

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية  
المكننة  
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
BIBLIOTHÈQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

**S U J E T**

Mise au point d'une  
Chaine d'acquisition et de Traitement  
à base de l'Oscilloscope Tektronix 468

Proposé par :

**R. AKSAS**

Etudié par :

**M. BEL HADJI**

**M. BEN NAMOUN**

Dirigé par :

**R. AKSAS**

PROMOTION : Juin 1985

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

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

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

## THEME

*Mise au point d'une  
Chaine d'acquisition et de Traitement  
à base de l'Oscilloscope Tektronix 468*

Proposé par :

**R. AKSAS**

Etudié par :

**M. BEN NAMOUN**

**M. BEL HADJI**

Dirigé par :

**R. AKSAS**

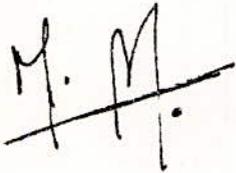
Juin 1985

# DEDICACES

Je dédie ce travail à:

- Mes chers parents,
- Mes frères et sœurs,
- et à tous mes ami(e)s.

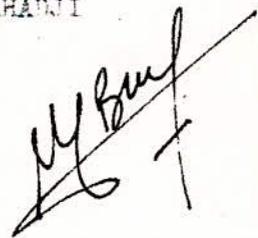
M. BEN NAJOUH

A handwritten signature consisting of two stylized 'M' characters, with a diagonal line crossing through them from the top-left to the bottom-right.

Je dédie ce travail à:

- Mon père, à ma mère,
- Mes frères et sœurs,
- et à tous mes ami(e)s.

M. BELHADJI

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'M. Belhadji', with a diagonal line crossing through it from the top-left to the bottom-right.

## Remerciements.

Nous remercions Mr AKSAS, notre promoteur, de nous avoir proposé le sujet et pour son aide.

Nous remercions Mr SAADOUN pour ses précieux conseils.

Nous tenons à remercier également Marie-Gabrielle BAHLOUL pour les documents qu'elle nous a fourni.

## Table des matières

Introduction.....	1
Chapitre I. Présentation de l'oscilloscope TEKTRONIX 468.....	5
I Mode conventionnel.....	5
1-1 Base de temps.....	5
1-2 Organisation générale-source de déclenchement.....	7
1-3 Circuit de couplage.....	8
1-4 Niveau-pente et blocage de déclenchement.....	8
1-5 Modes de fonctionnement de la base de temps.....	9
1-6 Fonctionnement en bicourbe du 468.....	11
1-7 Le 468 en X-Y - - - - -	12
1-8 Le 468 oscilloscope à 2 bases de temps.....	12
1-9 Le 468 oscilloscope à échantillonnage.....	14
II Mode mémoire.....	16
2-1 Comutateurs du mode mémoire.....	16
2-2 Référence sauvegardée.....	16
2-3 Fenêtre de mémorisation.....	16
2-4 Réponse sur l'écran.....	18
2-5 Fonction du curseur.....	18
2-6 Nombre de balayage.....	19
2-7 Transmission des données.....	19
III Panneau arrière.....	20
3-1 Sortie A + gate.....	20
3-2 Sortie B + gate.....	20
3-3 Sortie du signal vertical de la voie 1.....	20
3-4 Entrée externe de l'axe Z.....	20
3-5 Connecteur GPIB.....	20
3-6 Commutateur GPIB.....	20
Chapitre II. Le GPIB.....	22
1 Concept de l'interface GPIB.....	22
2 Définition des signaux du GPIB.....	23
3 Format des données sur le GPIB.....	25
4 Mots d'état du GPIB.....	26
Chapitre III.Aspects pratiques de l'analyse de Fourier.....	30

2-1	Série de Fourier.....	30
2-2	Intégrale de Fourier.....	31
2-3	Propriétés de la transformée de Fourier.....	31
2-4	Corrélation.....	33
2-5	Cas pratique:analyse d'une fonction $x(t)$ définie sur un intervalle de temps limité.....	34
2-6	Les fenêtres.....	35
Chapitre IV. Logiciel établi.....		39
1	Fichier 1.....	41
2	Fichier 2.....	56
3	Fichier 3.....	56
Exemple d'exécution.....		65
Conclusion.....		71
Bibliographie.		
Annexe.		
Lexique.		

## Introduction

Actuellement de nombreux travaux et investissements sont orientés vers le traitement du signal.

On assiste alors à l'extension de l'utilisation des systèmes informatiques de plus en plus spécifiques pour la gestion et le contrôle des systèmes physiques.

Plusieurs domaines font appel au traitement du signal: l'analyse spectrale, le traitement de la parole, de l'image...

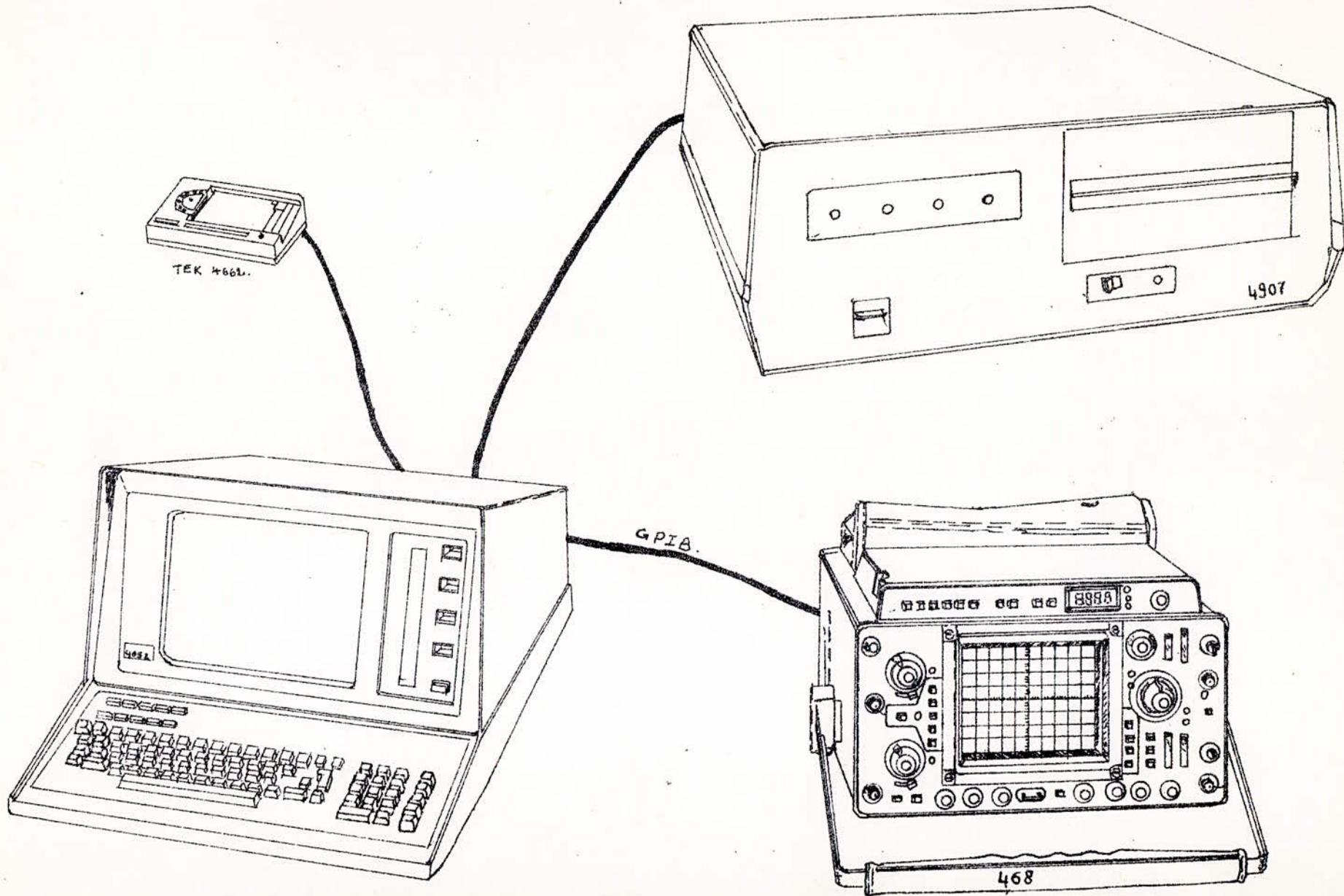
Les appareils utilisés dans ce domaine sont nombreux citons: les analyseurs, les FFTeurs, les corrélateurs...

Dans le cas où un laboratoire n'est pas équipé par tous ces appareils, l'utilisation d'un système de traitement informatisé effectuant toutes ces opérations est plus économique.

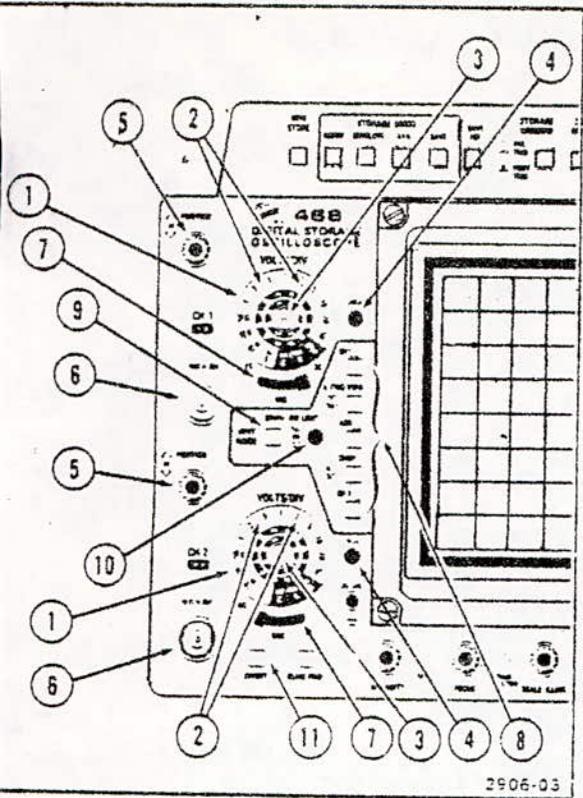
Les appareils mis à notre disposition sont:

- Le micro-ordinateur TEKTRONIX 4052 A,
- L'oscilloscope TEKTRONIX 468,
- Floppy-disk TEKTRONIX 4907,
- Table de digitalisation TEKTRONIX 4662.

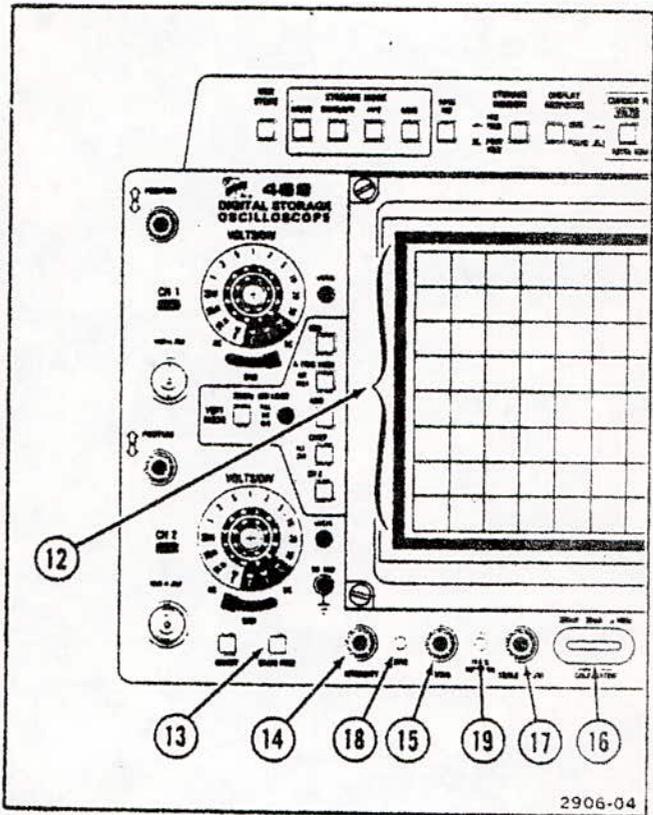
Notre projet consiste à la mise au point d'un logiciel permettant de faire l'acquisition d'un signal à partir de l'oscilloscope et de le traiter.



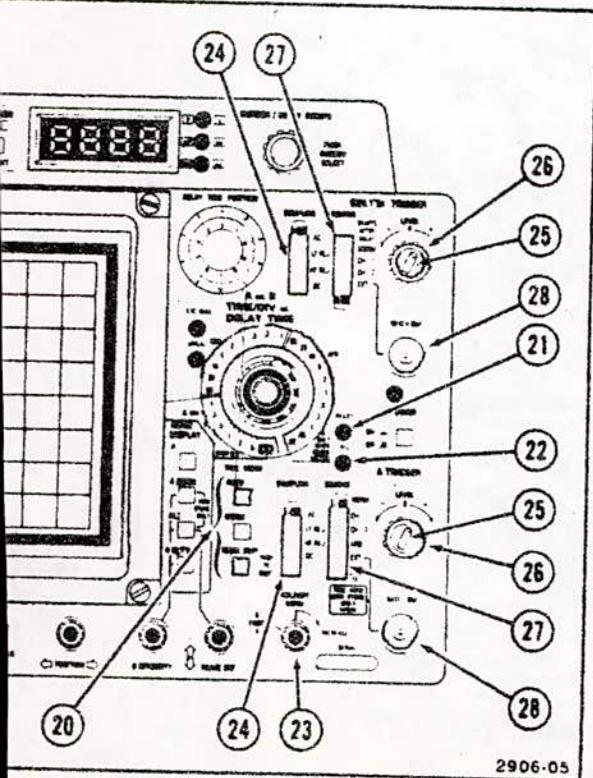
shéma du système



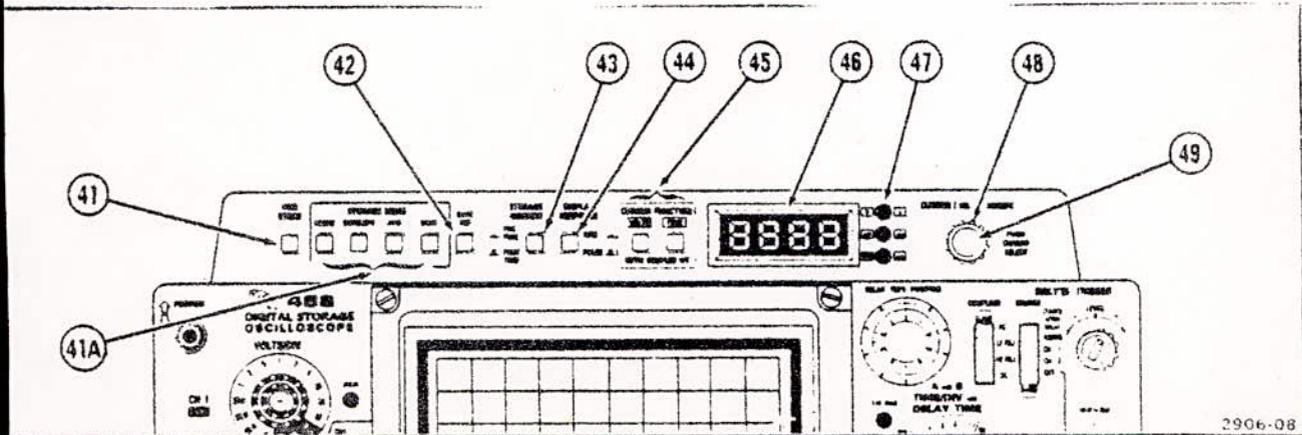
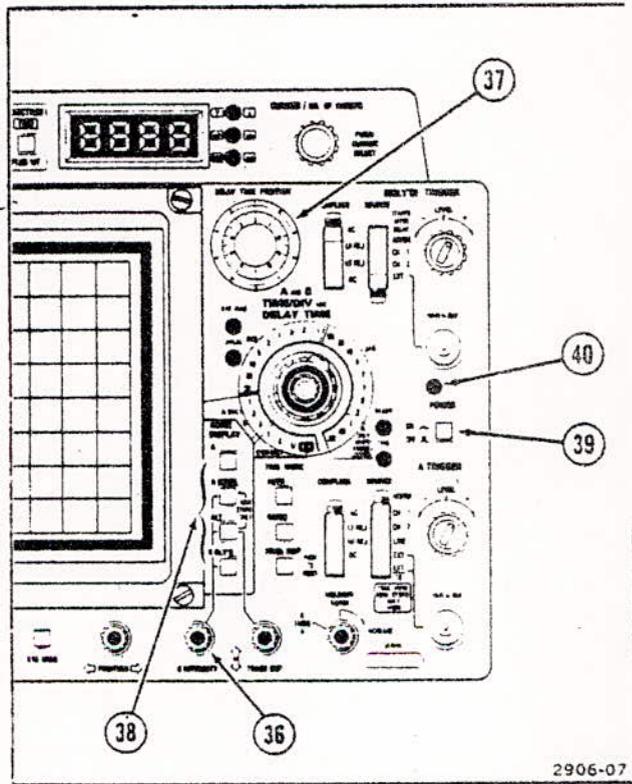
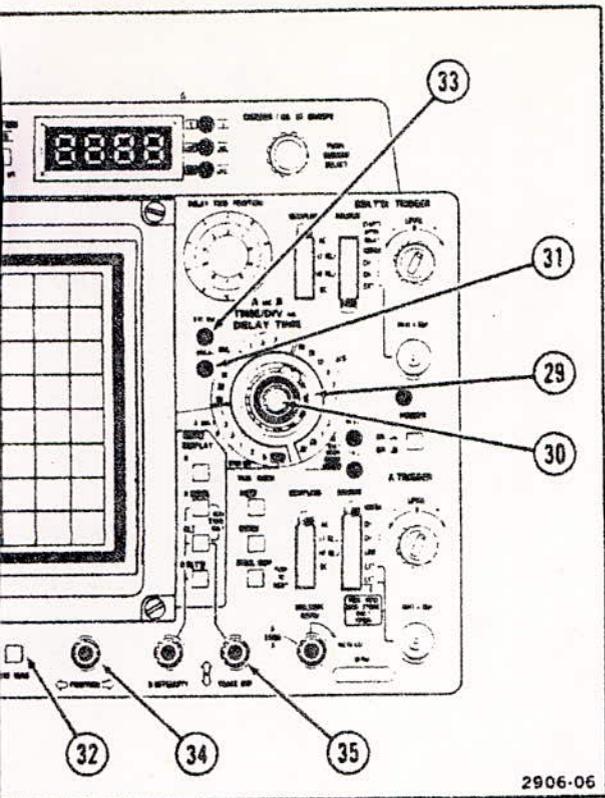
2906-03



2906-04



2906-05



## CHAPITRE I

## PRESENTATION DE L'OSCILLOSCOPE

## TEKTRONIX 468

\* L'oscilloscope TEKTRONIX 468 est un appareil à mémoire numérique offrant quatre traces et ayant un bande passante qui s'étend de 0 à 100 MHz .

Le 468 associe les performances d'une mémoire aisément utilisable avec les possibilités de mesurer des différences de temps et de tensions à l'aide d'un système de curseurs.

Un affichage à 4 chiffres indique les résultats de ces mesures.

La mémoire numérique lui donne la possibilité d'être relié à un micro-ordinateur à l'aide du bus GPIB permettant ainsi de transférer les données d'un signal et de les traiter.

\* Les différentes parties de l'oscilloscope:

Cet oscillo travaille en 2 modes: - Mode conventionnel  
- Mode mémoire.

I/MODE CONVENTIONNEL (NON STORE )

Le 468 fonctionne comme un oscillo conventionnel pouvant représenter simultanément sur l'écran la voie 1, la voie 2, la somme algébrique des 2 voies ainsi que la visualisation du signal de déclenchement externe A (A TRIG VIEW).

Les facteurs de déflexions du système vertical sont étalonnés de 5 MV à 5 V par division.

Le système de déflexion horizontal présente des vitesses de balayage étalonnées de 0.5 S à 0.02  $\mu$ S par division.

Il est en mesure de travailler selon les modes de balayage suivants: A surintensifié (A INTENS), A alterné avec B retardé (ALT) et B retardé (B OLY'D).

1-1/BASE DE TEMPS:(voir fig 1.1)

Pour que la figure sur l'écran reproduise à chaque passage la même position du signal à analyser, il faut que les instants  $t_1$  et  $t_2$  etc... de démarrage de la base de temps correspondent au même point de référence choisi sur le signal. On obtient ceci par un déclenchement correct de la base de temps. Dans ce cas la base de temps est dite synchronisée sur le signal appliqué à l'entrée Y.

Dans le cas contraire, on obtient soit une figure inextricable, soit une figure glissant vers la droite ou vers la gauche.

.../...

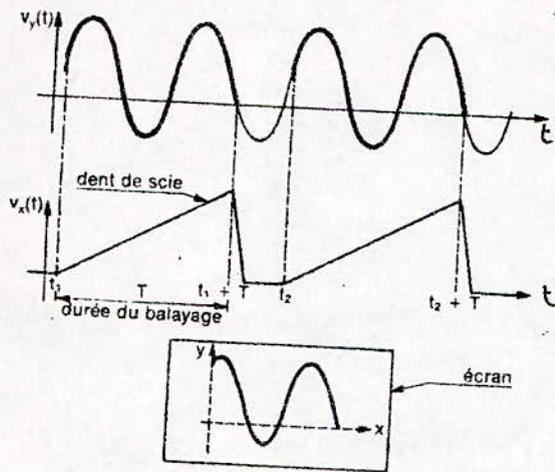


fig 1.1

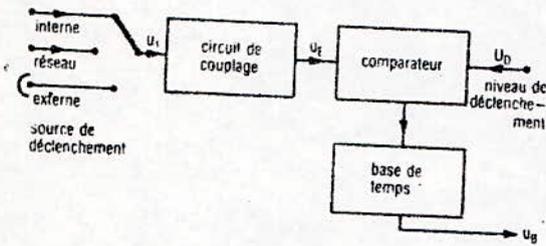


fig 1.2

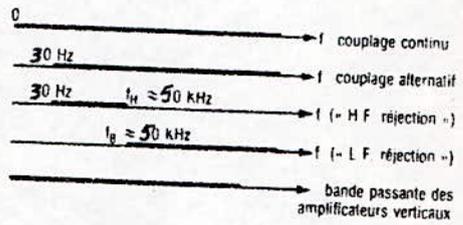
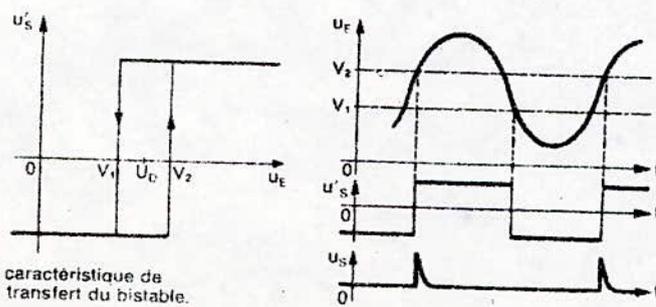


fig 1.3



caractéristique de transfert du bistable.

fig 1.4

1-2/ ORGANISATION GENERALE - SOURCE DE DECLENCHEMENT:

L'organisation générale est représentée sur la fig 1.2  
L'opérateur choisit par le commutateur ( 27 ), la source de déclenchement qui peut-être :

1-2-1/INTERNE ("INTERNAL"):

Dans ce cas le signal de déclenchement est le signal appliqué à la voie A ou à la voie B ou un signal composite .

a/VOIE A (CH1)

Un échantillon appliqué à l'entrée de la voie A constitue le signal de déclenchement. La représentation du signal de la voie B est instable si celui-ci n'est pas en relation de temps avec le signal de la voie A.

b/VOIE B (CH2):

Un échantillon du signal appliqué à l'entrée de la voie B constitue le signal de déclenchement. La représentation du signal de la voie A est instable si celui-ci n'est pas en relation avec le signal de la voie B.

c/NORM (NORMAL):

Le signal représenté sur l'écran correspond à la source d'un signal de déclenchement composite. La représentation sur l'écran n'indique pas qu'une relation de temps existe entre le signal de la voie A et le signal de la voie B .

1-2-2/EXTERNE:

Dans ce cas le signal de déclenchement doit-être un signal synchrone du signal à analyser que l'on applique sur l'entrée ( 28 ) prévue à cet effet et marquée synchronisation externe ( EXT ).

Cette entrée possède un diviseur par 10 commutable, à utiliser si le signal externe est de grande amplitude ( EXT/10 ).

1-2-3/LE RESEAU ("LINE"):

Dans ce cas le signal à visualiser doit-être un signal synchrone du réseau d'alimentation de l'appareil.

Le signal issu de la source de déclenchement passe à travers un circuit de couplage dont la sortie est une tension  $U_e$  (fig 1.2). Quand la tension  $U_e$  devient égale à une tension continue  $U_d$  réglable, une impulsion  $U_s$  déclenche la base de temps: le spot décrit l'écran de gauche à droite à une vitesse horizontale constante qui ne dépend que du réglage de la base de temps choisie par l'opérateur (commutateur ( 29 ) ).

.../...

1-3/CIRCUIT DE COUPLAGE ("COUPLING"): (COMMUTATEUR(24))

Le circuit de couplage (fig 1.2) est réglable. La bande passante du circuit de couplage peut-être modifié par l'utilisateur. Le couplage peut-être: (fig 1.3)

1-3-1/DC (CONTINU)

Toutes les composantes de fréquence du signal de déclenchement sont couplées à l'entrée du circuit de déclenchement. Cette position est utile pour fournir une représentation stable des signaux à faible taux de répétition ou à basse fréquence.

1-3-2/AC (ALTERNATIF)

Les signaux sont couplés à l'entrée du circuit de déclenchement à l'aide d'une capacité. La composante continue est rejetée et les signaux inférieurs à environ 30 HZ sont atténués. Le déclenchement n'est possible que sur la partie alternative du signal vertical.

1-3-3/LF REJ (REJECTION DES BASSES FREQUENCES)

La composante continue est rejetée et les signaux inférieurs à environ 50 KHZ sont atténués. Cette position est utile pour fournir une représentation stable des composantes hautes fréquences d'un signal complexe.

1-3-4/HF REJ (REJECTION DES HAUTES FREQUENCES)

La composante continue est rejetée et les signaux inférieurs à environ 30 HZ et supérieurs à environ 50 KHZ sont atténués. Cette position est utile pour fournir une représentation stable des composantes basses fréquences d'un signal complexe.

1-4/ NIVEAU- PENTE ET BLOCAGE DE DECLENCHEMENT:

Le comparateur (fig 1.2) est formé d'un bistable (sortie Us') suivi d'un circuit dérivateur et écréteur. Son fonctionnement est schématisé sur la fig 1.4 .

1-4-1/NIVEAU ("LEVEL") (26)

Commande sélectionnant sur le signal de déclenchement le point ( amplitude) sur lequel le signal sera déclenché .

Si le niveau du signal  $U_e$  est trop faible, de telle sorte que le signal ne traverse pas la fenêtre d'hystérésis du comparateur ( $V_2-V_1$ ), il ne peut pas y avoir déclenchement.

1-4-2/PENTE ("SLOPE"): (26) (fig 1.5a)

Un comparateur permet d'incorporer ou non un étage inverseur en série avec le circuit de couplage ; il y'a alors déclenchement soit sur le front descendant de  $U_1$  (=source de déclenchement) soit sur le front montant

1-4-3/BLOCAGE ("HOLDOFF") (cf fig 1.5b)

commande permettant de contrôler de manière continue le temps de recouvrement entre les balayage et d'obtenir un déclenchement sur des signaux aperiodiques (tels que des mots binaires complexes).

Sur la position extrême droite (B ENDS A), le balayage A est automatiquement interrompu à la fin du balayage B de manière à ce que la fréquence de répétition du balayage retardé et pour des signaux à faible taux de répétition soit la plus élevée possible.

1-5/MODES DE FONCTIONNEMENT DE LA BASE DE TEMPS (commutateur 20)

1-5-1/MODE AUTOMATIQUE: ("AUTO")

Position permettant le déclenchement sur des signaux dont la fréquence est égale ou supérieure à environ 20 HZ.

Le balayage relaxe fournit une ligne de base brillante en l'absence d'un signal de déclenchement correct ou lorsque la fréquence du signal de déclenchement est inférieure à 20 HZ. Donc:

-En l'absence de signal de commande, la base de temps fonctionne en permanence.

-En présence d'un signal de niveau suffisant de fréquence supérieure à 20 HZ environ et si le niveau de déclenchement est correct, la base de temps est synchronisée.

1-5-2/MODE NORMAL (NORM) OU DECLENCHE:

En mode déclenché, la base de temps :

- Ne fonctionne pas en l'absence de signal (dans ce cas il n'y'a pas de trace lumineuse sur l'écran).
- Démarre quand le signal atteint le niveau de déclenchement choisi avec la pente choisie.

1-5-3/MODE SINGL SWP (MODE MONOCOUP):

Par action sur un bouton poussoir, on peut obtenir un seul balayage de l'écran.

.../...

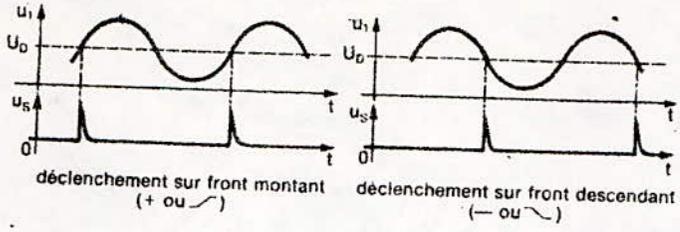


fig 1.5 ( a )

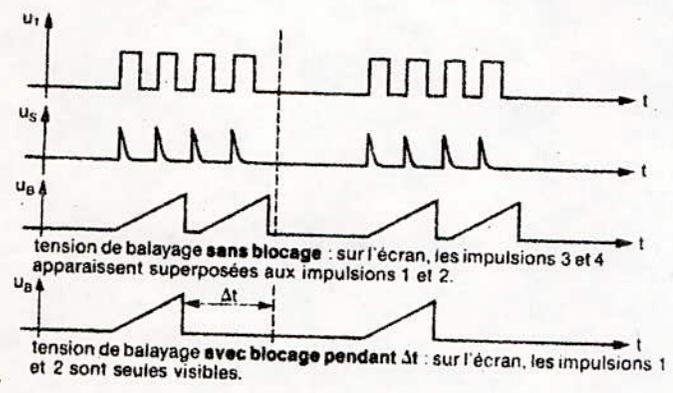


fig 1.5 ( b )

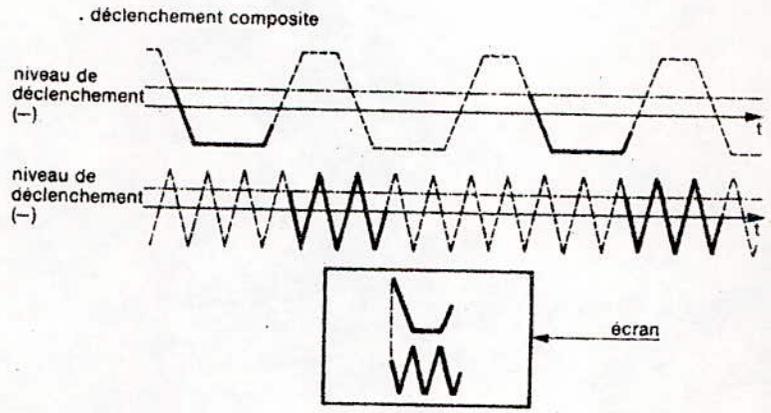


fig 1.6

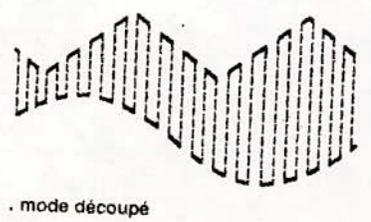


fig 1.7

En mode déclenché, quand le point de déclenchement est atteint par le signal, la base de temps démarre et le spot effectue un seul passage.

Le bouton poussoir de réarmement ("RESET") permet de recommencer l'opération. Si le déclenchement est automatique, un (et un seul) balayage est effectué dès que l'on appuie sur le poussoir de réarmement.

#### 1-6/FONCTIONNEMENT EN BICOUBE DU 468:

Notre oscillo. possède 2 voies désignées par CH1 et CH2; le tube cathodique comporte un seul canon à électrons, l'affichage des 2 voies se fait donc avec commutation.

#### 1-6-\*/VISUALISATION ("DISPLAY") :

On peut visualiser par action sur les boutons poussoir (8):

- Une seule voie CH1 ou CH2 .
- Les 2 voies CH1 et CH2 de façon alternée ("ALTERNATE") ou découpée ("CHOPPED");
- La somme des 2 voies CH1+CH2 (ADD).

\*En mode alterné (fig 1.6), le spot décrit tout l'écran en affichant alternativement un signal puis l'autre.

Ce mode est utilisé pour des signaux de fréquence suffisamment grande (sinon la trace papillotée sur l'écran et l'observation est vite fatigante);

\*En mode découpé (fig 1.7), le spot décrit successivement une portion d'écran en affichant une voie, puis une portion d'écran en affichant l'autre. Le spot est éteint lors de la commutation d'une voie à l'autre; chaque trace est une succession de pointillés. La fréquence de découpage est de l'ordre de 500 KHZ.

Ce mode est utilisé pour des signaux à fréquence basse.

#### 1-6-2/INVERT:

Commande permettant l'inversion de la voie 2 lorsque l'on appuie sur le bouton.

UTILISATION: En utilisant le mode ADD et en inversant la voie CH2 on peut visualiser la différence  $V_{ch1} - V_{ch2}$ .

ATTENTION : Lorsque les 2 voies sont calibrées avec la même sensibilité verticale et la même trace de référence.

Ce mode de fonctionnement est utile pour observer une différence de potentiel  $V_{pq}$  sur un montage, aucun des points n'étant à la référence des potentiels M. On utilise la relation  $V_{pq} = V_{pm} - V_{qm}$ . En appliquant  $V_{pm}$  en CH1 et  $V_{qm}$  en CH2 et en inversant la voie CH2.

### 1-6-3/MODULATION Z (56) :

Il est parfois utile de moduler l'intensité du spot sur l'écran par un signal extérieur appliqué à l'oscillo. Ceci est appelé modulation Z. L'entrée est située à l'arrière de l'appareil(56). Les impulsions positives réduisent la luminosité et un signal de 5 V crête à crête provoque une modulation significative. Les signaux de l'axe Z doivent être en relation de temps avec le signal pour que l'on puisse obtenir sur l'écran une représentation stable modulée de la luminosité.

### 1-7/LE 468 EN X-Y:

Notre oscillo. est un oscillo. X-Y (particulier) dans lequel un des amplis verticaux peut être commuté sur les plaques de déviation horizontales.

Pour tracer la courbe représentative d'une fonction  $Y=F(X)$ :

- L'appareil est commuté en X-Y ,
- Le signal Va est appliqué sur la voie A ,
- Le signal Vb est appliqué sur la voie B ,

La commutation s'effectue par le commutateur à plots de la base de temps.

### 1-8/LE 468 OSCILLO. A 2 BASES DE TEMPS :

Cet oscillo. comporte :

- Une base de temps principale (A),
- Une base de temps auxiliaire, utilisée normalement en retardé ("DELAYED TIME BASE ") appelée (B) .

Leurs organisations et leurs réglages sont analogues à ceux d'un oscillo. à une seule base de temps.

### 1-8-1/ FONCTIONNEMENT RETARDE DE LA BASE DE TEMPS AUXILLIAIRE:

Deux fonctionnements retardés sont possibles:

- Le fonctionnement libre ,
- Le fonctionnement resynchronisé.

#### a/ FONCTIONNEMENT LIBRE: (fig 1.8)

La base de temps B démarre  $\Delta t$  secondes après le début de la base de temps A ; le retard  $\Delta t$  est réglable par le bouton multitours DELAY TIME POSITION (37) , Celui-ci est variable jusqu'à au moins 10 fois l'indication du commutateur A TIME/DIV. Cette commande est utilisée en association avec la position de démarrage après retard;.

(START AFTER DELAY) du commutateur de sources de déclenchement de B (B TRIGGER SOURCE) (27).

.../...

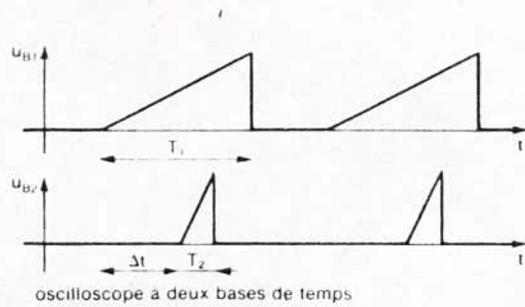


fig 1.8

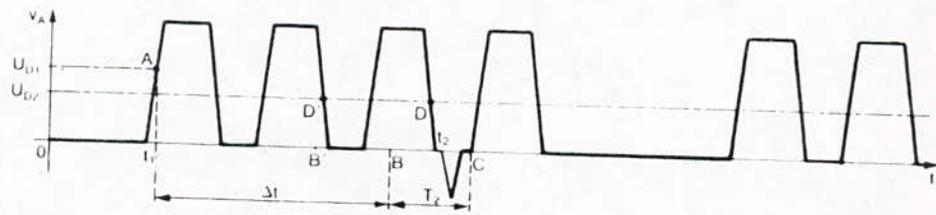


fig 1.9

b/ FONCTIONNEMENT RESYNCHRONISE:

Le mode de fonctionnement de B est normal

- La base de temps B est déclenchable  $\Delta t$  secondes après le début de la base de temps A .
- B est déclenchée par le signal, quand ce dernier atteint le niveau de déclenchement choisi, avec la pente choisie.

Il s'ensuit que B doit-être réglée en synchronisation intérieure.

1-8-2/MODES DE FONCTIONNEMENT:

La sélection se fait par les commutateurs "HORIZ DISPLAY" (38)

a/A : seule la base de temps A est représentée.

b/ A INTEN (A SURINTENSIFIE): représente la base de temps A à une vitesse de balayage déterminée par le commutateur A TIME/DIV .

Une partie surintensifiée entraînant à la fois la durée et la position du balayage B , apparait sur la trace lorsque le balayage B est correctement déclenché.

Il est possible de régler les commandes INTENSITY et B INTENSITY pour obtenir une bonne luminosité.

La zone surintensifiée est utilisée pour positionner le balayage B (RETARDE) sur l'emplacement souhaité, dans l'intervalle du balayage A afin d'obtenir une représentation éxpansée du signal à observer.

c/ALT (ALTERNE): alterne la représentation du balayage INTENSIFI A et du balayage RETARDE B.

La commande de séparation de trace (TRACE SEP: (36) ) positionne verticalement la représentation de B.

d/B DELY'D (B RETARDE): Ne représente que le balayage B . La position du commutateur B TIM/DIV détermine la vitesse de balayage B et le retard est déterminé par à la fois le commutateur TIM/DIV A et la commande DELAY TIME POSITION .

1-8-3/UTILISATION:

Un oscillo. à 2 bases de temps est utilisé pour étudier des phénomènes complexes. Voir fig. 1.9

1-9/ LE 468 OSCILLO A ECHANTILLONNAGE:

Un oscillo. à échantillonnage permet de visualiser des signaux rapides, soit périodiques, soit répétitifs.

L'échantillonnage du signal analogique s'effectue 512 fois durant un seul balayage complet (50 en une division).

La vitesse d'échantillonnage se calcule en divisant le nombre d'échantillons effectués dans une division par le temps de balayage pour une division.

$$\text{vitesse d'échantillonnage} = \frac{50 \text{ échantillons}}{\text{TIM/DIV}}$$

.../...

Pour les positions du commutateur TIM/DIV comprises entre 1  $\mu$ S par division et 0.02  $\mu$ S par division, un signal est échantillonné à la fréquence de 2  $\mu$ S par division et élargi horizontalement, en utilisant une combinaison de l'interpolation numérique et du gain analogique, sur la bonne échelle horizontale.

Ces échantillons sont mémorisés et constituent la trace sur l'écran en mode mémoire.

II/MODE MEMOIRE:

Les touches(41) et(41A) permettent le passage du mode conventionnel au mode mémoire et inversement.

2-1/COMMUTATEURS DU MODE MEMOIRE:2-1-1/MODE MEMOIRE NORMAL ( NORM )

Dans ce mode, le 468 échantillonne, stocke et visualise les données issues de la voie 1 et de la voie 2, selon le gain vertical et la vitesse de balayage déterminés par les commandes du système vertical et horizontal situés en face avant.

Si le mode de déclenchement de l'oscillo est en balayage unique ( SINGL SWP ), les données seront acquises et représentées sur l'écran pour ce balayage.

Si le mode de déclenchement est automatique( AUTO) ou normal( NORM ) les données seront acquises et représentés sur l'écran de manière répétitive

2-1-2/MODE ENVELOPPE: (ENVELOPE)

Ce mode opère sur des signaux répétitives. Il enregistre les excursions maximum et minimum de chaque point sur la courbe sur plusieurs acquisitions.

Ce mode offre la possibilité de surveiller les signaux pour des variations d'amplitude, de temps et de fréquence.

Le nombre d'acquisition est sélectionné à l'aide de la commande CURSOR/ No OF SWEEPS (48).

2-1-3/MODE MOYENNAGE: (AVG)

L'opération consiste à prendre plusieurs acquisitions différentes d'un signal répétitif et à calculer leur moyenne. Le résultat est la suppression du bruit sur la courbe.

Si on a à faire à des signaux bas niveau, bruités, le moyennage est une caractéristique qui facilitera notre tâche.

2-1-4/MODE DE SAUVEGARDE (save)

Le fait d'appuyer sur le bouton poussoir SAVE, cesse l'acquisition des données et le signal représenté sur l'écran est sauvegardé.

2-2/REFERENCE SAUVEGARDEE (SAVE REF)

Appuyer sur le bouton poussoir "SAVE REF" sauvegardera un signal afin de le comparer à d'autres signaux mémorisés ultérieurement.

Dans le cas où on a plusieurs signaux visualisés le signal prioritaire pris comme référence est donné par un tableau [1]

2-3/FENETRE DE MEMORISATION (43)

.../...

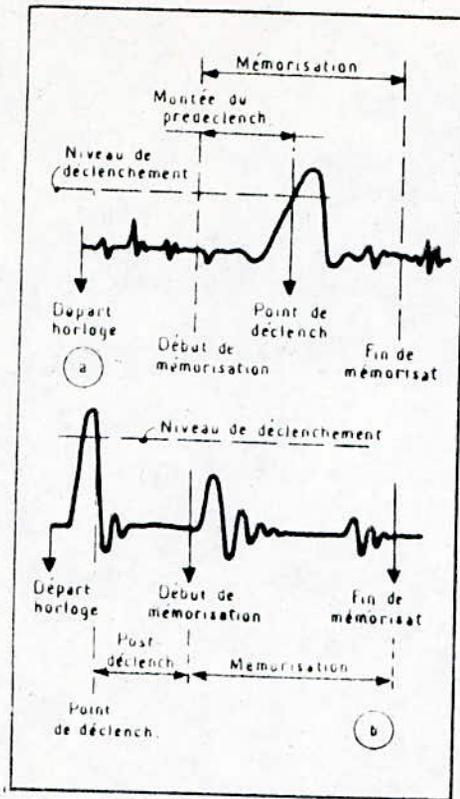
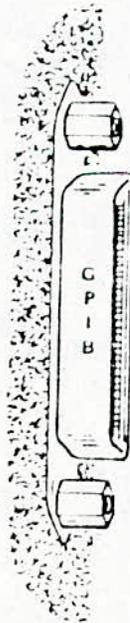


fig 2.1

*Le fonctionnement en pre (en a) et post-déclenchement (en b) permet de choisir la partie du signal désirée.*



100 WBYTE @44, 108 65, 66  
140 WBYTE @63, 95

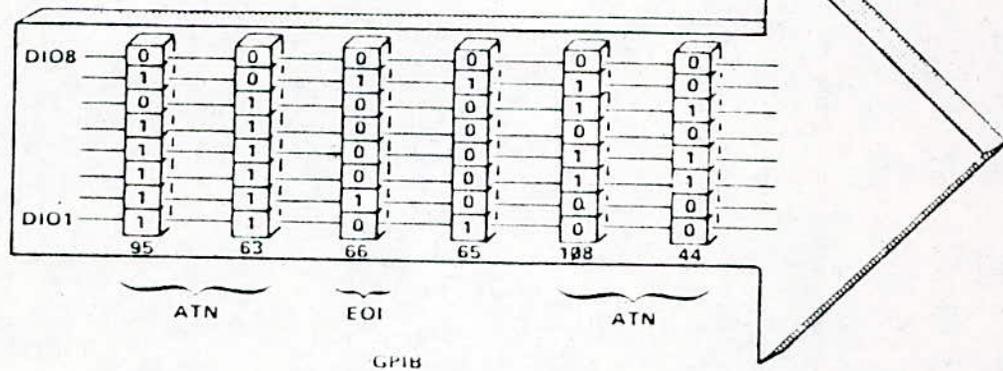


fig 3.1

(phénomène précédant (PRE TRIG) ou succédant au signal de déclenchement (POST-TRIG):

LE pré et le post déclenchement sont illustrés sur la figure 2.1

Le niveau de déclenchement est réglé pour enregistrer l'évènement attendu.

La quantité de pré et de post déclenchement sélectionnée détermine la partie du signal capturé avant ou après l'évènement de déclenchement.

Il ya plusieurs applications du pré et post déclenchement, la plus commune pour le pré déclenchement est de s'assurer que le temps de montée d'un évènement transitoire a bien été capturé .

D'une façon générale le pré et le post déclenchement sont utilisés chaque fois qu'on veut étudier les conditions qui ont précédées ou qui suivent un évènement transitoire.

#### 2-4/REPOSE SUR L'ECRAN (SINUSOIDALE OU IMPULSIONNELLE) (44)

Deux méthodes d'interpolation peuvent être appliquées au signal représenté sur le 468.

.. L'interpolation sinusoidale:

Optimise la précision de la représentation pour des signaux ne contenant aucune composante supérieure à 10 MHZ.

- L'interpolation impulsionnelle:

Optimise la précision de la représentation pour des signaux à temps de montée et de descente rapides.

#### 2-5/FONCTION DU CURSEUR:

Avec la mémoire numérique, les valeurs des courbes deviennent disponibles sous forme de tableaux. Ses valeurs sont ainsi accessibles sélectivement grâce à 2 curseurs qu'on peut déplacer sur le signal enregistré (à l'aide de la commande curseurs (48)) et les valeurs de l'écart de leurs positions en temps ou en amplitude, sont affichées sur les afficheurs à LED (46) l'unité sera indiquée par les témoins lumineux du facteur d'échelle (47).

#### 2-6/NOMBRE DE BALAYAGES (No OF SWEEPS (50)) (mode enveloppe, mode moyennage)

En position enfoncée, les afficheurs à LED (46), indiquent le nombre de balayages sélectionnés devant être soit moyennés en mode AVG soit être accumulés en mode enveloppe . Ce nombre peut être changé en faisant tourner la commande CURSOR/No OF SWEEPS (48) .

.../...

En position libérée, les afficheurs indiquent la mesure entre les deux curseurs.

2-7/TRANSMISSION DES DONNEES (TRANSMIT (51))

Bouton poussoir qui en position enfoncée fait passer le 468 dans le mode de sauvegarde afin de geler le signal à la fin du cycle de mémorisation en cours. Les contenus actuels de la mémoire numérique sont alors transférés sur le GPIB.

L'oscilloscope revient au mode d'utilisation sélectionné dès la fin de la transmission .

III/PANNEAU ARRIERE : se reporter à la figure correspondante;

Sur le panneau arrière on a:

3-1/SORTIE A + GATE (53)

Connecteur BNC fournissant un signal carré positif, d'environ 5 V, et qui coïncide avec la dent de scie de la base de temps A.

3-2/SORTIE B + GATE (54)

Connecteur BNC fournissant un signal carré positif d'environ 5 V et qui coïncide avec la dent de scie de la base de temps B.

3-3/SORTIE DU SIGNAL VERTICAL DE LA VOIE 1 (55)

Connecteur BNC fournissant un signal de sortie d'une amplitude d'environ 50 mV / division du signal représenté par la voie 1, dans une charge de 1 Mohm ou de 25 mV/division du signal représenté par la voie 1 dans une charge de 50 Ohms.

3-4/ENTREE EXTERNE DE L'AXE Z (56)

Cf 1-6-3

3-5/CONNECTEUR GPIB (57)

Permet l'interconnexion avec les autres périphériques présents sur le GPIB.

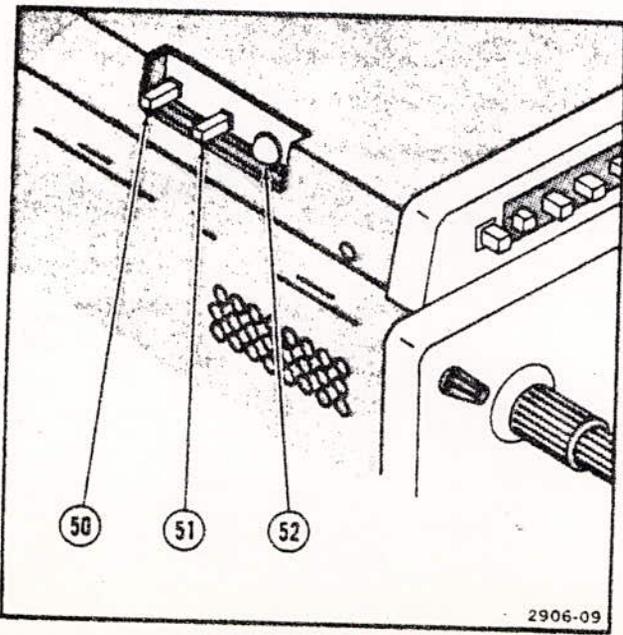
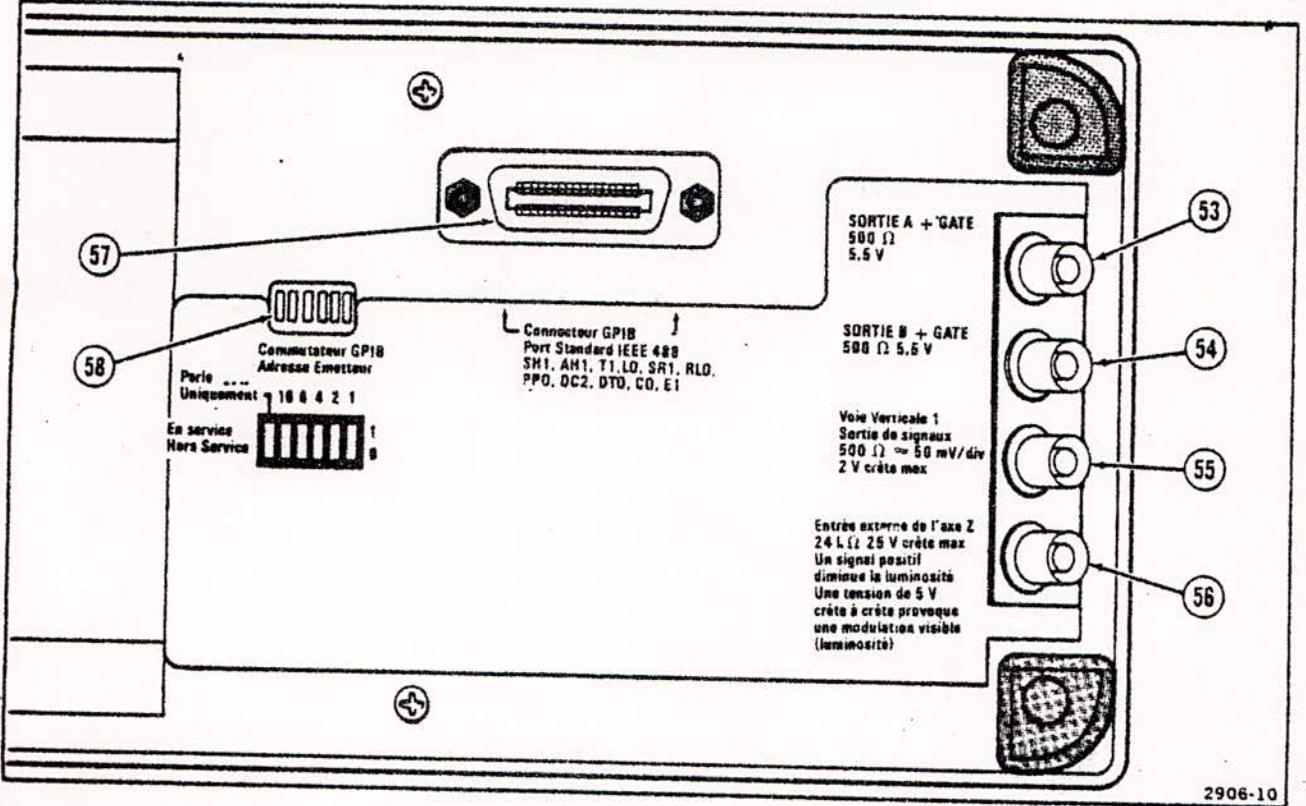
3-6/COMMUTATEUR GPIB (58)

La première des six parties de ce commutateur à 2 positions contrôle uniquement le message local émetteur seulement (TALK ONLY).

Sur la position ON, le 468 fonctionne uniquement comme un émetteur.

Sur la position OFF, le 468 est adressé comme émetteur par l'intermédiaire du contrôleur (TEK 4052).

Les cinq autres éléments de ce commutateur déterminent l'adresse binaire d'émission du 468.



## CHAPITRE II

## LE GPIB.

Le but du GPIB est de faciliter, voir même de supprimer les problèmes rencontrés lors de l'interconnexion d'appareils numériques proches, programmables ou non, et leur permettre d'échanger des informations alphanumériques.

1/ CONCEPT DE L'INTERFACE GPIB:

Le GPIB se compose de 3 bus de fonction distincte:

- Un bus de données de 8 lignes.
- Un bus de transfert de 3 lignes = bus de synchronisation (handshak)
- Un bus de contrôle de 5 lignes .

Il existe certaines restrictions à l'emploi du bus que l'utilisateur doit constamment avoir à l'esprit faute de quoi le bus pourrait ne pas fonctionner normalement:

- Le nombre d'appareils interconnectés ne doit pas excéder quinze;
- Plus de la moitié des appareils interconnectés doit être effectivement en marche;
- Deux appareils quelconques ne doivent pas être distants de plus de quatre mètres;
- La longueur totale du bus (c.a.d la longueur totale des cables de connexion) ne doit pas excéder deux mètres par appareil connecté ou vingt mètres au total;
- Le bus fonctionne en mode asynchrone, et la vitesse de transmission sur le bus de donnée dépend de la vitesse du périph. le plus lent prenant part à l'échange d'informations.

Il est utile de connaître que:

- Les adresses des périphs. , aussi bien que les données, sont transmises séquentiellement sur le bus de données;
- Tous les périphs sur le GPIB sont désignés comme périphs émetteurs ("TALKER") ou comme périph récepteur ("LISTNERS"). Le système graphique agit comme contrôleur pour distribuer les rôles.

Le 4052 A doit être le seul et unique contrôleur sur le bus.

.../...

La fonction d'un "talker" est d'envoyer les informations sur le bus de données. Il ne peut y avoir qu'un seul "talker" à la fois.

La fonction d'un "listner" est de recevoir l'information transmise sur le bus de données. Jusqu'à 14 "listners" peuvent participer à une même opération d'E/S.

Le 4052A peut jouer le rôle d'émetteur ou de récepteur, s'il est programmé pour le faire.

Les reproches que l'on entend le plus souvent formuler à l'encontre du bus concernent principalement les 2 restrictions ci-après:

- Vitesse trop lente;
- Messages non normalisés: il serait en effet très agréable de connecter sur son calculateur de marque X, Y, ou Z et d'obtenir des informations identiques en programmant ces appareils par un message "invariable" [5]

## 2/DEFINITION DES SIGNAUX DU GPIB:

### 2-1/LE BUS DE DONNEES:

Composé des lignes DIO1 à DIO8 (DIO=DATA IN OUT) qui servent à transporter les informations proprement dites. Celles-ci peuvent être, suivant les circonstances:

- Des données numériques, alphanumériques (texte) ou binaires;
- Des adresses de périphériques;
- Des commandes normalisées (multilignes)
- Des mots d'état (status byte)

### 2-2/LE BUS DE CONTROLE ET COMMANDE:

Composé de 5 lignes dont la fonction est de contrôler la transmission des données sur le data bus.

#### a/ ATN (attention)

La ligne ATN est vraie lorsque les appareils reliés au bus sont validés comme émetteurs ou récepteurs.

Aussi longtemps que la ligne ATN est vraie, seuls les codes d'adresse de l'appareil et les messages de contrôle peuvent être transférés sur le bus de données.

Lorsque la ligne ATN est fautive, seuls les appareils validés comme émetteurs ou récepteurs peuvent transférer des données.

.../...

-Seul un controleur peut générer le message ATN.

L/SRQ (service request:demande de service)

-N'importe quel appareil relié au bus peut demander l'attention du controleur en envoyant le message SRQ.

-Le controleur répond en activant la ligne ATN et en exécutant un appel en série (SERIAL POLL) pour trouver le périph. demandeur.

-La réponse est générée par une instruction "ON SRQ THEN..." du programme BASIC.

-L'appel en série s'effectue après l'exécution d'une instruction "POLL"

-Lorsque le périph. demandant le service est trouvé, le contrôle du programme BASIC est transmis à un programme spécial propre à ce périph. Après l'exécution de ce programme spécial, le contrôle est repassé au programme normal.

-Normalement le périph. ne doit pas relâcher la ligne SRQ tant qu'il n'a pas été interrogé par le controleur. Si son service n'est pas rempli, le périph. ne relâche jamais SRQ et le système bloque les futures opérations.

c/IFC (interface clear:initialisation d'interface)

Le signal IFC est activé par le controleur, lorsque celui-ci veut neutraliser tout le circuit d'interface.

-IFC est activé chaque fois qu'une instruction INIT du programme BASIC est exécutée.

-Le controleur doit être la seule et unique source de contrôle de ce signal d/REN (remote enable:commande à distance)

Le controleur valide la ligne REN chaque fois que l'interface fonctionne sous contrôle à distance

-Une fonction d'interface "contrôle à distance" indique à un appareil qu'il va recevoir les données soit par la face avant (LOCAL MODE) soit par l'interface "contrôle à distance"(REMOTE)

Puisque le 468 ne peut fonctionner à distance, ce sont les commandes de sa face avant qui autorisent la transmission des données.

e/EOI (end or identify:fin ou identification)

-Un émetteur peut utiliser le message EOI pour indiquer la fin d'une séquence de transfert de données.

-L'émetteur valide la ligne EOI lorsque le dernier octet de données est transmis.

.../...

### 2-2-3/LE BUS DE SYNCHRONISATION(HANDSHAKE)

Composé de 3 lignes:

a/DAV:(data valid:données valides)

-Cette ligne est déclaré vraie par l'émetteur après que celui-ci ait envoyé un octet de données.

-La ligne TRUE DAV indique à chaque récepteur assigné qu'un nouvel octet de données se trouve sur le bus de données.

-L'émetteur ne peut envoyer de message DAV tant qu'un récepteur valide la ligne NRFD.

b/NRFD(not ready for data:n'est pas prêt pour recevoir des données)

-La ligne NRFD vraie indique que un ou plusieurs récepteurs interrogés ne sont pas prêts à recevoir le prochain octet de données émanant de l'émetteur.

-Lorsque tous les récepteurs interrogés sur le transfert particulier du mot octet de donnée, ont rendu la ligne NRFD fausse, la ligne RFD indique donc à l'émetteur qu'il peut envoyer sur le bus l'octet de données suivant.

c/NDAC:(données <sup>NON</sup> acceptées:Not data accepted)

-Chaque récepteur active un signal NDAC jusqu'à ce qu'il ait saisi l'octet transmis sur le bus de données;NDAC devient inactif ensuite.

-Ce message indique à l'émetteur qu'il peut retirer l'octet du bus de données.

### 2-3/FORMAT DES DONNEES SUR LE GPIB:

Des données numériques ou alphanumériques peuvent être transmises sur le GPIB, en code ASCII ou en code binaire-machine.

#### 2-3-1/TRANSMISSION DES DONNEES ASCII:

La transmission des données de la mémoire vive RAM, à un périph du GPIB, s'effectue par l'exécution de l'instruction PRINT. Le trajet inverse s'effectue par l'exécution de l'instruction INPUT.

#### 2-3-2/TRANSMISSION DES DONNEES EN CODE BINAIRE-MACHINE:

Le code binaire machine est le format particulier qu'utilise le système pour stocker les données en mémoire vive RAM.

Le code ~~est~~ en débit plus rapide entre l'instruction et un périph.

.../...

externe, puisqu'il permet d'éviter la conversion ASCII-binaire.

Le transfert de la RAM au périph externe, en code binaire machine, implique que le périph puisse comprendre ce code. Habituellement ce type de transfert est utilisé entre la RAM et une mémoire de masse externe, qui n'a pas à comprendre ce code, mais uniquement à le stocker (floppy-disk par exemple)

Les transmissions d'information en direction ou en provenance de périphs sur le GPIB sont commandées par les instructions de lecture READ et d'écriture WRITE.

### 3-3/ACCES DIRECT AU BUS GPIB:

Il est parfois nécessaire de connecter à la machine un périph sur le GPIB qui ne travaille pas en code ASCII ni en code binaire machine. Dans ce cas il faut utiliser les instructions WBYTE (write byte) et RBYTE (read byte) pour communiquer avec le périph.

Ces 2 instructions donnent directement accès au bus GPIB et la possibilité de transmettre et recevoir n'importe quel type d'octet sur le bus.

Ceci implique la nécessité d'envoyer les adresses primaires émetteur, les adresses primaires récepteur, les commandes du contrôleur, et les octets de données. Cette méthode est lente et primaire mais elle permet la communication presque universelle avec l'extérieur.

#### NOTIONS GÉNÉRALES SUR LES INSTRUCTIONS WBYTE ET RBYTE:

Les octets placés entre le signe at (Ⓢ) et (:) sont accompagnés pendant leur transfert, du signal ATN. Ces données sont traitées comme des adresses de périphs et des commandes du contrôleur (=adresses secondaires)

-Les données qui suivent (après (:)) sont transmises sans ATN.

-La présence du signe (-) devant les entiers signifie que l'octet transmis sera accompagné du signal EOI.

Un exemple illustratif est sur la fig 3.1 où la ligne 110 permet au contrôleur d'initialiser tous les périphs c.a.d les rendre ni "TALKER" ni "LISTNER".

### 4/MOTS D'ÉTAT DU GPIB:

Durant un appel en série, chaque périph envoie un mot d'état au contrôleur (voir "POLL").

.../...

Le mot d'état est un octet qui est transmis à l'interface

à l'adresse

à l'adresse

C'est un message qui donne des informations sur l'état de l'interface GPIB du périph .

Par exemple le mot d'état 65 (décimal) correspond dans le cas d'une demande d'interruption émise à une mise sous tension . [ 1 ]

2-4-1/MESSAGE DU 468:

Courbe= message provenant d'un périph controlé à distance.  
Une courbe correspond à une quantité d'informations, le début et la fin étant clairement définis. La courbe démarre lorsque le 468 commence à fonctionner comme un émetteur et que les autres périphs. concernés commencent à fonctionner comme récepteurs.

4-2/FORMAT D'UNE COURBE:

Une courbe est constituée d'un bloc d'identification, d'un zéro ou de plusieurs courbes, séparés par des délimiteurs.

-4-3/EXEMPLE DE MESSAGE:

ID TEK/468,V79.1,FV:1.0;WFMPRE WFID:"CH1-DC",NR.PT:512,PT.FMT:Y,XINCR:40,XZERO:0,PT-OFF:64,XUNITS:NS,YMULT:40,YZERO:0,YOFF:43-,YBIT:MV,ENCDG:BIN,BN.FMT:RP,BYT/NR:1

\* Bloc d'identification:

ID TEK/468,V79.1,FV:1,0;

Il permet d'identifier l'appareil comme étant un 468 oscillo TEKTRONIX à mémoire numérique avec son option.

\* Elément de la courbe:

- WFID: "{ CH1 | CH2 | ADD } AC;DC;GND;UNK" .

wave form identification : identification de la courbe.

- NR.PT: { 256 | 512 } = number of points = nombre d'échantillons

- PT.FMT:Y = point format :

Il s'agit de la transmission de la coordonnée Y ,mais la coordonnée X est déterminée à partir du numéro du point de donnée et de l'incrément X.

- XINCR : { 100 | 40 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 }

L'incrément de l'élément défini multiplié par l'unité X correspond au temps s'écoulant entre les points de données.

- XZERO : 0 (X origin) = l'origine des X est zéro .

- PT.OFF: { 32 | 64 | 224 | 448 } = point d'offset.

Nous permet de savoir si on est en post ou pré-déclenchement.

.../...

-XUNIT { S | MS | US | NS }  
 -YMULT : { 200 | 400 | 800 | 2 | 4 | 8 | 20 | 40 | 80 | 25 | 50 | 100 | 250 | 500 | 1000 }

C'est un facteur à multiplier par les Y pour obtenir les valeurs en grandeur réelle.

-YZERO : 0 = l'origine Y est à zéro.

- YOFF : < GND REF VALUE >

L'élément défini est la valeur verticale de la position de la référence de masse .

- YUNIT: { V | MV | UV | DIV }

- ENCDG : BIN : Le codage des données d'une courbe est un code binaire à niveau bas .

-BN.FMT : RP :

Chaque nombre envoyé est un nombre binaire entier positif.

- BYT/NR : 1

Un octet est envoyé pour chaque chiffre.

- BIT/NR:8 Un octet comprend huit bits.

4-4/CALCUL DES VALEURS DES COORDONNEES :

Les valeurs absolues des coordonnées des points de la courbe se calculent en utilisant l'information obtenue à partir du message.

Valeurs des coordonnées X et Y:

$$X_n = X_0 + DX(n-N_0) \quad \text{et}$$

$$Y_n = Y_0 + SY(y_n-YR)$$

Ces formules nous permettent de trouver les coordonnées X et Y au point n [1]

Les symboles utilisés sont définis comme suit:

- Xn , Yn :valeurs absolues des coordonnées X et Y au point n.

- n : numéro du point sur la courbe.

- DX : incrément X

- No : décalage du point X (point de déclenchement)

-Xo :origine des X

-Yo : origine des Y.

-SY : MULTIPLICATEUR de Y.

-yn : valeur Y du point.

-YR : décalage de la valeur Y (référence à la masse)

\*Calcul de l'indication du commutateur TIM/DIV.

puisque 500 points recouvrent les 10 DIVISIONS horizontales de l'écran

on a:

.../...

TIME/DIV = (500 x DX) / 10 = 50 DX.

\* Calcul de l'indication du commutateur V/DIV

$$V/DIV = Y_n / (25 \times SY)$$

puisque la résolution est égale à 25 points par division.

-4-5/ SPECIFICATION DES DELIMITEURS SPECIAUX POUR LES OPERATIONS INPUT:

Si un signe % remplace le caractère  $\text{\textcircled{0}}$  dans l'adresse d'E/S de l'instruction INPUT, le système utilise un caractère prédéfini pour séparer les enregistrements (à la place de CR) et un autre caractère prédéfini pour la fin du fichier (EOF).

Ceci permet aux ordinateurs de la série 4050 d'adapter des instructions INPUT aux formats de différents périphs. (c.a.d certains périphs n'utilisent pas CR comme séparateur d'enregistrement. Le 468 utilise "%" pour séparer le message du bloc des données).

Les caractères utilisés comme délimiteurs et caractères EOF, sont spécifiés dans une instruction PRI spéciale s'adressant au mot d'état du processeur.

EXple: PRI  $\text{\textcircled{0}}$  37,0:65,66,67.

Indépendement de l'adresse 37,0 les 3 nombres suivants les 2 points (:) représentent l'équivalent décimal d'un caractère ASCII.

-Le premier nombre représente l'équivalent décimal du caractère séparateur. 65, par exemple, indique que la lettre "A" sera utilisée comme séparateur.

-Le second nombre représente l'équivalent décimal du caractère EOF. 66, par exemple, indique que la lettre "B" sera utilisée comme marque de fin de fichier.

-Le troisième nombre indique le caractère à ignorer dans la chaîne de caractères lues : Un nombre supérieur à 127 signifie qu'aucun caractère ne sera effacé. [ 4 ]

1/SERIE DE FOURIER:

Analyse d'une fonction  $x(t)$  périodique:

La fonction  $x(t)$  périodique de période  $T$  telle que  $f_0 = 1/T$  peut s'écrire:

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} S_x(kf_0) e^{2\pi j k f_0 t}$$

$$S_x(kf_0) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} x(t) e^{-2\pi j k f_0 t} dt$$

$S_x(kf_0)$  est le spectre de fréquence du signal  $x(t)$  = il s'agit d'une fonction essentiellement discontinue

Le spectre de fréquence d'une fonction périodique de période  $T$  est donc composé de "raies" dont l'écart sur l'axe des fréquences est égal à  $1/T$ .

Ces raies sont généralement complexes et peuvent donc être définies soit par les valeurs de leurs parties réelles  $A(kf_0)$  et imaginaires  $B(kf_0)$  soit sous forme polaire en termes de module  $M(kf_0)$  et de phase  $\theta(kf_0)$ :

$$S_{X_R} = A_R - j B_R$$

$$S_{X_R} = M_R e^{-j\theta_R}$$

$$A_R = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} x(t) \cos(2\pi k f_0 t) dt$$

$$M_R = \sqrt{A_R^2 + B_R^2}$$

$$B_R = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} x(t) \sin(2\pi k f_0 t) dt$$

$$\theta_R = \text{Arc tg} \left( \frac{B_R}{A_R} \right)$$

Le spectre de fréquence  $S_x(kf_0)$  que l'on vient de décrire est une fonction mathématique définie pour des fréquences positives et négatives = Dans la pratique on considère généralement un spectre de fréquence physique défini uniquement pour les fréquences positives.

La décomposition en série de Fourier de la fonction  $x(t)$  peut s'écrire sous la forme suivante:

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{k=+\infty} M_R e^{-j\theta_R} e^{2\pi j k f_0 t} = \sum_{k=-\infty}^{k=+\infty} M_R e^{j(2\pi k f_0 t - \theta_R)}$$

Si l'on considère les relations de symétrie suivantes:

.../...

$$A_R = A_{-R} \text{ et } B_R = -B_{-R} \quad \text{ou} \quad M_R = M_{-R} \text{ et } \theta_R = -\theta_{-R}$$

$x(t)$  peut se mettre sous la forme suivante:

$$x(t) = M_0 + \sum_{R=1}^{+\infty} 2 M_R \cos(2\pi R f_0 t - \theta_R) \quad \text{ou encore:}$$

$$x(t) = A_0 + \sum_{R=1}^{+\infty} 2 \left[ A_R \cos(2\pi R f_0 t) + B_R \sin(2\pi R f_0 t) \right]$$

2/ INTEGRALE DE FOURIER: Analyse d'une fonction  $x(t)$  non périodique et définie de  $-\infty$  à  $+\infty$ .

L'intégrale de Fourier se déduit de la série de Fourier en considérant une fonction périodique dont la période  $T$  tend vers l'infini. Dans ces conditions l'intervalle de fréquence, égal à  $1/T$ , qui séparait deux raies successives de la série de Fourier tend vers zéro et le spectre de raies tend vers un spectre continu.

Compte tenu d'un certain nombre d'hypothèses de validité, on montre que  $x(t)$  peut s'écrire:

$$x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} S_x(f) e^{2\pi j f t} df$$

$$S_x(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-2\pi j f t} dt$$

$S_x(f)$  est le spectre de fréquence du signal  $x(t)$ . Cette fonction est continue et définie pour les fréquences positives, nulle et négatives. Elle est en général complexe et peut donc être décrites en termes partie réelle  $A(f)$  et imaginaire  $B(f)$ , ou en termes de module  $M(f)$  et de phase  $\theta(f)$

$$S_x(f) = A(f) - jB(f)$$

$$S_x(f) = M(f) e^{-j\theta(f)}$$

$$A(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cos(2\pi f t) dt$$

$$M(f) = \sqrt{A^2(f) + B^2(f)}$$

$$B(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \sin(2\pi f t) dt$$

$$\theta(f) = A(f) \operatorname{ctg} \left( \frac{B(f)}{A(f)} \right)$$

Une autre fonction très utilisée en analyse spectrale est la densité spectrale de puissance  $G(f)$  qui est égale au carré du module  $M(f)$  que nous venons de décrire.

3/ PROPRIÉTÉS DE LA TRANSFORMÉE DE FOURIER:

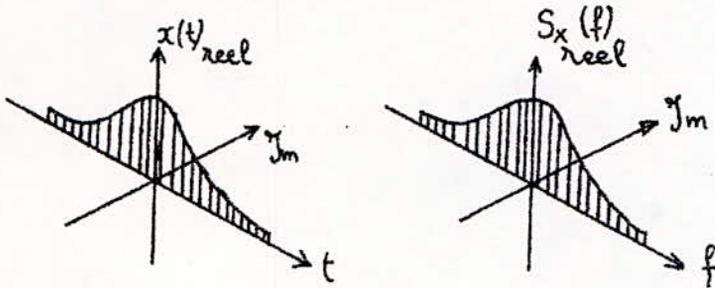
.../...

### 3-1/PROPRIETE DE LINEARITE:

La T.F est une opération linéaire:

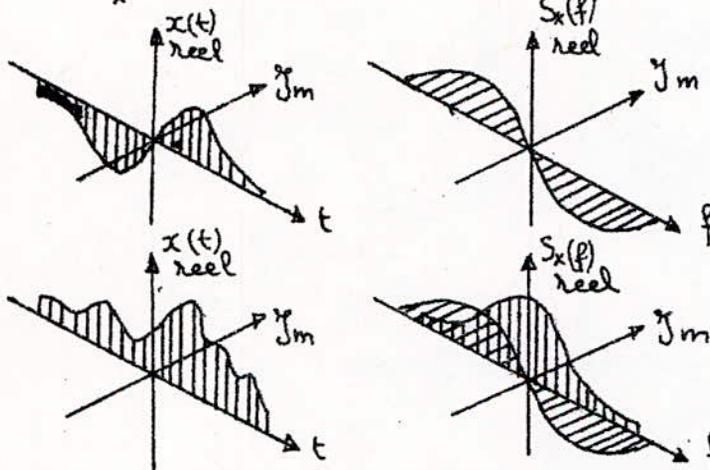
$$\left. \begin{array}{l} x(t) \rightleftharpoons S_x(f) \\ y(t) \rightleftharpoons S_y(f) \end{array} \right\} ax(t) + by(t) \rightleftharpoons aS_x(f) + bS_y(f)$$

### 3-3-2/PROPRIETE DE PARITE:

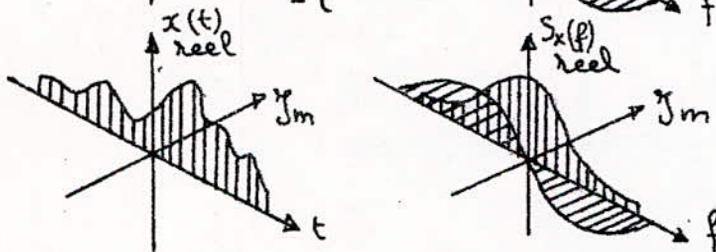


$x(t)$  réelle et paire

$S_x(f)$  réelle et paire



$x(t)$  réelle et impaire  
 $S_x(f)$  imaginaire et  
impaire.



$x(t)$  réelle quelconque  
partie réelle de  $S_x(f)$   
paire ;  
partie imaginaire de  
 $S_x(f)$  impaire.

Nous avons résumé ci-dessus les trois cas pratiques correspondant aux fonctions  $x(t)$  réelles.

### 3-3-3/PROPRIETE DE SIMILITUDE:

$$x(t) \rightleftharpoons S_x(f) \quad \text{en secondes}$$

$$x(at) \rightleftharpoons \frac{1}{|a|} S_x(f/a)$$

Une contraction de l'échelle des temps entraîne une dilatation de l'échelle des fréquences et inversement.

### 3-3-4/PROPRIETE DE TRANSLATION:

$$x(t) \rightleftharpoons S_x(f)$$

$$x(t-a) \rightleftharpoons e^{-j2\pi f a} S_x(f)$$

.../...

Cette propriété signifie que les T.F de  $x(t)$  et  $x(t-a)$  ont même module, mais que la T.F de  $x(t-a)$  a subi, par rapport à celle de  $x(t)$ , une rotation de phase de  $2\pi a f$

### 3-3-5/CONVOLUTION:

Considérons deux fonctions  $x(t)$  et  $y(t)$  possédant des T.F  $S_x(f)$  et  $S_y(f)$   
 Cherchons la forme de la T.F  $S_z(f)$  de la fonction  $z(t)=x(t).y(t)$

$$x(t) \rightleftharpoons S_x(f)$$

$$y(t) \rightleftharpoons S_y(f)$$

$$z(t) = x(t) \cdot y(t)$$

On démontre dans ces conditions que la T.F de  $z(t)$  s'écrit sous la forme suivante:

$$S_z(f) = S_x(f) * S_y(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} S_x(f-v) \cdot S_y(v) dv$$

Ceci est l'opération de convolution dans l'espace des fréquences, on parle également de la convolution dans l'espace temps =

$$S_x(f) \rightleftharpoons x(t)$$

$$S_y(f) \rightleftharpoons y(t)$$

$$S_z(f) = S_x(f) \cdot S_y(f) \rightleftharpoons z(t) = x(t) * y(t)$$

Une application importante de la convolution temporelle est de déterminer ou de prédire la sortie d'un système linéaire invariant dans le temps.

### 3-4/CORRELATION:

La corrélation du signal avec lui même est dite auto-corrélation.

La corrélation entre deux signaux différents est dite cross-correlation.

La corrélation entre deux signaux échantillonnés X et Y est donnée par la sommation:

$$Z_d(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-n-1} X(k) Y(n+k) \quad \text{pour } n = -N+1, \dots, -1, 0, 1, \dots, N-1$$

N=nombre d'échantillons.

L'autocorrélation est une méthode utile pour détecter la présence de signaux

.../...

périodiques noyés dans du bruit.

Cette technique est utilisée en biomédical et en astronomie.

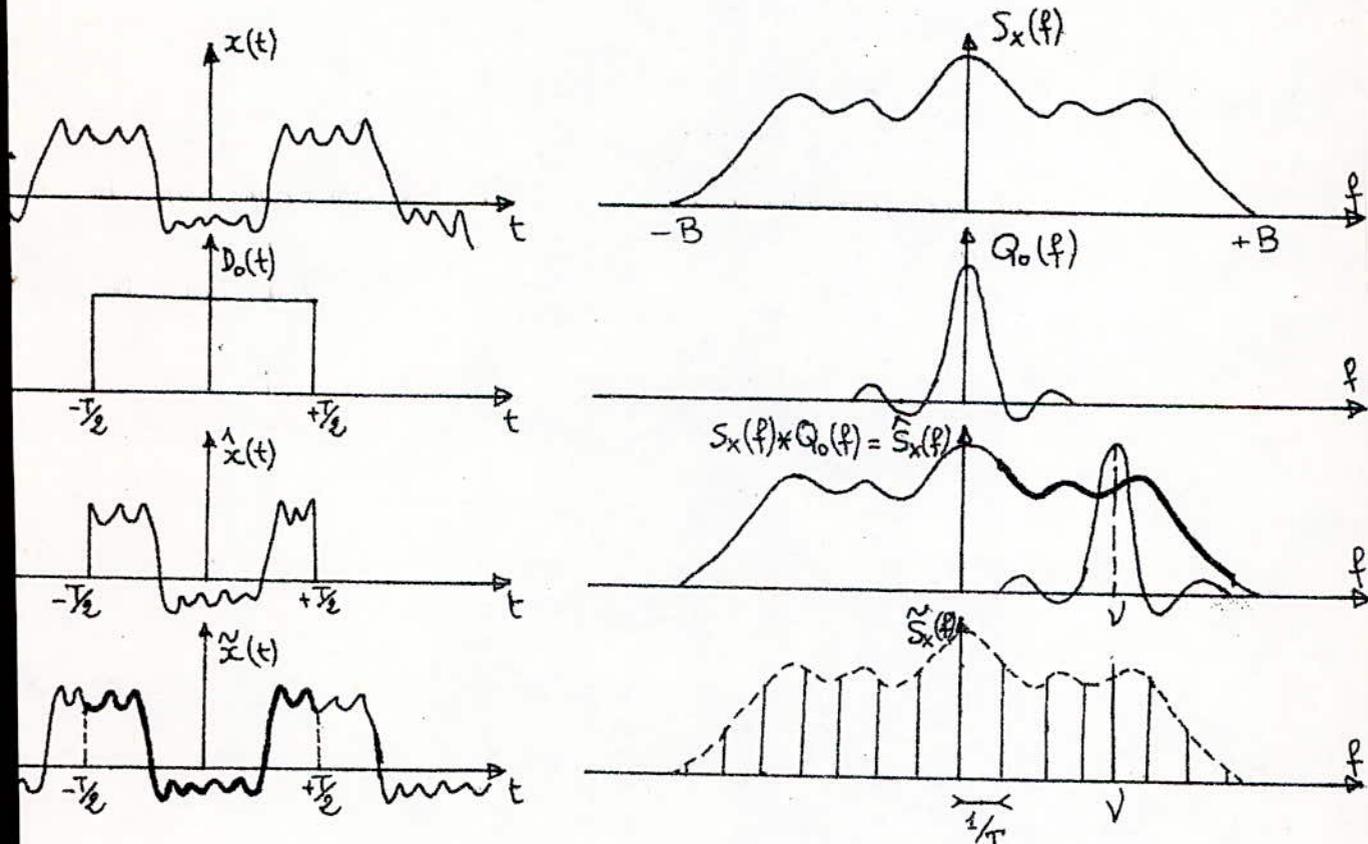
D'autres part, la cross-corrélation est utilisée pour détecter la présence d'un signal connu, dans un environnement bruité. Une application commune de la cross-corrélation est la détection de l'écho d'un radar, sonar...

À noter que la corrélation de deux signaux (domaine temps) est équivalente dans le domaine fréquence à:

$$S_z(f) = S_x^*(f) \cdot S_y(f)$$

ou  $S_z(f)$  est la T.F de  $z(t)$  (corrélation entre  $x(t)$  et  $y(t)$ )

1.5/CAS PRATIQUE: Analyse d'une fonction  $x(t)$  définie sur un intervalle de temps limité;



$$x(t) \iff S(f)$$

$$D_0(t) \iff Q_0(f)$$

Dans la réalité  $x(t)$  ne serait définie que sur un intervalle de temps limité, par exemple  $[-T/2 ; +T/2]$

• Deux représentations sont possibles pour  $x(t)$ :

-  $\tilde{x}(t)$  : fonction périodique de période  $T$  qui suppose que le fragment connu entre  $-T/2$  et  $+T/2$  se répète à chaque période. La T.F de  $x(t)$  se traduira par une série de Fourier (raies).

-  $\hat{x}(t)$  : égal à  $x(t)$  dans l'intervalle  $-T/2, +T/2$  et nulle en dehors. On peut donc considérer que  $\hat{x}(t)$  est le résultat du produit de  $x(t)$  et d'une fonction  $D_0(t)$  dite fenêtre naturelle.

La T.F de  $\hat{x}(t)$  sera donc égale au produit de convolution des T.F de  $x(t)$  et  $D_0(t)$  :

$$x(t) \Leftrightarrow S_x(f)$$

$$D_0(t) \Leftrightarrow Q_0(f) = T \frac{\sin(\pi f T)}{\pi f T}$$

$$\hat{x}(t) \Leftrightarrow \hat{S}_x(f) = S_x(f) * Q_0(f)$$

La valeur prise par  $S_x(f)$  pour  $f=v$  sera donc

$$\hat{S}_x(v) = \int_{-\infty}^{+\infty} Q_0(v-f) \cdot S_x(f) df.$$

On constate donc que  $\hat{S}_x(v)$  représente non seulement la contribution du spectre  $S_x(f)$  à la fréquence  $v$ , soit  $S_x(v)$ , mais également la contribution des fréquences voisines pondérée par la fonction  $Q_0(v-f)$ .

La fenêtre naturelle introduit donc des déformations [6].

#### 1.6/LES FENÊTRES:

Nous venons de décrire la fenêtre naturelle  $Q_0(f)$ . Cette fenêtre possède un pic central dont la largeur de base est égale à  $2/T$  et dont la largeur moyenne est de l'ordre de  $1/T$ . Cette fenêtre possède hélas des lobes latéraux relativement amples de périodes  $1/T$  qui amènent des distorsions gênantes.

D'où l'idée de déterminer une fonction  $D(t)$  qui pondérerait l'échantillon  $\hat{x}(t)$ , et dont la T.F  $Q(f)$  serait plus avantageuse que la fenêtre naturelle  $Q_0(f)$ .

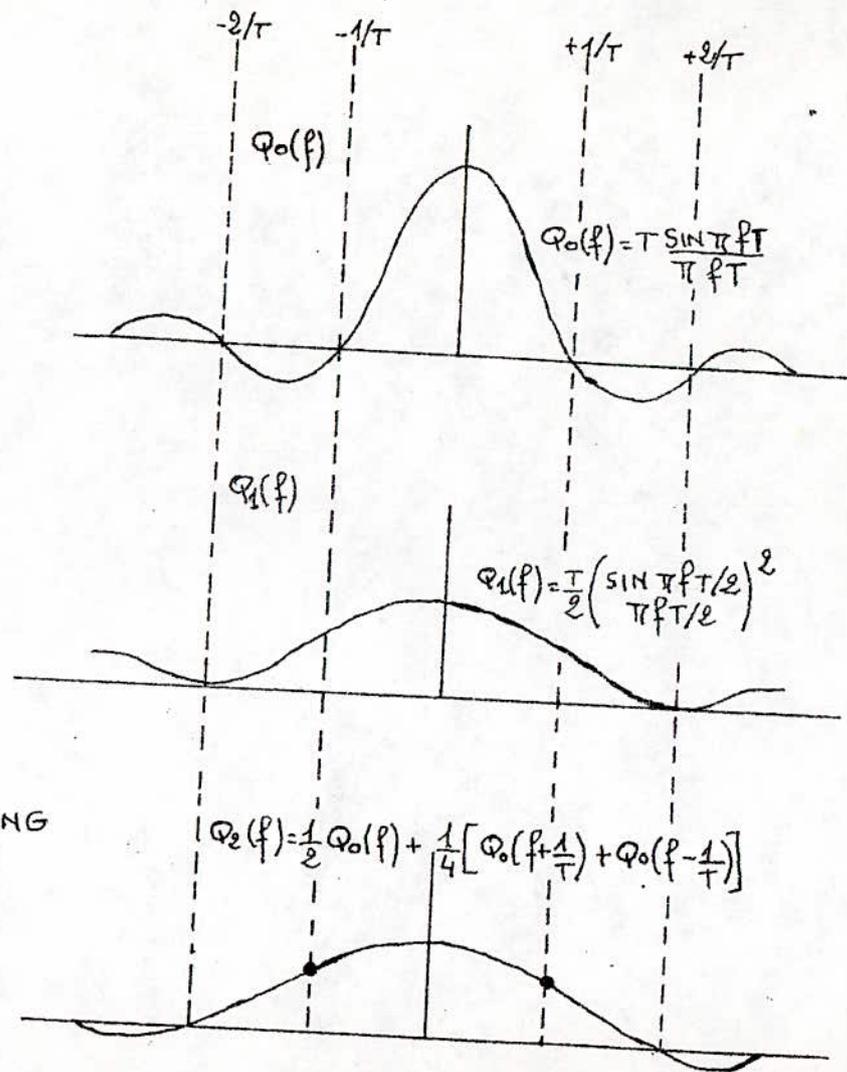
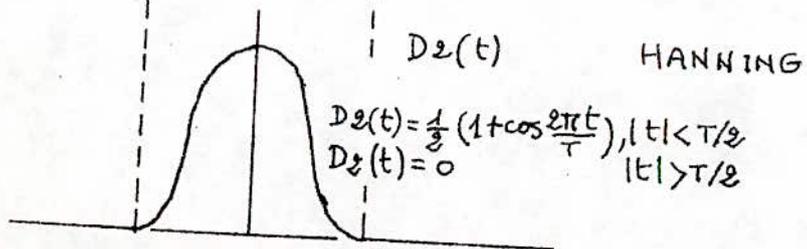
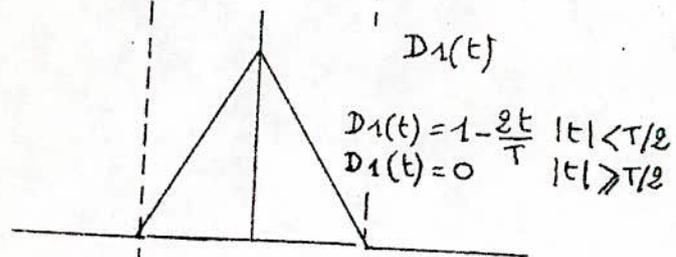
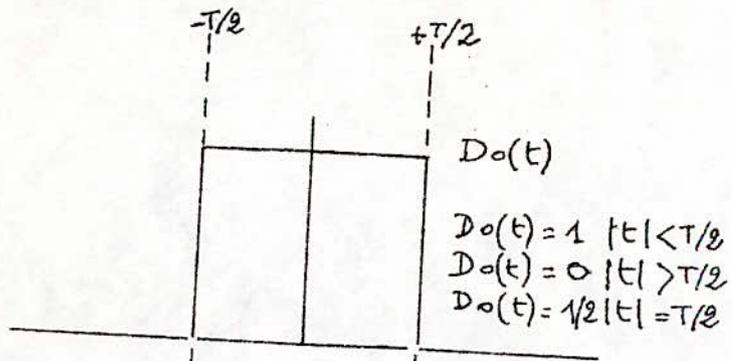
Le choix d'une telle fenêtre est toujours conditionné par les critères suivants:

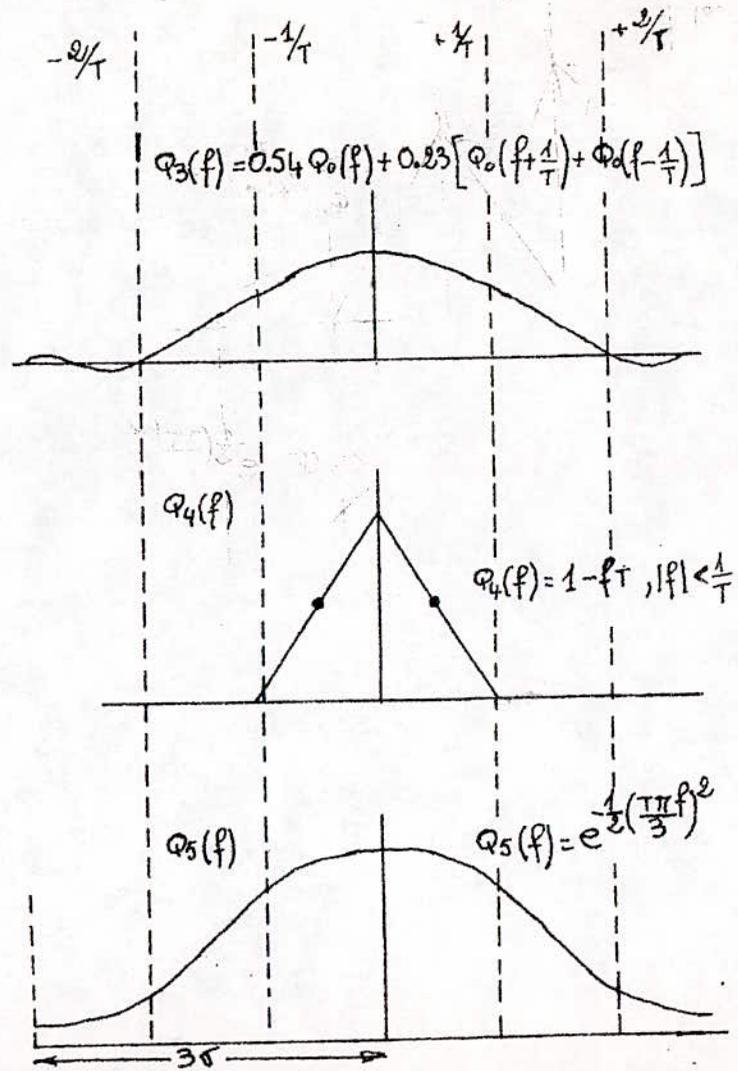
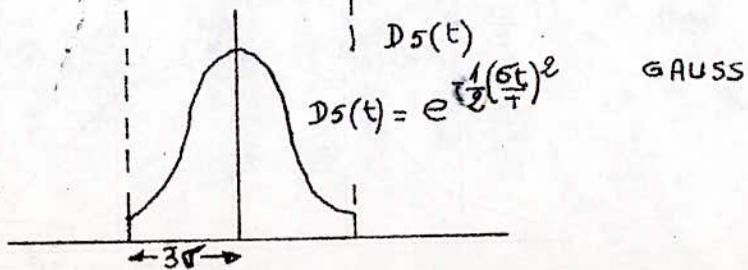
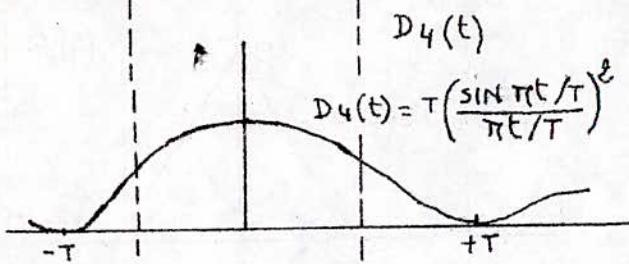
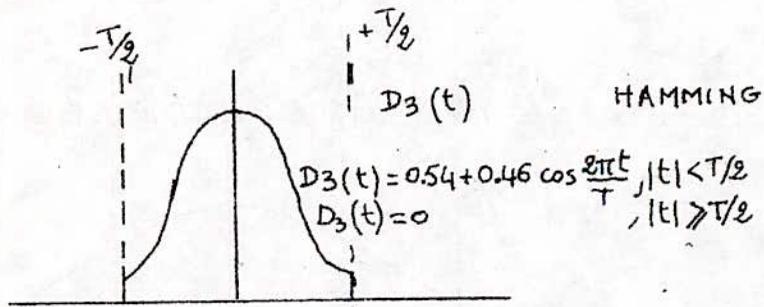
.../...

• -La fenêtre temporelle  $D(t)$ , qui détermine la pondération du signal  $\hat{x}(t)$  doit-être limitée à l'intervalle  $-T/2, +T/2$ , c'est à dire à l'intervalle de définition du signal  $x(t)$ .

-La fenêtre de fréquence  $Q(f)$  correspondante doit-être de largeur limitée afin d'éviter que sa convolution avec le spectre réel n'amène en un point de calcul les contributions des fréquences voisines.

Plusieurs fenêtres sont utilisés citons : la fenêtre naturelle, triangulaire de Hanning, de Hanning et la fenêtre de Gauss.





## CHAPITRE IV

## LE LOGICIEL ETABLI.

Notre programme se compose de trois sous programmes;

Le premier, à son exécution, sert à faire l'acquisition des données c.a.d le transfert de données de l'oscilloscope vers l'ordinateur.

Le second, sert à faire le traitement du signal acquis, il effectue les opérations suivantes:

- Calcul de la FFT du signal et sa visualisation,
- Séparation de la partie réelle et imaginaire de la FFT et leur visualisation,
- Calcul de l'amplitude et de la phase de la FFT et visualisation,
- Calcul de la corrélation, dans ce sous programme existe :
  - \* L'auto-corrélation qui est la corrélation du signal avec lui même
  - \* La cross-corrélation qui est la corrélation entre 2 signaux différents.
- Calcul de la convolution de 2 signaux et visualisation,
- Visualisation de 3 fenêtres de HANNING: à 10% ,25% et 50%.

Le troisième permet d'échantillonner une courbe tracée sur du papier.

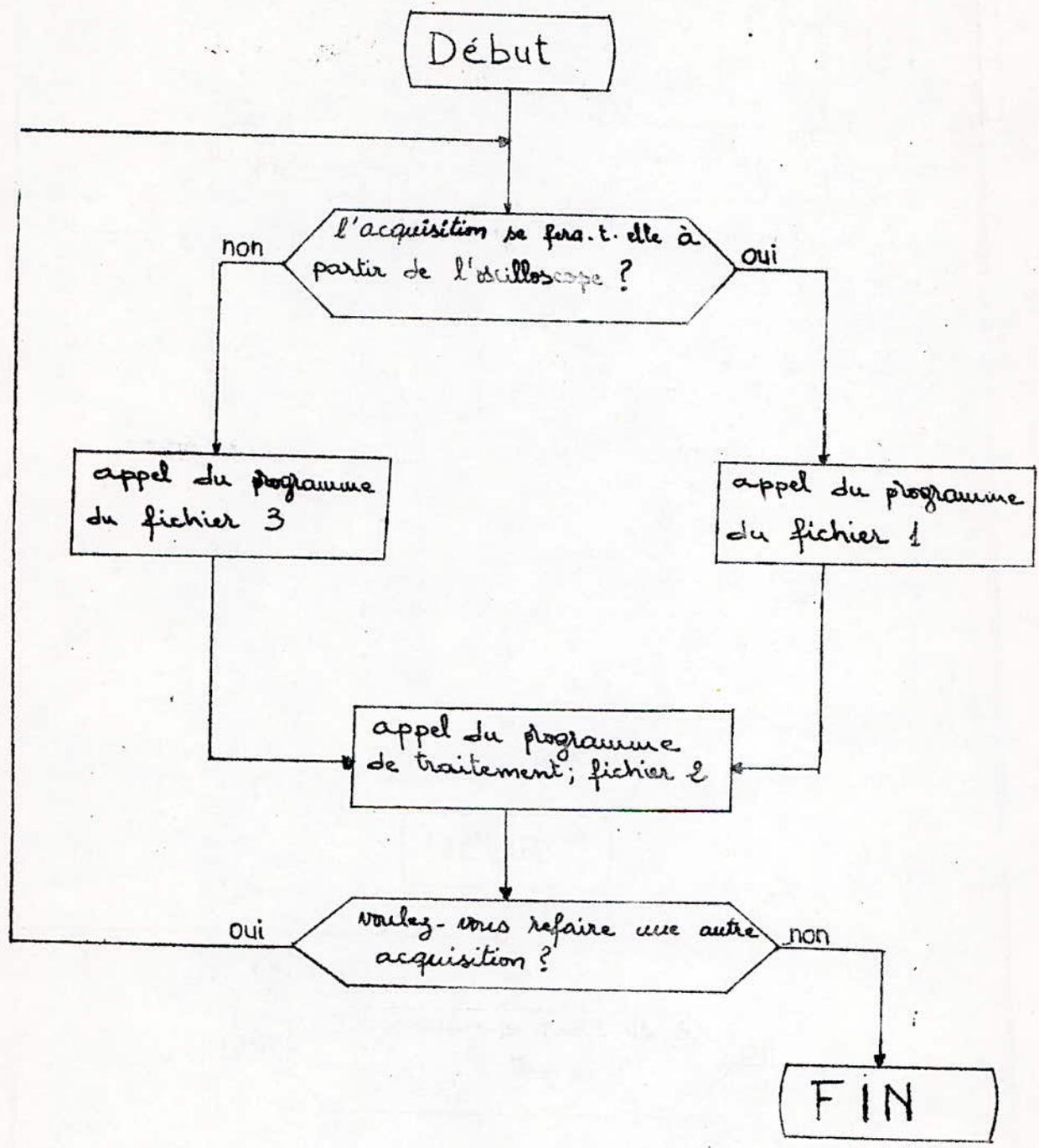
L'échantillonnage est effectué grâce à une table de digitalisation.

Le transfert de données est effectué au fur et à mesure de l'acquisition

Ces sous programmes sont enregistrés dans les fichiers suivants:

- Fichier 1: acquisition à partir de l'oscillo. TEK 468.
- Fichier 2: traitement.
- Fichier 3: échantillonnage et acquisition à partir de la table de digitalisation.

L'enchaînement de ces sous programmes est illustré sur l'organigramme de la page suivante.



\* Organigramme d'enchaînement des programmes.

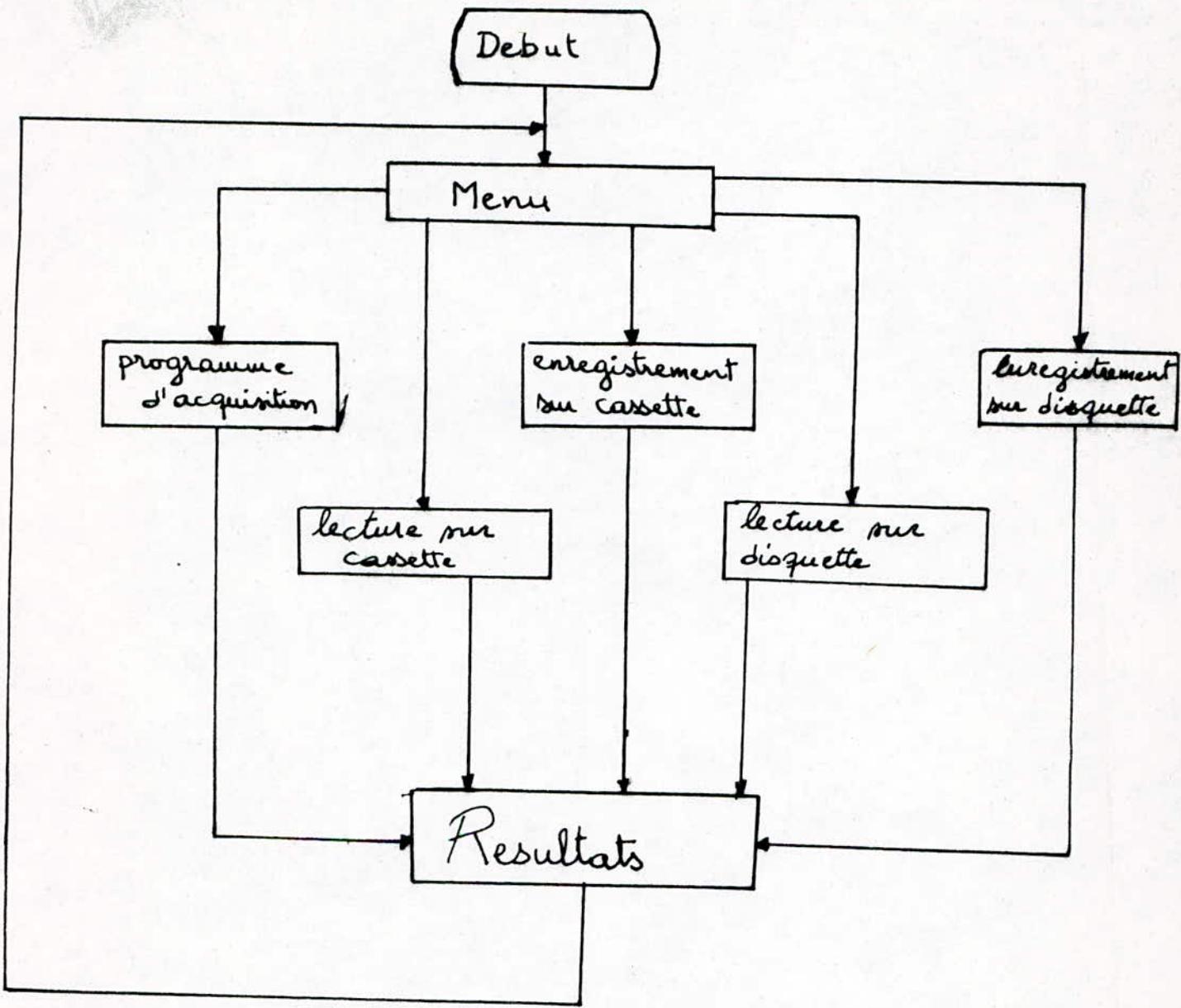
1/FICHER 1:

Le fichier 1 contient le sous programme d'acquisition à partir de l'oscillo. TEK 468.

Parfois, on a besoin de mémoriser un signal pour un traitement ultérieur, on fait alors appel au lecteur de cassettes ou à la floppy-disk.

Ce sous programme permet la mémorisation des données d'un signal sur une cassette ou sur une disquette .Il suffit que cette dernière soit formatée(voir annexe).

L'organigramme est donné sur la page suivante



```
1 INIT
2 PAGE
3 GO TO 3400
4 REM *** MENU ***
5 PAGE
6 GO TO 3400
8 REM*** ACQUISITION DES COURBES ***
9 PAGE
10 GO TO 100
12 REM
13 GO TO 4000
16 FIND 3
17 DELETE 101,6000
18 APPEND 100,10
19 RUN 100
20 GO TO 900
24 GO TO 1930
28 GO TO 1090
32 GO TO 1430
36 GO TO 1680
44 GO TO 4900
48 GO TO 5260
52 GO TO 5160
56 GO TO 5470
99 REM *** ACQUISITION ***
100 INIT
110 G$="GGGGG"
112 B1a=0
115 B2b=0
117 B3c=0
120 A8=8
125 B1=0
130 B2=0
135 B3=0
```

```
150 DIM X(512),Q$(175),S$(175)
160 FOR I=1 TO 512
170   X(I)=I
180 NEXT I
190 ON SRQ THEN 800
200 PRINT "JJJAPUYER SUR /RET/ POUR DEMARRER L'ACQUISITION";G$
205 INPUT Ac$
220 PAGE
225 DIM A$(175)
240 SET NOKEY
250 REM **CHOIX DU SEPARATEUR %<ASCII 37>**
260 PRINT @37,0:37,255,255
270 PRINT @37,26:1
280 REM ** ACQUISITION D'UNE COURBE **
290 WBYTE @95,63,20:
300 WBYTE @64+A8:
310 INPUT %A8:A$
320 P=POS(A$,"WFID:",5)
330 IF P=0 THEN 300
340 D$=SEG(A$,P,10)
350 D$=D$&"A3"
360 D$=STR(VAL(D$))
370 P=POS(A$,"NR.PT:",15)
380 C$=SEG(A$,P+5,5)
390 B=VAL(C$)
395 PRINT @37,26:0
400 GOSUB VAL(D$) OF 470,570,670
410 PRINT "JJJ'AI TERMINE L'ACQUISITION"
412 PRINT
413 PRINT
415 PRINT "AVEZ-VOUS UN AUTRE SIGNAL ? OUI OU NON ";G$;
417 INPUT Ac$
420 IF LEN(Ac$)=0 OR POS("OUINON",Ac$,1)=0 THEN 427
425 IF POS("OUI",Ac$,1)>0 THEN 540
426 GO TO 430
```

```
427 DELETE Ac$
428 PRINT "JREPONDEZ PAR UN OUI OU NON"
429 GO TO 417
430 PAGE
435 WBYTE @95,63,20:
440 PRINT "JAPPUYER SUR /KEY3/ POUR VISUALISER VOS COURBES";G$
450 SET KEY
460 END
470 REM ** ANALYSE DE CH1 **
480 DELETE Y
485 B1=B
486 B1a=B1
490 DIM Y(B)
500 WBYTE @64+A8:
510 RBYTE H1,H1,Y,C1,H1
520 Q$=A$
525 DELETE A$
530 RETURN
540 PAGE
542 WBYTE @95,63,20:
545 PRINT "JJINTRODUIRE LE SIGNAL SUIVANT ";G$
550 DELETE Ac$,A$
560 GO TO 190
570 REM *** ANALYSE DE CH2 ***
580 DELETE V
585 B2=B
586 B2b=B2
590 DIM V(B)
600 WBYTE @64+A8:
610 RBYTE H2,H2,V,C2,H2
620 S$=A$
625 DELETE A$
630 RETURN
670 REM ** ANALYSE DU SIGNAL ADD **
680 DELETE Z
```

S-V-P "

45

```

685 B3=B
686 B3c=B3
690 DIM Z(B),R$(175)
700 WBYTE @64+A8:
710 RBYTE H3,H3,Z,C3,H3
713 R$=A$
715 DELETE A$
720 RETURN
800 REM ** TEK 468: GESTION DES INTERRUPTIONS **
810 POLL D,S;A8
820 IF S<>65 THEN 850
830 PRINT "LJJSRQ 'POWER ON' COMPLETE";G$
840 RETURN
850 IF S<>195 THEN 880
860 REM ** SRQ 'TRANSMIT' .RENVOIE A L'OPERATION EN COURS **
870 RETURN
880 IF S<>196 THEN 910
890 REM ** SRQ 'TALK ONLY MODE TRANSMIT ' .PROVOQUE UNE ACQUISITION **
900 GOSUB 220
910 RETURN
3400 REM *** MENU ***
3410 PRINT "                *****"
3420 PRINT "                * MENU *"
3430 PRINT "                *****"
3440 PRINT
3450 PRINT
3460 PRINT "   TOUCHE KEY   :           ROUTINE           "
3470 PRINT "   -----     :           -----           "
3480 PRINT "           1   :           MENU               "
3490 PRINT "           2   :           ACQUISITION        "
3500 PRINT "           3   :           TRACE DU RETICULE  "
3510 PRINT "           4   :           FFT                 "
3520 PRINT "           5   :           IFT                "
3530 PRINT "           6   :           AMPLITUDE ET PHASE "
3540 PRINT "           7   :           REELS ET IMAGINAIRES "

```

46

```

3550 PRINT "      8 : AUTOCORRELATION "
3560 PRINT "      9 : CONVOLUTION "
3570 PRINT "     10 : FENETRE DE HANNING "
3571 PRINT "     11 : CHARGEMENT SUR K7"
3572 PRINT "     12 : LECTURE D'UNE K7"
3573 PRINT "     13 : CHARGEMENT SUR DISQUETTE"
3574 PRINT "     14 : LECTURE D'UNE DISQUETTE"
3580 END
4000 REM *** TRACE DU RETICULE ***
4005 PRINT "JJSUR QUEL PERIPHERIQUE VOULEZ-VOUS VISUALISER VOS COURBES"
4007 PRINT "J DONNER 11 POUR LA TABLE TRACANTE ET 32 POUR L'ECRAN "
4008 INPUT A2
4009 PAGE
4010 WINDOW 1,500,0,255
4015 VIEWPORT 30,100,0,70
4020 FOR I=0 TO 10
4025     FOR J=7 TO 23 STEP 4
4030         MOVE @A2:50*I+(I=0),J
4035         DRAW @A2:50*I+(I=0),J
4040     NEXT J
4045     MOVE @A2:50*I+(I=0),27
4050     DRAW @A2:50*I+(I=0),227
4055     FOR J=231 TO 247 STEP 4
4060         MOVE @A2:50*I+(I=0),J
4065         DRAW @A2:50*I+(I=0),J
4070     NEXT J
4075 NEXT I
4080 FOR I=1 TO 500 STEP 6
4085     MOVE @A2:I,3
4090     DRAW @A2:I,3
4095 NEXT I
4100 FOR I=1 TO 500 STEP 6
4105     MOVE @A2:I,64.5
4110     DRAW @A2:I,64.5
4115 NEXT I

```

```
4120 FOR I=1 TO 500 STEP 6
4125     MOVE @A2:I,189.5
4130     DRAW @A2:I,189.5
4135 NEXT I
4140 FOR I=1 TO 500 STEP 6
4145     MOVE @A2:I,252
4150     DRAW @A2:I,252
4155 NEXT I
4160 FOR I=1 TO 9
4165     MOVE @A2:1,25*I+2
4170     DRAW @A2:500,25*I+2
4175 NEXT I
4180 VIEWPORT 30,100,7.5,62.3
4185 AXIS @A2:10,6.4,250,127
4190 VIEWPORT 30,100,0,70
4195 MOVE @A2:0,186
4200 PRINT @A2:"HHHHH100%"
4205 MOVE @A2:0,173.5
4210 PRINT @A2:"HHHH90%"
4215 MOVE @A2:0,73.3
4220 PRINT @A2:"HHHH10%"
4225 MOVE @A2:0,60.5
4230 PRINT @A2:"HHH0%"
4235 HOME @A2:
4236 U$=" "
4240 PRINT @A2:" COUPLAGE:"
4245 PRINT @A2:" TIME/DIV:"
4250 PRINT @A2:" VOLTS/DIV:"
4255 PRINT @A2:"TRIGGER PT.:"
4260 PRINT @A2:" MAX:"
4265 PRINT @A2:" MIN:"
4266 Oi=0
4267 IF BI=0 THEN 4292
4270 WINDOW 1,500,0,255
4275 IF BI=512 THEN 4285
```

```
4280 WINDOW 1,250,0,255
4285 MOVE @A2:X(1),Y(1)
4286 DRAW @A2:X,Y
4290 PRINT @A2:"          CH1"
4291 GO TO 4295
4292 Oi=Oi+1
4295 IF B2=0 THEN 4322
4300 WINDOW 1,500,0,255
4305 IF B2=512 THEN 4315
4310 WINDOW 1,250,0,255
4315 MOVE @A2:X(1),V(1)
4316 DRAW @A2:X,V
4320 PRINT @A2:"          CH2"
4321 GO TO 4325
4322 Oi=Oi+1
4325 IF B3=0 THEN 4354
4330 WINDOW 1,500,0,255
4335 IF B3=512 THEN 4345
4340 WINDOW 1,250,0,255
4345 MOVE @A2:X(1),Z(1)
4350 DRAW @A2:X,Z
4351 PRINT @A2:"          ADD"
4352 GO TO 4355
4354 Oi=Oi+1
4355 IF Oi<>3 THEN 4380
4360 PRINT "
4365 END
4380 REM *** ANALYSE DE L'ENTETE ***
4381 HOME @A2;
4382 DIM A$(175)
4385 WINDOW 0,130,0,100
4390 VIEWPORT 0,130,0,100
4395 IF B1a=0 THEN 4420
4396 DELETE Ab
4397 DIM Ab(512*(B1>500)+256*(B1<300))
```

PAS DE COURBES A TRACER "

```
4400 A$=Q$
4402 Ab=Y
4405 B=B1
4415 GOSUB 4500
4416 B1a=0
4417 DIM Y1(512*(B1>500)+256*(B1<300))
4418 Y1=Ab
4419 DELETE Ab
4420 IF B2b=0 THEN 4445
4423 HOME @A2:
4425 A$=S$
4426 DIM Ab(512*(B2>500)+256*(B2<300))
4428 Ab=V
4430 B=B2
4436 U$=U$&" ;"
4440 GOSUB 4500
4441 DIM V4(512*(B2>500)+256*(B2<300))
4442 B2b=0
4443 V4=Ab
4444 DELETE Ab
4445 IF B3c=0 THEN 4470
4446 DIM Ab(512*(B3>500)+256*(B3<300))
4448 HOME @A2:
4450 A$=R$
4452 Ab=Z
4455 B=B3
4462 U$=U$&" ;"
4465 GOSUB 4500
4467 DIM Z1(512*(B3>500)+256*(B3<300))
4468 Z1=Ab
4469 DELETE Ab
4470 B1a=B1
4471 B2b=B2
4472 B3c=B3
4473 Oi=0
```

```
4475 END
4500 P=POS(A$,"WFID:",5)
4505 K$=SEG(A$,P+10,3)
4510 IF POS(K$,"",1)=0 THEN 4520
4515 K$=SEG(K$,1,2)
4520 P=POS(A$,"XINCR:",30)
4525 L$=SEG(A$,P+6,3)
4530 IF POS(L$,"",1)=0 THEN 4545
4535 L$=SEG(L$,1,LEN(L$)-1)
4540 GO TO 4530
4545 P=POS(A$,"PT.OFF:",45)
4550 D$=SEG(A$,P+7,3)
4555 IF POS(D$,"",1)=0 THEN 4565
4560 D$=SEG(D$,1,2)
4565 P=POS(A$,"XUNIT:",50)
4570 C$=SEG(A$,P+6,2)
4575 IF POS(C$,"",1)=0 THEN 4585
4580 C$=SEG(C$,1,1)
4585 P=POS(A$,"YMULT:",60)
4590 O$=SEG(A$,P+6,3)
4595 IF POS(O$,"",1)=0 THEN 4610
4600 O$=SEG(O$,1,LEN(O$)-1)
4605 GO TO 4595
4610 P=POS(A$,"YOFF:",70)
4615 P$=SEG(A$,P+5,3)
4620 IF POS(P$,"",1)=0 THEN 4635
4625 P$=SEG(P$,1,LEN(P$)-1)
4630 GO TO 4620
4635 P=POS(A$,"YUNIT:",75)
4640 Po$=SEG(A$,P+6,3)
4645 IF POS(Po$,"",1)=0 THEN 4660
4650 Po$=SEG(Po$,1,LEN(Po$)-1)
4655 GO TO 4645
4660 REM***VITESSE DE BALAYAGE***
4665 T1=(50*(B>500)+25*(B<300))*VAL(L$)
```

```
4670 REM***SENSIBILITE VERTICALE***
4675 V1=25*VAL(O$)
4680 REM***DECLENCHEMENT APRES LE DEPART DU BALAYAGE***
4685 T2=VAL(L$)/VAL(D$)
4690 Y5=VAL(P$)
4695 Y6=VAL(O$)
4697 Ab=Ab-Y5
4700 Ab=Y6*Ab
4705 CALL "MAX",Ab,V3,I3
4710 CALL "MIN",Ab,V2,I2
4715 REM *** PRINT ENTETE ***
4720 PRINT @A2:U$;K$
4722 Qb$=C$
4725 IF T1<1000 THEN 4740
4730 T1=T1/1000
4735 GOSUB 4867
4740 PRINT @A2:U$;T1;" ";Qb$
4742 Qa$=Po$
4745 IF V1<1000 THEN 4760
4750 V1=V1/1000
4755 GOSUB 4880
4760 IF Qa$<>"UV" THEN 4770
4765 Qa$="UNK"
4770 PRINT @A2:U$;V1;" ";Qa$
4772 Qb$=C$
4775 IF T2<1000 THEN 4790
4780 T2=T2/1000
4785 GOSUB 4867
4790 PRINT @A2: USING "FA,FD.3D,FA,FA":U$;T2;" ";Qb$
4792 Qa$=Po$
4795 IF ABS(V3)<1000 THEN 4810
4800 V3=V3/1000
4805 GOSUB 4880
4810 IF Qa$<>"UV" THEN 4820
4815 Qa$="UNK"
```

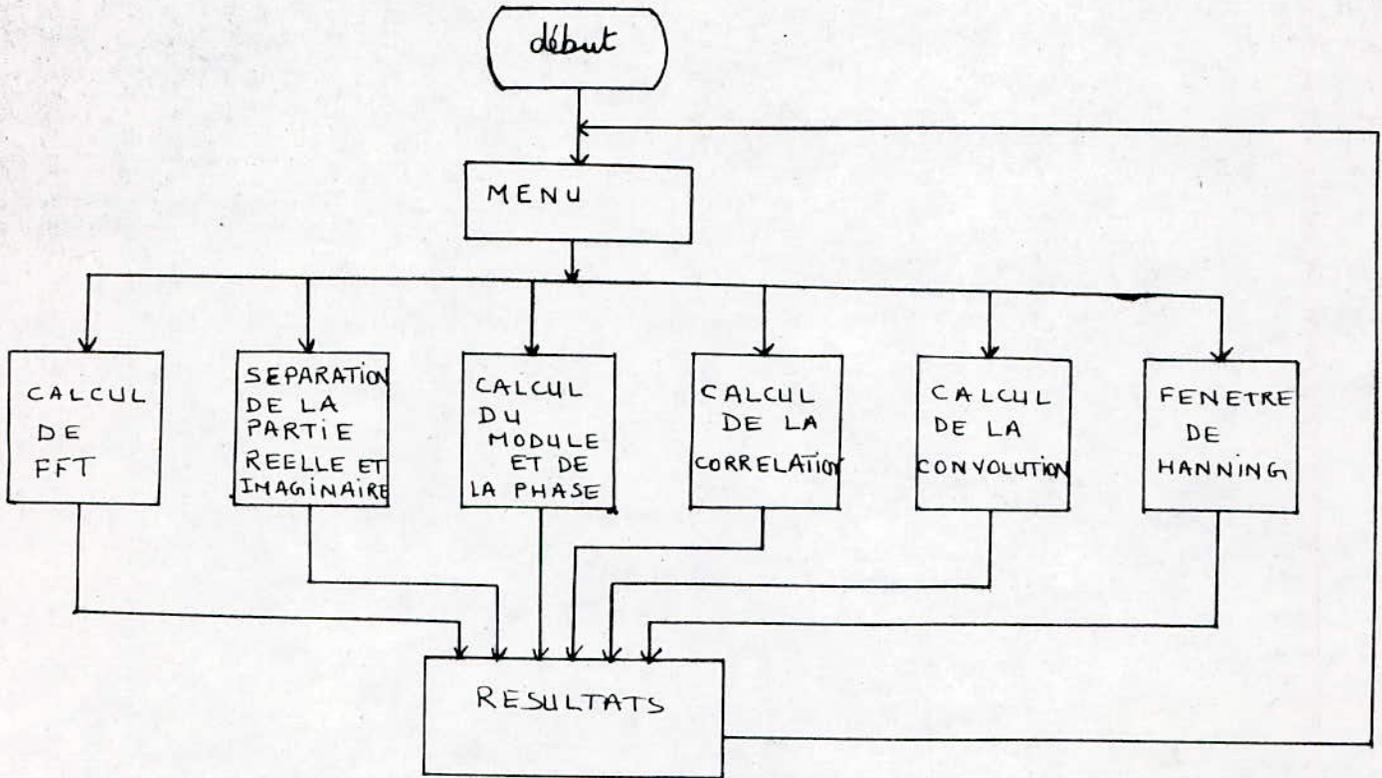
```
4820 PRINT @A2:U$;V3;" ";Qa$
4825 Qa$=Po$
4830 IF ABS(V2)<1000 THEN 4845
4835 V2=V2/1000
4840 GOSUB 4880
4845 IF Qa$<>"UV" THEN 4853
4850 Qa$="UNK"
4853 PRINT @A2:U$;V2;" ";Qa$
4854 PRINT @A2;
4858 IF B1a=0 THEN 4861
4859 PRINT @A2:U$;"CH1"
4860 RETURN
4861 IF B2b=0 THEN 4864
4862 PRINT @A2:U$;"CH2"
4863 RETURN
4864 IF B3c=0 THEN 4866
4865 PRINT @A2:U$;"ADD"
4866 RETURN
4867 P=POS(" SMSUSNS",C$,1)
4870 Qb$=SEG("RSMSUSNS",P-2,2)
4875 RETURN
4880 P=POS(" VMVUVDIV",Po$,1)
4885 Qa$=SEG("RVMVUVDIV",P-2,2)
4890 RETURN
4900 REM** CHARGEMENT DES DONNEES SUR CASSETTE **
4905 PAGE
4910 PRINT "PRENEZ UNE AUTRE CASSETTE CAR CELLE-CI EST PROTEGEE"
4920 GOSUB 4940
4930 GO TO 5080
4940 PRINT "CE SIGNAL PROVIENT DE QUELLE VOIE?"
4950 PRINT "VOIE1=1;VOIE2=2 OU ADD=3?"
4960 INPUT G
4965 DIM Ab(512)
4970 IF G=1 THEN 5020
4980 IF G=2 THEN 5050
```

```
4990 A$=R$
5000 Ab=Z
5010 GO TO 5070
5020 A$=O$
5030 Ab=Y
5040 GO TO 5070
5050 A$=S$
5060 Ab=V
5070 RETURN
5080 PRINT "QUEL EST VOTRE FICHER"
5090 INPUT F0
5100 FIND F0
5110 MARK 1,10000
5120 FIND F0
5130 WRITE A$,Ab
5140 CLOSE
5150 END
5160 REM** CHARGEMENT DES DONNEES SUR DISQUETTE **
5170 PAGE
5180 PRINT "DONNER LE NOM DU FICHER DE VOS DONNEES"
5190 INPUT Fi$
5200 CREATE Fi$;10000,0
5210 OPEN Fi$;1,"F",A$
5220 GOSUB 4940
5230 WRITE #1:A$,Ab
5240 CLOSE
5250 END
5260 REM **LECTURE DES DONNEES PROVENANT D'UNE CASSETTE **
5270 PAGE
5280 PRINT "INTRODUISEZ LA CASSETTE DE VOS DONNEES "
5290 PRINT "CE SIGNAL EST TRAITE COMME UN SIGNAL PROVENANT DE CH1"
5300 PRINT "FAITES ENTRER LE No. DU FICHER"
5310 INPUT F0
5311 GOSUB 5320
5312 GO TO 5420
```

```
5320 DELETE Y
5322 DIM Q$(175),Y(512),X(512)
5330 B2b=0
5340 B3c=0
5350 B2=0
5360 B3=0
5370 B1=512
5380 B1a=512
5390 FOR I=1 TO 512
5400     X(I)=I
5410 NEXT I
5412 RETURN
5420 FIND F0
5430 READ @33:Q$,Y
5440 PAGE
5450 PRINT "APPUYER SUR KEY3 POUR LA VISUALISATION"
5460 END
5470 REM ** LECTURE DES DONNEES PROVENANT D'UNE DISQUETTE **
5480 PAGE
5490 PRINT "INTRODUISEZ VOTRE DISQUETTE DE DONNEES"
5500 PRINT "CE SIGNAL EST TRAITÉ COMME UN SIGNAL PROVENANT DE CH1"
5510 PRINT "FAITES ENTRER LE NOM DE VOTRE FICHER"
5520 INPUT Fi$
5525 GOSUB 5320
5530 OPEN Fi$;1,"R",A1$
5540 READ #1:Q$,Y
5550 CLOSE
5560 PRINT "APPUYER SUR KEY3 POUR VISUALISER LA COURBE"
5570 END
```

2/Fichier 2:

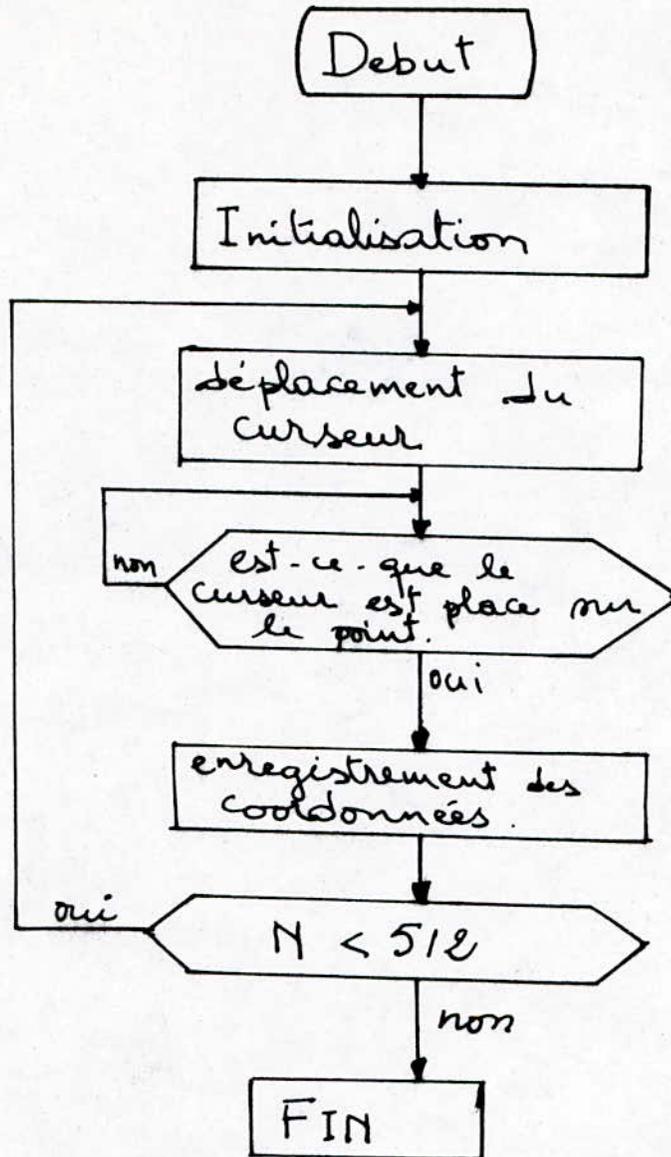
Ce fichier contient le programme de traitement.  
L'organigramme du traitement est le suivant:

3/Fichier 3:

Ce fichier contient le programme réalisant l'échantillonnage d'une courbe à partir d'une table de digitalisation.

L'organigramme est le suivant:

.../...



```
LIS
100 PAGE
110 PRINT "JJ vous voulez faire la FFT; pour quel signal."
120 PRINT "J la reponse sera : 1 pour CH1 ;2 pour CH2 ;3 pour ADD ."
130 INPUT Ak$
140 Ak=VAL(Ak$)
150 IF Ak<>1 THEN 240
160 DIM Ab(B1),Ab1(B1)
170 Ab=Y1
180 GOSUB 330
190 GOSUB 390
200 GOSUB 610
210 Ab1=Ab
220 GO TO 850
230 END
240 IF Ak<>2 THEN 120
250 DIM Ab(B2),Ab2(B2)
260 Ab=V4
270 GOSUB 330
280 GOSUB 390
290 GO TO 610
300 Ab2=Ab
310 DELETE Ab
320 END
330 CALL "FFT",Ab
340 PAGE
350 PRINT "JJ SUR QUEL PERIPHERIQUE VOULEZ-VOUS VISUALISER VOTRE FFT."
360 PRINT "J TAPER 11 POUR LA TABLE TRACANTE OU 32 POUR L'ECRAN "
370 INPUT A2
380 RETURN
390 PAGE
400 GOSUB 420
410 GO TO 470
420 PRINT "JJ DONNER 2 POINTS ENTRE LESQUELS VOUS VOULEZ TRACER "
430 PRINT "J LE SPECTRE . << LA PREMIERE RAIE PUIS LA DERNIERE RAIE >>."
```

85

```

440 PRINT "J LES RAIES SONT ENTRE 1 ET 512 ."
450 INPUT I,J
460 RETURN
470 PAGE
480 N1=Ab(I) !LA VALEUR DE LA RAIE MAX
490 I1=I !LE RANG DE LA RAIE MAX
500 N2=Ab(I) !LA VALEUR DE LA RAIE MIN
510 I2=I !LE RANG DE LA RAIE MIN
520 FOR N=I TO J
530     IF N1=>Ab(N) THEN 560
540     N1=Ab(N)
550     I1=N
560     IF N2<=Ab(N) THEN 590
570     N2=Ab(N)
580     I2=N
590 NEXT N
600 RETURN
610 VIEWPORT 20,120,20,80
620 WINDOW 0,130,0,100
630 MOVE @A2:70,110
640 PRINT @A2:" GRAPHE DE LA FFT"
650 MOVE @A2:60,105
660 PRINT @A2:" partie reelle et imaginaire"
670 MOVE @A2:60,101
680 PRINT @A2:" *****"
690 MOVE -25,-22
700 PRINT " APPUYER SUR UNE TOUCHE SI VOUS VOULEZ REFAIRE LE GRAPHE"
710 PRINT " SI NON APPUYER SEULEMENT SUR RETURN ";
720 Ch$=" CH1"
730 IF Ak=1 THEN 780
740 Ab2=Ab
750 Ch$=" CH2"
760 GOSUB 780
770 GO TO 850
780 WINDOW I,J,N2,N1

```

```

790 AXIS @A2:10,N1/4,I,0
800 FOR N=I TO J
810     MOVE @A2:N,0
820     RDRAW @A2:0,Ab(N)
830 NEXT N
840 RETURN
850 MOVE J,Ab(J)
860 PRINT Ch$
870 INPUT Ak$
880 IF LEN(Ak$)<>0 THEN 190
890 END
900 REM     *****
910 REM     * SEPARATION DE LA PARTIE REELLE ET IMAGINAIRE *
920 REM     *****
930 DIM Re(257),Im(257)
940 CALL "UNLEAV",Ab,Re,Im
950 GOSUB 340
960 GOSUB 390
970 CALL "MAX",Re,N1,I1
980 CALL "MIN",Re,N2,I2
990 WINDOW 0,257,N2,N1
1000 VIEWPORT 0,130,60,100
1010 CALL "DISP",Re
1020 CALL "MAX",Im,N1,I1
1030 CALL "MIN",Im,N2,I2
1040 WINDOW 0,257,N2,N1
1050 VIEWPORT 0,130,0,50
1060 CALL "DISP",Im
1070 DELETE Re,Im
1080 END
1090 REM *****
1100 REM ** CORRELATION **
1110 REM *****
1120 DIM Yc(1024),Y2(512),V5(512)
1130 PAGE

```

```

1140 PRINT "QUELS SONT LES SIGNAUX A CORRELER "
1150 PRINT "LA CORRELATION DU SIGNAL AVEC LUI MEME = AUTOCORRELATION"
1160 PRINT "REPONDEZ PAR 1 POUR CH1 ; 2 POUR CH2"
1170 INPUT F1,F2
1180 IF F1<>F2 THEN 1280
1190 IF F1=2 THEN 1240
1200 Y2=Y1
1210 CALL "CORR",Y2,Y2,Yc
1220 L$="AUTOCORRELATION DE CH1"
1230 GO TO 1320
1240 V5=V4
1250 CALL "CORR",V5,V5,Yc
1260 L$="AUTOCORRELATION DE CH2"
1270 GO TO 1320
1280 Y2=Y1
1290 V5=V4
1300 CALL "CORR",Y2,V5,Yc
1310 L$="CORRELATION ENTRE CH1 ET CH2"
1320 CALL "MAX",Yc,M1,I1
1330 CALL "MIN",Yc,M2,I2
1340 VIEWPORT 20,120,20,80
1350 WINDOW 0,1024,M2,M1
1360 PAGE
1370 CALL "DISP",Yc
1380 WINDOW 0,100,0,100
1390 MOVE 50,110
1400 PRINT L$
1410 DELETE Y2,V5,Yc
1420 END
1430 REM *****
1440 REM ** CONVOLUTION **
1450 REM *****
1460 PAGE
1470 DIM Yc(1024),V5(512),Y2(512)
1480 PRINT "CETTE PARTIE DU PROGRAMME VOUS PERMET DE FAIRE LA"

```

```
1490 PRINT "CONVOLUTION DE CH1 ET DE CH2"
1500 PRINT "LA CONVOLUTION DE 2 SIGNAUX(DOMAINE TEMPS) EST EQUIVALENTE"
1510 PRINT "A LA MULTIPLICATION DE LEURS TRANSFORMEES DE FOURIER(DOMAINE
"
1520 PRINT "FREQUENCE)"
1530 V5=V4
1540 Y2=Y1
1550 CALL "CONVL",V5,Y2,Yc
1560 CALL "MAX",Yc,M1,I1
1570 CALL "MIN",Yc,M2,I2
1580 VIEWPORT 20,120,20,80
1590 WINDOW 0,1024,M2,M1
1600 PAGE
1610 L$="CONVOLUTION DE CH1 ET CH2"
1620 CALL "DISP",Yc
1630 WINDOW 0,100,0,100
1640 MOVE 50,110
1650 PRINT L$
1660 DELETE Yc,V5,Y2
1670 END
1680 REM ** FENETRE DE HANNING **
1690 REM *****
1700 PAGE
1710 PRINT "VOULEZ VOUS ILLUSRER LA FENETRE DE HANNING A 10%,25% OU 50%?"
"
1720 PRINT "TAPER 0.1 ; 0.25 OU 0.5"
1730 INPUT T1
1740 X=1
1750 CALL "TAPER",X,T1
1760 CALL "MAX",X,M1,I1
1770 CALL "MIN",X,M2,I2
1780 VIEWPORT 20,110,20,80
1790 WINDOW 0,512,M2,M1
1800 PAGE
1810 CALL "DISP",X
```

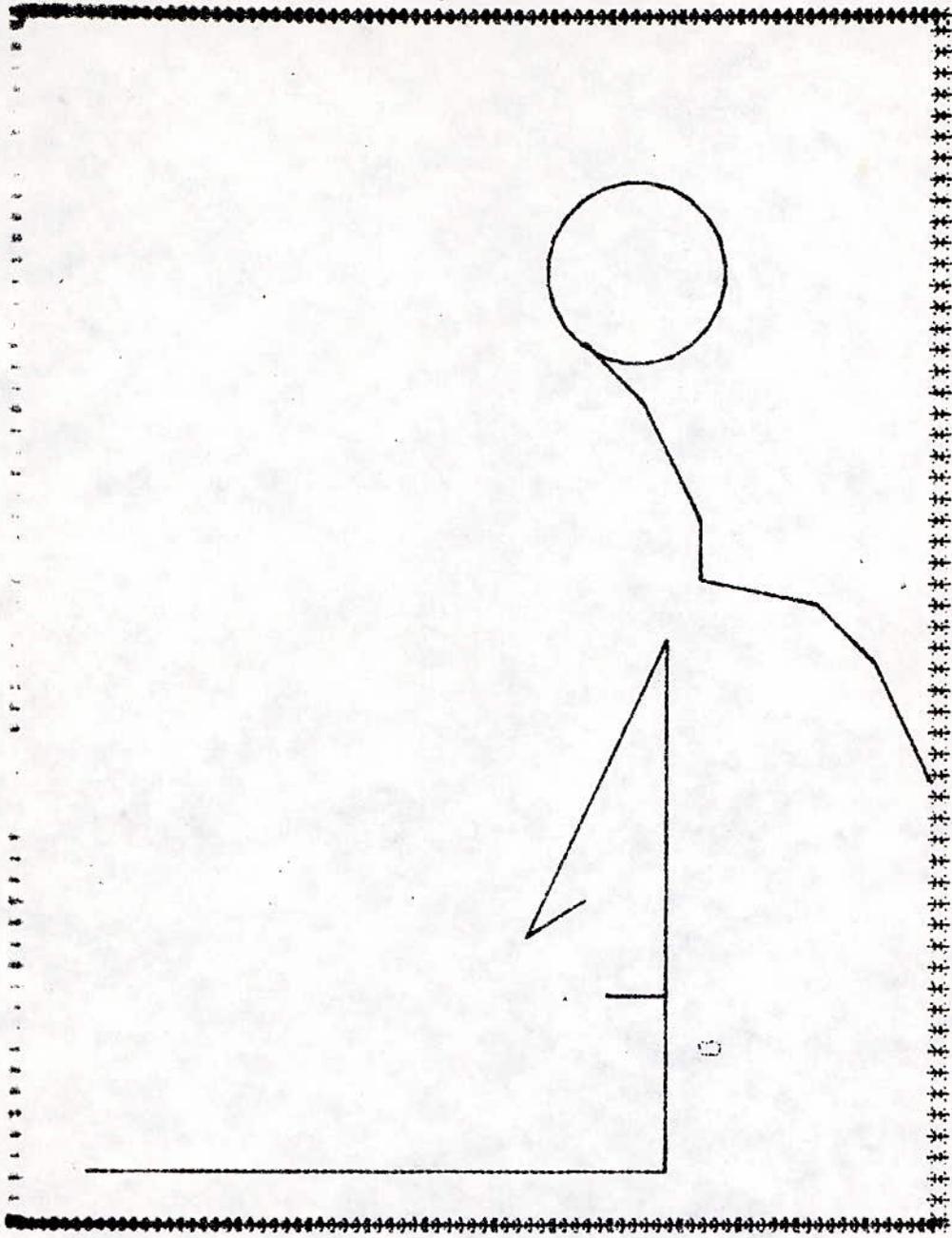
```
1820 WINDOW 0,100,0,100
1830 MOVE 50,110
1840 PRINT "FENETRE DE HANNING A ";T1*100;"%"
1850 MOVE -10,-10
1860 PRINT "VOULEZ-VOUS ILLUSTRER UNE AUTRE FENETRE "
1870 PRINT "OUI OU NON ?"
1880 INPUT A$
1890 IF A$="NON" THEN 1920
1900 PAGE
1910 GO TO 1720
1920 END
1930 REM *****
1940 REM ** MODULE ET PHASE **
1950 REM *****
1960 PAGE
1970 D1=1
1980 DIM Am(257),Ph(257)
1990 IF Ak=2 THEN 2030
2000 N$="MODULE ET PHASE DE CH1"
2010 CALL "POLAR",Ab1,Am,Ph,D1
2020 GO TO 2050
2030 CALL "POLAR",Ab2,Am,Ph,D1
2040 N$="MODULE ET PHASE DE CH2"
2050 GOSUB 340
2060 DIM Ab(257)
2070 Ab=Am
2080 GOSUB 420
2090 GOSUB 470
2100 VIEWPORT 0,130,50,80
2110 GOSUB 780
2120 CALL "MAX",Ph,M1,I1
2130 CALL "MIN",Ph,M2,I2
2140 WINDOW 0,257,M2,M1
2150 VIEWPORT 0,130,20,45
2160 MOVE @A2:X(1),Ph(1)
```

```
2170 DRAW @A2:X,Ph
2180 HOME @A2:
2190 PRINT @A2:"J";N$
2200 WINDOW 0,100,0,100
2210 MOVE -10,-10
2220 PRINT "SI VOUS VOULEZ LA FREQUENCE ET L'AMPLITUDE D'UNE RAIE, DONNER
";
2230 PRINT "LE No DE LA RAIE .LE ZERO VOUS FAIT SORTIR DU PROGRAMME
"
2240 INPUT N
2250 IF N=0 THEN 2410
2260 PAGE
2270 P=POS("SMSUSNS",C$,1)
2280 Fn=1/(B*VAL(L$))*10↑((P-1)*3)
2290 IF Fn>1000 THEN 2320
2300 Fn$="HERTZ"
2310 GO TO 2340
2320 Fn=Fn/1000
2330 Fn$="KILOHERTZ"
2340 F1=(N-1)*Fn
2350 PRINT "LA RAIE ";N;" A POUR FREQUENCE ";
2360 PRINT USING 2370:F1;Fn$
2370 IMAGE FD.1D,3X,FA
2380 PRINT " ET POUR AMPLITUDE ";
2390 PRINT USING 2392:Ab(N);Po$
2392 IMAGE FD.1D,FA
2395 PRINT
2397 PRINT
2400 GO TO 2220
2410 DELETE Am,Ph
2420 END
3400 FIND 2
3410 OLD
3420 RUN 3400
```

h9

**EXEMPLE**

**D'EXECUTION**



# BONJOUR

Ce programme vous permettra de faire l'acquisition de trois signaux, 2 signaux des 2 voies de l'oscilloscope TEK 468 plus le signal ADD.  
vous introduisez vos 3 signaux dans l'ordre suivant CH1, CH2, ADD et faire le traitement de ces signaux.  
pour cela il faut consulter le menu.

APPUYER SUR LA TOUCHE KEY 1 .

merci

REMARQUE : l'adresse de l'osci TEK 468 est 8

\*\*\*\*\*  
\* MENU \*  
\*\*\*\*\*

TOUCHE KE :	ROUTINE
-----	-----
F1	MENU
F2	ACQUISITION
F3	TRACE DU PETICOLE
F4	FFT
F5	REELS ET IMAGINAIRES
F6	AMPLITUDE ET PHASE
F7	CORRELATION
F8	CONVOLUTION
F9	FENETRE DE HANNING
F10	IFT
F11	CHARGEMENT SUR K7
F12	LECTURE D'UNE FT
F13	CHARGEMENT SUR DISQUETTE
F14	LECTURE D'UNE DISQUETTE
F15	RAPPEL DU PROG. D'ACQUISITION
F16	ECHANTILL. D'1 COURSE DE LA TABLE TRACANTE

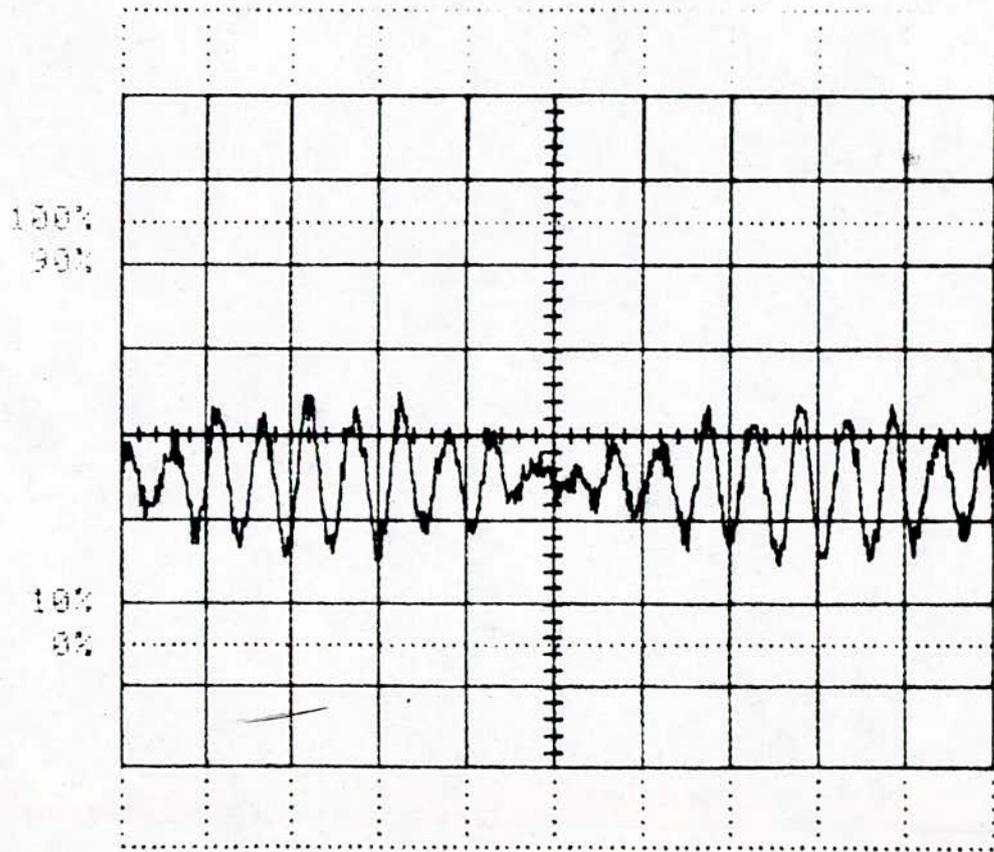
COUPLAGE:

TIME DIV  
VOLTS DIV  
TRIGGER PT.  
MODE  
TIME

;DC

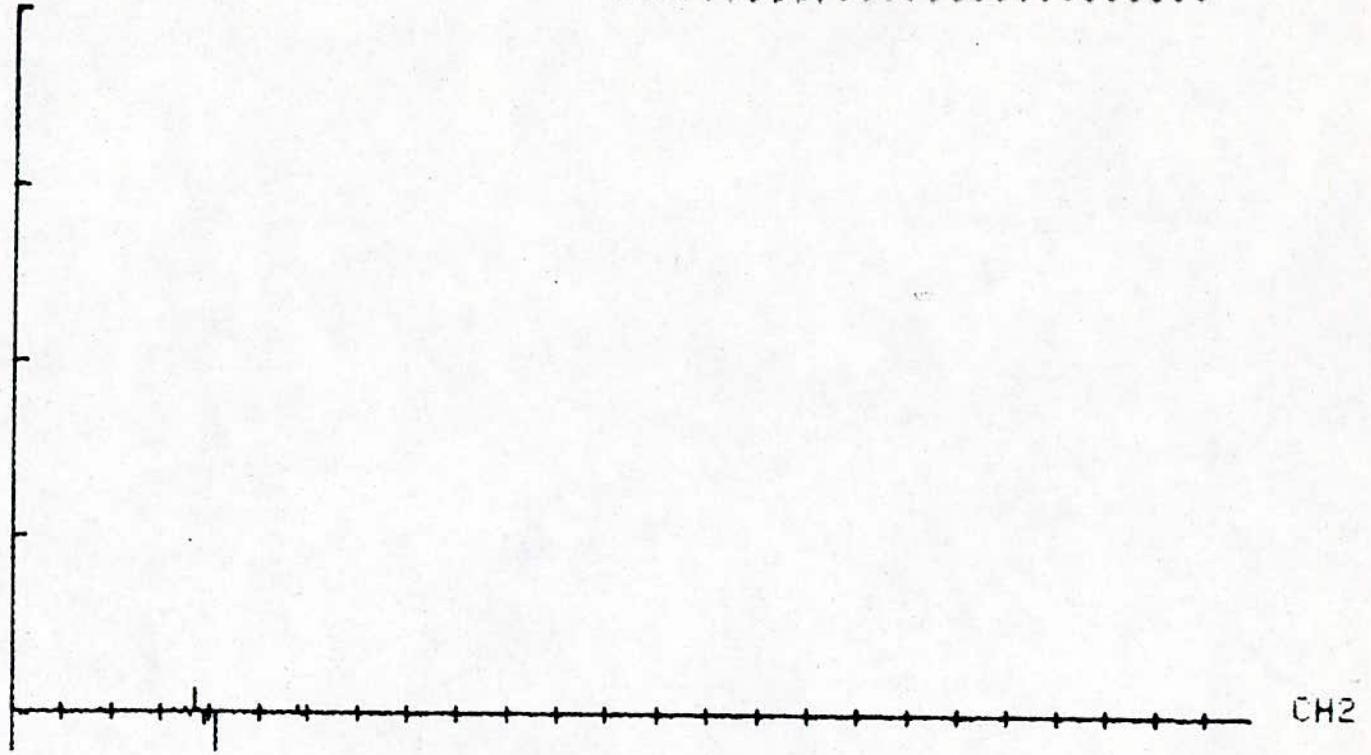
100  
100  
100  
100

1042



09

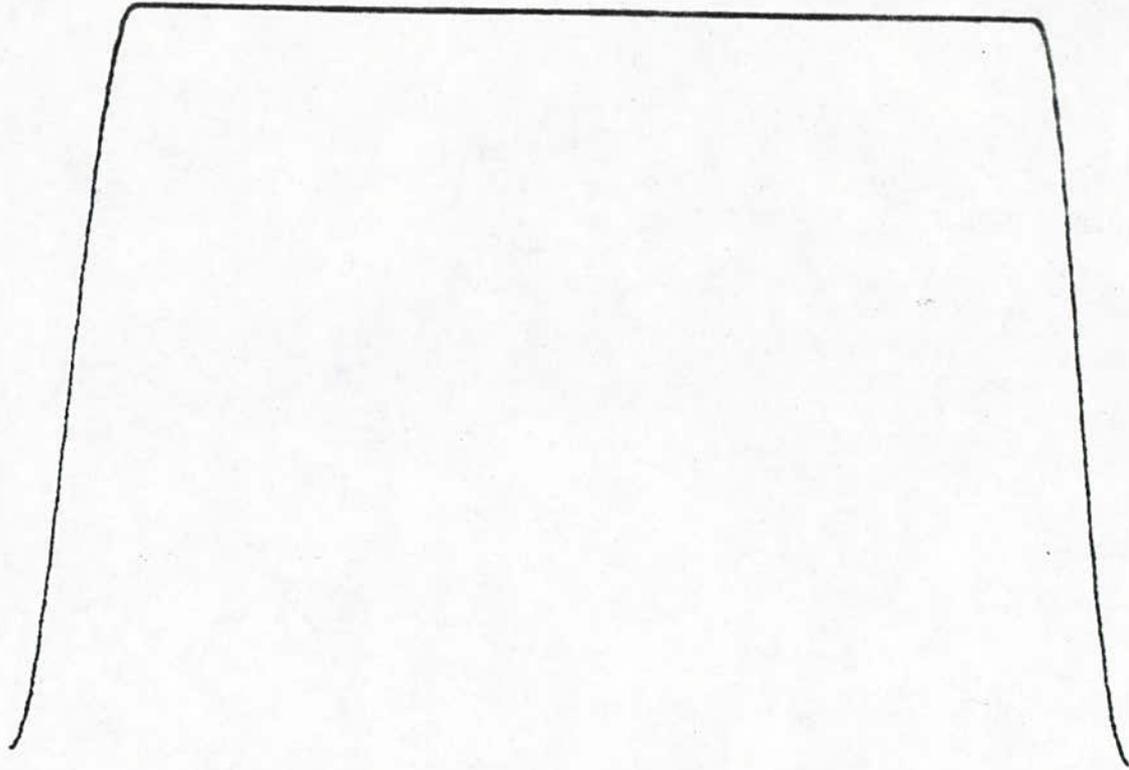
ALPHE LE LA FFT  
partie reel e et imaginaire  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX



APPUYER SUR UNE TOUCHE SI VOUS VOULEZ REFAIRE LE GRAPHE  
SI NON APPUYER SEULEMENT SUR RETURN

69

FENETRE DE ...



VOULEZ-VOUS ILLUSTRER UNE AUTRE FENETRE  
OUI OU NON ?

10

## Conclusion

Notre tâche était de mettre au point un logiciel d'acquisition et de traitement de données. Ceci a été réalisé avec succès et le programme a été sauvegardé dans une cassette. Nous espérons qu'il servira à tout utilisateur du système .

L'avantage dans ce programme est l'utilisation des touches programmables (keys situées en haut à gauche du clavier du 4052 A) qui l'ont rendu souple à la manipulation, même pour un opérateur non connaisseur du matériel.

Une étude et mise en œuvre de l'oscilloscope TEKTRONIX 468 a été faite en parallèle, et ceci afin d'apporter au lecteur des précisions sur l'élément principal de cette chaîne d'acquisition.

## Bibliographie

- [1] TEKTRONIX. Oscilloscope à mémoire numérique 468.
- [2] R.BEAUVILLAIN - J.LATY. Mesures électriques et électroniques.  
Edition Hachette technique.
- [3] B.MAURICE. Traitement du signal: avant tout, une bonne acquisition .  
Revue Mesures No 4
- [4] TEKTRONIX. Manuel de référence série 4050. Système graphique.
- [5] Hewlett-Packard. Mise en oeuvre du bus IEEE 488.
- [6] Jean ROVEGNO Traitement automatique de l'EEG.  
Thèse de docteur ingénieur (université de PROVENCE)
- [7] TEKTRONIX. Signal processing ROM PACK No2
- [8] TEKTRONIX. 4662 Interactive digital plotter.

**ANNEXE**

Une disquette vierge a besoin d'être formatée avant son utilisation.  
Cette opération est réalisée à l'aide des instructions suivantes:

```
100 CALL "SETTIM", "DD-MMM-YY HH:MM:SS"  
110 CALL "UNIT", D  
120 CALL "DRES", D  
130 CALL "FORMAT", D, "nom du disque", 1, 1, "nom de l'utilisateur"  
    , "mot de passe", 7, 7, 3, 3, 3  
140 CALL "MOUNT", D  
150 CALL "DREL", D
```

La ligne 100 initialise le fonctionnement de l'horloge du système où  
"DD-MMM-YY HH:MM:SS" est la date et l'heure.

Les lignes 110 à 150 formatte le disque. D est l'adresse du périphérique  
(Floppy-disk).

Si la disquette est déjà formatée, il suffit d'exécuter les lignes  
suivantes:

```
100 CALL "SETTIM", "DD-MMM-YY HH:MM:SS"  
110 CALL "DRES", D  
120 CALL "MOUNT", D, A$.
```

## Lexique

A.C(alternative current).....	Alternatif
Average.....	Moyennage
Beam.....	Faisceau
CH(channel).....	Canal, voie
Chopped.....	Découpé
Coupling.....	Couplage
DC(direct current).....	Continu
Delay.....	Retard
DL'D(delayed).....	retardé
Display.....	Visualisation
Focus.....	Concentration
Fuse.....	Fusible
Gate.....	Porte
GND(ground).....	Terre
GPiB(general purpose interface bus).....	Bus d'interface à usage général
High.....	Haut
Hold off.....	Blocage
Level.....	Niveau
Low.....	Bas
Line.....	Secteur, réseau
Remote.....	Commande
Save(to).....	Sauvegarder
Scale.....	Echelle
Single sweep.....	Balayage monocoup

Slope.....Pente  
Start.....Départ  
Storage.....Enregistrement  
Store(to).....Enregistrer  
Sweep(to).....Balayer  
  
Tape.....Bande magnétique  
Trigger.....Déclencheur  
Trigger level.....Niveau de déclenchement  
Trigger source.....source de déclenchement  
  
Window.....Fenêtre