z2)] / [(1/Z0) + (1/Z1) + (1/Z2)]$ . (Relation 2))

En introduisant dans cette relation (2) les valeurs de  $VA$  et  $VB$  exprimées en fonction de  $Vs$ , on tire l'expression de la fonction de transfert du montage :

$Gv = (K \cdot Z2 \cdot Z3) / [Z0 \cdot Z3 (1-K) + Z0 (Z1 + Z2) + Z2 (Z1 - Z3)]$

Donc il existe quatre façons d'utiliser ce type de filtre :

- a)- En **passé-bas** :  $Z0 = Z1 = R$  ;  $Z2 = Z3 = 1/j\omega$
- b)- En **passé-haut** :  $Z0 = Z1 = 1/j\omega$  ;  $Z2 = Z3 = R$
- c)- En **passé-bande** :  $Z0 = Z3 = R$  ;  $Z2 = Z1 = 1/j\omega$
- d)- En **passé-bande** :  $Z1 = Z3 = R$  ;  $Z0 = Z2 = 1/j\omega$

En cette étude on utilise un filtre **passé-haut** tel que :

$Z0 = Z1 = 1/j\omega$  ;  $Z2 = Z3 = R$

$R5 = R4 = R$  ;  $C2 = C3 = C$

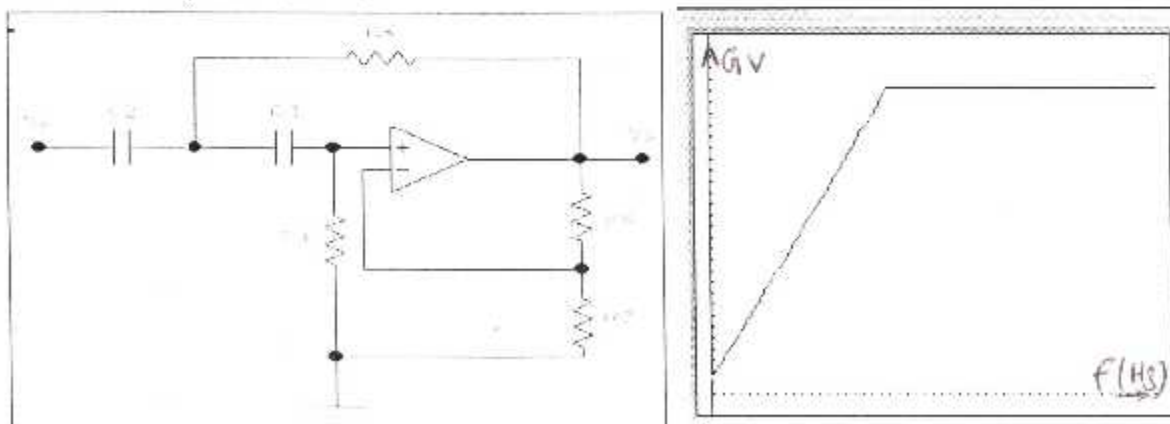


Figure II-8- filtre passe-haut



Pour calculer le gain  $G_v$ , on prend  $K=0$ , on remplace les valeurs  $R_4=R_5=R$ ,  $C_3=C_2=C$  dans le relation général on obtient

$$G_v = \left( \frac{-R^2 C^2 \omega^2}{-2R^2 C^2 \omega^2 + 3jC\omega - 2} \right)$$

$G_v=0$  Si :  $\omega=0$

$G_v = 1/2$  si  $\omega \rightarrow \infty$

On trace la courbe suivante :

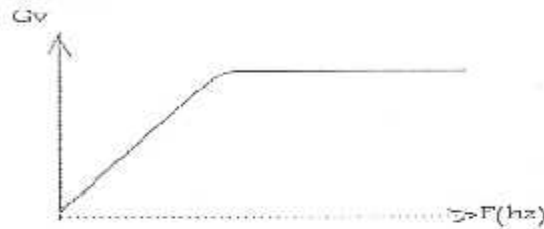


Figure II-9- Courbe de filtre passe haut

**Principe :**

Le signal sorti à l'intégrateur en travers vers un filtre passe haut qui élimine les fréquences indésirables, puis amplifié le signale sortie d'un filtre par amplificateur.

**1-3 - Amplificateur de tension :**

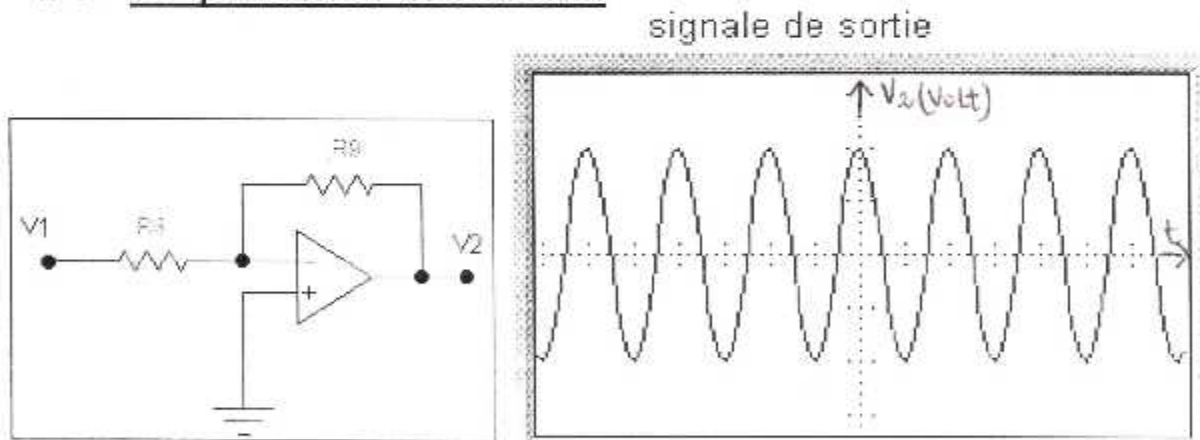


Figure II-10- Amplificateur de tension

$$V_2 = \left( \frac{R_9}{R_8} \right) * V_1$$

$$V_2 / V_1 = R_9 / R_8 = G$$

Avec :  $R_9$  supérieur à  $R_8$

**Principe:**

Le signal qui sort à filtre passe haut en traverse vers amplificateur de tension qui amplifié le signal d'entrée  $V_1$  en donnée à signal de sortie  $V_2$ , tel que  $V_2 = G.V_1$

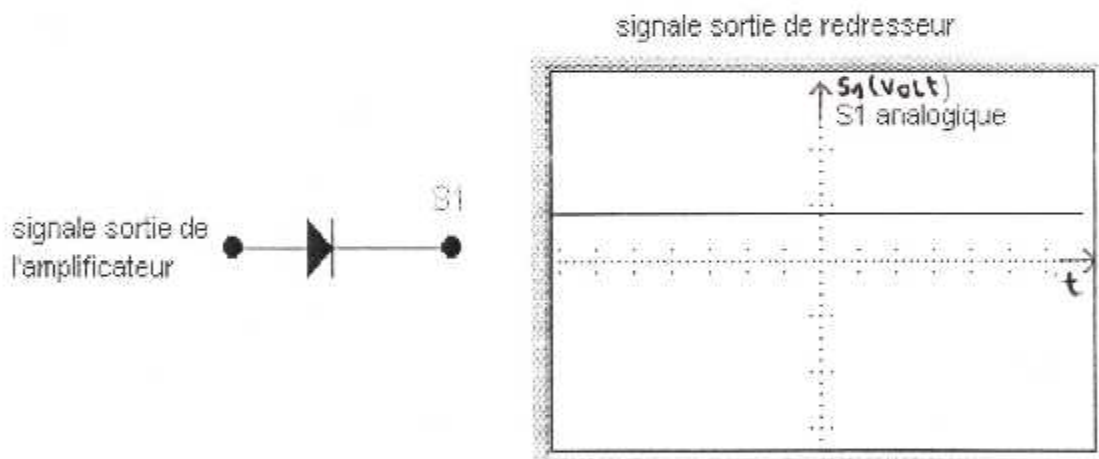
$G$  : gain d'amplification

**II-2-3-1-3-b°/ -redresseur :**

Ce circuit redresseur simple alternance, la diode est modélisée par un interrupteur qui est fermé quand le potentiel de l'anode (**zone P**) est supérieur au potentiel de la cathode (**zone N**) et qui est ouvert dans le cas contraire.

La tension qui sort de l'amplificateur représente le potentiel sinusoïdal qui alimente la diode (positif puis négatif) et la tension de la sortie de diode est toujours positive.

Les traits rouges animent symbolisent la circulation du courant dans le circuit.



**Figure II-11-** Signale sortie de redresseur

**II-2-3-1-3-c°/ Générateur d'onde de dents scie :**

C'est un oscillateur variable de coefficient d'utilisateur construit d'un temporisateur 555.

En ajustant le potentiomètre R1 vous pouvez changer la charge et décharger les constantes de RC et donc le coefficient d'utilisation.

**Calcul théorique:**

L'équation de charge et décharge de "C" est donnée par :

En charge :  $V_c = V_{cc} \left( 1 - e^{-t/RC} \right)$

En décharge :  $V_c = V_{cc} \left( e^{-t/RC} \right)$

décharge  $\Rightarrow t = R \times C \times \ln 2$

A • N :  $\Rightarrow t = 20ms$

$R = 10 k\Omega \Rightarrow C = \frac{t}{R \times \ln 2} \Rightarrow C = \frac{0.02}{10000} \times 0.693$

$\Rightarrow C = 3 \mu f$

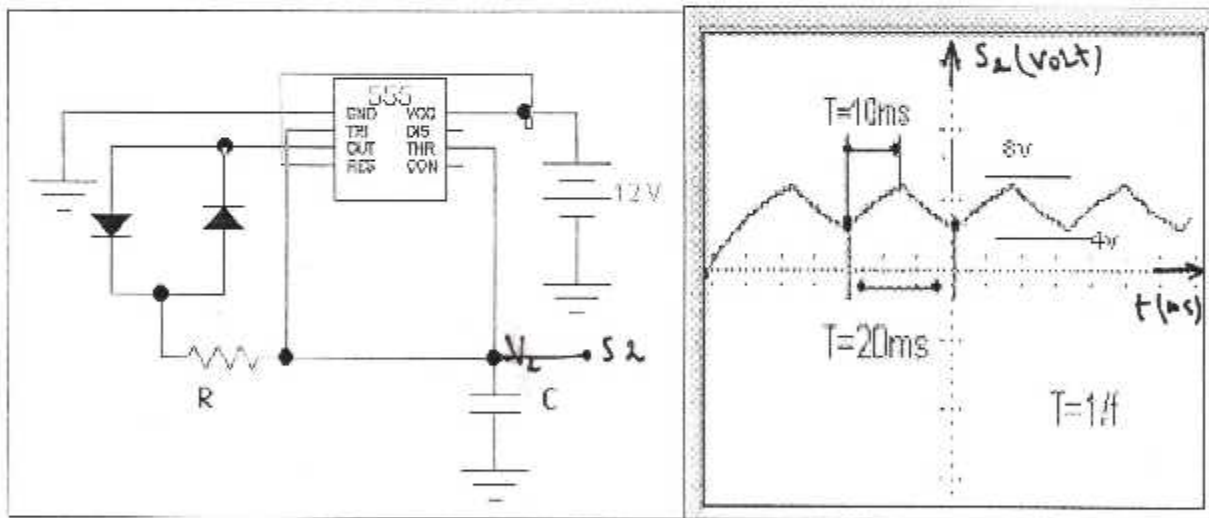


Figure II-12- Générateur d'onde de dents scie

**II-2-3-1-3-d°/ Comparateur :**

Le comparateur est un montage à deux entrées e1 (t) et e2 (t) et une seule sortie s (t). La tension s (t) prend l'une ou l'autre des deux tensions de polarisations du montage suivant le signe de la différence [e1 (t)-e2 (t)].

La représentation symbolique d'un comparateur, voir figure (II-13), est identique à celle d'un comparateur opérationnel.

Si une des deux entrées est reliée à un potentiel fixe, et on applique à l'autre entrée un signal analogique variant autour du potentiel fixe, la sortie serait un signal digital à deux états. C'est pour cela que le comparateur est appelé **convertisseur analogique numérique a un bit** On distingue deux types de comparateur, le comparateur inverseur et non inverseur.

Ce comparateur compare le signal analogique (S1) avec le signal de générateur d'onde de dents scie, pour transformer chaque valeur de vibration avec une période équivalente, on utilise  $6v = 20ms$  (50hz)

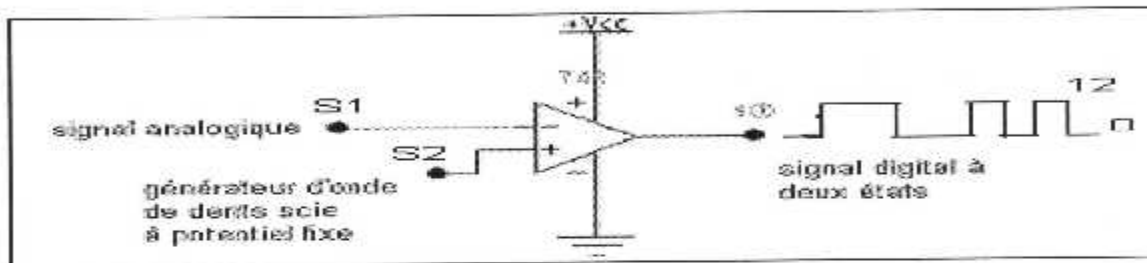


Figure II-13- Symbole d'un comparateur

**\*Alarme :**

L'ensemble contient un circuit à seuil permettant l'allumage d'une lampe lorsque le niveau de vibration dépasse une valeur déterminée. (Voir Fig.II-14)

5mp; 3.125v: valeur moyenne du niveau de vibration

10mp ; 6.25v : valeur maximal du niveau de vibration

L'amplitude des vibrations est obtenue en multipliant par 1,6.

Donc :  $V_{ib} = \kappa \times Amp$

(Amp): Amplitude des vibrations

K : Constant,  $k=1,6$

$V_{ib}$  : Valeur de vibration

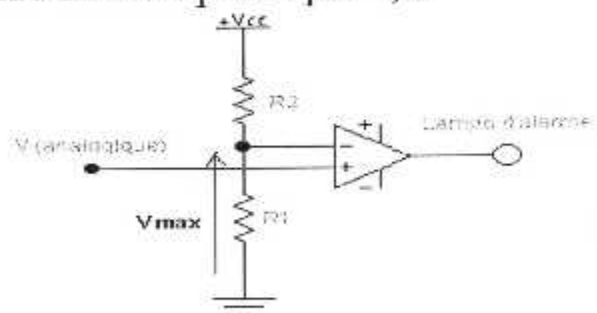


Figure II-14- Comparateur d'alarme

$V_{max} = 6.25v \approx 6v \rightarrow V_{cc} = 12v$

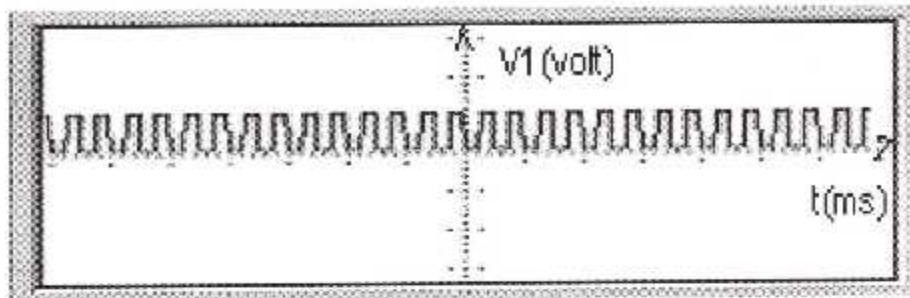
$V_{max} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{cc} \rightarrow \oplus \Rightarrow \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{2}$

$\oplus \Rightarrow \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{V_{max}}{V_{cc}} = \frac{6}{12} \Rightarrow R_1 = \frac{1}{2}(R_1 + R_2)$

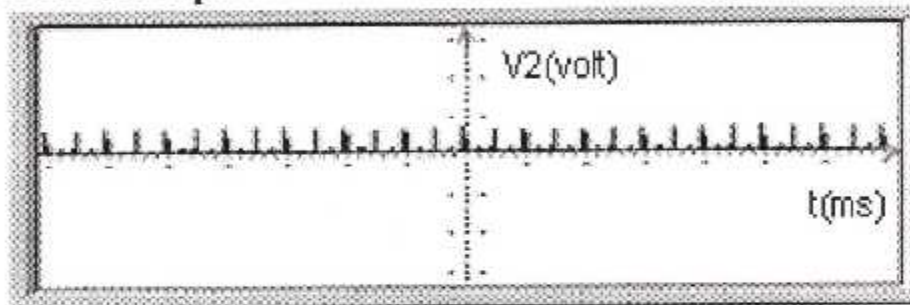
$\Rightarrow R_1 = R_2 \quad R_1 = 1K\Omega \Rightarrow R_2 = 1K\Omega$

## II-2-3-1-3-c°/ CHRONOGRAMMES DES SIGNAUX ANALOGIQUE:

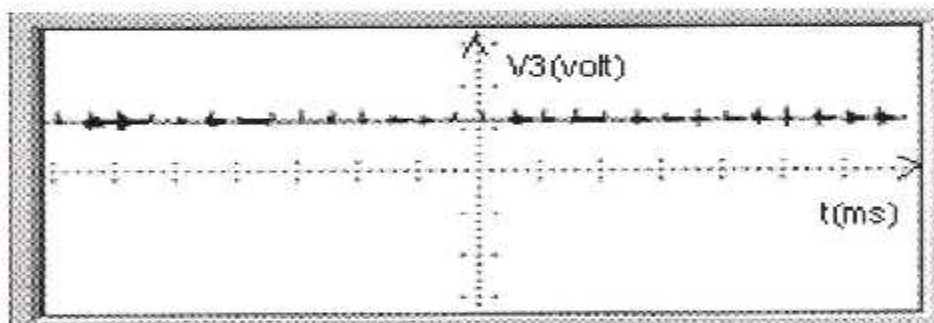
Signal sortie de l'intégrateur



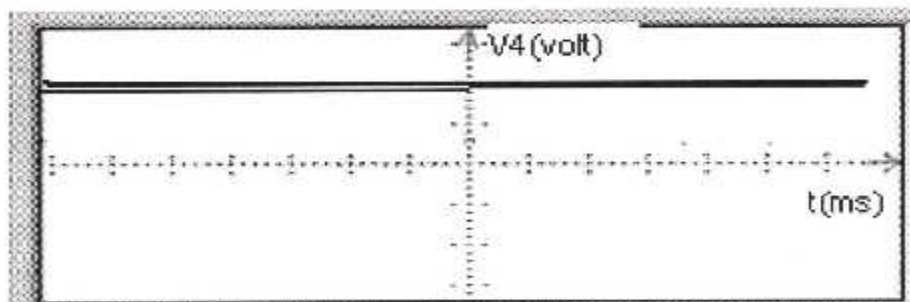
Signal sorti de filtre passe haut



Signal sorti de l'amplificateur



Signal sorti de redresseur



### II-2-3-1-4-Bloc de traitement de signal numérique :

#### II-2-3-1-4-a°/ Régulateur de sortie 5v:

Ce régulateur de tension utilise une porte NAND pour transformer la tension de sortie d'un comparateur de 12v à 5v et l'inverse puis obtenir la période équivalente d'une valeur exacte  $V(t)=f(F)$

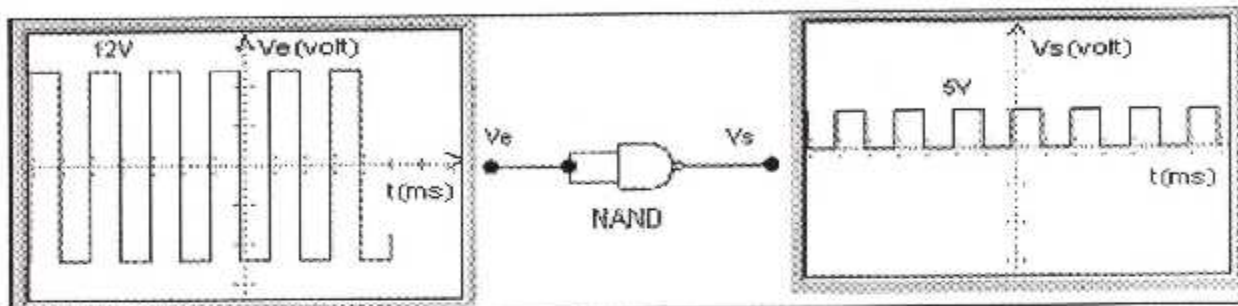


Figure II-15- régulateur de tension 5v

#### II-2-3-1-4-b°/ Bascule J-K :

La bascule J-K est un circuit formé de deux portes logique NOR, avec deux portes AND, pour commandée par un horloge CLK.

La bascule J-K du fait que quand les deux variables d'entrée passent simultanément à 1 l'état de la bascule n'est pas indéterminé.

La bascule J - K présent trois type d'entrée :

- les entrée J et K
- l'entrée clock (CLK)
- les entrées de forçage [Perset et Clear]

Voir logigramme d'une bascule J-K:

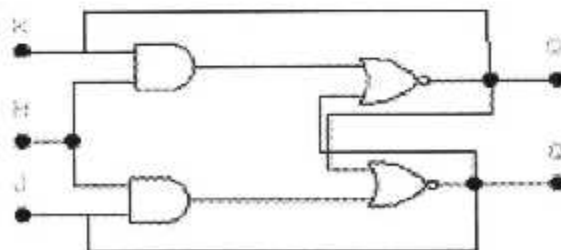


Figure II-16- Logigramme d'une bascule J-K synchronisée

En effet, quand  $J=K=1$ , on obtient la fonction de complémentation  $Q_{t+1}=Q^t$

Schéma d'une bascule J-K flip-flop déclenchable sur front descendant:

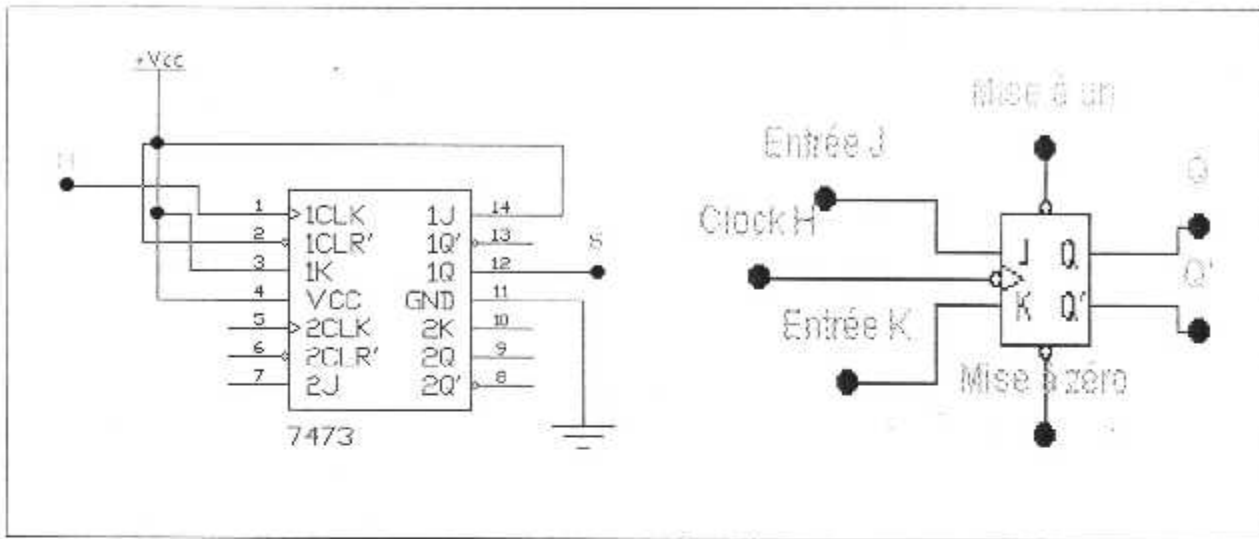


Figure II-17- Bascule JK flip-flop déclenchable sur front descendant

**Principe:**

Le signal sorti à régulateur de tension est appliqué à l'entrée "H" de bascule J-K, qui est réglé l'états du signal. (Voir la fig. II-18)

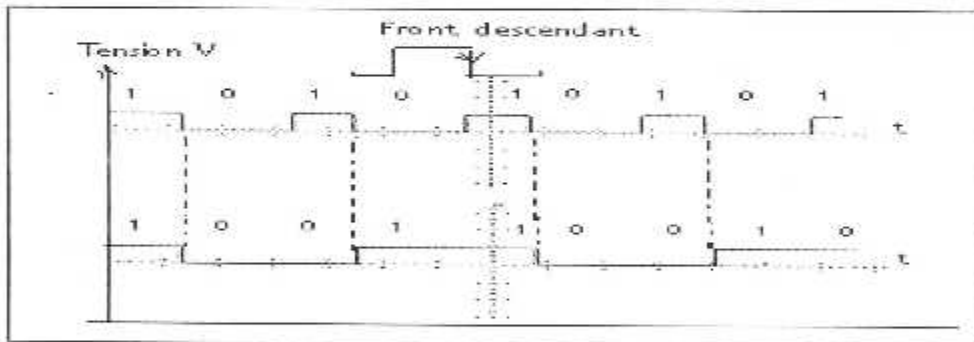


Figure II-18- Chronogramme de fonctionnement

**II-2-3-1-4-c°/ Générateur d'impulsion :**

La figure (II-19) présente un circuit générateur d'impulsion à porte logique NAND, et un condensateur C1, résistance R1, pour générer une impulsion d'une période.

L'équation de charge et décharge de C est donnée par :

$$V_c = V_{cc} \left( 1 - \left( e^{-t/R_1 C_1} \right) \right)$$

En décharge :

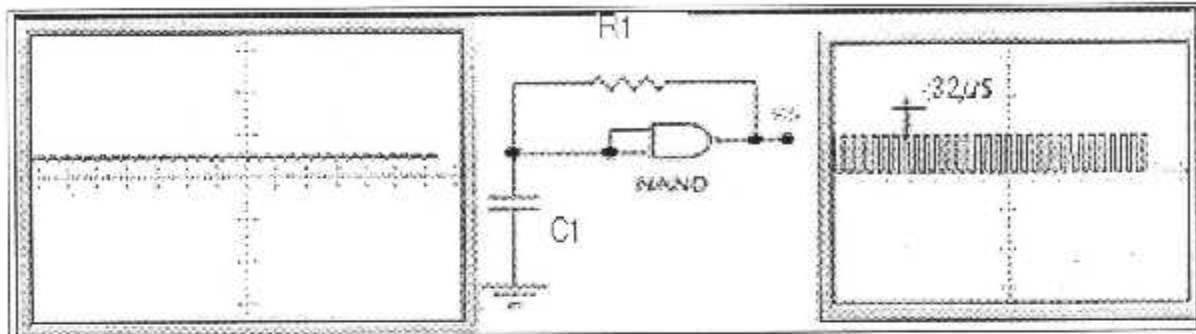
$$V_c = V_{cc} * e^{-t/R_1 C_1}$$

$$\Rightarrow t = R_1 C_1 \ln 2$$

**A.N :**

On a  $t=32\mu s$ ,  $t = 0,693 \times R_1 \times C_1$

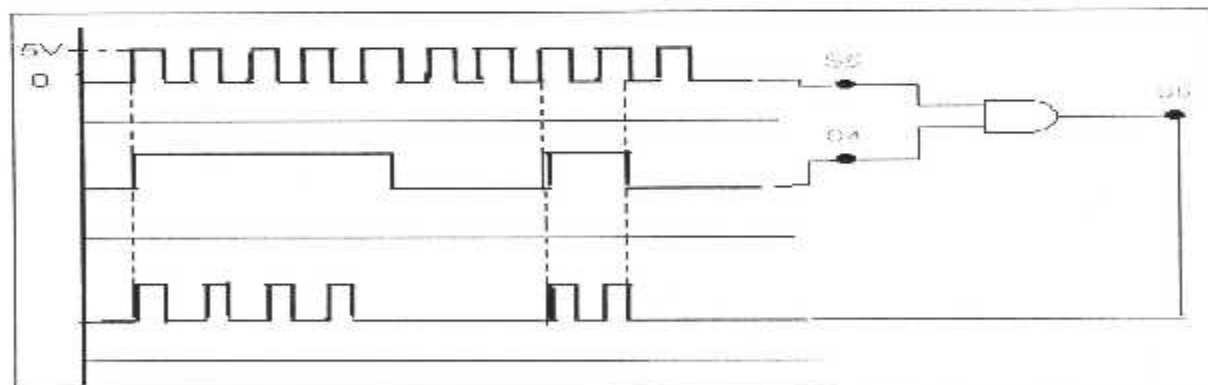
On pose :  $R_1 = 100\Omega \Rightarrow C_1 = 0,47 \mu f$



**Figure II-19-** générateur d'impulsion

**II-2-3-4-d°/ porte ANAD :**

On utilise deux impulsions, une impulsion pour retenir le compteur à zéro, et l'autre pour décaler le registre (affichage).



**Figure II-20-** Le signal sorti de porte AND

**II-2-3-4-e°/ Monostable à porte logique :**

Les portes NOR I et II formant une bascule monostable. Au moment de la mise sous tension du montage, l'entrée de commande (cellule) de cette bascule est soumise à une brève impulsion positive, le bascule présente sur sa sortie un état haut d'une durée de l'ordre.



**Principe de fonctionnement :**

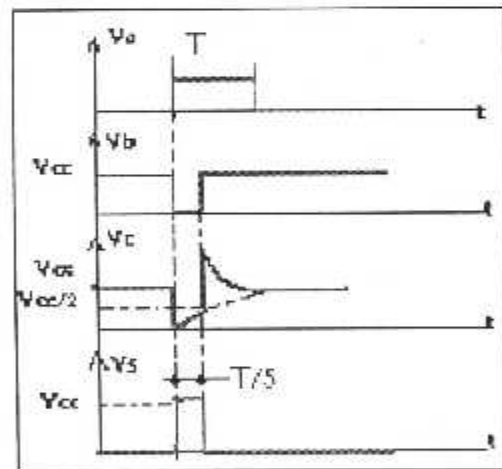
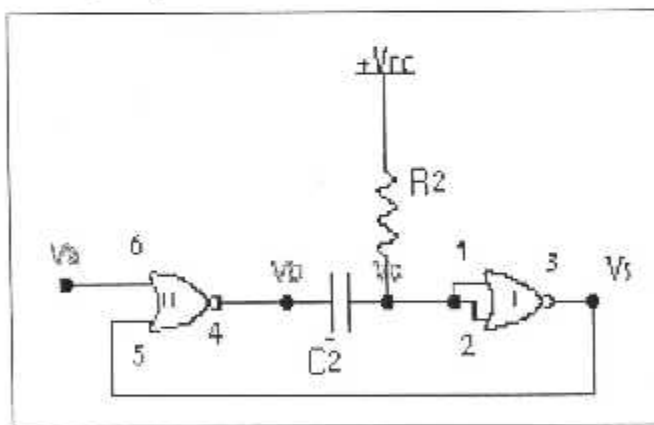
La **figure (II-21)** présente un circuit monostable à portes logiques NOR on prend comme état initial.

**Va** (tension de commande) = **Vb** = **Vc** = 1

D'ou la tension aux bornes du condensateur "C2" est nulle, la capacité 'C2' est complètement déchargée.

Des l'application d'une impulsion de commande (**Va=1**), la sortie de la porte **II** passe à zéro (**Vb=0**). Le condensateur transmet la tension à sa deuxième armature d'ou **Vc=0**, ce qui provoque le basculement de la porte **I** vers l'état haut d'ou **Vs=0**.

Un courant de charge via "R2" alimente de condensateur le dernier se chargé jusqu'a atteindre le seuil de déclenchement de la **porte I** qui est **Vcc/2**, ce moment la **porte I** bascule vers l'état bas d'ou **Vs=0**, cette dernière transition fait bascule la **porte II** vers l'état haut (**Vb=1**), ce changement traverse le condensateur et **Vc** devient **Vc = Vcc/2 + Vcc**, et le condensateur se décharge via "R2" jusqu'a atteindre la valeur **Vcc** (**Vc = Vcc**).



**Figure II-21-** Circuit monostable à portes logiques **Fig. II-22-** Chronogrammes

**Calcul théorique :**

L'équation de charge et décharge de "C" est donnée par :  $T = 10ms \rightarrow \frac{T}{5} = 2ms$

$$V_c = V_f + (V_i - V_f) * e^{-t/\tau}$$

Tel que :  $V_i = 0 \rightarrow V_f = V_{cc}$

$$2 = R_2 C_2$$

$$V_c - V_{seuil} = \frac{V_{cc}}{2} \text{ (CMOS)}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{cc}}{2} = V_{cc} - V_{cc} * e^{-t/\tau}$$

$$\Rightarrow V_{cc} = V_{cc} \left( 1 - e^{-t/R_2 C_2} \right)$$

$$\Rightarrow t = R_2 \times C_2 \times \ln 2$$

**A.N:**

On pose :

$$R_2 = 30 \Omega \Rightarrow C_2 = 1 \mu f$$

**II-2-3-1-4-f°/ Remise à zéro :**

La commande de registre (Vs) se traduit par un front montant sur la sortie de la porte inverseuse NOR I de IC6.

Ce front montant est pris en compte par dispositif de déviation formé par "C3, R3, D1". En particulier, la charge rapide de "C1" à travers "R1" a pour conséquence de présenter sur l'entrée de la bascule monostable NOR III et IV de IC3, une brève impulsion positive de commande la bascule délivre alors un état haut d'une durée "4ms" qui assure d'une part la remise à zéro de IC5. (Voir fig.II-23 et fig.II-24)

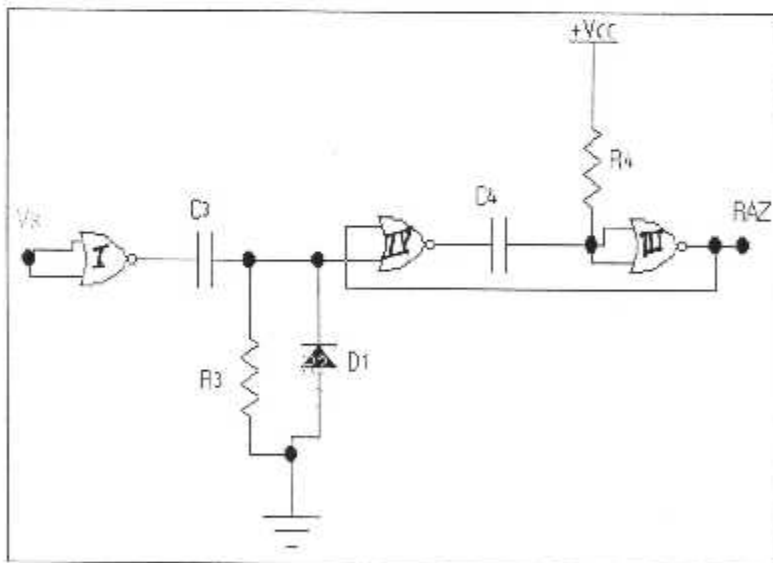


Figure II-23- Circuit mise à zéro

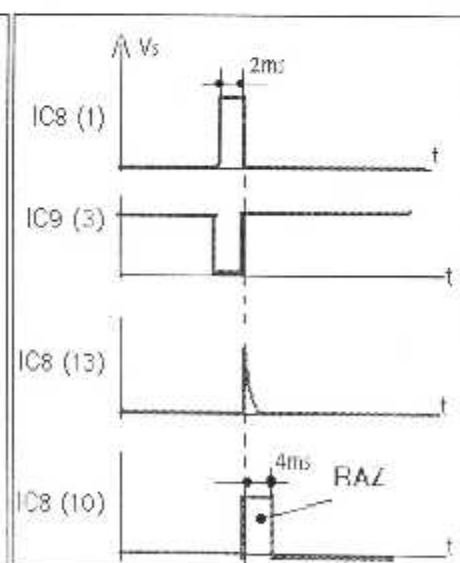


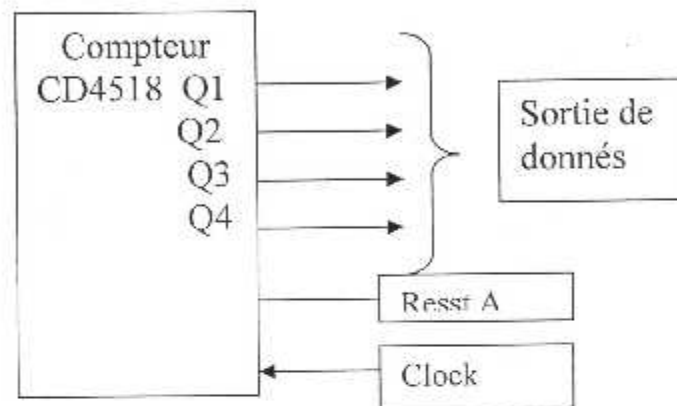
Figure II-24- Chronogrammes

### II-2-3-1-4-g°/ Etage de Comptage:

#### II-2-3-1-4-g°/ 1- Le compteur CD4518:

Le "CD4518" est un double compteur binaire à 8 étages (sorties Q1 à Q8). C'est un compteur binaire asynchrone, il avance au rythme des fronts descendants des créniaux présents sur l'entrée "Clock" du compteur (broche 1 et 9).

La **figure (II-25)** présente le brochage du compteur binaire.



**Figure II-25-**Représentation du compteur "CD4518"

#### II-2-3-1-4-g°/ 2- Le fonctionnement :

Le compteur **IC5** est un compteur qui offre une gamme intéressante de possibilités; lorsque son entrée UP/Down est soumise à un état bas, il "décompte" au rythme des fronts ascendants présentés sur son entrée "CLOCK". Son entrée binary/ décade étant soumise à un état bas.

Les sorties Q1 à Q4 évoluent suivant un comptage BCD c'est dire de 9 à 0 (1001 à 0000 en écriture binaire) grâce aux Liaisons "CARRY OUT" vers "CARRY IN".

#### II-2-3-1-4-h°/ Registre : (74LS373)

##### Définition :

Un registre est un circuit séquentiel synchrone, capable de stocker, temporairement, des informations binaires, en utilisant un ensemble de bascules. Il existe deux types : mémorisation et registre à décalage.

**Principe :**

Dans cette étude on utilise un registre d'un circuit intégré (IC6) "74LS373" qui est constitué de 12 étages d'un front descendant, pour afficher le nombre de chaque opération calculée d'un compteur ou afficher un nombre fixe. (Fig. II-26)

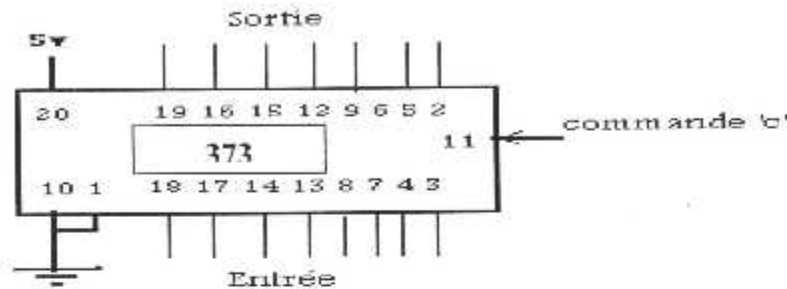


Figure II-26- Registre

**II-2-3-1-4-i°/ Etage de Décodage - Affichage :**

**II-2-3-1-4-i°/ 1- Décodeur "CD4511"**

Le circuit (IC7) "CD4511" est un décodeur avec verrous ((BCD à 7segments)) comprenant quatre entrées d'adresses <D, C, B, A>.

Une entrée de validation de verrous (LE) ou (STROBE) active à l'état bas, une entrée d'effacement en cascade (BL) active à l'état bas.

Une entrée de test des segments (L'I) active à l'état haut, voir la Figure (II-27) ci-dessous :

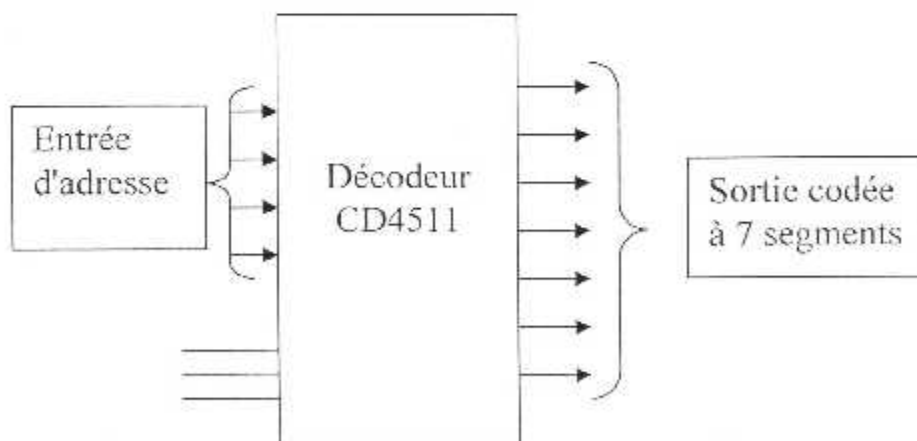


Figure II-27- Représentation du décodeur ((CD4511))

### II-2-3-1-5-i°/ 2- Afficheur 7 segments à cathode commune :

L'afficheur à cathode commune est constitué de sept leds disposées selon le motif de la **figure(II-28)**, chaque segment ou base utilisé pour afficher une partie du chiffre, est une led séparée.

Toutes les leds ont leurs cathodes reliées au même point qui est la masse.

Des anodes sont connectées à travers des résistances aux sorties appropriées du décodeur.

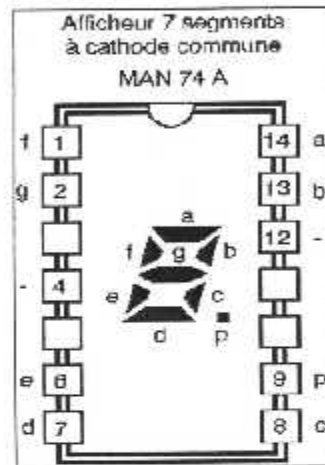


Figure II-28- Représentation de l'affichage

### II-2-3-1-5-i°/ 3- Utilisation des Décodeur – Afficheur :

Dans cet étage, on utilise un décodeur "CD4511" référence "IC7" et un afficheur à cathode commune référence "AF1" ; le décodeur et l'afficheur sont reliés par l'intermédiaire des résistances de limitation de courant pour protéger l'afficheur.

Pour l'affichage de vibration, on a:

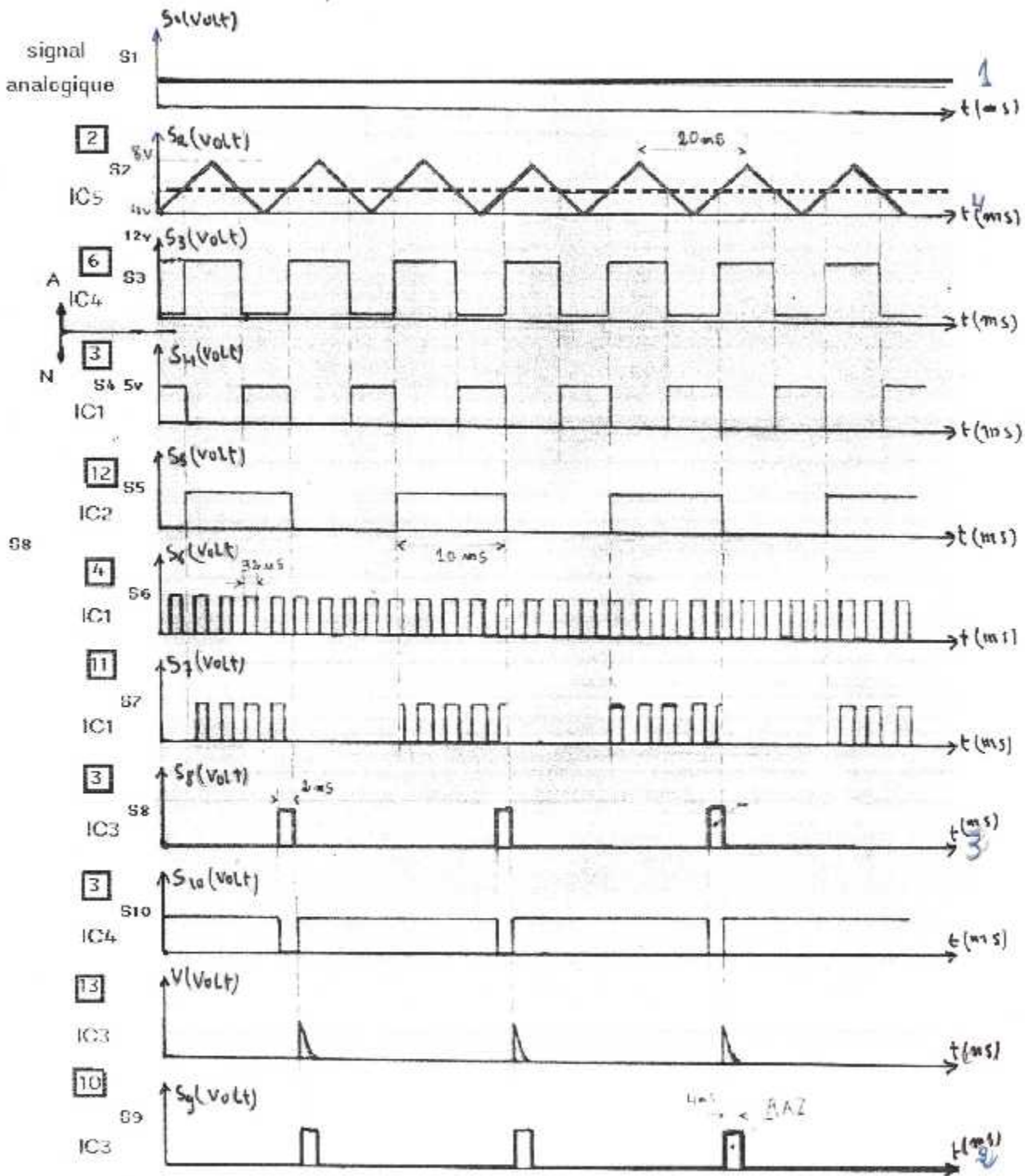
\*"IC7" et "AF1" décode et affiche l'unité (la valeur de vibration)

#### NOTE :

Un millième de pouce égale à  $25.10^{-6}$ mm

Le niveau de vibration acceptable varie d'un moteur à l'autre

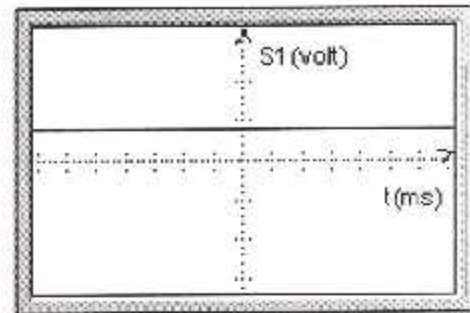
# Chronogrammes :



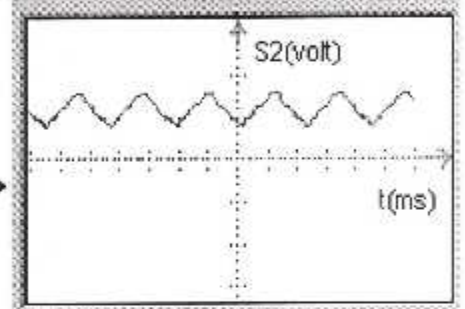
- 1 — Signal analogique
- 2 — Mise à zéro
- 3 — Commande de déclenchement
- 4 — Signal de génération d'impulsions de quatre volts

**II-2-3-1-4-h°/ CHRONOGRAMMES DES SIGNAUX  
UMERIQUE :**

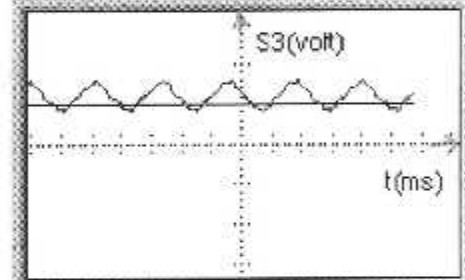
**Signal analogique [S1]**



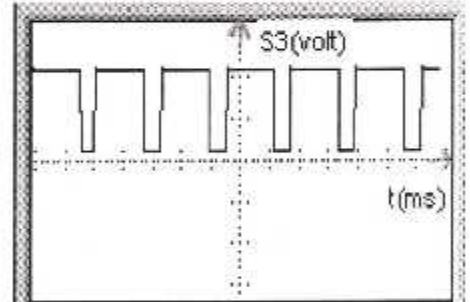
**Générateur d'onde dents scie [S2]**



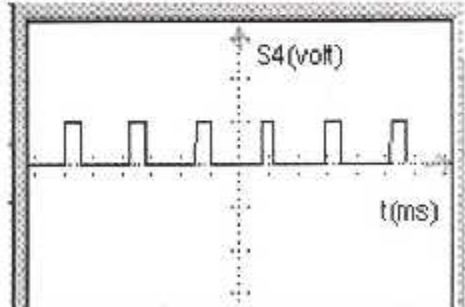
**Comparateur**



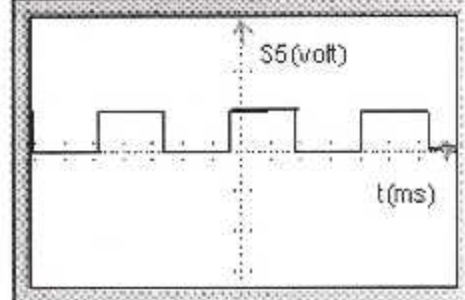
**Sortie de comparateur [S3]**



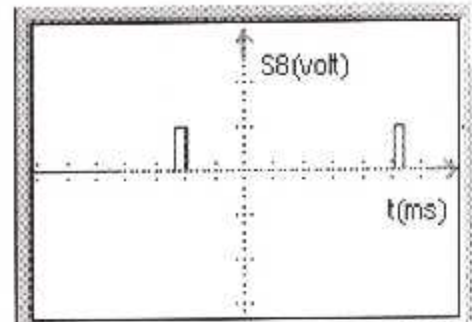
**Régulateur de tension 5v : [S4]**



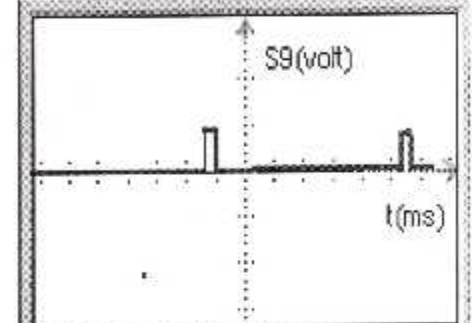
**Bascule JK : [S5]**



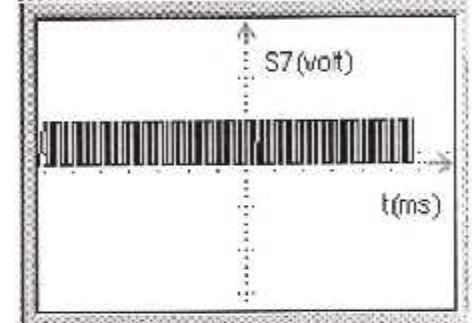
Monostable [S8]



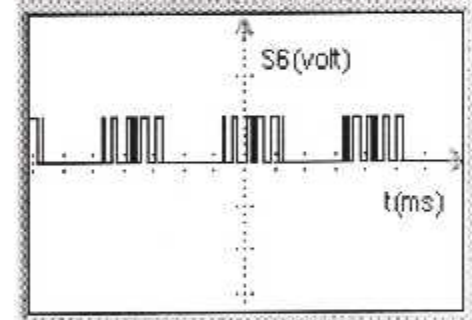
Mise à zéro [S9]



Générateur d'impulsion [S6]



Port AND [S7]





**CHAPITRE III :**



### **III-1 INTRODUCTION :**

Tout travail commence en générale avec de la théorie puis la pratique qui sera un travail intéressant. Pour cela ce chapitre sera la partie complémentaire de ce qu'on a fait jusqu'ici. On étudiera notre projet pratiquement, on verra les différents étapes à suivre comme:

Le traitement du signal puis on affiche les valeurs de vibration sur l'indicateur.

### **III-2-DESCRIPTION DU MONTAGE:**

L'assemblage des différents étages décrits dans le chapitre précédent conduit au schéma électronique global de notre indicateur lors du fonctionnement, les signaux mis en jeux par chaque bloc.

Le montage est implanté sur deux circuits imprimés principaux, à l'explosion de l'étage d'alimentation qui a part.

La première carte représente le circuit principal, qui comprend autre que le bloc de traitement de signal, ceux de la formation du signal contenant l'information sur la vibration à mesure.

La seconde carte, de part sa composition de compteur, décodeur et l'affichage, constitue en fait le module traitement du signal précédent et de la lecture de vibration mesurée.

Les circuit intégrés sont de la technologie C-MOS leur fonctionnement est sans problème jusque à 18v.

L'alimentation du montage est de "5v" réalisée à l'aide d'un

Transformateur 220v/6x6v/24VA

#### **III-2-1- Le circuit imprimé :( circuit de traitement plus affichage)**

Le circuit est réalisé en verre époxy, il pourrait être reproduit facilement soit par la méthode photographique qui est très pratique, soit tout simplement à l'aide d'éléments par transferts mécanorma disponibles chez la plupart des fournisseurs de composants électroniques.

On mettra le circuit dans un bain de perchlorure de fer afin de le graver. Toutes les pastilles seront percées à l'aide d'un fort de "0.8mm" de diamètre, certains trous

seront agrandis à une valeur supérieure. Afin de les adapter aux diamètres des connexions des composants d'avantages volumineux. La figure ci-dessous représente le circuit imprimé coté cuivre.

### III-2-3 Implantation des composants : (circuit de traitement plus affichage)

Après la mise en place des différent straps de liaison, on soudera les diodes, les résistances et supports des circuits intégrés; on terminera l'implantation par la mise en place des autres composants: capacité...etc.

On a fait attention au respect de l'orientation des composants polarisés, à ce sujet on remarque que sur la figure (III-2-2), que les orientations de (IC) sont opposées pour des raisons de simplification du circuit imprimé.

### III-3-CABLAGE FINAL :

Relier le module d'affichage au circuit principale comme l'indique la figure (III-2) ci-dessus par trois file, relier ces fils au module principal qui sera fixé au fond du boîtier par quatre vis D3mm, relier ensuite le module capteur vibration au circuit principale par deux fils.

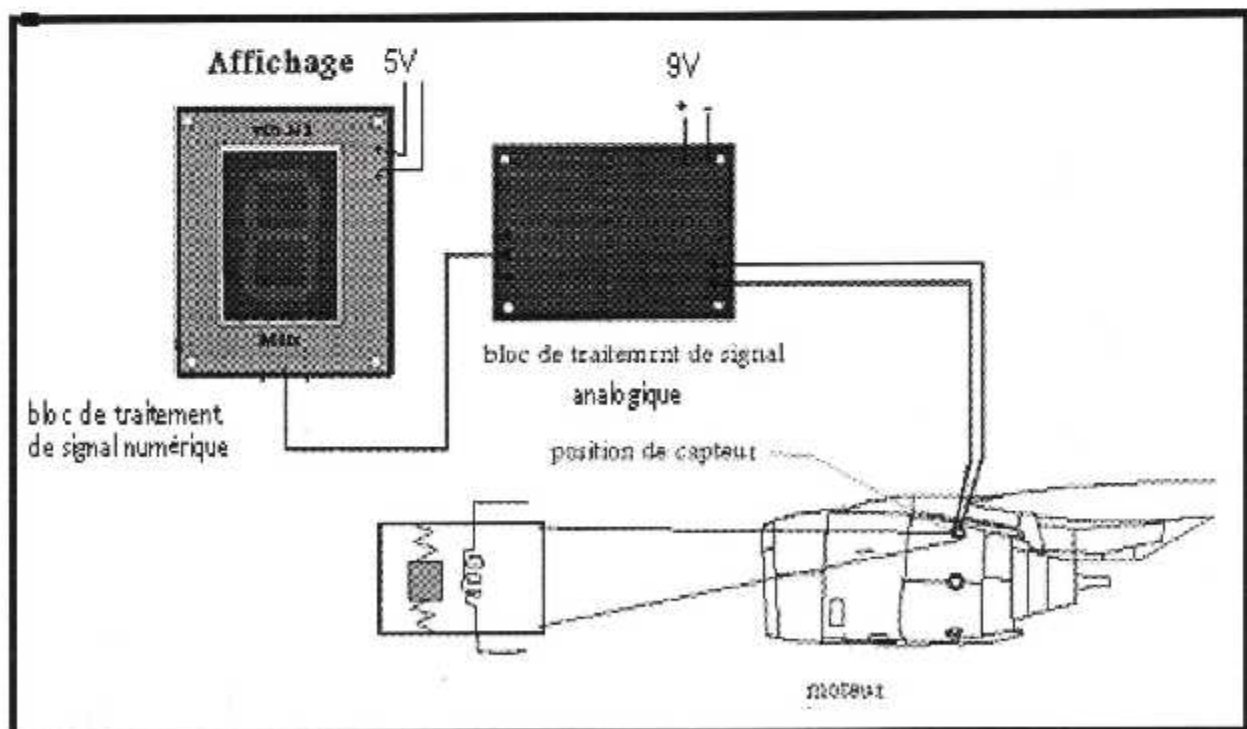
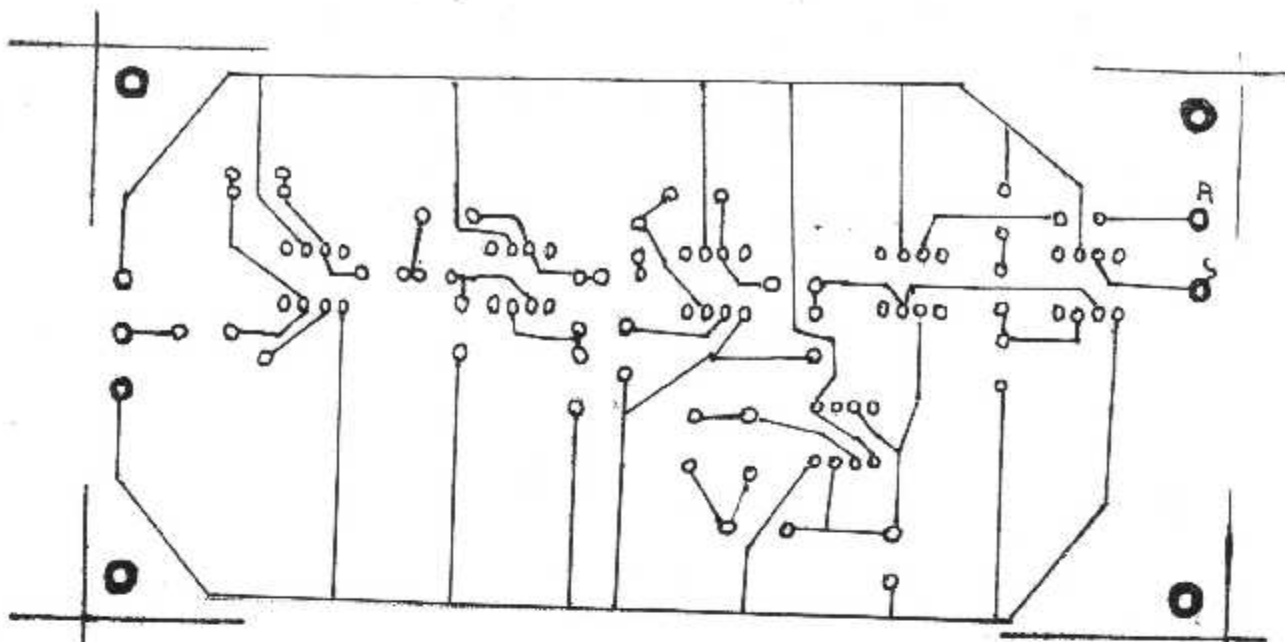


Figure (III-)-Schéma de câblage final



III-2-1- Le circuit imprimé / Analogique

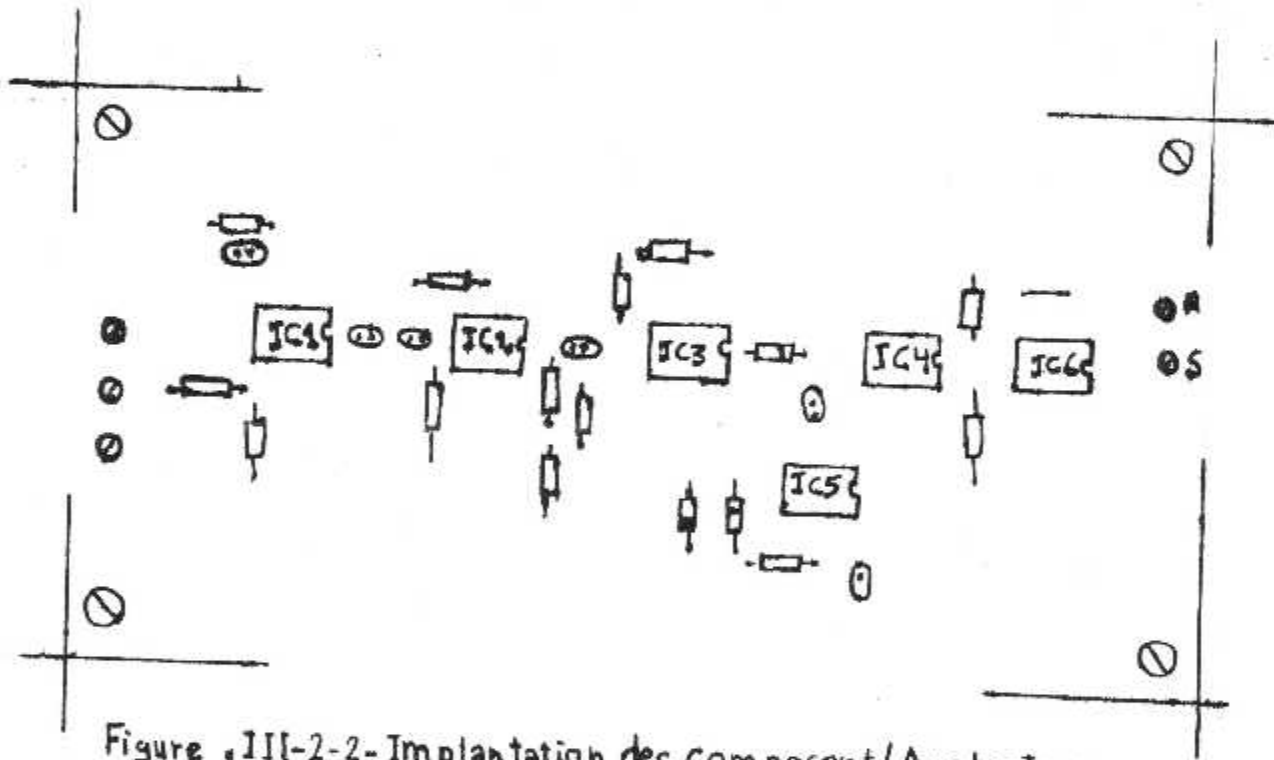


Figure .III-2-2- Implantation des composant/Analogique

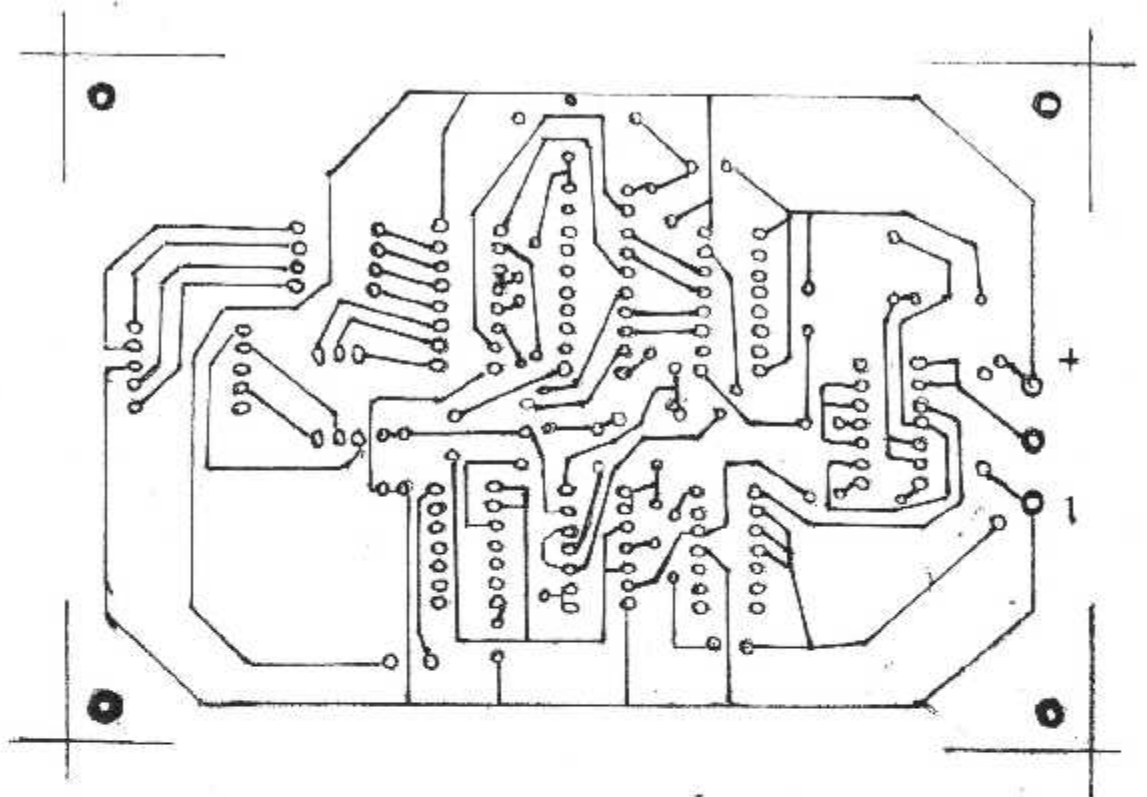


Figure .III-2-1- Le circuit imprimé/numérique

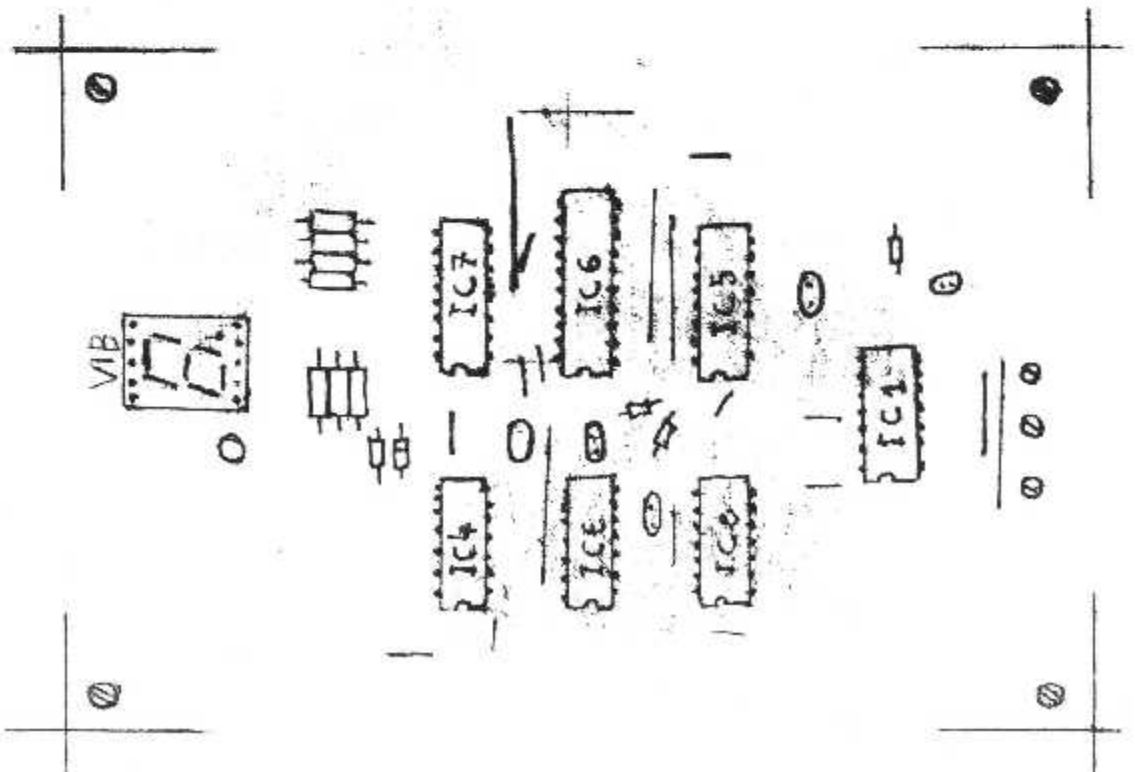


Figure . III-2-2- Implantation des Composants/numérique

### **III-4-COMMANDE DU SYSTEME :**

- Les commandes sont réunies à la partie supérieure du panneau d'un avion.

#### **Commutateur de sélecteur switcher:**

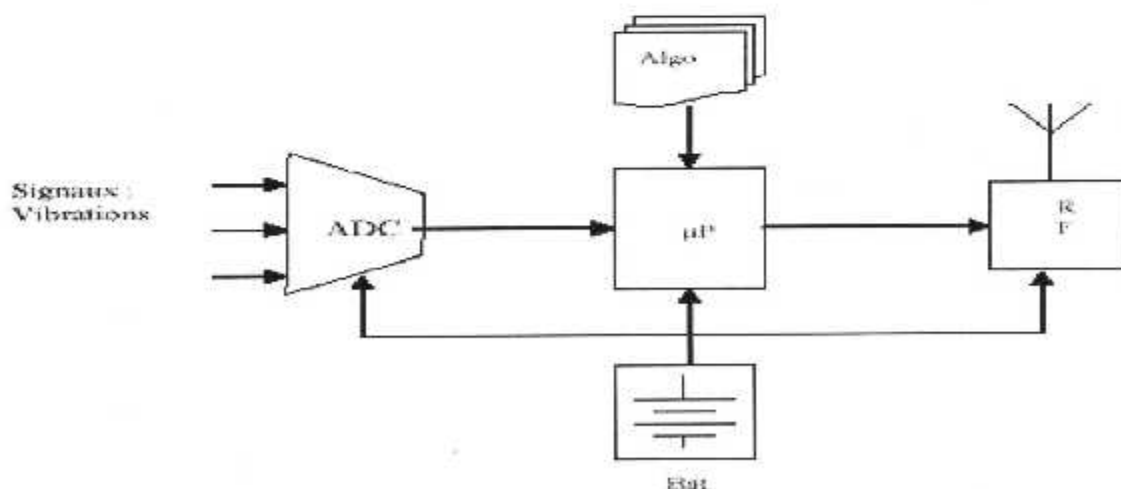
- Ce switcher à deux positions (**turbine- compresseur**) permet de sélectionner l'un ou l'autre commutateur simultanément pour les deux moteurs par l'intermédiaire d'un relais

#### **Réglage et essai :**

- Pour l'essai du système, un bouton applique simultanément une tension étalonnée via un potentiomètre à l'entrée des deux amplificateurs.
- Si le bouton est enfoncé, les deux indicateurs doivent se stabiliser entre 3,5 et 4,5 et revenir à leur position initiale lorsque le bouton est relâché.
- L'écart entre deux indicateurs ne peut dépasser 0,5 mils pouce pour indicateur classique (l'aiguille)
- En cas de niveau de vibration anormal, le circuit doit être essayé au préalable avant toute action sur le moteur.

#### **Test automatique:**

Les signaux issus de capteur sont conditionnés puis numérisés par un microcontrôleur embarqué (figure III-3), l'ensemble de l'électronique est intégré dans un même boîtier avec sa source d'alimentation (pile 3 volt) et relié au modem radiofréquence.

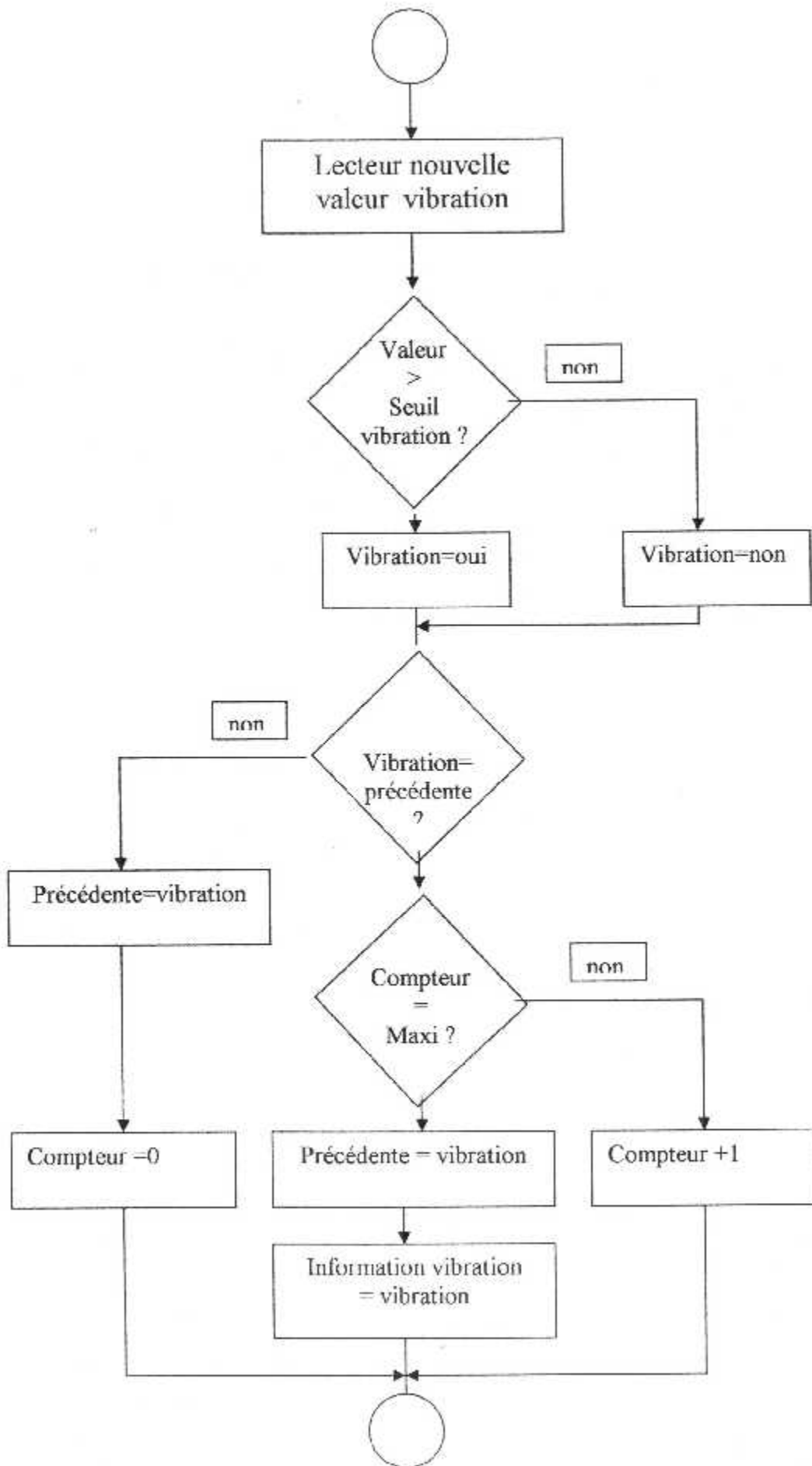


**Figure III-3- partie traitement des informations**

Le microcontrôleur opère successivement des opérations des filtrages puis seuillage pour obtenir les informations symbolique de vibrations qui sont transmises par liaison HF vers un ordinateur PC pour y être analysées à l'aide d'un algorithme de reconnaissance à base de règles.

La modification à principalement consister à intégrer l'algorithme de décision des informations des vibrations, qui est élaborée suivant l'algorithme (figure III-4).

Algorithme d'élaboration de la variable <<vibration>>



**Figure III-4**



conclusion générale

---

## **CONCLUSION GENERALE :**

Je présenté dans ce mémoire l'étude et de réalisation d'un indicateur qui permet d'afficher la vibration(millième de pouce) de moteur d'avion sur la plage [(0 à 5) mp].

Notre appareil a été conçu de la sorte à permettre un affichage par millième de pouce.

La réalisation a été fait sur deux carates indépendantes, carate de traitement de signal analogique et carate numérique et d'affichage.

Le passage d'une électronique analogique à un système numérique permet l'amélioration des caractéristiques métrologiques du capteur, et rend envisageable l'intégration de l'électronique de traitement dans le corps d'épreuve. Les capacités de traitement du système numérique offrent en outre la possibilité d'implanter des fonctions de calibration et étalonnage. L'interface bus de terrain (CAN) permet d'envisager d'insérer ce capteur dans un réseau de capteurs intelligents.

J'espère que ce travail suscitera la curiosité des futures promotions, soit dans le but de l'améliorer ou tout simplement comme une référence.

# Bibliographie

\* **ELECTRONIQUE DES IMPULSIONS "vabre (jean paul)"**

[Masson -1972].

\* **LES CAPTEURS EN INSTRUMENTATION**

**INDUSTRIELLE** [aich (Georges)] DUNOD (1999).

\* **DOCUMENTATION :**

**Sabena technics** [B737-200 ATA77 (Engine Indicating JT8D)]

M&O Technical training 7-09-1989. (Source Air Algérie)

\* **ELECTRONIQUE PRATIQUE** [Juin 2003 N°275]

\* **ELECTRONIQUE PRATIQUE** [Décembre 2003/Janvier 2004  
N°280].

\* **ELECTRONIQUE PRATIQUE** [CD ROM 1997]

**-Email internat :**

\*Google : GPO-261 maintenance industrielle (vibration)

\*[www.electroniquepratique.fr](http://www.electroniquepratique.fr)

# Nomenclature

# liste des composants

## partie analogique

### Résistances :

R1, R3	4.7Kohm	[jaune, violet, orange]
R2	47Kohm	[jaune, violet, jaune]
R4, R5	24Kohm	[Rouge, jaune, orange]
R6, R7	100Kohm	[marron, noir, orange]
R8	1Kohm	[marron, noir, rouge]
R9	1Mohm	[marron, noir, vert]
R10	10Kohm	[marron, noir, orange]

### Semi conducteurs :

3 Diode                    1N4007 [diode de signal]

### Condensateurs :

C1	0.1 $\mu$ f	[sortie radial]
C2, C3	100nf	[plastique]
C4, C5	10nf	[plastique]

### Circuit intégré :

IC1, IC2, IC3, IC4	$\mu$ A741	[amplificateur opérationnel]
IC5	NE555	[générateur d'onde dents scie]

# liste des composants

## partie numérique

### Résistances :

R1	100ohm	[marron, noir, marron]
R2, R4	30ohm	[orange, noir, noir]
R3	10kohm	[marron, noir, orange]
R5...R11	750ohm	[violet, vert, marron]

### Condensateurs :

C1	0,47 $\mu$ f
C2, C3, C4	1 $\mu$ f
C5	10nf

### Circuit intégré :

IC1	CD4093	[4 portes NAND]
IC2	74LS73	[double bascule J-K]
IC3, IC4	CD4001	[porte logique NOR]
IC5	CD4518	[double compteur BCD]
IC6	74LS373	[registre]
IC7	CD4511	[décodeur BCD, 7segment]

### Semi conducteurs :

D1	1N4148	[diode de signal]
----	--------	-------------------

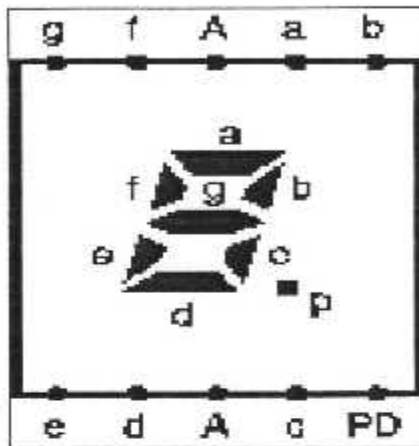
### Divers :

- 1 Led rouge
- 1 borniez soudable 3plots
- 1 borniez soudable 2plots
- 2 borniez soudable 1plots

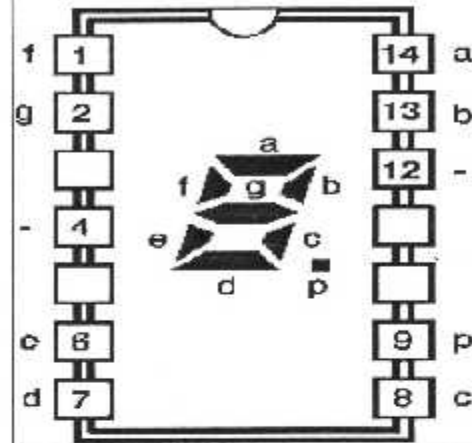
# ANNAXE

## MAN350

Afficheur 7 segments à anodes communes

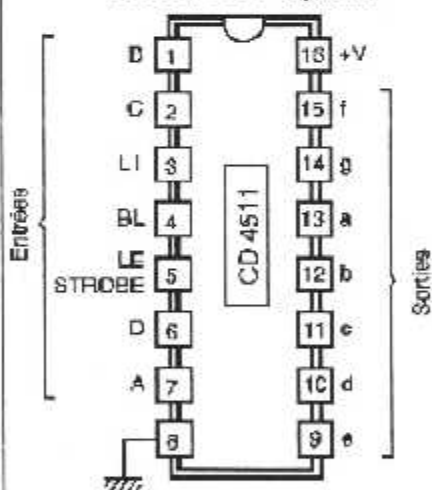


Afficheur 7 segments à cathode commune  
MAN 74 A



## CD4511: Décodeur BCD 7Segments

Décodeur BCD 7 segments



LE	BL	LT	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	Affichage
X	X	0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	
X	0	1	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	Eteint
0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	
0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	
0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	
0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Eteint
0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	Eteint
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Eteint
0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	Eteint
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Eteint
1	1	1	X	X	X	X	*	*	*	*	*	*	*	*

X : Niveau indifférent.

\* : Dépend du niveau des entrées A, B, C, D au moment de la transition 0 → 1 sur LE.

0 : Niveau logique 0 (état bas).

1 : Niveau logique 1 (état haut).

## CD4518 / CD4520: Double compteur BCD

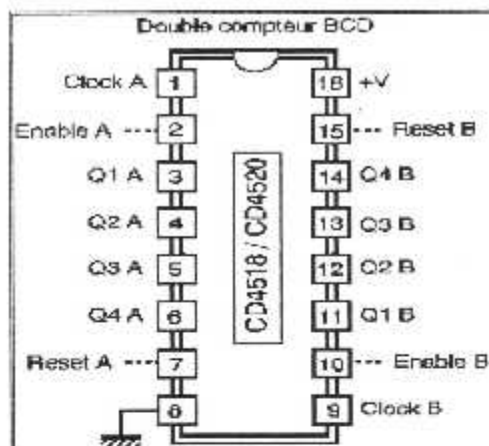


Table de fonctionnement

CLOCK	ENABLE	RESET	ACTION
	1	0	Compteur avance
0		0	Compteur avance
	X	0	Compteur bloqué
X		0	Compteur bloqué
	0	0	Compteur bloqué
1		0	Compteur bloqué
X	X	1	Q1 = Q2 = Q3 = Q4 = 0

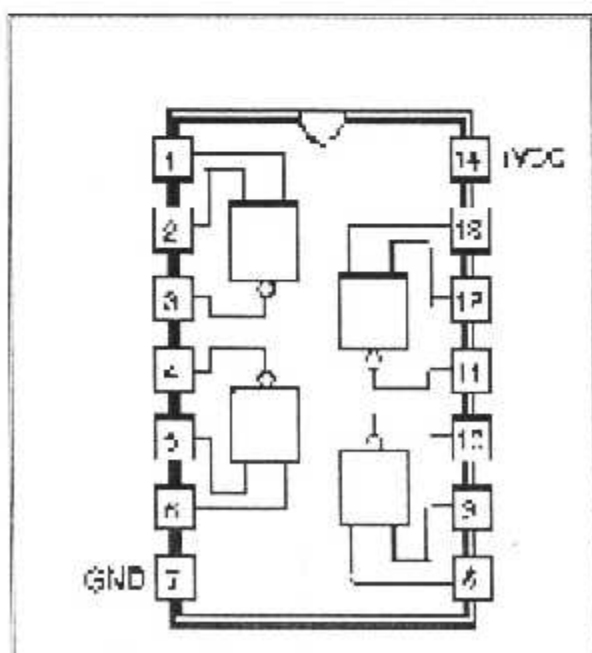
X : quel que soit le niveau : 0 ou 1

Système BCD (CD4518)

	Q1	Q2	Q3	Q4
0	0	0	0	0
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	1	1	0	0
4	0	0	1	0
5	1	0	1	0
6	0	1	1	0
7	1	1	1	0
8	0	0	0	1
9	1	0	0	1

## CD4093

### Quadruple Porte NAND 2 entrées



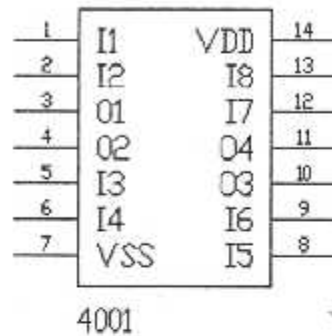


## 4001 (Quad 2-In NOR)

Ce dispositif contient quatre CONDITIONNEURS NOR 2-input indépendant.

NI table de vérité de porte :

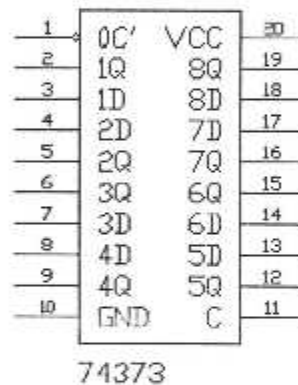
I1	I2	O1
X	0	1
X	1	0
1	0	0



## Registre: 74373 (D-type Octal Verrous Transparents)

D-Verrou et table de vérité de bascule :

RENDEMENT	PERMETTRE	RENDEMENT
0	1	1
0	1	0
0	0	X
1	X	X



Z = haut impédance (au loin)

## 7473 (Dual JK FF (clr))

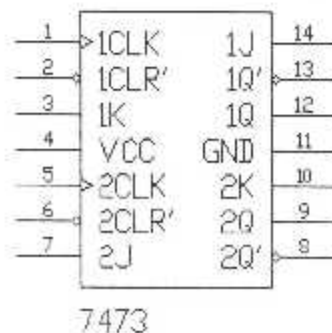
Ce dispositif contient des bascules de 2-independent JK.

Table de vérité de bascule de JK :

P = déclenchements sur l'impulsion (sensible de niveau)

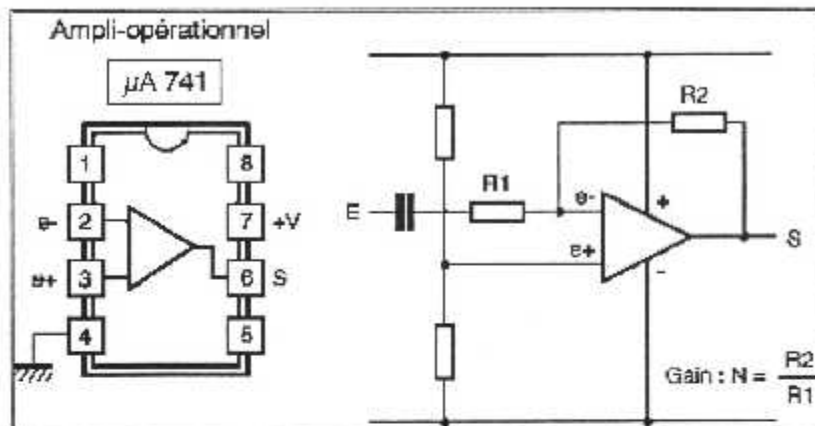
Clr Clk J K | Q Q

X	X	X	0	1	0
P	0	0	Hold	1	
P	1	0	1	0	1
P	0	1	0	1	1
P	1	1	Toggle	1	



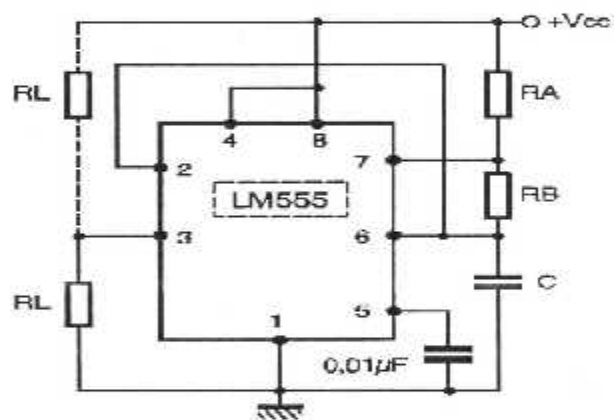
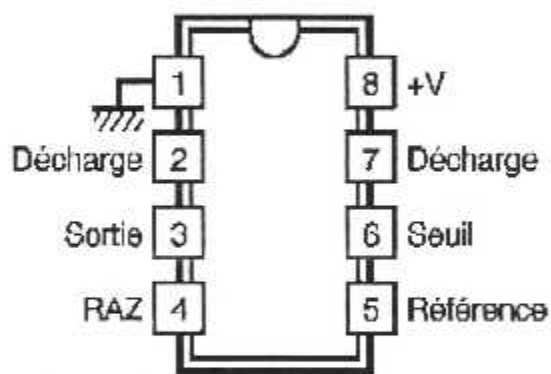
## LM741

### Amplificateur operational



## LM555:

### Timer



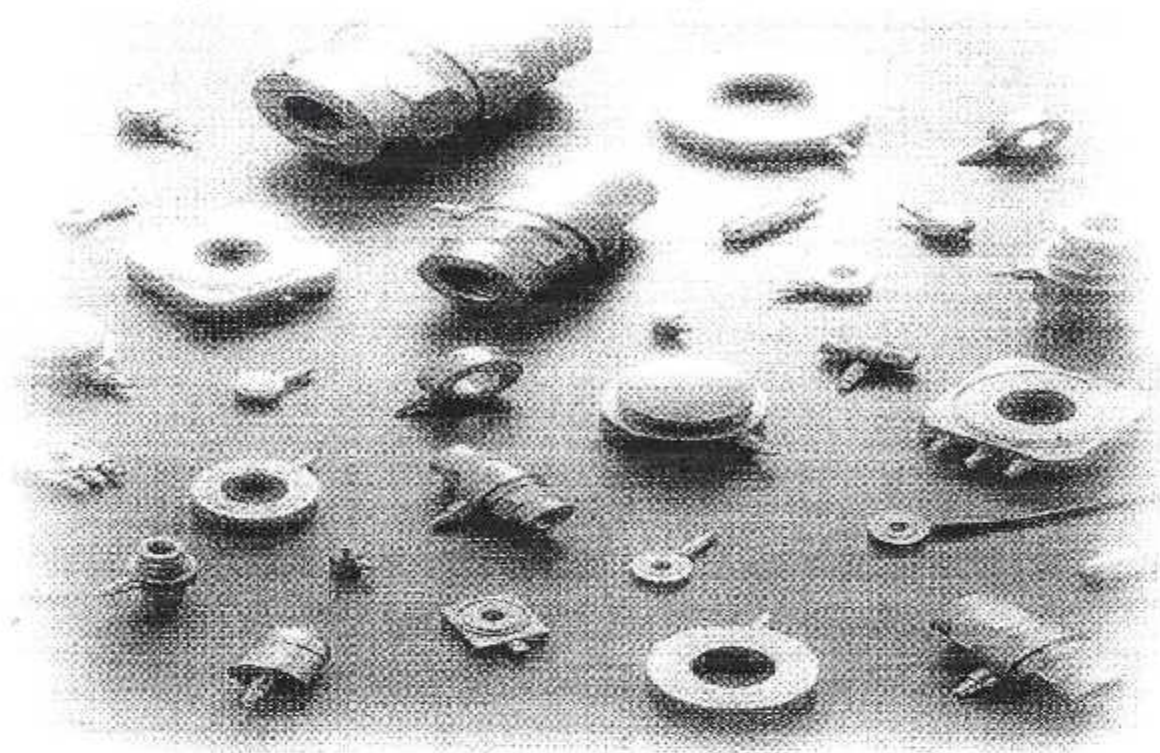
Tension d'alimentation : **4.5V-16V**

Courant de sortie : **200mA**

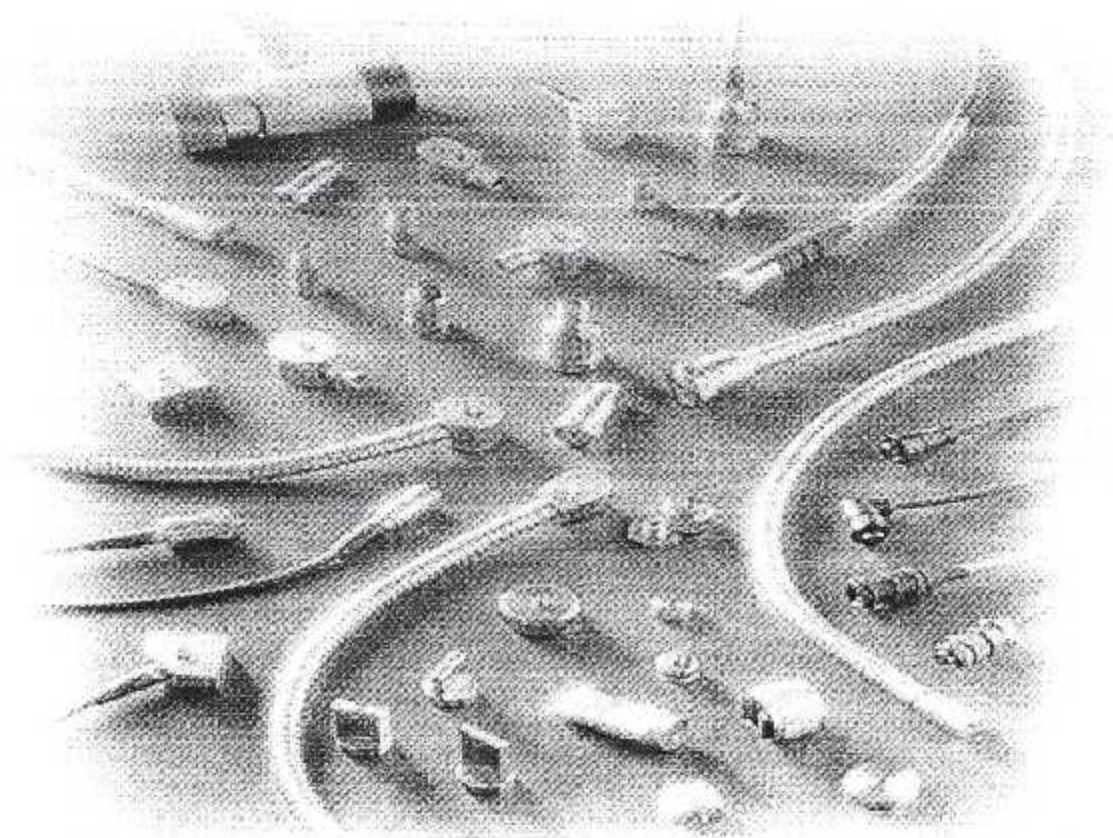
Courant d'alimentation, sortie basse : **15mA**

Courant d'alimentation, sortie haute : **13mA**

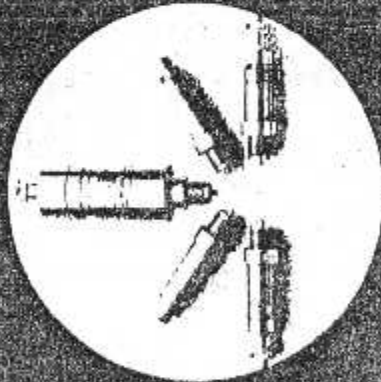
## Capteurs de force dynamique



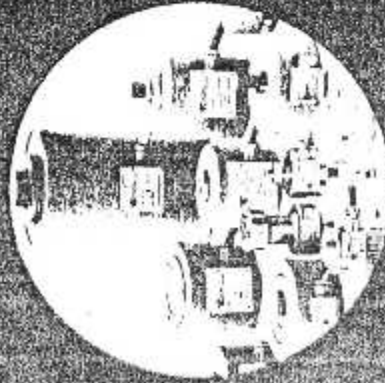
## Accéléromètres industriels



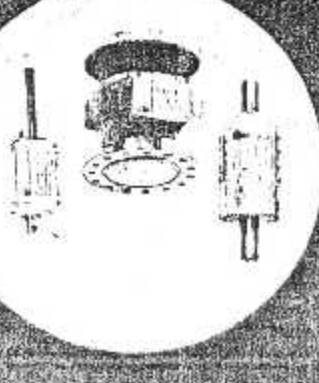
pressions



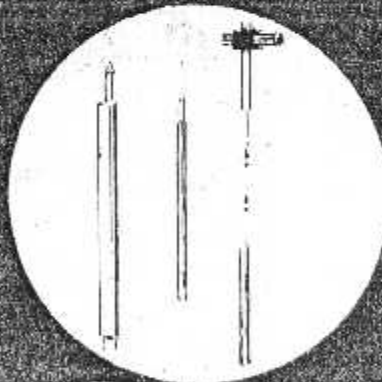
forces



déformations  
vibrations  
électroniques  
associées



couple



déplacement



HBM S.p.A.  
Via S. Colomba 7/20 40138 Cesena (BO) Italy  
Tel. (059) 455111  
Telex 320333 HBM I  
Cable: HBM I

SYSTEMES INDUSTRIELS POUR  
LA MESURE ET LA SURVEILLANCE



Measure des  
vibrations

de

Vibration, Pression, Température,  
Force, Déplacement,  
Vitesse, Couple et Puissance

Fiabilité de fonctionnement assurée  
grâce à

- l'optimisation des paramètres d'exploitation
- l'analyse de l'état des machines
- la protection contre la surcharge
- la prévention des dégâts sur les machines

#### VIBRO-METER

C'est une large gamme de capteurs de mesure pour tous les paramètres physiques usuels; ce vaste programme est basé sur des années de recherche dans la technique de mesure et sur une solide expérience acquise dans l'application industrielle. Les capteurs VIBRO-METER s'adaptent à pratiquement toutes les conditions d'environnement. Pour le traitement des signaux de mesure, nous avons développé un système électronique universel qui exploite toute combinaison de paramètres et permet la gestion des données par micro-processeur.

#### VIBRO-METER

c'est la sécurité basée sur l'expérience et le progrès.

Plus de 10'000 canaux de surveillance VIBRO-METER opèrent quotidiennement, aux quatre coins du monde.

Plus de 90 compagnies aériennes internationales ont choisi VIBRO-METER pour la surveillance de leurs réacteurs d'avions.

Plus de 100'000 heures de fonctionnement; c'est l'expérience-vie des capteurs VIBRO-METER.

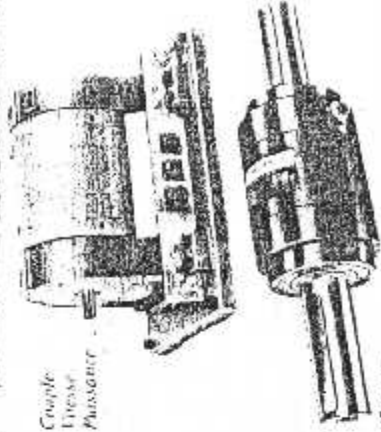
#### vibro-meter

VIBRO-METER FRANCE SA  
Rue de Valenciennes  
F-75002 Paris

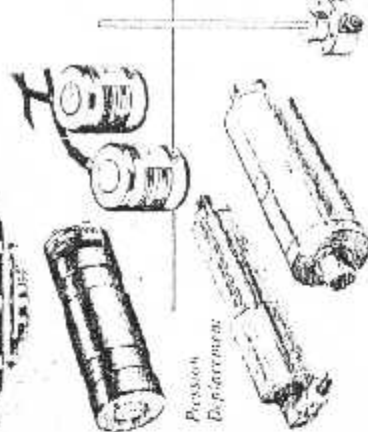
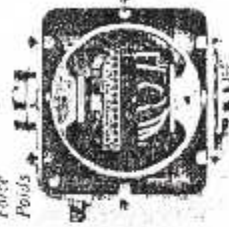
Tel (01) 4 636 39 38  
Téléc 44 01 29  
Fax (01) 4 280 11 64



Couple  
Force  
Puissance



Charge  
Force  
Poids



Pression  
Déplacement