

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

21/86

وزارة التعليم والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

«O»
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
«O»

DEPARTEMENT : D'ELECTRONIQUE



PROJET DE FIN D'ETUDES

pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

SUJET

*Mise au point de Manipulations
en Traitement Statistique des
Signaux Aleatoires*

Proposé par :
BERKANI DAOUD
Professeur à l'ENP

Etudié par :
NAIT-CHERIF Youcef
SI HADI Mohamed

dirigé par :
BERKANI DAOUD

PROMOTION JANVIER 1986

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

«O»

وزارة التعليم والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

«O»

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

«O»

DEPARTEMENT : D'ELECTRONIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

SUJET

*Mise au point de Manipulations
en Traitement Statistique des
Signaux Aleatoires*

Proposé par :
BERKANI DAUD
Professeur à l'ENP

Etudié par :
NAIT-CHERIF Youcef
SI HADI Mohamed

dirigé par
BERKANI DAUD

PROMOTION JANVIER 1986

DEDICACES
-----oooOooo-----

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

- /-/-) La memoire de ma grand mere,
/-/-) Mon pere,
/-/-) Ma mere,
/-/-) Mes freres & soeurs,
/-/-) Toute ma famille,
/-/-) Tous mes amis,

Y. Nait Cherif

-----oooOooo-----

DEDICACES
-----oooOooo-----

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

/-/-) La memoire de mon pere,

/-/-) Ma chere mere,

/-/-) Mes freres & sœurs , surtout Ahmed,

/-/-) Toute ma famille,

/-/-) Tous mes amis.

M. Si hadi

-----oooOooo-----

REMERCIEMENTS

-----00000000000-----



Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Monsieur BERKANI Daoud, qui par son aide morale et materielle ainsi que par ses conseils judicieux, a su nous guider tout au long de notre travail.

Nous remercions également:

Messieurs LACUARI Amar, BOUABDELLAH Arezki, E Kamel,
LAZIZI Kamel, GHEMIDI Lahcene.

Madame REDJIMI Khadidja de la bibliotheque.

Que tous les professeurs qui ont contribue à notre formation trouvent ici notre profonde reconnaissance.

-----00000000000-----

S O M M A I R E
-----0000000-----

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION

CHAPITRE I : RAPPELS

- 1.1. Variable aleatoire.
- 1.2. Caracteristiques d'une variable aleatoire
- 1.3. Fonction de repartition.
- 1.4. Densite de probabilite.
- 1.5. Notion de processus aleatoire.
- 1.6. Classification des processus aleatoires.
- 1.7. Ergodicite.
- 1.8. Notion de depassement.

CHAPITRE II : DETERMINATION EXPERIMENTALE DE LA FONCTION DE
REPARTITION ET DE LA DENSITE DE PROBABILITE D'UN
SIGNAL ALEATOIRE.

- 2.1. Schema synoptique .
- 2.2 Principe de fonctionnement.
Estimation de la fonction de repartition $F(x)$.
Estimation de la densite de probabilite $W(x)$.
Visualisation des courbes.

CHAPITRE III : ANALYSE DES EXTREMUMS

- 3.1. Schema synoptique.
- 3.2. Fonctionnement electronique.
- 3.3. Mesures experimentales.

CHPITRE IV : AMELIORATIONS TECHNOLOGIQUES APPORTEES SUR LE
DISPOSITIF DE MRSURE ET PROPOSITION DE MANI-
PULATIONS

- 4.1. Realisation d'un generateur de bruit blanc.
- 4.2. Amplificateur suiveur.
- 4.3. Reglage du pas et du parallelisme.
- 4.4. circuit integrateur.
- 4.5. proposition de manipulations.

CONCLUSION

ANNEXE

-----000000000-----

INTRODUCTION:

Aujourd'hui le traitement des signaux est une discipline autonome, qui interesse de multiples domaines techniques et scientifiques, dans lesquels l'information est perçu par l'intermediaire d'observations experimentales de grandeurs mesurables. Par nature l'information a un caractere aléatoire, les bruits aussi doivent être consideres comme des phenomenes aléatoires, il n'est donc pas étonnant que les methodes de traitement des signaux fassent largement appel à des concepts statistiques qui sont l'instrument mathematique de base permettant d'analyser un signal aléatoire.

Nous utiliserons dans le cadre de notre travail un dispositif de mesure qui peut estimer certaines caracteristiques d'un signal aléatoire telles que:

- La fonction de repartition (unidimensionnelle)
- La densite de probabilite (unidimensionnelle).

Ceci va être traité dans le chapitre II.

D'autre part le dispositif peut mesurer certaines caracteristiques specifiques du signal aléatoire telles que:

- La durée d'un dépassement du signal aléatoire pour un niveau X donné.
- La durée de l'intervalle entre deux dépassements.
- La moyenne des durées des dépassements et des intervalles les séparants, durant un temps d'analyse T .

Ceci fait l'objet de l'analyse des extrémums que l'on présentera en détail au chapitre III.

Le chapitre IV est consacré aux améliorations technologiques apportées sur le dispositif de mesure afin de le rendre plus performant ainsi qu'à la proposition des manipulations et certains aspects qui nous semblent important à étudier, et qui permettent une bonne compréhension du fonctionnement du dispositif.

Nous présenterons au chapitre I des rappels sur les caractéristiques d'une variable aléatoire, suivie d'une classification des processus aléatoires.

Nous présenterons en fin en annex les parties suivantes:

- Réglage préliminaire du dispositif.
- Principe d'utilisation pour les différentes opérations.
- Présentation d'exemples de manipulations.

CHAPITRE I - RAPPELS

1.1 Variable aléatoire :

Une variable aleatoire X est une grandeur reelle dont la valeur dépend du hasard .Son comportement statistique est decrit par :

- La fonction de repartition F(x)
- La densite de probabilite W(x)

1.2 Caracteristiques d'une variable aleatoire :

1.2.1 Valeur moyenne :

Elle est definie par :

$$\mu_x = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot W(x) dx \quad (\text{é'sperance mathematique de la V.A})$$

1.2.2 Variance ou écart quadratique moyen :

C'est l'é'sperance mathematique du carre de la variable aleatoire centree.

$$\sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^2 \cdot W(x) dx$$

1.2.3 Ecart type :

C'est la racine carré de la variance.

$$\sigma_x = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^2 \cdot W(x) dx}$$

Remarque :

La variance et l'écart type caracterisent la dispersion des valeurs de la variable aleatoire autour de la moyenne.

1.3 Fonction de repartition :

Elle exprime la probabilite que la variable X soit inferieur à une valeur x donnée.

$$F(x) = \text{Prob}(X \leq x)$$

$F(x)$ est une fonction non décroissante de x , avec :

$$F(-\infty) = 0 \text{ et}$$

$$F(\infty) = 1$$

1.4-Densité de probabilité :

Par définition, c'est la dérivée de la fonction de répartition.

$$W(x) = dF(x) / dx \quad \forall x, W(x) \geq 0$$

La fonction de répartition s'exprime en fonction de $W(x)$ par:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x W(x) dx$$

d'où

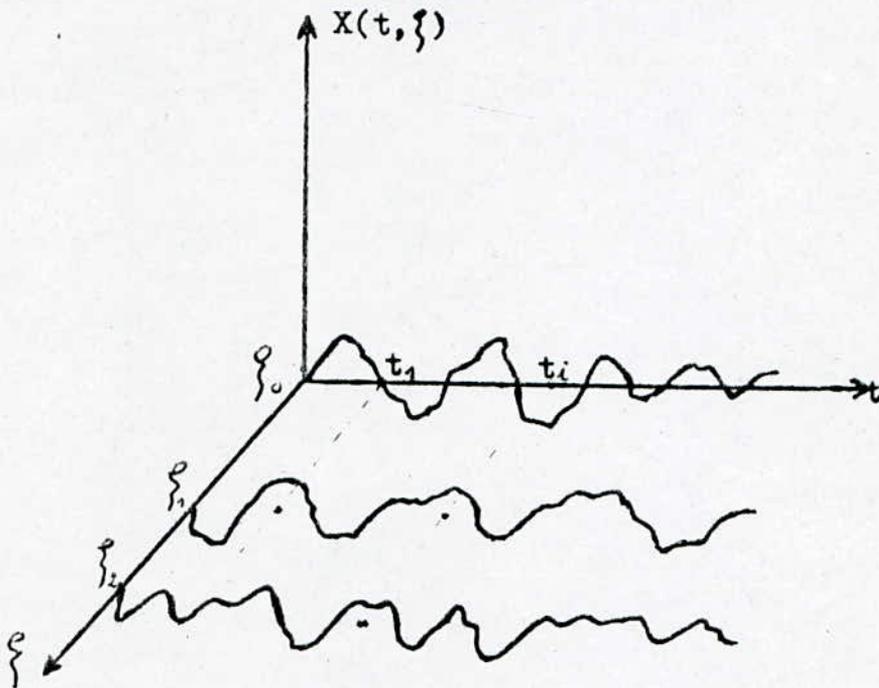
$$\int_{-\infty}^{\infty} W(x) dx = 1.$$

1.5- Notion de processus aleatoire:

Mathematiquement un processus aleatoire (stochastique) peut etre defini comme une famille de fonction reelles ou complexes a deux ou plusieurs variables notees $X(t, \xi)$ ou simplement $X(t)$. En theorie du signal la variable t represente le temps, la variable ξ denote la nature aleatoire du processus.

ξ est un element de l'espace des epreuves (ensemble des resultats possibles d'une experience statistique) et depend des lois du hasard.

On appelle realisation l'ensemble des resultats d'une experience.



1.6- Classification des processus aleatoire:

Les processus aleatoire peuvent etre classe en trois types de processus.

- processus stationnaire
- Processus quasi stationnaire
- Processus non stationnaire .

1.6.1. Processus stationnaire:

Un processus aleatoire est dit stationnaire au sens strict si toutes ses proprietes statistiques sont invariantes dans le temps .

Il est dit stationnaire au sens large lorsque seules sa valeur moyenne et sa fonction d'autocorrelation sont invariantes dans le temps.

1.6.2. Processus quasi stationnaire:

Certains processus admettent une stationnarite dans un intervalle de valeurs donne, on dit qu'ils sont quasi stationnaire. ~~C'est a dire qu'une realisation suffit pour caracteriser le processus.~~

On peut citer plusieurs signaux a caractere quasi stationnaire exemple la parole, certains types de musique, et pour un certain temps d'analyse T , on constate que les caracteristiques temporelles sont constantes.

1.6.3. Processus non stationnaire:

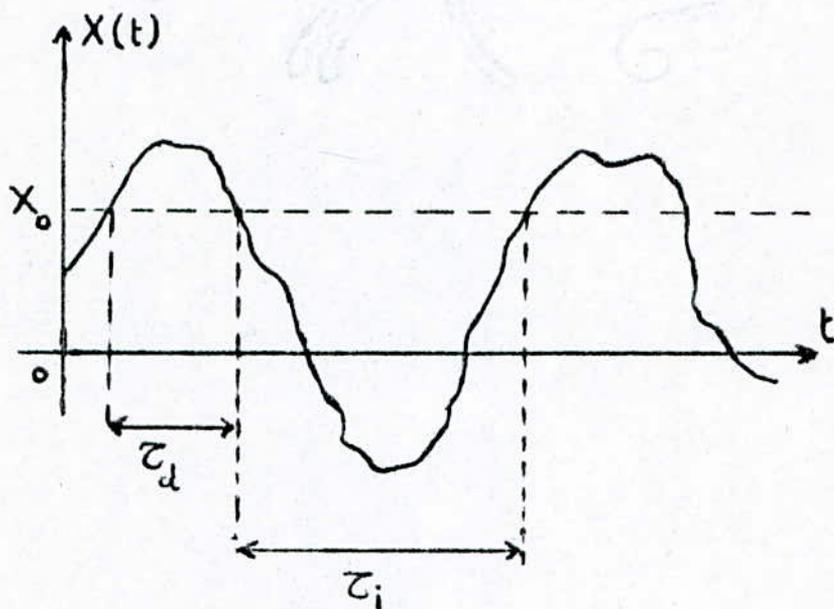
Un processus non stationnaire est un processus qui ne peut pas etre regi par une loi probabiliste, et dont les caracteristiques temporelles sont variables.

1.7- Ergodicite:

Un processus aleatoire est dit ergodique si l'on peut identifier les valeurs moyennes statistiques aux valeurs moyennes temporelles. *C'est a dire qu'une realisation suffit pour caracteriser le processus.*

1.8 - Notion de dépassement:

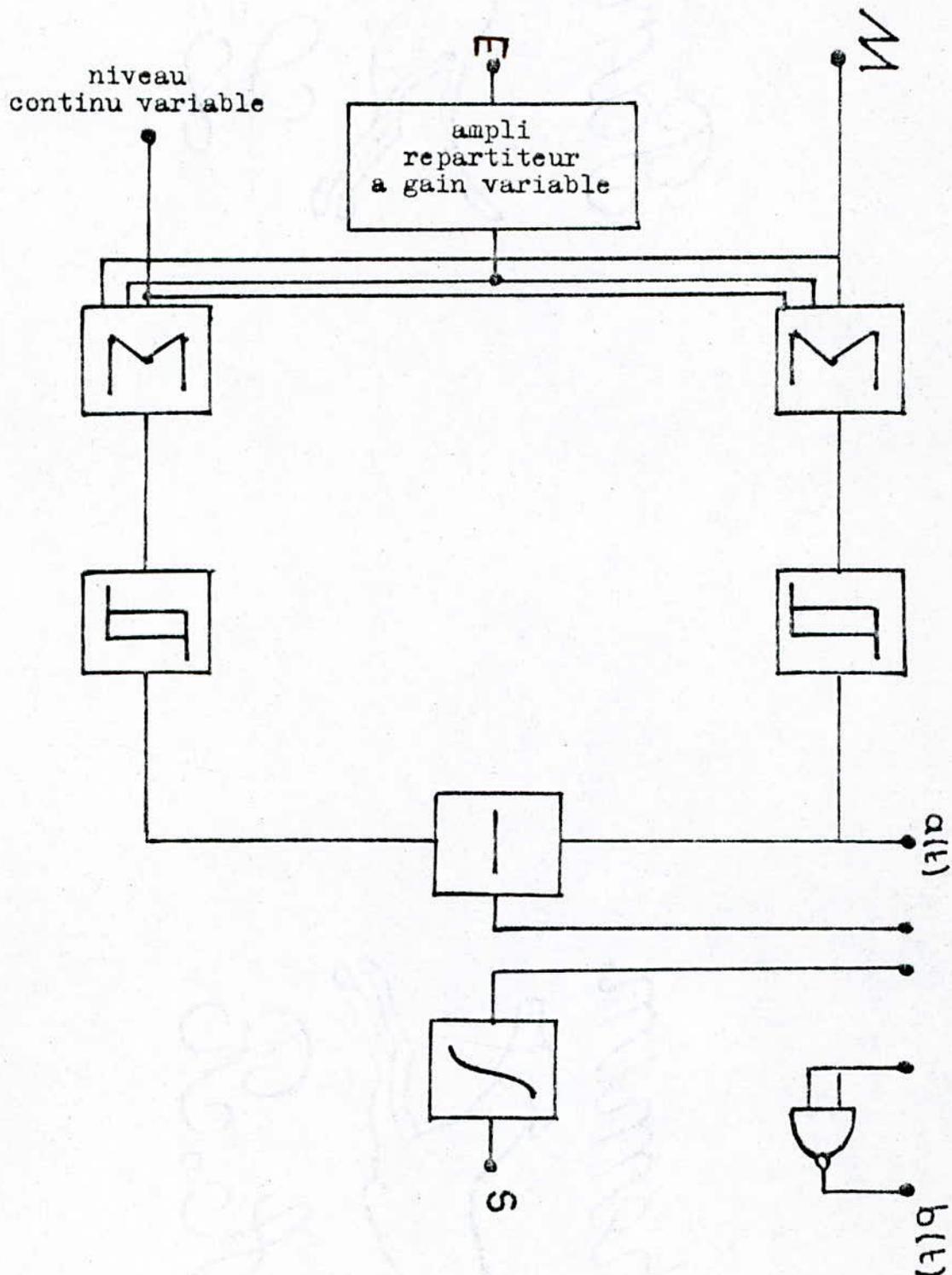
Pour de divers problèmes, on a besoin de connaître quelques caractéristiques numériques d'un signal aléatoire $X(t)$, par exemple la durée τ_d des dépassements par rapport à un certain niveau X_0 donné et la durée τ_i des intervalles séparant les dépassements, c'est à dire l'intervalle de temps durant lequel $X(t)$ est inférieur à X_0 .



En pratique on ne se contente pas des durées τ_d et τ_i , mais il est plus intéressant de déterminer leur valeur moyenne pendant un temps d'analyse T .

CHAPITRE II - DETERMINATION EXPERIMENTALE DE LA FONCTION DE
 REPARTITION ET DE LA DENSITE DE PROBABILITE
 D'UN SIGNAL ALEATOIRE.

2.1- Schéma synoptique :



2.2- Principe de fonctionnement:

Le schéma synoptique proposé a pour but de faire apparaître sur l'écran d'un oscilloscope les courbes de la densité de probabilité et de la fonction de répartition d'un signal aléatoire.

2.2.1. Estimation de la fonction de répartition:

La fonction de répartition d'une variable aléatoire X peut être estimée par:

$$F(x) = \tau / T_a$$

Elle est représentée par une impulsion de durée égale à la durée de l'intervalle séparant deux extrémums (fig 2.2.a).

La probabilité est maximale pour $\tau = T_a$, dans ce cas

$$F(x) = 1 \text{ (événement certain) .}$$

Le système d'estimation de la fonction de répartition $F(x)$ est constitué par une suite d'étages dont lesquels on signale la présence d'un comparateur qui compare le signal $X(t)$ à une tension continue X_0 , dès que le signal aléatoire $X(t)$ dépasse le niveau X_0 , le comparateur délivre une tension continue dont l'amplitude est invariable.

Pour pouvoir visualiser sur l'écran de l'oscilloscope la courbe de la fonction de répartition, il est indispensable que le niveau soit variable.

Pour cela on doit avoir une variation continue du niveau X_0 en utilisant un signal en dent de scie (base de temps de l'oscilloscope) .

2.2.2. Estimation de la densité de probabilité :

La densité de probabilité d'une variable aléatoire X peut être estimée par :

$$W(x) = \tau_i / \tau_a$$

Elle est représentée par une impulsion dont la durée est égale à la différence des durées des deux impulsions correspondantes aux niveaux $X_0 + dX$ et X_0 (fig 2.2.b).

Pour obtenir la densité de probabilité d'un signal aléatoire on a besoin de deux signaux de référence $X_0 + dX$ et X_0 comme l'indique le schéma de la (fig 2.2.c).

2.2.3. Visualisation des courbes:

Jusqu'ici on a parlé de la transformation du signal aléatoire en impulsion dont les durées sont équivalentes à des probabilités, à cette étape (sortie des soustracteurs), la visualisation des courbes $F(x)$ fonction de répartition et $W(x)$ densité de probabilité, n'est pas possible. Pour y remédier on est amené à transformer la durée des impulsions en amplitude, ceci est réalisé par un intégrateur de constante de temps bien précise.

(dans notre cas $HC = 220$ ms qui est la durée moyenne d'un son).

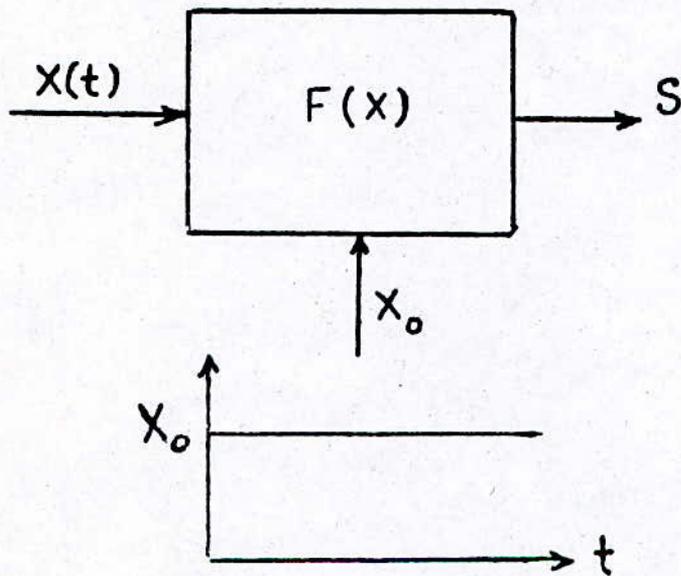
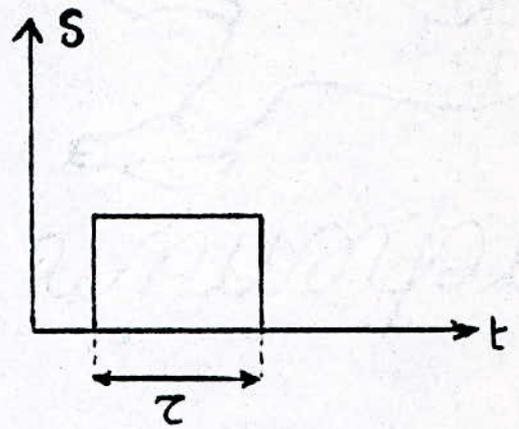
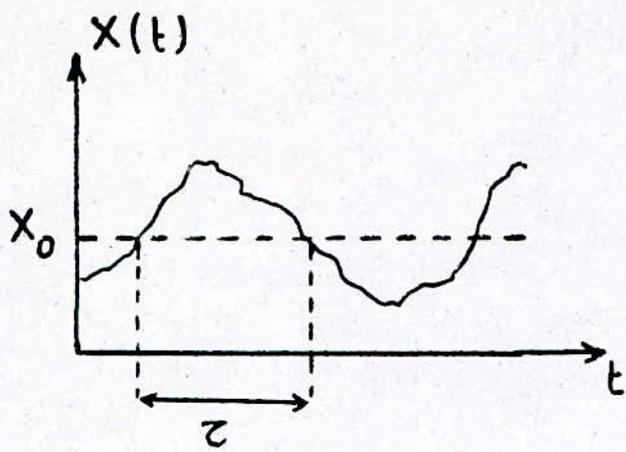


FIG: 2.2.a

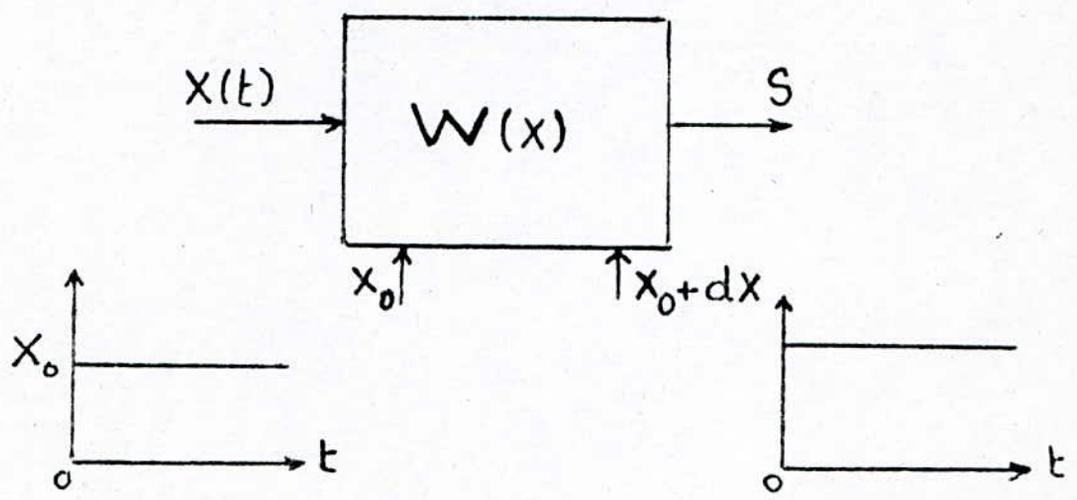
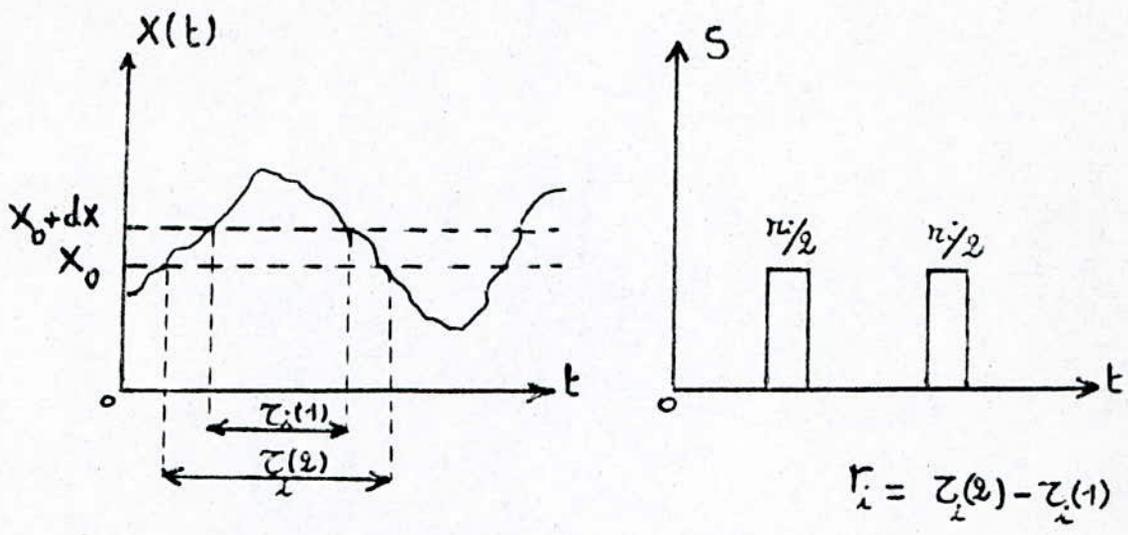


FIG: 2.2.b

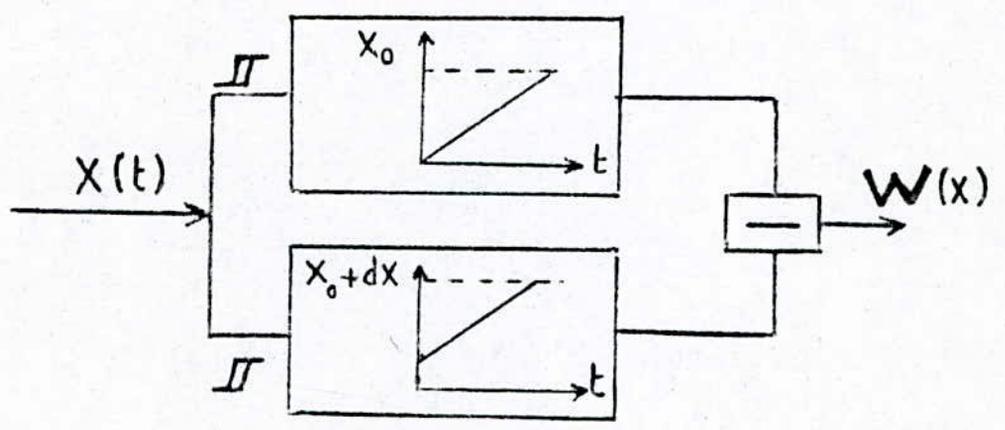


FIG: 2.2.c

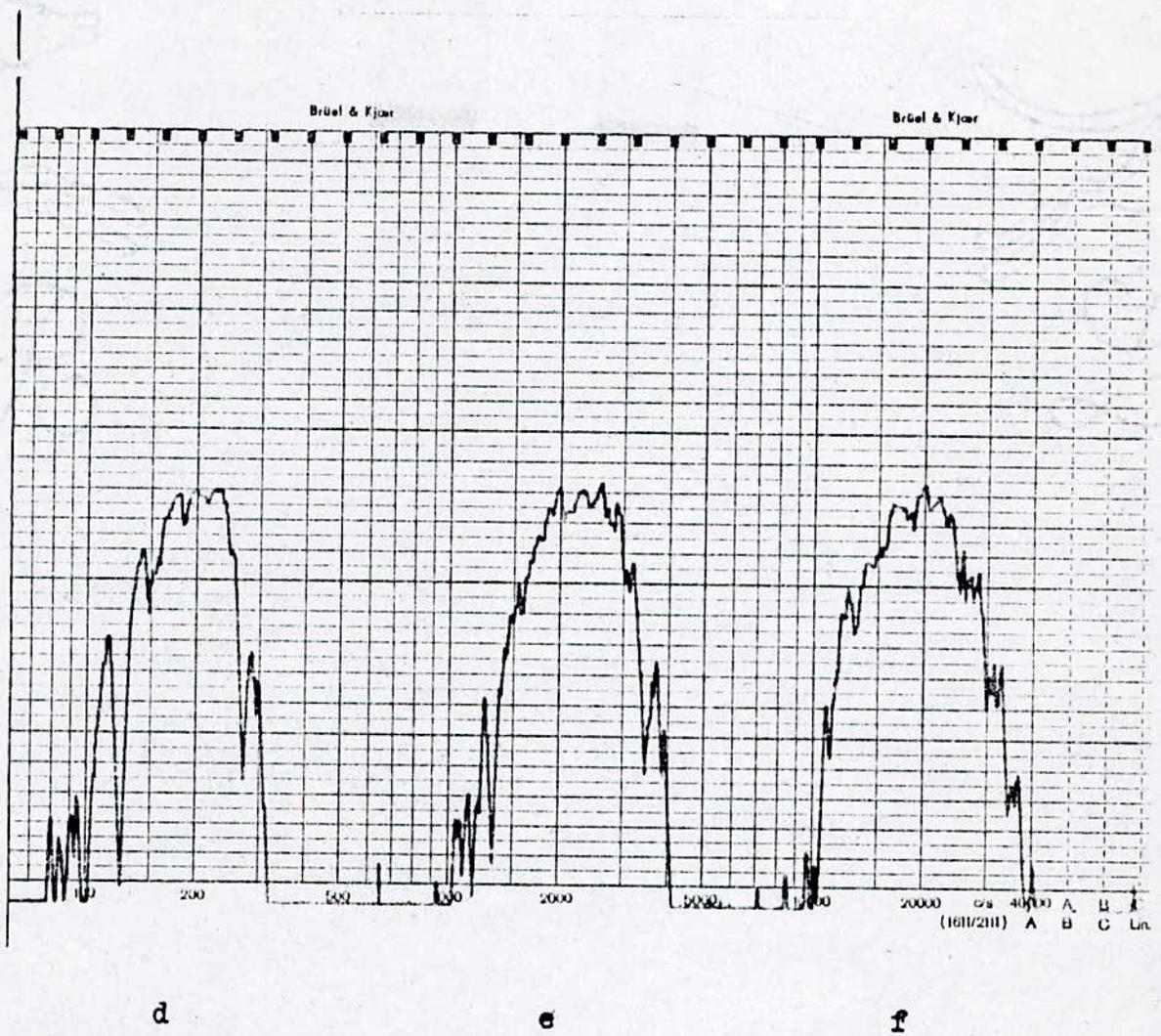


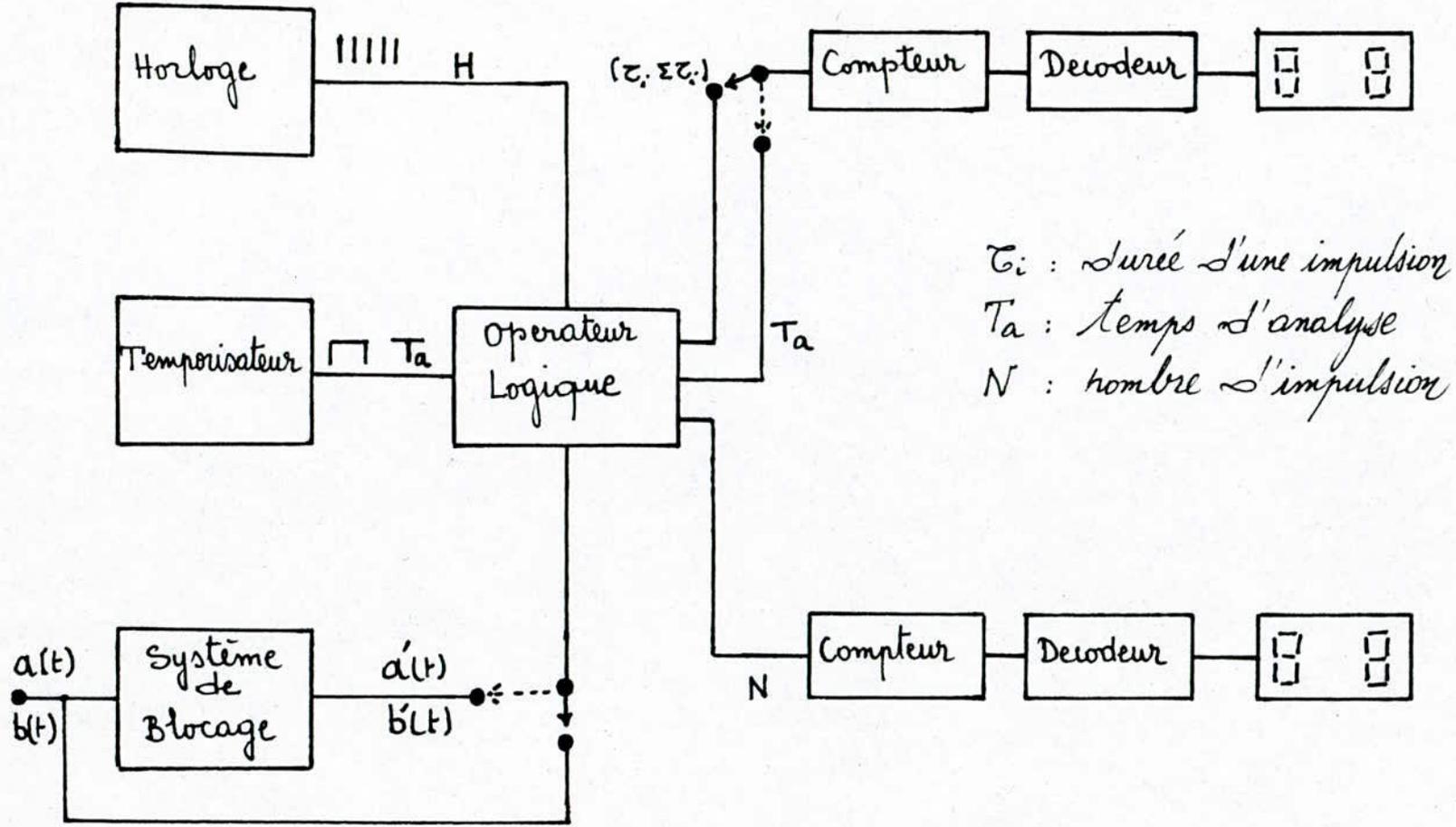
fig 2.4 Densite de probabilité d'un bruit :

CHPITRE III - ANALYSE DES EXTREMUMS.

L'analyse des 'extremums est une forme d'etude particuliere des systemes aleatoires, son importance est montrée par le nombre de travaux faits à travers le monde.

L'etude des 'extremums permet de situer la surcharge d'un canal de transmission, elle permet également de mieux definir certains aspects statistiques necessaires à un meilleur traitement des signaux informationnels, tel que la regulation des niveaux.

3.1- Schema synoptique :



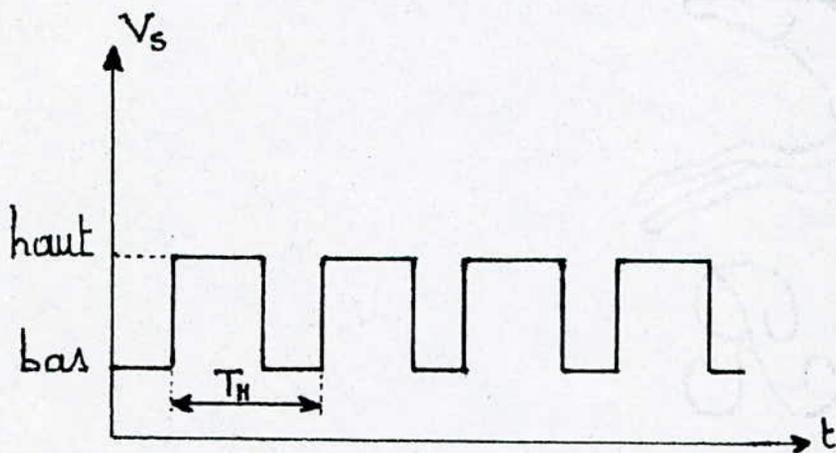
3.2- Fonctionnement électronique :

Il est nécessaire de décrire brièvement le fonctionnement et le rôle de chaque circuit pour comprendre et pouvoir suivre les étapes par lesquelles passe le signal aléatoire depuis l'entrée jusqu'à la sortie.

3.2.1 Circuit d'horloge :

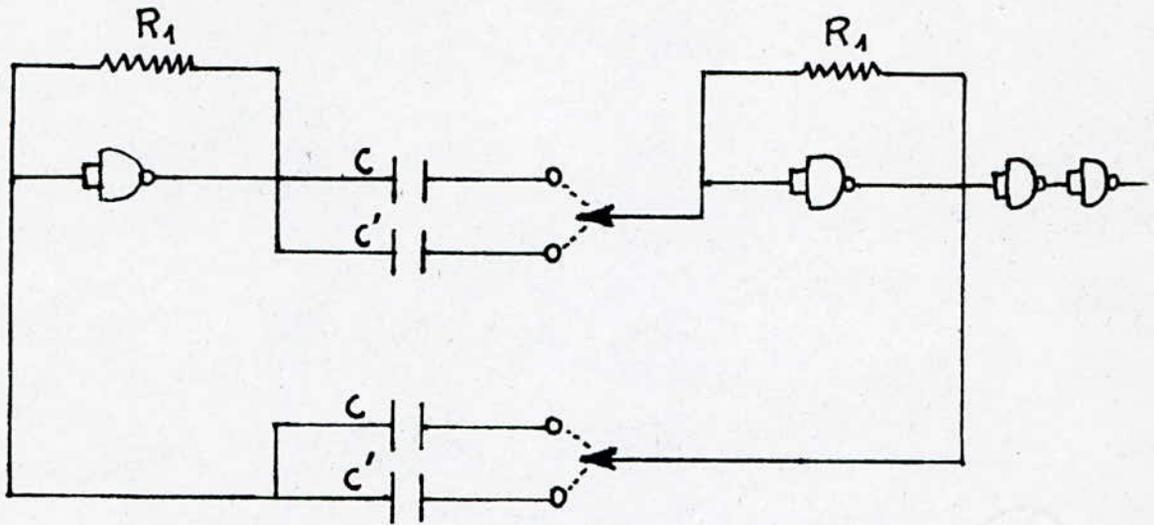
Le circuit d'horloge est à la base d'un circuit intégré SN7400, c'est un multivibrateur astable.

C'est un oscillateur délivrant en sortie une tension rectangulaire évoluant perpétuellement entre deux états instables, l'un haut, l'autre bas. (fig 3.2.a)



Fonctionnement de l'astable (fig 3.2.a)

Schema electrique :



A l'aide de ce circuit on ^{peut} obtenir deux fréquences f_1 et f_2 selon un système de commutation c'est à dire suivant le choix de la capacité C ou C' ,

A la sortie du circuit d'horloge on trouve deux diviseurs de fréquences par 10 montés en cascade.

Ils servent à multiplier la période d'horloge T_n par 10 et par 100 respectivement, de manière à avoir 6 temps d'horloge.

$f_1 = 1 \text{ MHz}$	$f_2 = 7 \text{ KHz}$
$T_1 = 1 \mu\text{s}$	$T_1' = 150 \mu\text{s}$
$T_2 = 10 \mu\text{s}$	$T_2' = 1,5 \text{ ms}$
$T_3 = 100 \mu\text{s}$	$T_3' = 15 \text{ ms}$

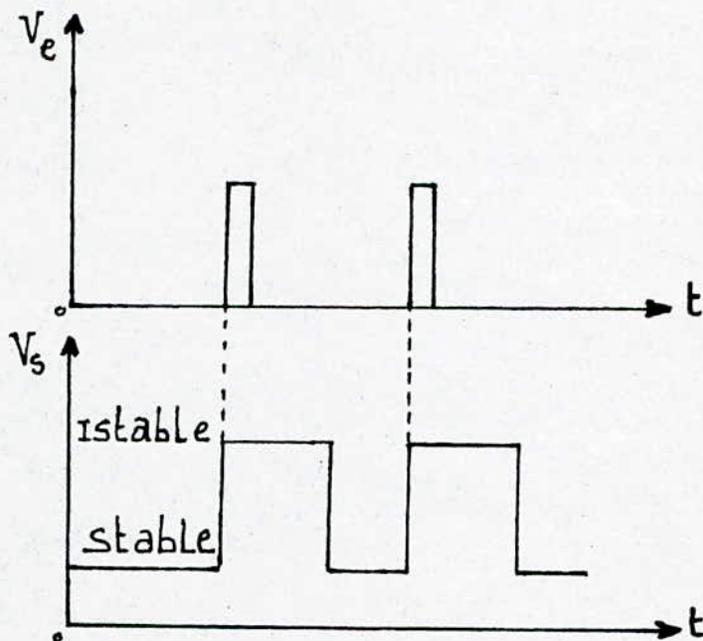
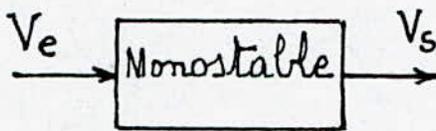
3.2.2. Générateur d'impulsions (Temporisateur)

Il est à la base d'un circuit integre SN 74121N monté en multivibrateur monostable.

C'est un montage possédant deux états de fonctionnement differents; l'un stable l'autre instable.

Le montage étant initialement à l'état stable, une impulsion de commande le fait passer à l'etat instable puis ,le montage revient de lui même à l'etat stable au bout d'un temps T dépendant du circuit et appelé période du monostable.

On a donc les chronogrammes suivants :



Ce circuit possède trois entrées de commande, A_1, A_2 et B. (fig 3.2.b)

- Les entrées A_1 et A_2 permettent de déclencher le monostable sur les fronts descendants.
- L'entrée B est suivie d'un trigger de SCHMITT qui permet de déclencher le monostable sur une montée lente du signal appliqué en B.

Pour obtenir le déclenchement du circuit, il suffit d'amener l'entrée B de 0 à 1, en maintenant à 0 au moins une des deux entrées A_1 ou A_2 .

La durée de l'impulsion de sortie est donnée par l'expression suivante:

$$T = C_t \cdot R_t \cdot \ln 2 = 0,7 \cdot C_t \cdot R_t$$

- Un potentiomètre monté en résistance variable permet de faire varier la largeur de l'impulsion de sortie comme l'indique le tableau suivant :

C \ T	T_a : temps d'analyse
C_{t1}	4 μs à 400 ms
C_{t2}	400 ms à 4 s

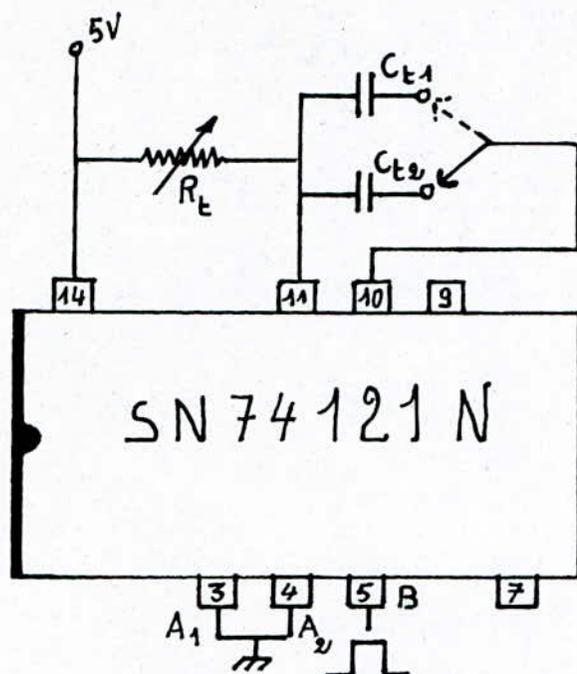


fig 3.2.b

3.2.3. Circuit de blocage :

Le circuit de blocage est constitué d'une bascule D (CI SN 7474) et une porte AND (CI SN 7408) , (fig 3.2.c).

Le blocage s'effectue comme suit :

Au passage de la première impulsion du signal $a(t)$, l'interrupteur Int étant commuté sur la position 2, la porte AND (1) est alors commandée par la sortie Q de la bascule D.

En appliquant une tension sur l'entrée preset, la sortie Q est mise à 1 et la porte est alors ouverte.

Au front descendant de l'impulsion $a(t)$, la sortie Q est mise à 0, et la porte AND (1) est alors fermée.

Lorsque l'interrupteur Int est commuté sur la position 1 la porte est constamment ouverte, il n'y a pas de blocage.

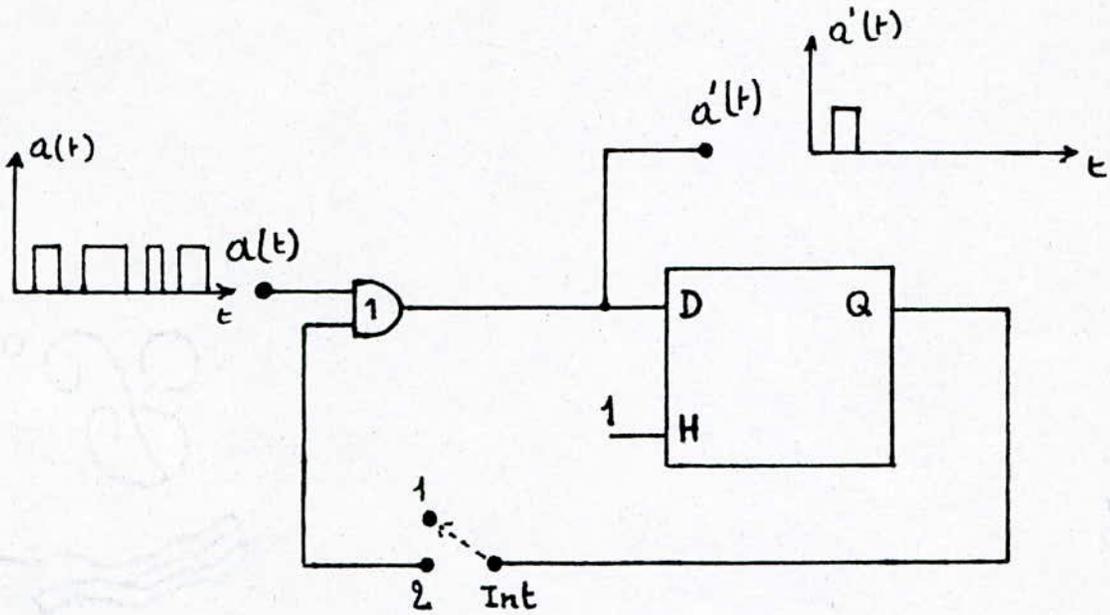
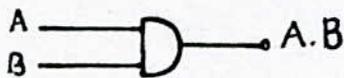


fig 3.2.c

3.2.4. Operateur logique :

L'opérateur logique est constitué d'un circuit intégré SN 7408 comportant 4 portes AND.

Cet opérateur permet de faire des multiplications logiques comme l'indique la table de vérité.



A	B	A.B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

3.2.5. Comptage :

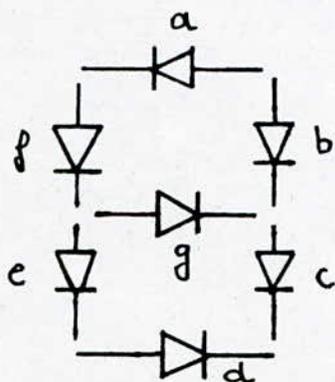
Le comptage est confié à un compteur à decade SN 7490.
La présentation du comptage s'effectue en code binaire.

3.2.6. Decomptage :

Le decomptage est confié à un circuit intégré SN 7447, qui est un decodeur BCD, 7 segments le plus répandu, ce circuit à même de réaliser seul le transcodage entre un code binaire et les segments à allumer pour représenter le chiffre ainsi exprimé, d'autre part il dispose des sorties à collecteur ouvert autorisant une liaison directe avec des afficheurs à anodes communes.

3.2.7. Les afficheurs :

Les afficheurs utilisés sont du type FND 567 à anodes communes de couleurs rouge, deux pour l'affichage du nombre d'impulsions et deux pour la mesure des durées.



Aspect d'un afficheur 7 segments.

3.3. - MESURES EXPERIMENTALES :

3.3.1. Mesure de la durée d'un extrémum pour un niveau X_0 :

Pour effectuer cette mesure, on recueille le signal $a(t)$ à la sortie du comparateur, qui a la forme d'une suite d'impulsions à différentes durées, ou le signal demeure supérieur à un niveau X_0 .

Le signal $a(t)$ passe ensuite dans un système de blocage qui laisse passer à sa sortie seulement la première impulsion $\hat{a}(t)$ de durée τ_i .

Durant le temps τ_i de l'impulsion $\hat{a}(t)$ la porte de l'opérateur logique est ouverte et laisse passer N impulsions d'horloges, ce nombre d'impulsions va être affiché (fig 3.3.a).

Par conséquent la durée τ_i sera évaluée comme suit :

$$\tau_i = N \cdot T_h$$

T_h : période d'horloge

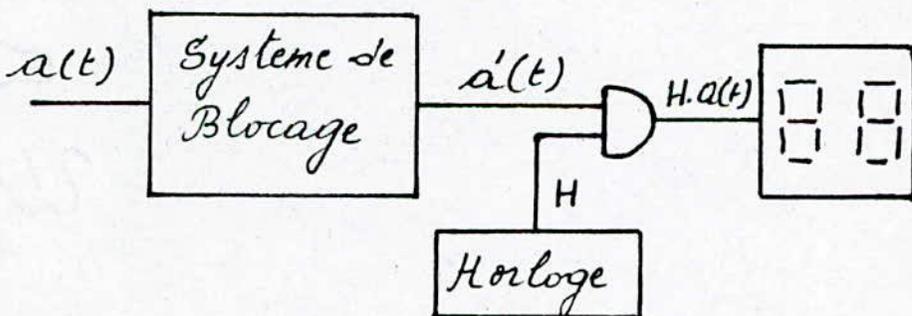
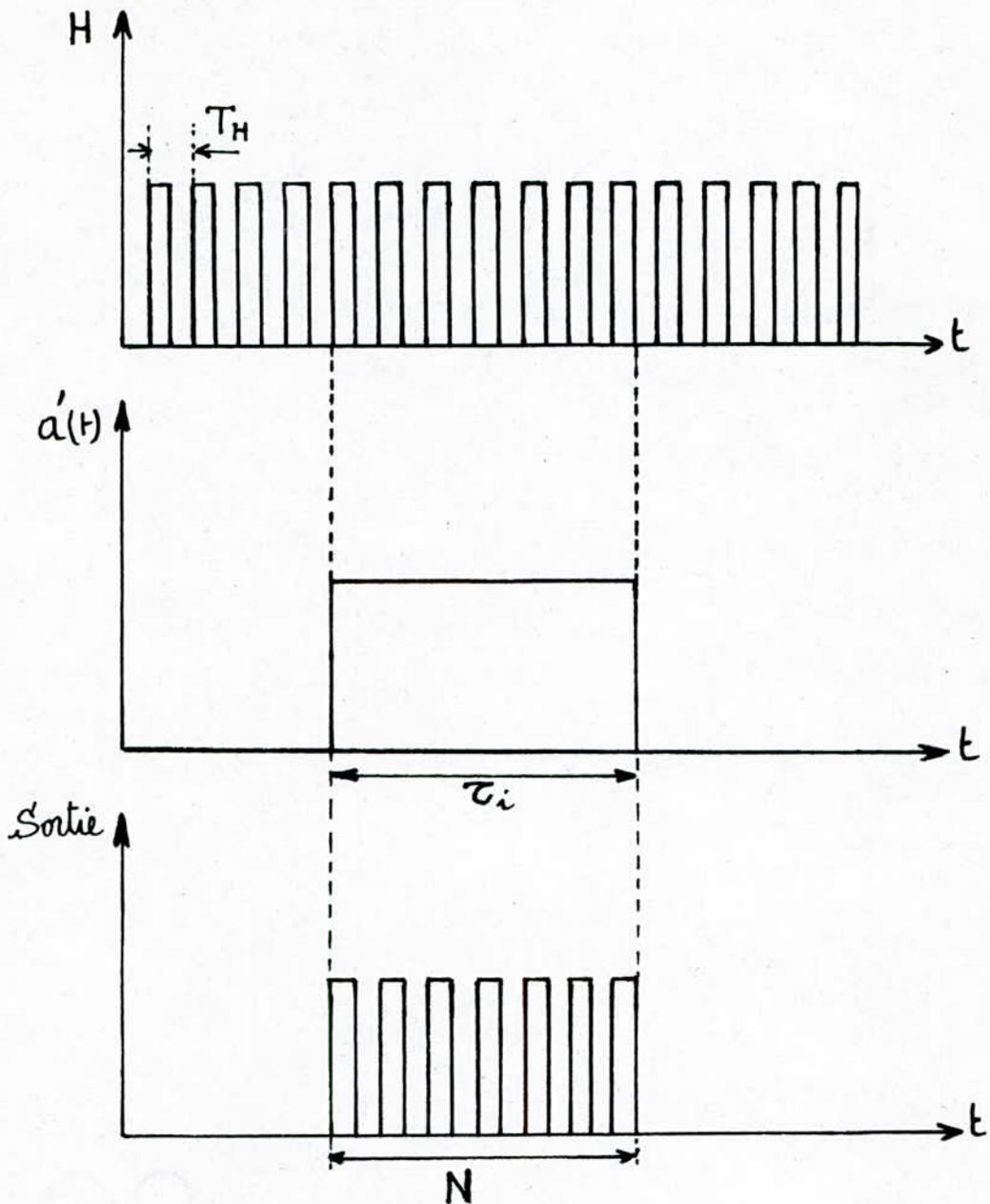


fig 3.3.a

Le chronogramme suivant montre l'allure des signaux recueillis en divers points du montage .



T_H est choisie de telle sorte qu'il n'y ait pas de dépassement des afficheurs.

3.3.2. Mesure de la moyenne des durées des extrémums $\bar{\tau}$ pour un niveau X_0 :

La valeur moyenne des durées τ_i pendant un temps d'analyse T (fig 3.3.b) est définie par :

$$\bar{\tau} = \frac{\sum \tau_i}{N_1}$$

τ_i : durée d'un extrémum

N_1 : le nombre d'impulsions de $a(t)$ durant le temps d'analyse T .

La figure 3.3.c montre comment s'effectue la mesure de $\bar{\tau}$.
principe :

Le signal $a(t)$ est appliqué directement à l'entrée de deux portes AND (opérateur logique) sans passer par le système de blocage.

La porte (1) a trois entrées, reçoit le signal $a(t)$, le signal d'horloge et en fin l'impulsion T_a (générée par le temporisateur) dont la durée représente le temps d'analyse.

La porte (2) a deux entrées, reçoit le signal $a(t)$ ainsi que le signal généré par le temporisateur (l'impulsion T_a).

La commande de la porte (1) est pilotée par T_a , en effet tant que cette impulsion est à l'état 1, la porte AND est ouverte et le compteur compte la durée de $\sum \tau_i$, mais dès que T_a est à zéro la porte est fermée, et aucune

impulsion d'horloge ne sera comptée par le décompteur.

- La commande de la porte (2) elle aussi est pilotée par l'impulsion T_a , lorsque cette impulsion est au niveau 1 la porte est ouverte et laisse passer les N_1 impulsions de $a(t)$ qui se trouvent présentes pendant le temps d'analyse T_a .

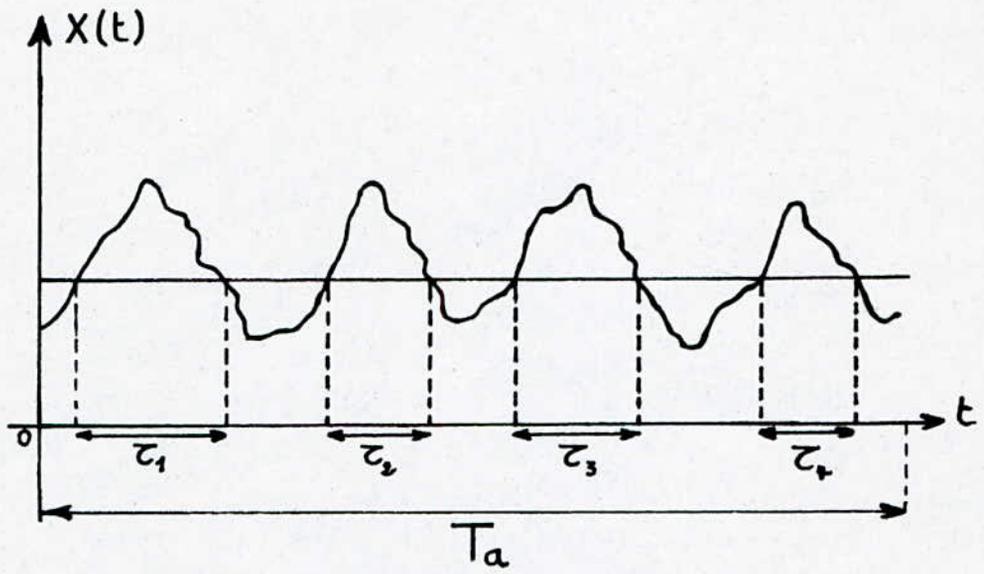


fig 3.3.b

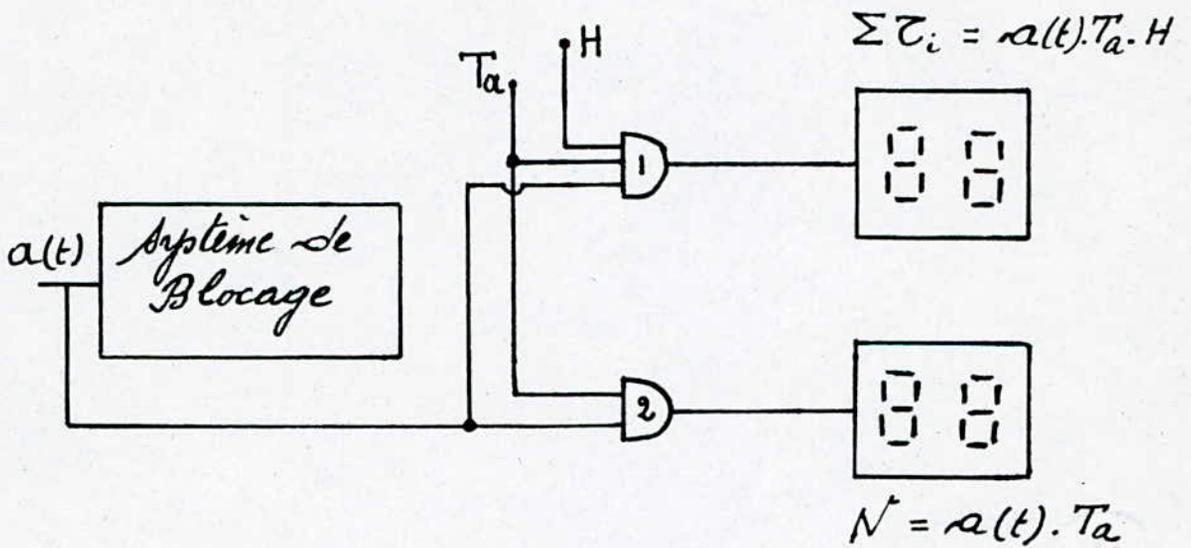
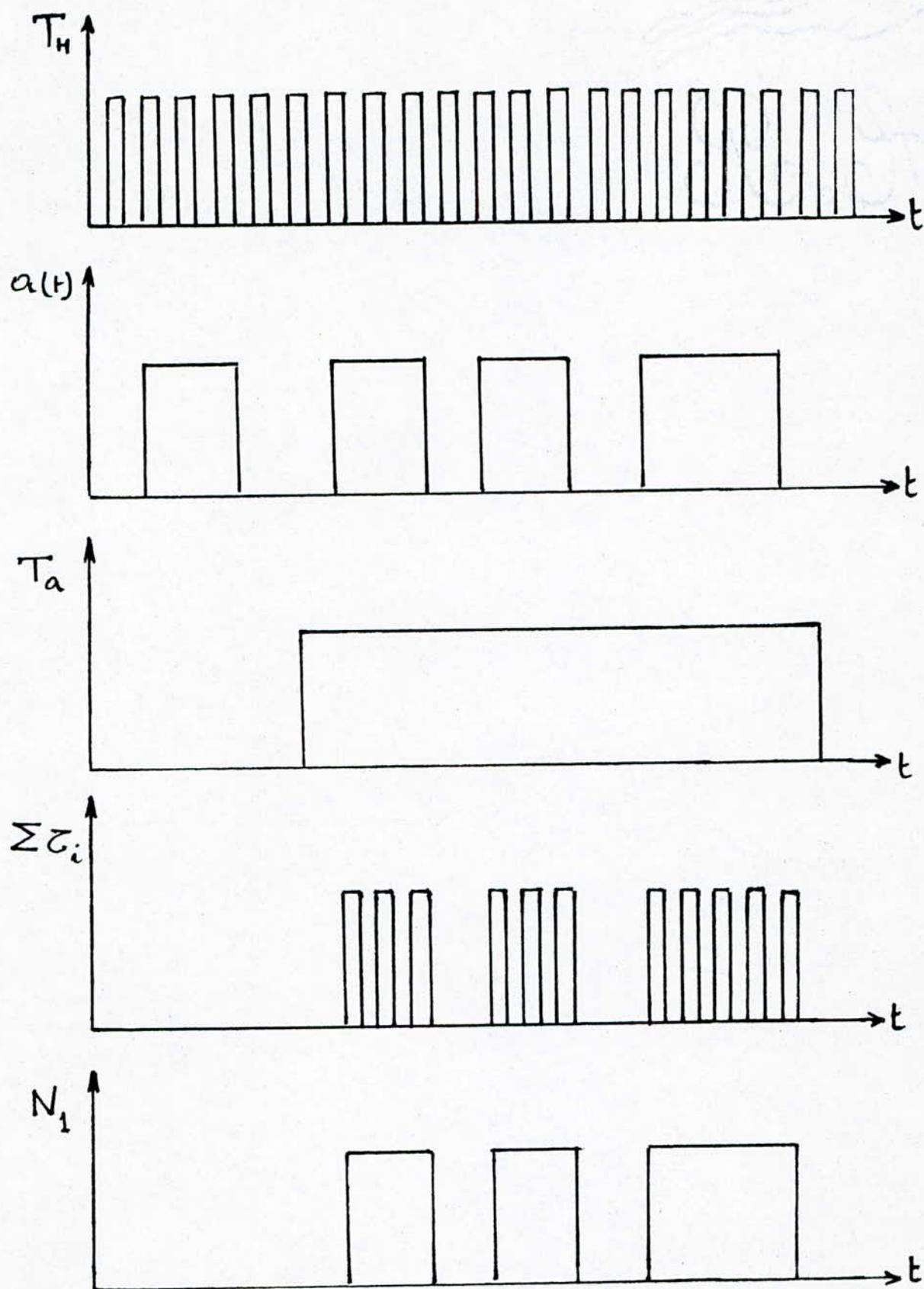


fig 3.3.c



Les chronogrammes suivants montrent l'allure des signaux recueillis en divers points.

3.3.3. Mesure de l'intervalle de temps séparant deux extremums I_1 pour un niveau X_0 :

Le signal $b(t)$ est obtenu a partir du signal $a(t)$ apres passage par une porte inverseuse (fig 3.3.d).

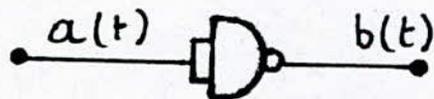
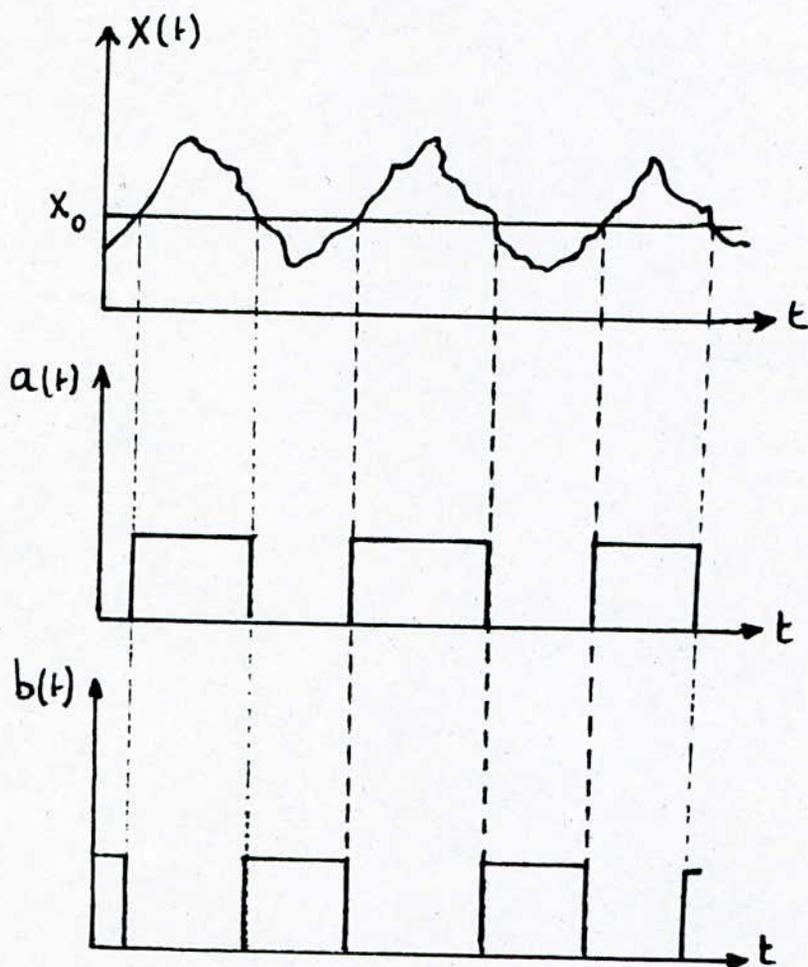


fig 3.3.d

- Comme on peut le constater sur la fig 3.3.d le signal $b(t)$ lui aussi représente une suite d'impulsions de différentes durées et pour cela il sera traité de la même façon que le signal $a(t)$, soit pour la durée d'un intervalle ou la durée moyenne de ces intervalles, de telle sorte à avoir;

$$I_i = N \cdot T_H$$

$$\bar{I} = \frac{\sum I_i}{N_1}$$

CHAPITRE IV - AMELIORATIONS TECHNOLOGIQUES APPORTEES SUR
LE DISPOSITIF DE MESURE ET PROPOSITION
DE MANIPULATIONS

4.1- Réalisation d'un générateur de bruit blanc:

A partir des signaux musicaux que l'on considère comme étant des signaux aléatoires qui ont une distribution statistique de type Gaussien, on a obtenu des résultats satisfaisants à l'aide de notre dispositif de mesure.

Mais en cas où l'on ne dispose pas de ces signaux aléatoires, on a opté pour la réalisation d'un générateur de bruit blanc incorporé à l'intérieur du boîtier, facilitant ainsi la manipulation.

Le but du générateur est de générer un certain bruit qui représentera le signal aléatoire désiré pour être étudié par la suite.

Ce bruit blanc représente un signal aléatoire résultat de la somme d'un très grand nombre de contributions individuelles qu'on assimile la distribution résultante à une loi de Gaus.

- On distingue deux types de generateurs de bruit:

Ceux simulant un bruit à partir d'un signal pseudo-aleatoire et ceux qui amplifient le bruit de fond fourni par un composant approprié.

- Nous utiliserons le second type .

Principe :

En polarisant une diode en inverse dans sa zone d'avalanche et sous un courant de faible valeur on réalise un generateur de bruit blanc, ou théoriquement toutes les fréquences du spectre (audible) ont la même énergie.

Le phénomène est dû à l'agitation électronique dans le cristal lorsque la tension de polarisation se situe au voisinage du coude de la caractéristique inverse.

Pour pouvoir exploiter cet effet, il est préférable d'employer un transistor qui présente une tension d'avalanche faible pour la jonction E.B (fig 4.1.a).

4.2 - Amplificateur suiveur :

L'interet principal de cet amplificateur suiveur est d'assurer la separation entre l'entree du signal en dent de scie preleve directement de la sortie swantauth de l'oscilloscope et l'entree dessommateurs.

- On a utilise un amplificateur operationnel du type μA 741 comme suiveur de tension de precision, en reliant la borne (+) de l'amplificateur directement au signal d'entree qui est la dent de scie, et la borne (-) est reliee a la sortie (entree des sommateurs) fig 4.1.b

On realise ainsi un amplificateur de gain unite.

4.3- Réglage du pas et du parallélisme:

Le pas dx a un rôle très important dans la détermination de la densité de probabilité du signal aléatoire, comme l'indique la relation suivante:

$$W(x) = p(x+dx) - p(x)$$

On a constaté qu'il existe une influence mutuelle entre le réglage du pas et celui du parallélisme du fait que si l'on augmente trop le pas, on perd le parallélisme des deux signaux, et si on le diminue trop, les deux signaux se croisent (fig 4.3.a,b).

Pour avoir le compromis entre le pas et le parallélisme on a pensé à limiter la variation du potentiomètre P_1 qui règle la variation du pas en procédant comme suit:

On met une résistance fixe qui possède une valeur à partir de laquelle les deux signaux sont en parallèle, puis en ajoutant en série un potentiomètre (fig 4.3.c), afin de pouvoir commander la plage de variation de façon à faire varier le pas entre les deux signaux (fig 4.3.d) tout en restant parallèles, lorsque le potentiomètre atteint sa valeur maximale.

4.4.4. Circuit intégrateur :

Les circuits intégrateurs sont souvent utilisés dans l'industrie électronique . Ils réalisent l'opération mathématique d'intégration, le résultat étant présenté soit sous forme analogique, soit sous forme numérique .

Principe de l'intégrateur :

Le montage de base d'un intégrateur est représenté sur la (fig 4.4 .a).

L'amplificateur opérationnel étant supposé parfait , ce qui n'est pas vrai en pratique . Si l'intégrateur est un circuit qui présente une très bonne immunité aux parasites , il est par contre sensible à certaines imperfections du montage, par exemple une petite erreur d'entrée intégrée pendant un temps important peut donner une valeur de sortie totalement erronée.

On peut définir quatre causes d'erreur dans le montage :

- Gain limité de l'amplificateur opérationnel, au lieu d'un gain infini.
- Décalage en tension d'entrée de l'amplificateur opérationnel.
- Courant de polarisation de l'ampli opérationnel.
- Courant de fuite du condensateur .

Compensation des erreurs :

- On voit que si la durée de calcul est relativement brève , les influences du décalage en tension et du courant de polarisation sont préponderantes.
Par contre , si le temps d'opération est long, les influences du gain et du courant de fuite peuvent devenir primordiales .
Les remèdes applicables pour réduire ces erreurs sont spécifiques aux causes .

- L'amplificateur opérationnel utilise devra avoir autant que possible un très grand gain, si ce n'est pas le cas , on utilise un montage à deux amplificateurs (fig 4.4.b)).

- Le condensateur devra être à faible courant de fuite et le diélectrique employé ne devra pas présenter de phénomène de polarisation. L'emploi de condensateur téflon polyéthylène ou polycarbonate est donc recommandé .

- L'amplificateur devra avoir une très grande résistance d'entrée , les circuits a F.E.T d'entrée sont donc particulièrement conseillés .

- Le réglage de la tension de décalage devra être soigné pour les montages les plus rudimentaires , une résistance de forte valeur montée en parallèle sur le condensateur d'intégration évitera que la dérive entraîne la sortie en saturation .

4 .5. Réalisation du boîtier :

Ce dispositif de mesure pourra être l'objet de manipulations en traitement statistique des signaux aléatoires, dans les années qui viennent .

Pour faciliter la tâche au manipulateur on a réalisé un boîtier qui contient le dispositif, et en faisant apparaître sur sa face extérieure , les divers points de mesures et de réglages repérés à l'aide des douilles numérotées de 1 à 15 .

Generateur de bruit blanc :

Schema du montage :

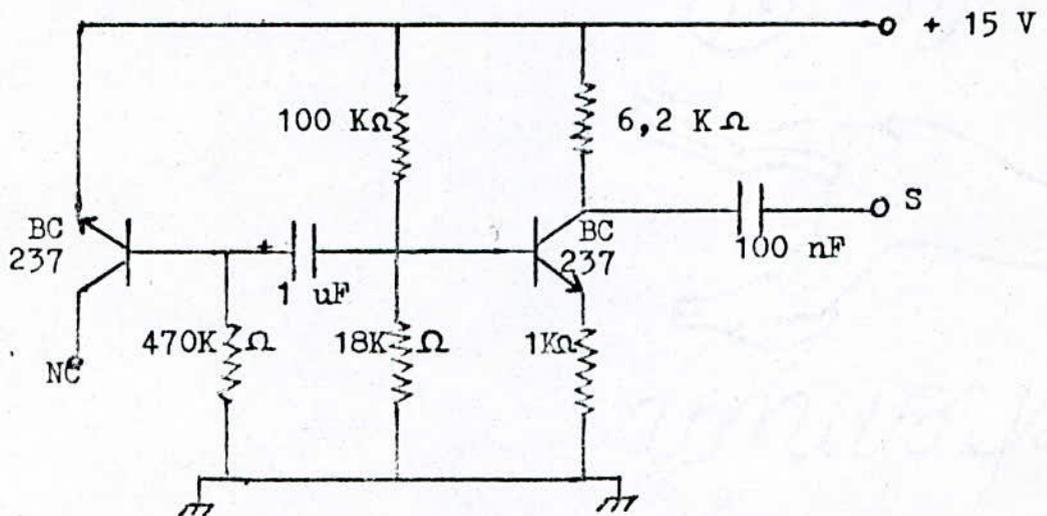


FIG: 4.1 .a

Ampli. suiveur :

$$V_s = V_e$$

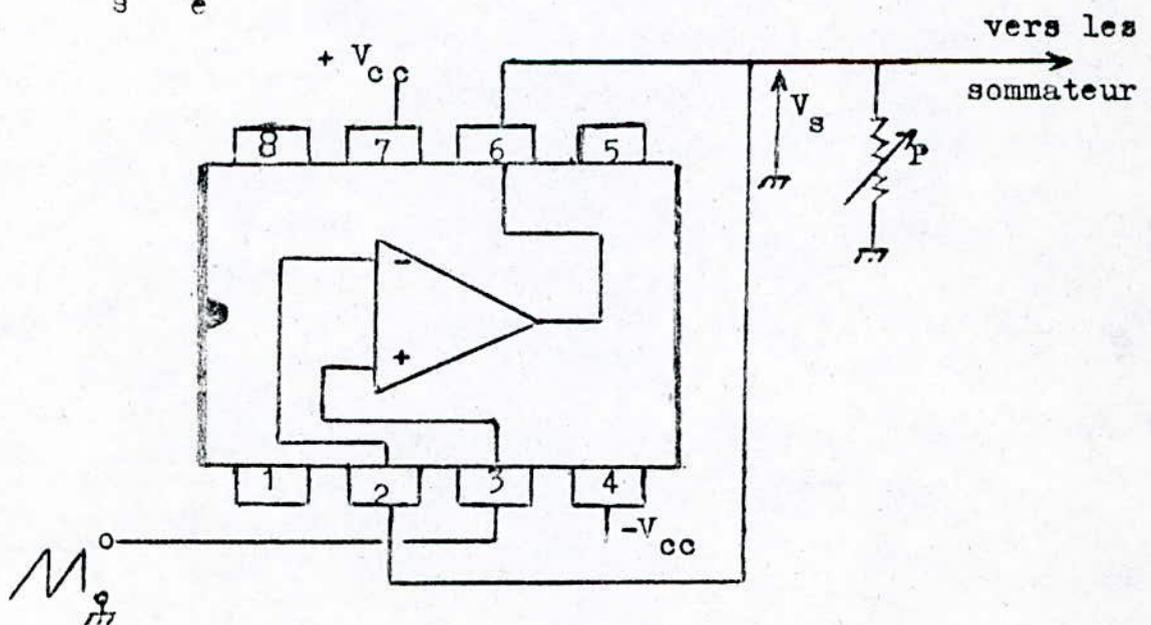
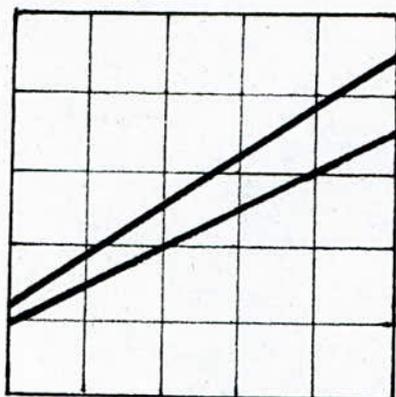
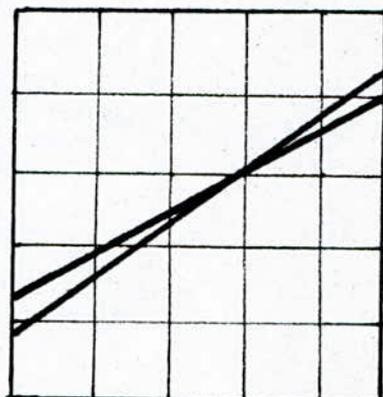


FIG: 4.1 .b



a



b

fig 4.3

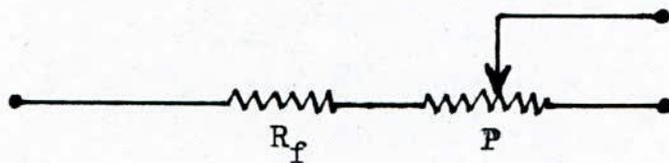


fig 4.3.c

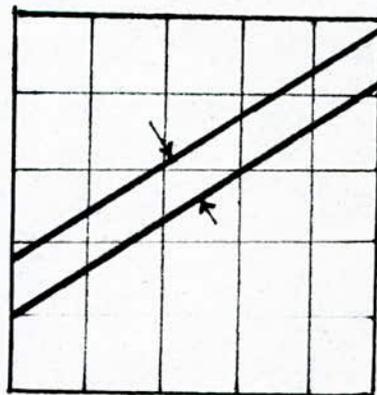
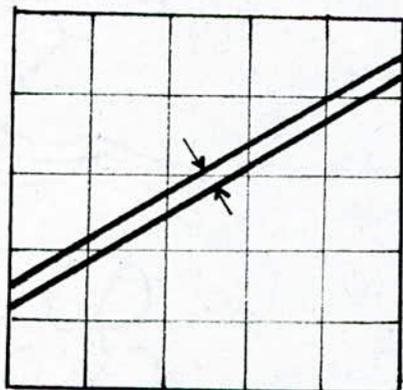


fig 4.3.d

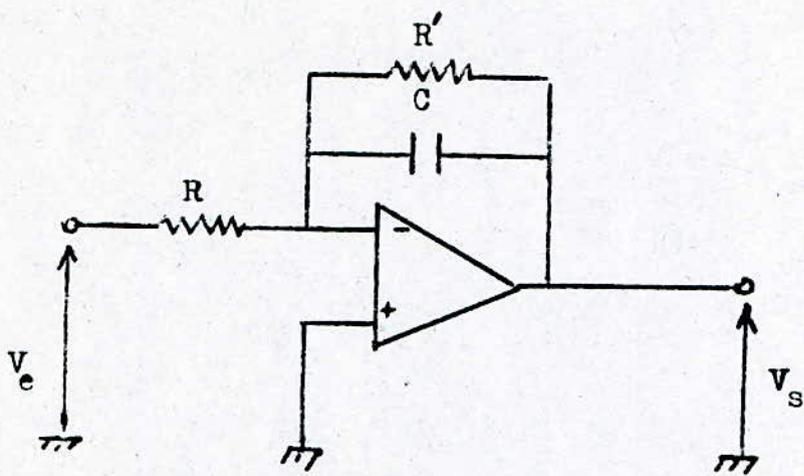


FIG: 4.4 .a

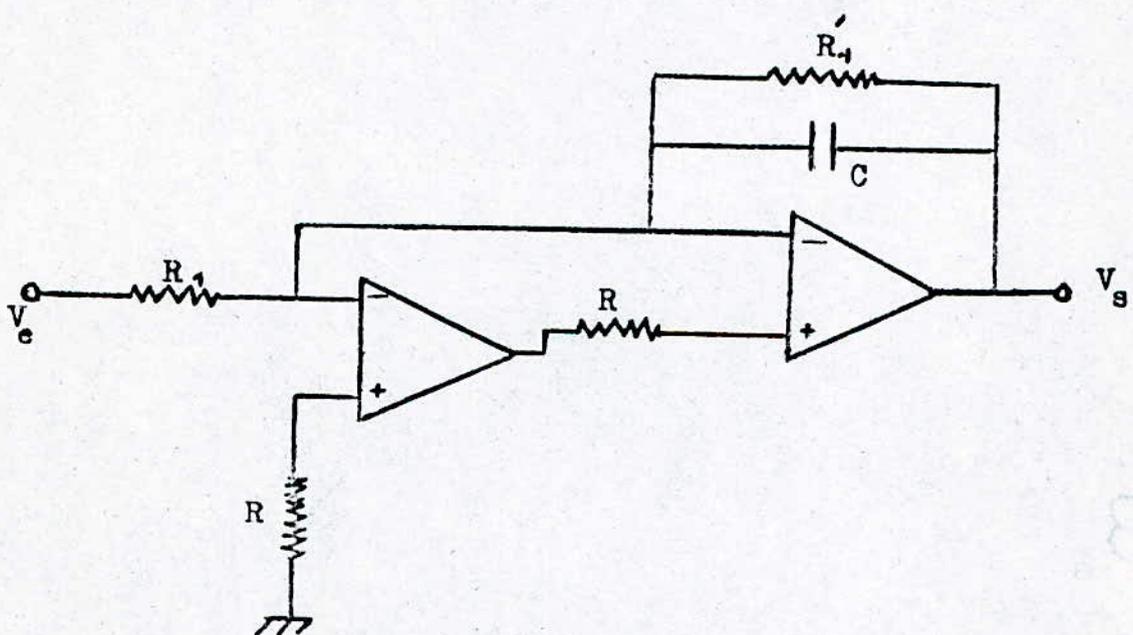


FIG: 4.4 .b

4.5 - Proposition de manipulations :

Nous proposons certains aspects qui nous semblent importants à étudier , ceux ci permettent à l'étudiant de comprendre le fonctionnement du dispositif et l'application de la théorie des statistiques en traitement du signal.

- Influence du niveau du signal d'entrée sur la forme de la courbe $W(x)$:

On ajuste A_{j1} pour voir son influence sur la forme de la courbe $W(x)$.

- Influence du signal en dent de scie:

Lorsqu 'on enleve la dent de scie, la visualisation de la courbe de densite de probabilite $W(x)$ des niveaux d'un signal aléatoire $X(t)$ par rapport à un niveau X_0 donné n'est pas possible.

En injectant le signal en dent de scie et en faisant varier son niveau, on remarque une certaine déformation sur la forme de la courbe.

On constate aussi que lorsqu'on augmente le niveau de la dent de scie, la courbe a tendance à se déplacer vers la gauche ,par contre lorsqu'on diminue ce niveau on remarque que la courbe se déplace vers la droite .

- Influence du pas dx sur la forme de la courbe de $W(x)$:

En faisant varier le potentiometre P_1 qui commande les variations du pas, on remarque un certain changement sur la forme de la courbe.

On a constaté que plus le pas est petit plus on a une bonne precision du trace de la courbe $W(x)$,

$$(W(x) = P(x+dx) - P(x)).$$

Si le pas dx est nul il n'y aura pas d'impulsion de difference à la sortie du soustracteur donc pas de visualisation de $W(x)$.

Si on augmente le pas dx on aura $P(x) > P(x+dx)$.

- Influence de la constante d'intégration \mathcal{Z} sur la forme de la courbe $W(x)$: $\mathcal{Z} = R.C$ ($P_4:R$)

En faisant augmenter la valeur du potentiometre P_4 on constate un aplatissement de la courbe $W(x)$.

Lorsqu'on diminue la valeur de P_4 on remarque que le niveau maximal de la courbe $W(x)$ augmente.

- La visualisation de la fonction de répartition $F(x)$ des niveaux d'un signal aléatoire $X(t)$ par rapport à un niveau continu X_0 , nous donne une certaine information sur la répartition des différents niveaux d'amplitudes du signal aléatoire, ainsi que la probabilité pour que $X(t) < X_0$.

- La détermination des durées de dépassements d'un signal aléatoire $X(t)$ par rapport à un niveau X_0 donné, nous donne plusieurs informations très importantes, par exemple le fait de savoir que le signal aléatoire demeure constamment supérieur ou inférieur à un certain niveau X_0 donné.

- Détermination de la fréquence d'apparition d'extremum
durant un temps T_a :

On fixe le temps d'analyse T_a .

On injecte le signal aléatoire $X(t)$ à étudier.

Si N représente le nombre de dépassements du signal $X(t)$
par rapport à un niveau X_0 donné, durant un temps d'analyse
 T_a on a :

$$f_{ex} = N / T_a$$

N : nombre d'impulsions
 $a(t)$ durant le temps
d'analyse.

On peut expliquer l'intérêt de cette opération à l'aide
d'un exemple concret:

Si on trouve que le signal aléatoire dépasse le niveau X_0 donné à plusieurs reprises, donc cela explique bien que si on veut utiliser ce signal à l'entrée d'un canal de transmission il faut que le niveau maximal d'entrée du canal soit supérieur au niveau X_0 donné.

CONCLUSION :

L'étude du dispositif de mesure de certaines caractéristiques des signaux aléatoires nous a permis de prendre contact avec les domaines d'application de quelques propriétés statistiques qui sont l'instrument mathématique de base pour le traitement du signal. Bien que notre travail consistait à la mise au point des manipulations, on n'a pas négligé l'aspect électronique du dispositif, dans ce sens on a été amené à faire certaines améliorations technologiques qui ont rendu le dispositif plus performant. Parmi ces améliorations on peut citer :

L'adaptation de l'étage d'entrée du signal en dent de scie, limitation du pas de la comparaison, l'incorporation d'un générateur de bruit blanc à l'intérieur du boîtier du dispositif...

Nous avons effectué des mesures sur des différents signaux afin de pouvoir mettre au point des manipulations.

L'extension des possibilités de mesure est très simple, il suffit de relier les douilles par des cavaliers facilitant ainsi les manipulations.

Enfin ce travail constitue une contribution au développement du laboratoire de traitement du signal, nous espérons que ce dispositif fasse l'objet d'une utilisation considérable.

A N N E X E

I - Replages' preliminaires.

II- Notice d'utilisation.

III-Manipulations.

I - REGLAGES PRELIMINAIRES:

Brancher la sortie swantouth de l'oscilloscope (base de temps) à l'entrée du montage.

Visualiser la dent de scie sur l'écran de l'oscilloscope (fig 1).

Verifier que la dent de scie à l'entrée du comparateur vaut 2,7 Volts, sachant que le comparateur est un trigger de schmitt qui se déclanche à partir de 1,35 V et il n'est plus en régime de commutation lorsqu'on dépasse le niveau de tension 3 V.

Pour avoir la tension indiquée (2,7 V) il faut agir sur l'ajusteur N⁰-1 en mettant les deux sondes de l'oscilloscope sur les bornes des resistances 220 ohms (entrée des comparateurs).

Verification du pas:

Mettre les deux canaux de l'oscilloscope CH 1 et CH 2 sur la position GND, puis faites confondre les deux traces de façon à avoir un seul trait.

Après cela, mettre les deux canaux de l'oscilloscope sur la position DC.

Sonder sur les bornes des resistances 220 ohms (sortie des additionneurs en même temps entrée des comparateurs) pour obtenir un seul trait sur l'écran de l'oscilloscope en forme d'une dent de scie.

Notre but maintenant est de faire séparer ces deux traits pour avoir un certain pas qui varie entre 200 mV et 300 mV, alors pour cela on doit agir sur le potentiometre P_1 (fig 2)

Pour ce qui concerne les potentiometres P_2 et P_3 , ils agissent sur les deux traces à la sortie des comparateurs, afin de centrer les deux signaux (fig 3).

La différence des deux signaux est obtenue à la sortie du soustracteur (fig 4).

Pour commander la largeur de l'impulsion de difference, agir sur le potentiometre P_3 .

Après cette opération, le signal à la sortie du soustracteur passe dans un étage integrateur.

L'integrale du signal est commandée par le potentiometre P_4 ainsi qu'à l'aide de l'ajusteur N° 4 (commande de la constante d'intégration RC).

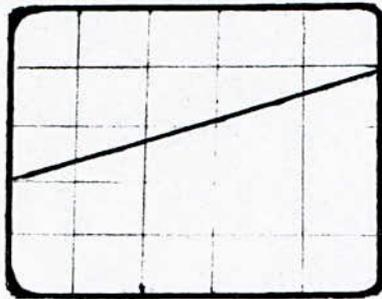


FIGURE: 1

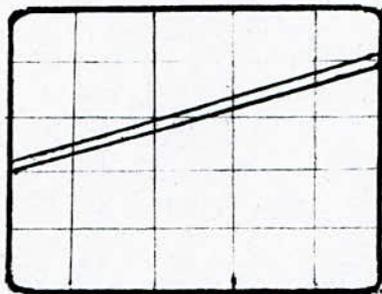


FIGURE: 2

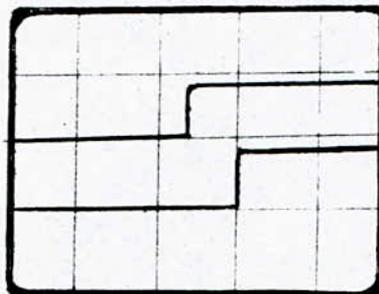


FIGURE: 3

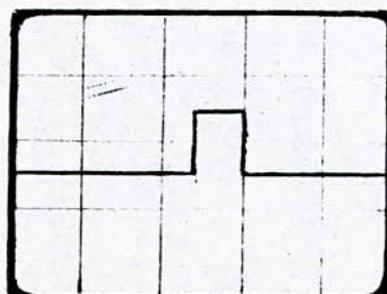


FIGURE: 4

II - Notice d'utilisation:

1- Alimentation:

L'alimentation utilisée est celle du laboratoire.

Alimenter le montage avec +15 V, -15 V et +5 V comme il est indiqué sur la face extérieure du boîtier.

2- Visualisation de la courbe de la densité de probabilité des dépassements:

- a) Injecter le signal à étudier à l'entrée E.
- b) Introduire la sortie swantouth de l'oscilloscope à l'entrée (M).
- c) Brancher la sortie S à l'oscilloscope.
- d) Relier la douille N° 1 à la douille N° 2 .

3- Visualisation de la courbe de la fonction de répartition des dépassements:

- Même instruction de a à c (dans 2).
- Relier la douille N° 5 à la douille N° 5' et la douille N° 3' à la douille N° 2.

4 - Détermination de la durée d'un dépassement pour un niveau X_0 : τ_i :

- a) Enlever le signal en dent de scie.
- b) Vérifier qu'il y a blocage, en reliant la douille B_1 avec la douille B_2 .
- c) Relier la douille $N^{\circ} 3$ à la douille $N^{\circ} 3'$.
- d) Choisir un temps d'horloge:

Relier les douilles	T_H	$T_H \times 1$	$T_H \times 10$	$T_H \times 100$
H_1 avec H_2 H_3 avec H_4	1 us	D_1 avec D_2	D_3 avec D_4	D_5 avec D_6
H_5 avec H_6 H_7 avec H_8	150 us	D_1 avec D_2	D_3 avec D_4	D_5 avec D_6

- e) Relier la douille $N^{\circ} 8$ avec la douille $N^{\circ} 8'$
- f) Relier la douille $N^{\circ} 9$ avec la douille $N^{\circ} 9'$

5 - Mesure de la durée moyenne des dépassements pour un niveau X_0 :

Même opération que la mesure de τ_i (de a à f) sauf b.

Dans ce cas débrancher le cavalier qui relie la douille B_1 à la douille B_2 .

- Relier la douille $N^{\circ} 10$ à la douille $N^{\circ} 10'$ (T_a).

- Choisir un temps d'analyse T_a :

Relier les douilles	T_a
T_1 avec T_2	$4 \text{ us} \leq T_a \leq 400 \text{ ms}$
T_3 avec T_4	$400 \text{ ms} \leq T_a \leq 4 \text{ s}$

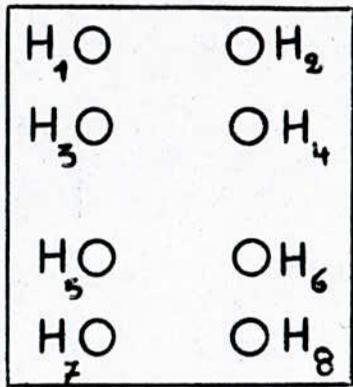
- Ajuster l'ajusteur N° 5 pour régler la largeur de l'impulsion.
- 6 - Mesure de la durée de l'intervalle entre deux extrêmes par rapport à un niveau X_0 : \bar{I}
- Relier les douilles B_1 et B_2 entre elles.
 - Relier la douille N° 5 avec la douille N° 5' (I_i).
 - Refaire les mêmes opérations que la mesure de τ_i , excepté c.
- 7 - Mesure de la moyenne de la durée séparant les extrêmes :
- Relier la douille 5 à la douille 5' (I_i).
 - Mêmes opérations que la mesure de $\bar{\tau}$.

Numérotation des douilles :

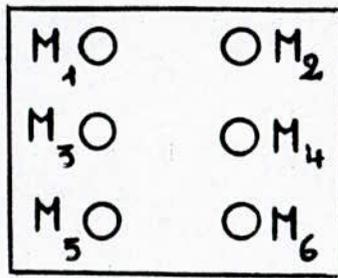
- 1 : Sortie du soustracteur.
- 2 : Entrée de l'intégrateur.
- 3 : Sortie du comparateur.
- 4 : Sortie du soustracteur.
- 3' : Sortie de la porte inverseuse et en même temps entrée de la porte AND du circuit de blocage.
- 4' : Entrée de la porte AND du circuit de blocage.
- 5 : Sortie du comparateur.
- 5' : Entrée de la porte inverseuse.
- 6 : }
-6' : } Sorties des sommateurs.
- 7 : }
-7' : } Sorties des comparateurs.
- 8 : Sortie de l'opérateur logique.
- 8' : Entrée du système de comptage.
- 9 : }
-10 : } Sorties de l'opérateur logique.
- 9' : Entrée du système de comptage ()
- 10' : Entrée du système de comptage.
- T₁ : } Temps d'analyse inférieur à 400 ns.
-T₂ : } " " " "
- T₃ : }
-T₄ : } Temps d'analyse inférieur à 4 s
- H₁ : H₂ }
-H₃ : H₄ } T_H égale à 1 us }
-H₅ : H₆ }
-H₇ : H₈ } T_H égale à 150 us } Circuit d'horloge.

- M ₁ :	}	x 1	}	Diviseur de fréquence.
- M ₂ :	}			
- M ₃ :	}	x 10		
- M ₄ :	}			
- M ₅ :	}	x 100		
- M ₆ :	}			

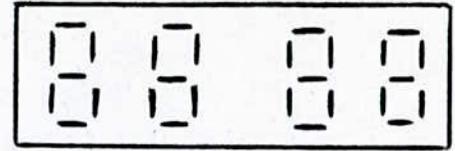
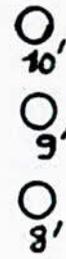
- B ₁ :	sortie Q de la bascule D.	}	Blocage.
- B ₂ :	Entrée de la porte AND		



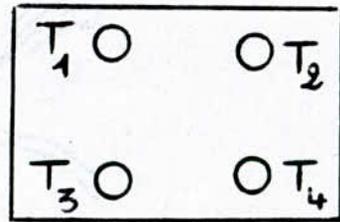
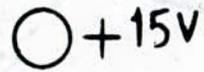
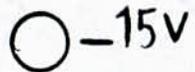
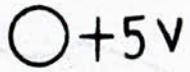
HORLOGE



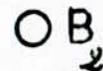
DIVISEUR
DE FREQUENCE



R.A.Z.O



TEMPORISATEUR



MANIPULATION N° I

But:

Etude de la repartition des niveaux d'un signal aleatoire.

Partie theorique:

Un processus aleatoire peut etre defini comme une famille de fonctions réelles ou complexes a deux ou plusieurs variables.

- Les processus aleatoires stationnaires :

Un processus aleatoire est dit stationnaire au sens strict si toutes ses proprietes statistiques sont invariantes dans le temps.

- Ergodisme :

Un processus aleatoire est dit érgodique si on peut identifier les valeurs moyennes statistiques aux valeurs moyennes temporelles, c'est à dire qu'une realisation suffit pour caracteriser le processus.

- Fonction de repartition $F(x)$:

La fonction de répartition exprime la probabilité pour que la variable aleatoire X soit inferieur à une valeur x donnée.

$$F(x) = \text{Prob}(X < x)$$

$$F(-\infty) = 0, F(+\infty) = 1$$

- Densite de probabilité $W(x)$:

La densite de probabilité est par definition la dérivée de la fonction de répartition.

$$W(x) = dF(x) / dx \quad \forall x, W(x) \geq 0$$
$$\int_{-\infty}^{+\infty} W(x) dx = 1 \quad F(x) = \int_{-\infty}^x W(x) dx$$

- Moyennes statistiques:

Les signaux aléatoires ne peuvent être connus en détail. Pour les caractériser on évalue leur moyennes des différents ordres. Les moyennes statistiques qui présentent le plus grand intérêt pratique sont :

- 1) La valeur moyenne ou espérance mathématique (moment d'ordre 1)

$$\overline{X(t)} = \int_{-\infty}^{+\infty} x W(x, t) dx$$

- 2) Moyenne quadratique (moment initial du deuxième ordre)

$$\overline{X^2(t)} = \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 W(x, t) dx$$

- 3) La fonction d'autocorrelation (moment initial mixte du deuxième ordre)

$$B_{XX}(t_1, t_2) = \overline{X(t_1) X(t_2)} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} x_1 x_2 W(x_1, x_2, t, t) dx_1 dx_2$$

- 4) La variance ou écart quadratique moyen:

C'est l'espérance mathématique du carré de la variable aléatoire.

$$\sigma^2 = \overline{X^2} - \bar{X}^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \bar{x})^2 W(x) dx$$

L'écart type

La variance et l'écart type caractérisent la dispersion des valeurs de la variable aléatoire autour de la moyenne.

QUESTIONS:

- 1) Quelle est l'importance de $F(x)$ et $W(x)$ dans l'étude des signaux?
- 2) Calculer la densité de probabilité $W(x)$ d'un signal sinusoïdal de phase aléatoire uniformément répartie entre $-\pi$ à $+\pi$.
- 3) Comment varie la densité de probabilité $W(x)$ en fonction de σ et σ^2 .

- 4) Citer les différentes lois de répartitions .
Faire les graphes.

PARTIE PRATIQUE :

Materiel utilises :

- 3 A.L.S
- Un oscilloscope à memoire.
- Un enregistreur.
- Un générateur de signaux aléatoires (signal musical ou bruit)

Manipulation:

I- Pour visualiser sur l'écran de l'oscilloscope la courbe de densité de probabilité $W(x)$ des dépassements , on doit suivre point par point les étapes énumérées sur la notice d'instruction.

Une fois la courbe obtenue on passe à l'étude des influences de quelques variantes du montage sur la forme de la courbe.

I.1- Influence du signal d'entrée:

- Ajuster l'ajusteur N^0 1 et voir son influence sur la forme de la courbe.

I.2- Influence de la dent de scie :

- enlever la dent de scie (observation?).
- Injecter le signal en dent de scie et faites varier son niveau (ne pas dépasser 3 V).
(Observation?).

I.3- Influence du pas sur la densité de probabilité :

- Faire varier le potentiometre P_1 (observation ?).

- Visualiser l'effet de comparaison:

(sortie du soustracteur) $P(X(t) < X_0)$ et

$P(X(t) < X + dX)$

I.4- Influence de la constante d'intégration sur la forme de la courbe $W(x)$, sachant que $\tau = RC$ ($P_4 = R$)

- Augmenter la valeur du potentiometre P_4

Observation ?

- Diminuer la valeur du potentiometre P_4 .

Observation ?

I.5- Tracer les courbes à l'aide de l'enregistreur.

I.6- CONCLUSION .

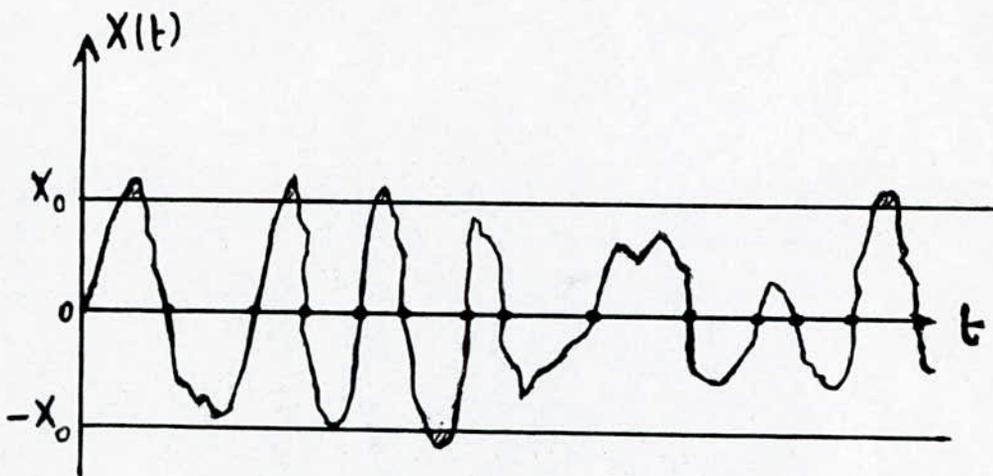
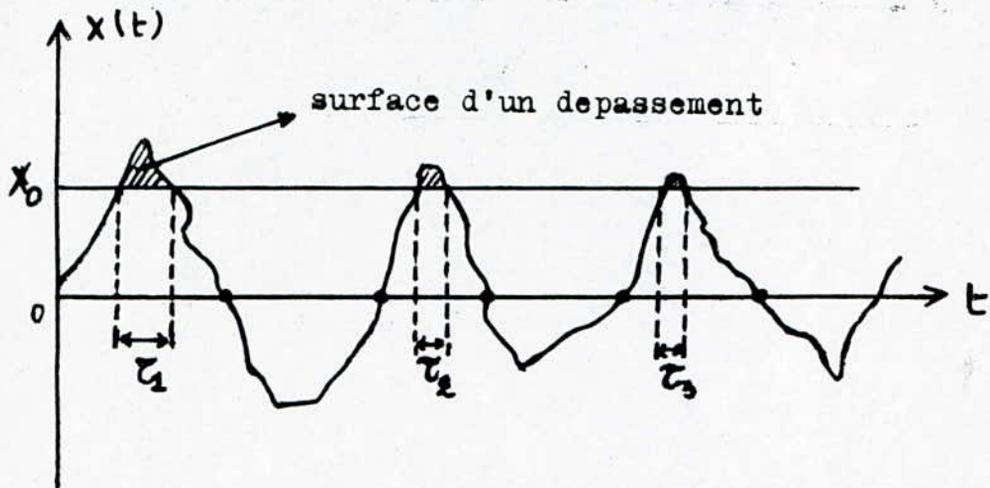
MANIPULATION N° II

But:

Détermination des durées des dépassements d'un signal aléatoire $X(t)$, par rapport à un niveau X_0 donné.

Partie théorique:

L'analyse des extremums est une forme particulière d'étude des systèmes aléatoires. Elle permet de définir certains aspects statistiques nécessaire à un traitement des signaux.



ERRATA

Page 2 - $\sigma^2 = E((x - \mu_x)^2) = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu_x)^2 \cdot W(x) dx$

Page 5 - Processus quasi stationnaire - enlever la phrase

(c'est à dire qu'une réalisation suffit pour caractériser le processus.)

il faut mettre cette phrase à la suite de la définition de l'ergodicité.

QUESTIONS:

- 1- Décrire l'intérêt que peut donner l'information sur les dépassements d'un signal aléatoire, dans le domaine de la transmission.
Expliquer et donner un exemple.
- 2- Que représente la surface d'un dépassement?
- 3- Comment obtenir le passage par zéro d'un signal, de manière générale et à l'aide de l'analyse des dépassements.

Partie pratique:

Suivre les étapes point par point de la notice d'instruction pour ce qui concerne cette partie.

- 1- Déterminer la durée τ d'un dépassement du signal aléatoire $X(t)$ pour un niveau X_0 .
 - a) $T_H = 1 \mu s$
 - b) $T_H = 150 \mu s$ T_H : temps d'horloge.

Indiquer le dépassement des afficheurs s'il y a lieu ?

- 2- Détermination de la moyenne des durées des dépassements:

$$\bar{\tau} = \sum \tau / N$$

- a) $T_H = 1 \mu s$, $T_a \leq 400 \text{ ms}$
- b) $T_H = 150 \mu s$, $T_a \leq 10 s$
- c) $T_H = 150 \mu s$, $T_a \leq 400 \text{ ms}$

Indiquer le dépassement des afficheurs s'il y a lieu pour les différents cas, dites pourquoi?

3) Déterminer la fréquence d'apparition d'extremums durant un temps d'analyse T_a :

Fixer un temps d'analyse ,

Injecter le signal aleatoire à etudier.

Si N représente le nombre de dépassements de $X(t)$ par rapport au niveau X_0 , on a :

$$F_{\text{ext}} = N / T_a$$

Mettre les resultats sous forme d'un tableau.

Conclusion .

B I B L I O G R A P H I E
-----00000000000-----

- AL. SPATARU : Theorie de la transmission de l'information.
Tome 1 . 1970
- F .de COULON : Theorie et traitement des signaux.
DUNOD Fev 1985
- C. VERBEEK : Les fonctions essentielles en commutation.
DUNOD 1980
- J. LIFERMANN : Les principes du traitement statistique du signal
I Les methodes classiques.
MASSON 1981
- N. PISKOUNOV : Calcul differentiel et integral.
ED MIR 1980

-----00000000000-----

SCHEMA ELECTRONIQUE DU DISPOSITIF

