

60/85

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : D'ELECTRONIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Memoire cassette comme interface
entre saisie et traitement de données

Proposé par

Mr. STANISLAW Surtel

Etudie par :

M^{ed} AREZKI ZERROUKI

BAKIR FARTAS

Dirigé par :

Mr. STANISLAW SURTEL

PROMOTION : janvier 1985

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : D'ELECTRONIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Memoire cassette comme interface
entre saisie et traitement de données

Proposé par

Mr. STANISLAW Surtel

Etudie par :

M^{ed} AREZKI ZERROUKI
BAKIR FARTAS

Dirigé par :

Mr. STANISLAW SURTEL

PROMOTION : janvier 1985

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos très vifs remerciements à:

- M. R. WOROSZCZUK, Ingénieur à l'Institut Linguistique et phonétique (BEN. AKNOUN), qui nous a reçus dans son laboratoire, nous a aidés et conseillés tout au long de la présente étude.

- M. BERKANI, Ingénieur à l'Institut Linguistique et phonétique, pour ses suggestions et sa gentillesse.

Nous ne manquerons pas d'exprimer aussi notre gratitude à tous les professeurs et assistants de l'ENPA qui ont contribué à notre formation.

Dédicaces

A mes parents
A mes frères et sœurs
A tous mes amis
Med Arezki

A mes parents
A mes frères et sœurs
A tous mes amis (es)
Bakiz

- Introduction -

La cassette a-t-elle sa place comme support d'informations dans les systèmes d'acquisition de données ?

.. Vu son rapport performance-prix, on peut dans bien des applications répondre par l'affirmative.

Le développement spectaculaire du marché de la micro-informatique, a permis à un large public d'acquies un micro-ordinateur et d'être en mesure d'effectuer des travaux, jusqu'alors réservés aux laboratoires et aux centres de calcul.

Le choix par ces utilisateurs de la mémoire cassette comme mémoire auxiliaire est justifié par le prix, la disponibilité ainsi que la facilité d'emploi que procure un lecteur K7.

Notre travail, concerne l'étude des systèmes d'acquisitions de données, l'utilité de la mémoire cassette comme mémoire de masse, ainsi que les différents types de modulation et de codage utilisés lors de l'enregistrement de données, et enfin la possibilité d'améliorer la fiabilité du système micro-ordinateur - lecteur K7.

Table des matières

Objet	page
Chapitre I: Les mémoires	
I1: Notion de mémoire	1
I2: Caractéristiques d'une mémoire	2
I3: Les différents types de mémoires	3
I31: Les mémoires internes	3
I32: Les mémoires externes	7
Chapitre II: La mémoire cassette	
II1: Technologie	12
II2: Technique d'enregistrement.	12
II3: Systèmes de modulation utilisés pour l'enregistrement.	14
II4: Principe d'un interface cassette	19
II5: Transmission de données et codage	24
II6: Stockage des programmes sur bande magnétique	27
Chapitre III: Les systèmes d'acquisition de données.	29
Chapitre IV: Analyse des signaux	46
IV1: Détermination du type de modulation et de codage.	47
IV2: Déformation du signal à l'enregistrement.	48

objet	page.
IV ₃ Influence du volume du magnetophone.	49
IV ₄ Influence de la tonalité	49
Chapitre V - Étude et réalisation du montage	65
Conclusion	
Annexe	
Bibliographie .	

I. Les mémoires

I.1. Notion de mémoire

Une mémoire est un organe capable de contenir une grande quantité d'informations et de restituer ces informations sous forme électrique à un organe de traitement de l'information, lorsque celui-ci en exprime le désir en l'interrogeant.

Les organes qui composent une mémoire se répartissent en trois catégories bien distinctes :

- Les cellules de mémoire proprement dites qui reçoivent les informations et les conservent.
- Les organes d'accès ou de détection qui permettent d'opérer la sélection de l'information, c'est à dire pratiquement de choisir en fonction de l'adresse quelles cellules à mettre en communication avec les connexions de sortie.
- Les organes de lecture et d'écriture.

Certaines mémoires dites permanentes, ont une lecture non destructives, quand le micro-ordinateur subit une coupure d'alimentation. Les mémoires non permanentes perdent cette information sous le même cas.

I.2 - Caractéristiques d'une mémoire

Une mémoire est caractérisée par :

- Sa capacité, c'est à dire le nombre de mots mémoire que le microprocesseur peut adresser.
- Le mode d'accès à l'information. L'accès peut être aléatoire ou sériel. Dans une mémoire à accès aléatoire, chaque case mémoire peut être accéler avec la même facilité.

Dans une mémoire à accès sériel, pour atteindre une case mémoire, il faut pouvoir accéder à chacune des cases mémoires situées entre la case de départ et la case que l'on souhaite lire.

- Temps d'accès :

Le temps d'accès mémoire indique la durée qui s'écoule entre le moment où une case mémoire a été adressée et celui où l'information a été placée sur le bus des données.

- Temps de cycle mémoire :

Le temps de cycle mémoire est une mesure de la plus courte durée qui sépare deux opérations successives d'accès à la mémoire.

- Le mode d'adressage :

L'adressage peut être explicite (si l'on accède à une

information en fournissant une adresse explicitement) ou implicite (si l'on ne peut accéder qu'à l'information suivant immédiatement l'information que l'on veut

I 3 - Les différentes types de mémoires

Il existe deux sortes de mémoires :

- Les mémoires internes
- Les mémoires externes.

I 3.1 - Les mémoires internes

On distingue deux types :

- Les mémoires vives ou RAM (Random access)
- Les mémoires mortes ou ROM

a) Les mémoires vives

Ce sont des mémoires d'écriture et de lecture, dont chaque cellule est adressable.

Il existe plusieurs types de mémoires RAM

- RAM statique
- RAM dynamique

La mémoire statique est constituée de cellules mémoires, or une cellule mémoire n'est rien de plus qu'une bascule simple. Cette bascule est soit à "1" soit à "0". Une fois mise à 1, elle reste mise jusqu'à ce qu'elle soit remise à 0 ou qu'elle ne soit plus alimentée.

La mémoire dynamique, la cellule n'est pas conçue comme une bascule, la capacité d'entrée du transistor qui est très faible sert de cellule de stockage de la mémoire dynamique. La capacité range les données binaires en conservant sa charge (1 ou 0) pendant quelques millisecondes. Au bout de temps les données doivent être réécrites dans la cellule.

La réécriture des données dans une cellule de mémoire dynamique constitue le rafraîchissement de la mémoire. La cellule de mémoire dynamique est rafraîchie chaque fois que l'on y accède.

Les mémoires dynamiques et statiques sont volatiles.

- b - Les mémoires mortes (ROM)

La ROM est un élément essentiel de la mémoire de tout système micro-informatique. Comme son nom l'indique, la ROM est un élément de mémoire qui étant chargé d'une distribution de bits de donnée, n'évoluera pas. Souvent, des microprocesseur utilisent des ROM parce qu'ils exécutent toujours le même programme. Les instructions correspondantes sont rangées dans la ROM. Ce type de rangement résout les problèmes de non permanence des RAM à semi-conducteur.

Chaque microprocesseur doit posséder une certaine quantité de ROM, parce qu'il doit comporter un nombre

minimum d'instructions intégrées de chargement de sa RAM à partir d'une unité de masse telle qu'une bande magnétique ou d'un disque.

Il y a quatre types différents de ROM, chacun correspondant à une application différente.

a) ROM simple

Quand nous parlons de ROM, nous nous référons à un élément dont la distribution de bits a été fixée de manière permanente par le constructeur.

Souvent on dit qu'il s'agit d'une ROM à masque programmé.

La distribution de bits est fixée par l'étape de masque de la procédure de fabrication des circuits intégrés. Cette distribution de bits est réalisée selon les besoins de l'utilisateur.

Les ROM ne sont utilisées que pour des applications très développées parce que la conception de masques sur mesure est une opération très chère.

b) Les PROM (pour programmable read only memories)

La distribution des bits d'une PROM est une opération qui se fait d'un seul coup, c'est à dire qu'une fois fixée, la distribution de bits ne peut être modifiée.

Si l'on a besoin d'une autre distribution de bits, il faut impressionner une nouvelle PROM.

c) L'EPROM (Erasable programmable read only memory)

L'EPROM peut être programmable, effaçable et reprogrammable par l'utilisateur.

Bien que ces éléments soient généralement plus chers que les ROM ou PROM, ils permettent la modification de la distribution de bits quand c'est nécessaire. Les EPROM sont souvent fournies en même temps que des systèmes micro-informatiques dont les fonctions seront modifiées à la volonté de l'utilisateur.

d) L'EAROM (Electrically alterable read-only memory)

L'EAROM peut être altéré et programmé électriquement. A la différence des EPROM, les EAROM ne nécessitent pas d'unités extérieures pour leur effaçage.

I 3.2 - Les mémoires externes

a) Introduction

- Lorsqu'on doit réaliser un micro-ordinateur important on peut étendre la capacité mémoire initiale, en couplant le microprocesseur à des mémoires externes (disques, bandes magnétiques etc...)

Les microprocesseurs sont souvent organisés dans les configurations qui entraînent des communications avec des mémoires de masse magnétiques. Deux types de mémoires sont couramment utilisés : bandes magnétiques et disques souples.

b) Bandes magnétiques et disques souples

Tous deux offrent de grandes capacités de mémoires permanentes.

Les bandes magnétiques sont bon marché, les disques souples permettent un accès relativement rapide.

Dans la plupart des applications, l'enregistrement magnétique se fait sur cassette qui peuvent comporter, typiquement, entre 250.000 et 1 million d'octets.

Une interface parallèle ou sérieuse peut opérer la connexion entre le microprocesseur et l'unité de disques.

L'information est généralement enregistrée sous forme de blocs. Un enregistreur, peut par exemple accepter 256 octets avant de commencer l'enregistrement effectif.

Il prend ensuite des éléments d'identification qui constituent l'entête, suivie d'un ou plusieurs blocs de données.

La figure 1 représente un format typiquement extrait de bande enregistrée. Bien que le ruban magnétique soit une mémoire de masse bon marché, son accès est sériel et la recherche de l'information désirée peut conduire au balayage de toute la longueur d'une bande.

L'utilisation du disque souple permet d'éviter ce genre de problème.

Les figures 2 et 3 représentent un schéma de disque souple. En figure 2 nous avons représenté le disque souple dans sa pochette.

Le disque souple n'est qu'un disque de matériau magnétique de diamètre 12,8 ou 20,5 cm environ. La fente sur la pochette permet le contact entre la tête de lecture et le matériau magnétique.

La figure 3 illustre la répartition des pistes sur le disque.

Un disque de 12,8 cm de diamètre possède 77 pistes qui constituent autant d'anneaux concentriques. Chacune de ces pistes (ou anneaux) est divisée en

32 secteurs.

Quand le disque est en service il tourne à 360 t/min soit une révolution toutes les 166 ms. La tête de lecture/écriture peut être mise en position sur l'une quelconque des 77 pistes et, une fois en position, toute l'information enregistrée, sur la piste en question passe sous la tête de lecture 166 ms.

Le temps moyen d'accès à l'information pour un disque souple est donc 83 ms ($166 \div 2$) = 83. Le temps d'accès total dépend du temps que la tête met à atteindre la bonne position et la vitesse de rotation du disque.

Typiquement les données sur disque peuvent être atteintes en 1,25 s.

Ce qui est une honnête performance, comparée aux temps d'accès de cassette qui sont de l'ordre de 20 à 30 s.

Chaque secteur de disque souple a une capacité de 128 octets et par conséquent, une piste à 32 secteurs contient 4096 octets. Les systèmes de disques souples sont ainsi conçus que souvent, ils accèdent à une piste et lisent tout son contenu dans la mémoire.

Les disques souples et les bandes magnétiques nécessitent

des circuits de contrôle et de formatage des données.

Les circuits sont généralement appelés contrôleur et électronique de commande. Le premier indique à l'unité où trouver l'information désirée, le second commande le moteur et comprend généralement les préamplis de la tête de lecture/écriture ainsi que les moteurs.

Certains systèmes de disque souple et de bandes magnétiques utilisent des procédures de transfert programmées pour effectuer les transferts de données de ou vers la mémoire.

c) Conclusion

Le choix s'est porté sur les mémoires cassettes en raison de leurs :

- Faible coût
- disponibilité sur le marché
- Facilité d'emploi
- Aptitude de travail dans des conditions rigoureuses.
- Robustesse.

figure 1

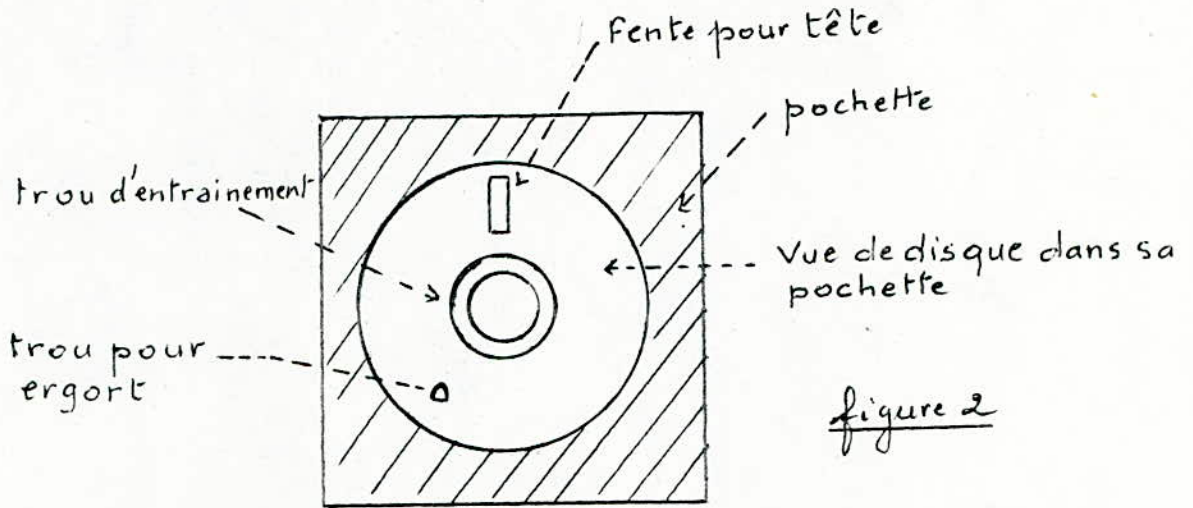
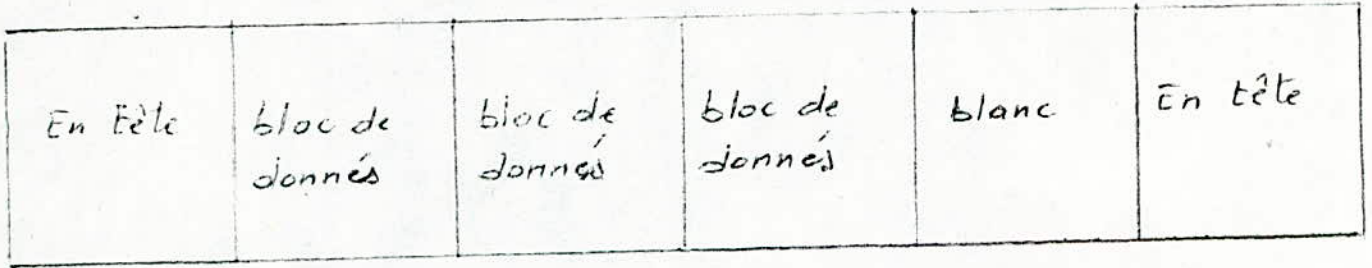


figure 2

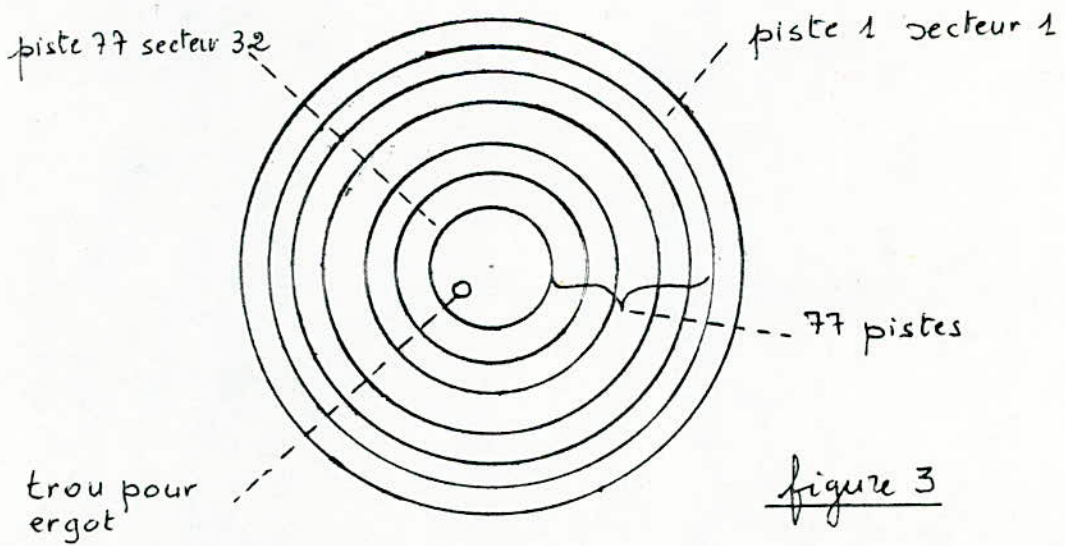


figure 3

II La mémoire cassette

II 1 - Technologie

La bande magnétique utilisée est généralement constituée d'un support plastique (polyester, mylar) sur lequel est déposé un enduit à base de fines particules d'oxydes de fer ou de chrome. La largeur de la bande est de 4 mm.

II 2 - Technique d'enregistrement

La vitesse de défilement est de 4,75 cm/s

La bande défile devant plusieurs têtes ayant chacune un rôle différent, effacement, enregistrement, lecture (fig 4)

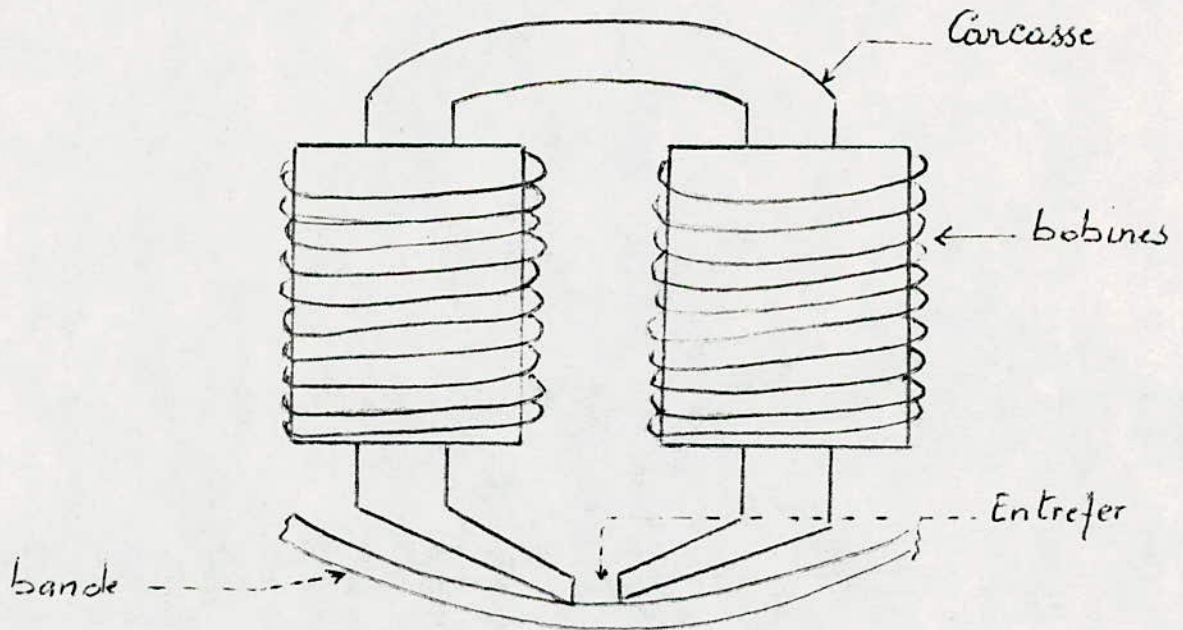


Figure 4 : Tête magnétique

Le principe de fonctionnement est le suivant :
 la tête d'effacement désaimante totalement la bande qui passe devant elle. La tête d'enregistrement, alimentée par le signal à enregistrer convenablement amplifié et auquel est superposé un courant à haute fréquence (courant de polarisation), imprime à la bande une aimantation reproduisant fidèlement le signal fig 5

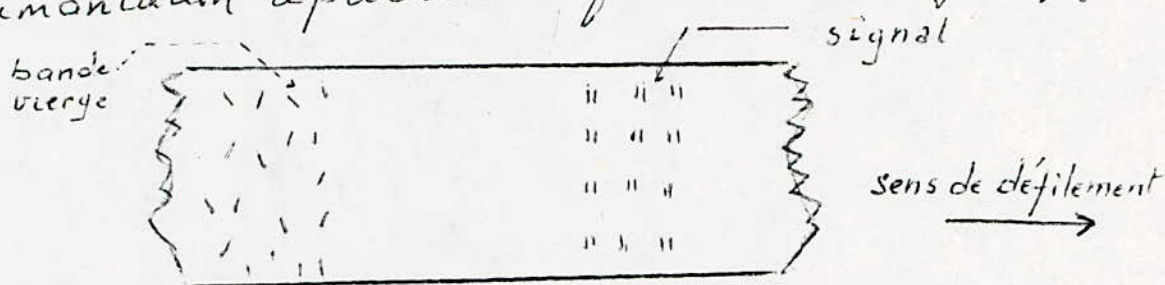


Fig 5 : Alimentation d'une bande magnétique.

Lorsque la bande passe devant la tête de lecture, cette aimantation provoque l'apparition dans le bobinage d'un signal identique au signal enregistré, il suffit alors de l'amplifier.

Dans les magnétophones grand public, la tête de lecture sert aussi de tête d'enregistrement, aux prix d'une perte sensible de performance.

II.3 Systèmes de modulation utilisés pour l'enregistrement

Il existe quatre types de modulation

- La modulation d'amplitude
- La modulation de fréquence (F.S.K frequency shift keying)
- La modulation de phase (P.S.K)
- La modulation d'impulsion.

a) Modulation d'amplitude

Elle consiste à émettre des signaux sinusoidaux dont la fréquence et la phase sont invariables au cours du temps, mais dont l'amplitude dépend de l'information transmise (fig 6.c), un exemple consiste à transmettre un signal d'amplitude A pour un 1 et à ne rien transmettre pour un 0.

b) Modulation de fréquence

Elle peut se faire soit par variation continue de la fréquence d'une porteuse, soit par émission pour tout ou rien d'une fréquence choisie parmi plusieurs (habituellement 2) fig 6.d

Dans ce dernier cas on dit qu'il y a modulation par déplacement de fréquence ou F.S.K.

C'est le type de modulation de fréquence employé en transmission de données. Il équivaut à la modulation d'amplitude des deux porteuses choisies; les deux modulations sont complémentaires, et cette redondance apporte une assez bonne protection contre le bruit. En revanche le spectre du signal est relativement encombrant, car les deux porteuses doivent avoir des fréquences suffisamment différentes pour être suffisamment discriminées.

c) Modulation de phase

Elle est équivalente à des combinaisons de modulation d'amplitude à porteuse supprimée fig. (6 e)

d) Modulation par impulsion

Il est plus souvent de la désigner sous le nom de codage, car on y définit une correspondance directe entre une impulsion et l'information élémentaire à transmettre.

Dans la pratique deux types de codage sont utilisés:

- Codage biphase
- Codage bipolaire

ds) Codage biphasé (fig 7b)

Il existe à envoyer, pendant la première moitié de la durée d'un bit une tension négative et pendant la 2^e moitié une tension négative, cela pour l'une des valeurs à transmettre et à faire l'inverse pour l'autre valeur du bit à transmettre. Le spectre résultant du signal en ligne s'étend comme dans le cas de la modulation télégraphique jusqu'à une fréquence f_1 égale au double du bit binaire, mais n'a pas de composante continue.

D'autre part il y a toujours une transition du signal en ligne au milieu de chaque temps bit, ce qui permet d'assurer la synchronisation des organes récepteurs.

de) Codage bipolaire

Il consiste à envoyer sur la ligne pour une des valeurs du bit à transmettre une impulsion qui dure environ la moitié du temps bit (fig 7c) à ne rien envoyer en ligne pour l'autre valeur du bit. De plus les impulsions émises sont alternativement positives ou négatives. Comme dans le codage biphasé le spectre des signaux en ligne n'a pas de composante continue, mais elle s'étend que jusqu'à une fréquence f_1 égale au débit binaire.

On peut encore supprimer les spectres des signaux émis

jusqu'à une fréquence F_3 égale à la moitié du débit
(fig 7d) en utilisant le code bipolaire entrelacé d'ordre 2.

Dans cette technique, on considère la suite des bits
à transmettre comme deux suites entrelacées celle des
bits d'ordre pair et celle des bits d'ordre impair.

Chacune des suites est alors codée indépendamment
l'une de l'autre suivant le mode bipolaire et les
impulsions sont envoyées en ligne à l'instant du
bit correspondant.

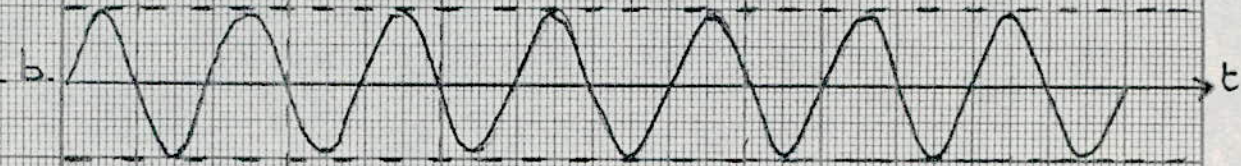
IA (Intensité) 18

Figure 6

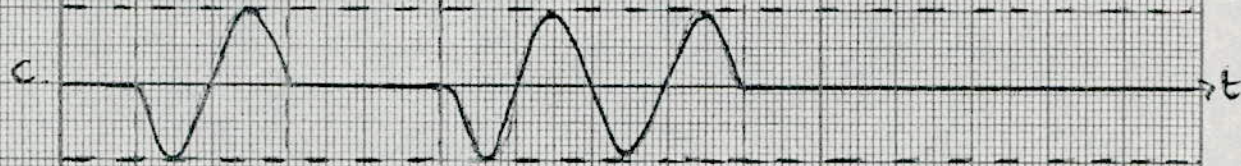
Signal



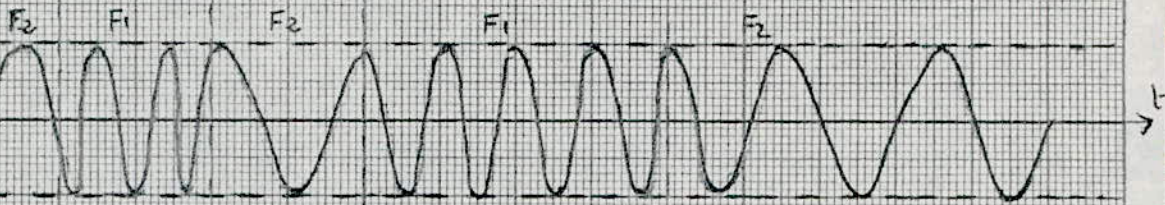
onde porteuse



modulation d'amplitude



modulation de fréquence (FSK)



modulation de phase

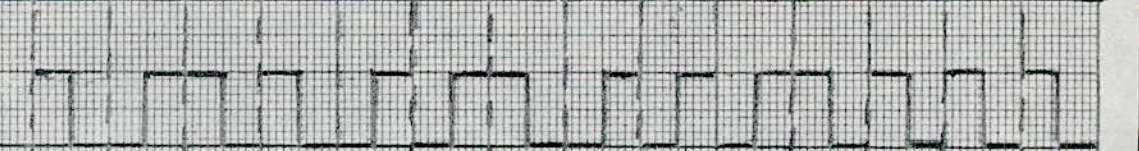


Figure 7

Information à transmettre



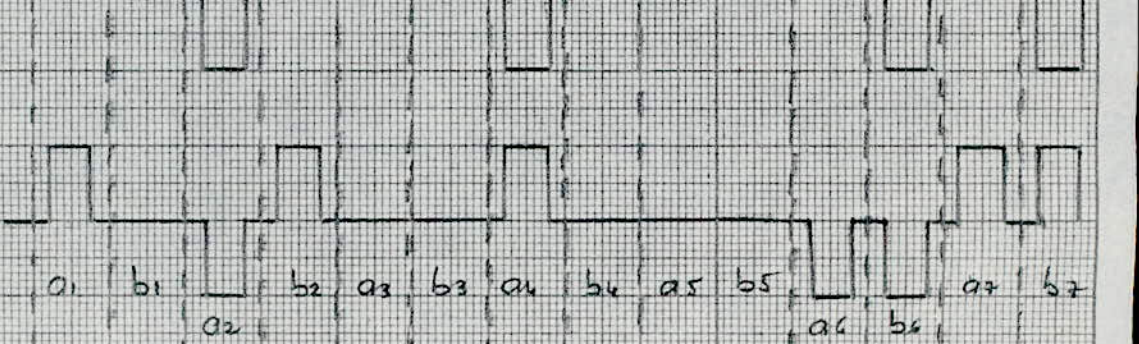
Codage biphase



Codage triplaire



Codage ternaire relatif d'ordre 2 (bits a_i, b_i entrelacés)



II.4 Principe d'un interface cassette

L'usage d'une cassette comme mémoire auxiliaire nécessite un interface réalisant la conversion des données numériques en un signal pouvant être enregistré sur cassette.

Un choix du format doit être défini. Dans ce format le constructeur doit tenir compte :

- De la précision relative des magnétophones ordinaires
 - De la bande passante qui est réduite à 8 KHz
- Plusieurs normes sont adoptées pour les formats

d'enregistrement, comme exemple nous donnerons la méthode KCS (KANSAS - CITY - STANDARD) qui utilise une modulation de fréquence (F. S. K) de la manière suivante

- a) Un "1" logique correspond à 8 cycles d'un signal 2400 Hz.
- b) Un "0" logique correspond à 4 cycles d'un signal 1200 Hz.

Fonctionnement en mode d'enregistrement

Nous voyons le schéma synoptique fig (a) d'un interface cassette en mode d'enregistrement.

L'octet stocké en mémoire centrale est chargé dans un accumulateur.

La donnée ne peut pas être enregistrée d'un trait, une sérialisation s'impose. Cette opération permet l'envoi des bits les uns après les autres.

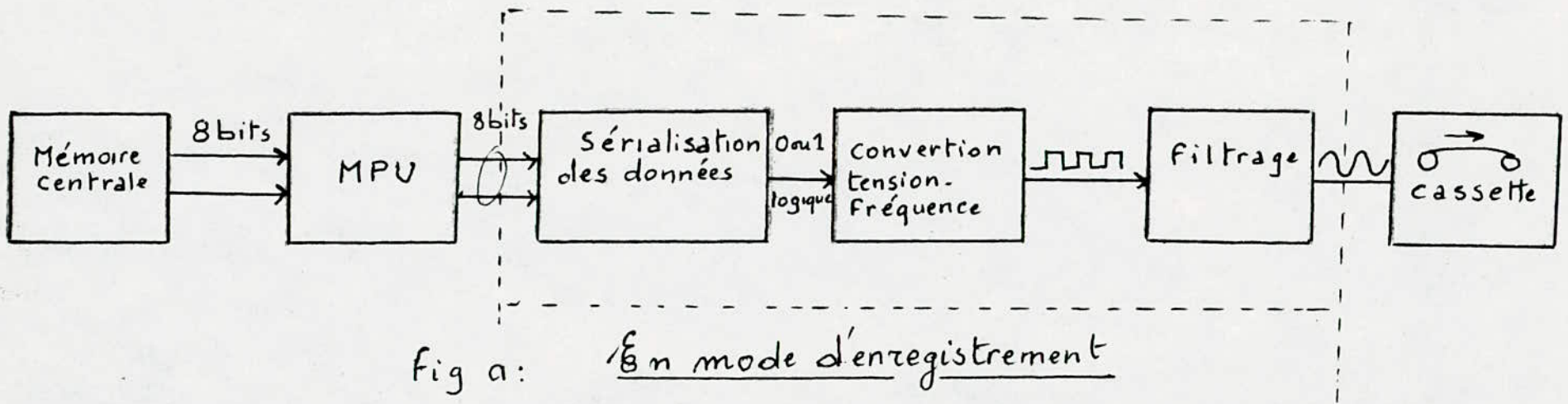
A la sortie du bloc de sérialisation chaque bit correspond à un niveau logique devant être converti en un signal de fréquence déterminée. Par exemple pour le format K5C, chaque niveau logique "1" est converti en 8 cycles d'un signal carré de 2400 Hz et chaque niveau logique "0" est converti en 4 cycles d'un signal carré de 1200 Hz.

Fonctionnement en mode de lecture

Pendant une opération de lecture, l'interface réalise la fonction inverse de l'enregistrement. A savoir, il décode le signal modulé en provenance de la cassette, afin de reconstituer les informations binaires.

La figure (b) représente le schéma synoptique d'une interface cassette en mode de lecture.

Le signal provenant du magnétophone à cassette (signal sinusoïdal modulé) est tout d'abord filtré afin d'éliminer éventuellement la composante continue et signaux parasites qui peuvent l'affecter. Après le filtrage le signal est mis sous forme de signal carré dont la fréquence varie pour le K5C entre 2400 Hz et 1200 Hz en fonction de l'enregistrement sur la bande.



21

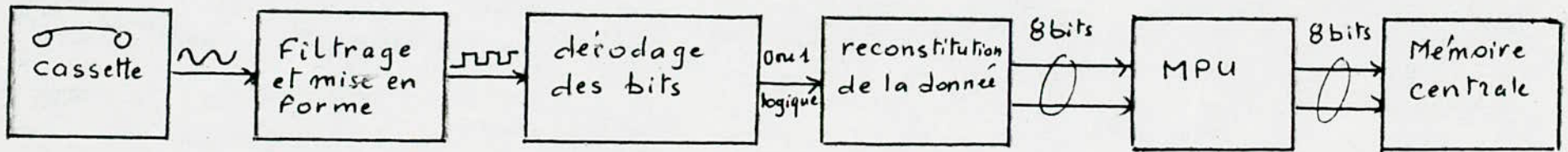
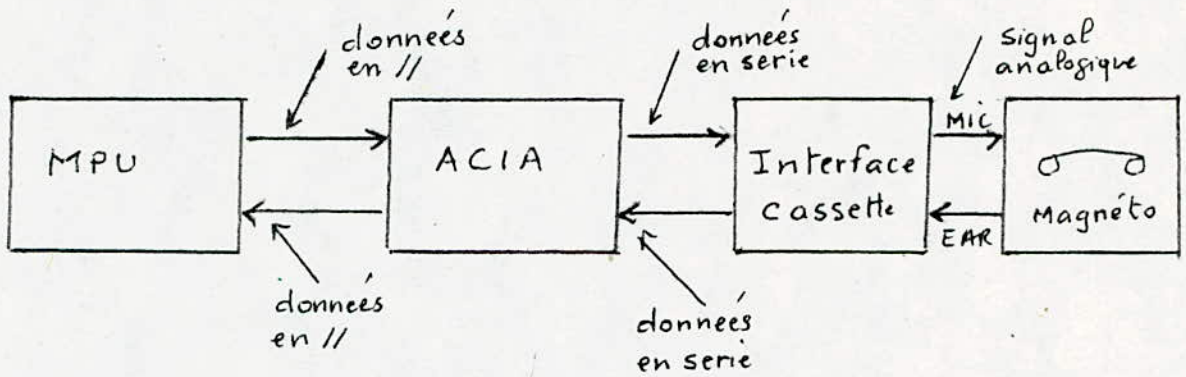


Fig b : En mode Lecture

Schéma Synoptique d'un interface cassette

Principe et fonctionnement de l'interface cassette

a) schéma synoptique



On sait que le MPU travaille sur des mots de 8 bits (ou 4 bits) en parallèle ne peut utiliser directement les caractères transmis par le périphérique en mode série.

Il est donc nécessaire de disposer d'un circuit d'interface réalisant la conversion d'un caractère de 8 bits en parallèle en un caractère de 8 bits (4 bits) en série et vice-versa. C'est le cas de l'ACIA qui travaille en mode série asynchrone en lui associant un certain logiciel approprié. Ce circuit permet d'interfacer entre le MPU et l'interface cassette.

Pour l'enregistrement, l'ACIA transmet des données numériques en série vers l'interface cassette chargé de les transférer en signaux analogiques qu'on pourra enregistrer sur bande via l'entrée Mic du magnétophone cassette.

23

Pour la lecture c'est le fonctionnement inverse:

Les signaux analogiques issus de la sortie "EAR" sont convertis en données numériques en série, celles-ci sont transmises à l'ACIA qui les déserialise (mise en parallèle) avant de les envoyer au MPU.

II 5 Transmission (des codes ou données)

La transmission des données entre l'ordinateur et les périphériques peut se faire de 2 manières

- Par transmission en série
- Par transmission en parallèle

La transmission en série consiste à envoyer un seul bit à la fois l'un derrière l'autre.

En mode parallèle un certain nombre de bits sont transmis simultanément.

La transmission en parallèle permet une plus grande vitesse, mais elle est plus coûteuse.

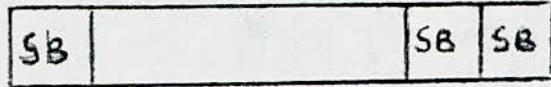
La transmission en série autorise des vitesses plus limitées, mais elle est plus économique et donc plus largement utilisée (cassette par exemple).

Suivant les performances de transmission et de réceptions requises, la communication se fera en mode série asynchrone ou en mode série synchrone.

a) Mode série asynchrone

La transmission et réception se fait caractère à caractère, un caractère comprend en plus des bits de données et de l'éventuel bit de parité, un bit

de départ (start bit) et un ou plusieurs bits d'arrêt.



Codage

Pour pouvoir introduire des données (mots ou nombres) dans le micro-ordinateur il faut transformer en une série de 0 et de 1.

Cette transformation est appelée codage des données.

L'hypothèse d'un codage arbitraire n'est pas admissible, les ordinateurs ne pourraient échanger de données que par l'intermédiaire d'opérations compliquées de conversion des codes, c'est pour cette raison que la majorité des constructeurs ont adopté un code : le code ASCII (American Standard Computer Information Interchange)

Ce code utilise 7 bits pour traduire un symbole d'où la possibilité d'utiliser $2^7 = 128$ codes différents, le 8^e bit est utilisé comme bit de parité.

Le Code ASCII (voir Annexe) est divisé en 3 groupes :

- Codes transparents
- Symboles et nombres
- Lettres

• Les codes transparents sont utilisés pour transmettre les commandes $0 \longrightarrow 1F$ (Hexadécimal)

• Le code des symboles et nombres va de 20 HEX à 40 HEX - comprend 32 symboles et nombres

• Le groupe de code comprend les lettres majuscules et minuscules et un nombre limité de symbole de $41 \longrightarrow 7F$ (HEX)

Remarque: SINCLAIR utilise pour le ZX81 un code différent du code ASCII (voir Annexe)

II 6 Stockage des programmes sur bande magnétique (cas du ZX81)

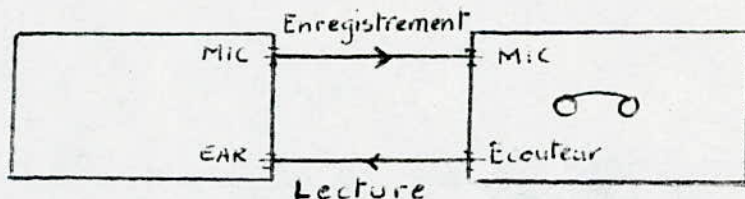
La mise hors tension du micro-ordinateur provoque la perte de tous les programmes et données contenus dans la RAM, on les préserve en les enregistrant sur cassette en utilisant un lecteur K7 évidemment.

Pour utiliser nos programmes une nouvelle fois il suffit de les charger

Procédé d'enregistrement et de lecture

Le ZX81 possède 2 embases pour prise jack (MIC et EAR) qui permettent de le raccorder au lecteur K7 à l'aide d'une paire de conducteurs

L'un des fils doit relier l'embase d'entrée du microphone de l'enregistreur et l'embase "MIC" du ZX81, l'autre doit relier l'embase sortie de l'écouteur de l'enregistreur et l'embase "EAR" du ZX81 comme l'indique la figure ci dessous :



Pour qu'un programme puisse être sauvegardé, il doit être étiqueté à l'aide de l'instruction "REM".

Au début du programme on doit donc avoir par exemple

10 REM "ETIQUETTE"

Sauvegarde de programme

- On positionne la bande à l'endroit choisi pour l'enregistrement (un compteur facilitera la tâche pour retrouver le programme)
- On tape SAVE "ETIQUETTE"
- On met l'enregistreur en marche
- On tape NEWLINE

Le programme chargé, il apparaît sur l'écran TV (ϕ/ϕ) compte rendu qui veut dire que le programme est chargé, on arrête l'enregistreur

Chargement de programme

- On rebobine la bande pour la positionner sur le programme désiré à charger
- On met le volume du lecteur au $3/4$ de sa puissance max (position 8-9)
- Tonalité sur max aigu
- On tape LOAD "ETIQUETTE"
- On met le lecteur KF en marche
- On tape NEWLINE

Le chargement terminé le compte rendu ϕ/ϕ apparaît sur l'écran TV

Les systèmes d'acquisition de données

Les systèmes d'acquisition de données et de conversion sont utilisés dans les domaines les plus divers, notamment dans les applications industrielles, médicales spatiales, etc...

Leurs caractéristiques sont :

- La vitesse
- La précision
- Le nombre de canaux échantillonnés
- L'isolement

L'intérêt du système d'acquisition de données est de faire bénéficier chaque signal d'entrée de toute la puissance de traitement de la chaîne de mesure unique quelque soit le nombre de voies à mesurer.
la possibilité d'effectuer des commandes.

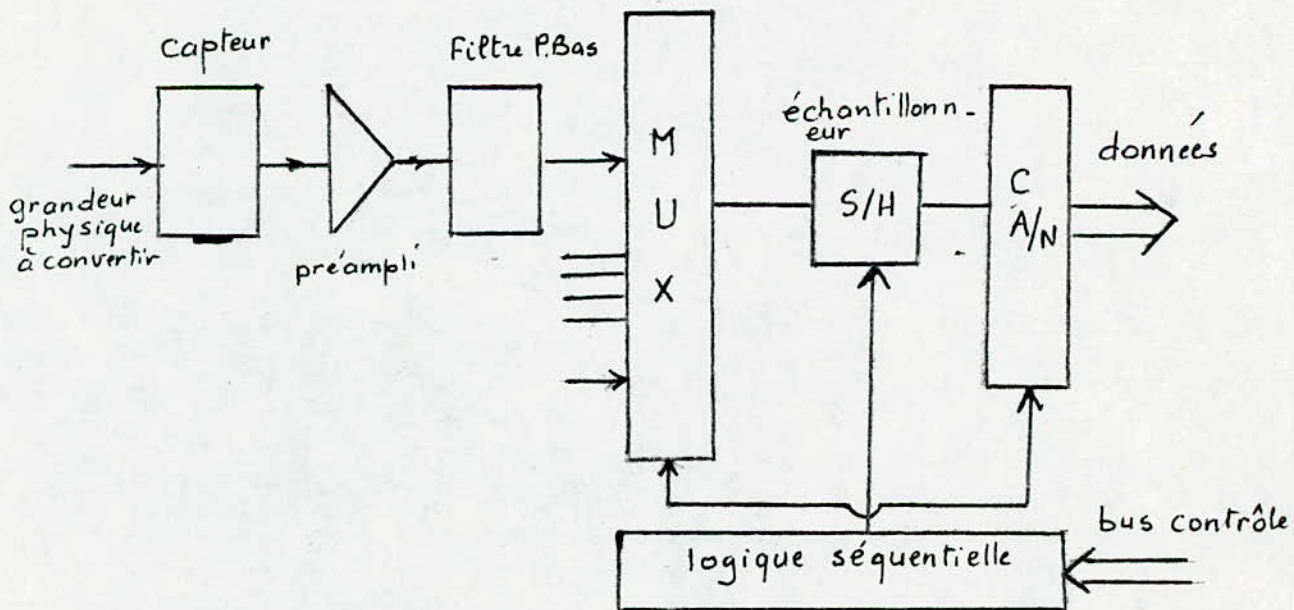
Un système d'acquisition de données à n canaux est constitué généralement des éléments suivants :

- Un capteur spécifique à chaque entrée suivant la grandeur physique à mesurer
- Un préamplificateur différentiel d'entrée propre à chacun des n canaux
- Une cellule de filtrage
- Un étage de multiplexage supportant 8 ou 16 voies à multiplexer.

- Un échantillonneur bloqueur.
- Un convertisseur Analogique - numérique
- Un dispositif de contrôle et de synchronisation qui permet la sélection d'une voie, la commande d'échantillonnage, la conversion et enfin le transfert du produit de la conversion vers le micro-ordinateur en vue d'être stocké puis traité.

Ce dispositif est géré par le micro-ordinateur suivant un logiciel élaboré par l'utilisateur.

Nous représentons à l'aide d'un schéma une structure d'ensemble d'un système d'acquisition



Nous allons passer en revue les différents dispositifs constituant la chaîne de mesure :

A. Le capteur

Les grandeurs physiques de la nature sont multiples et variées et leur exploitation par l'électronique n'est possible que si on arrive à les convertir en tension ou courant c'est le rôle du capteur : il se charge de la conversion suivant une loi connue $S = f(E)$



Les spécifications techniques d'emploi d'un capteur sont les suivantes :

- L'étendue de mesure $S_{min} < S < S_{max}$.

S_{max} est la limite supérieure qui risque de détériorer le système (ou l'apparition de distorsion).

S_{min} est la limite inférieure, elle doit être supérieure au bruit.

- La constante de temps : il ne faut pas que le temps de réponse du capteur soit lent.

- L'impédance d'entrée : l'impédance du capteur doit être appropriée à l'impédance interne de la source.

- La fonction de transfert

- Le pouvoir de résolution : c'est la plus petite variation de la grandeur physique d'entrée qui donne lieu à une variation mesurable du signal de sortie.

- La fidélité

- La stabilité

- Le niveau de sortie :

Les principaux phénomènes physiques générateurs de tension électrique :

a) Effet piezo-électrique exemple le quartz

b) Effet thermo-électrique

c) Effet photo-électrique.

- B. Le préamplificateur d'entrée

Le préamplificateur doit être conçu de façon à pouvoir remplir les fonctions suivantes :

- a) Assurer la protection du système
- b) Assurer une adaptation d'impédance
- c) Fixer la bande passante
- d) Amplifier les signaux différentiels utiles
- e) Assurer la rejection des signaux de mode commun.

- C. Les filtres

Le système procède par échantillonnage, et le théorème de Shannon doit être vérifié : $f_e \geq 2 f_{max}$

f_e : fréquence d'échantillonnage
 f_{max} : fréquence maximum du signal analogique à échantillonner.

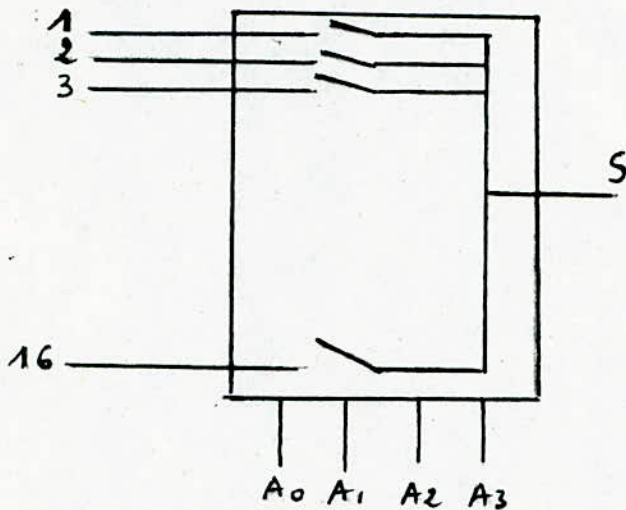
- D. Le multiplexeur analogique

Un multiplexeur analogique est constitué de N interrupteurs, on sélectionne une voie parmi N en fermant l'interrupteur lui correspondant en sélectionnant cette voie par une adresse en binaire.

- D. Le multiplexeur analogique

Un multiplexeur analogique est constitué de N interrupteurs on sélectionne une voie parmi N en fermant l'interrupteur lui correspondant en sélectionnant cette voie par une adresse en binaire.

Exemple du multiplexeur de 16 entrées :



On peut procéder à un multiplexage à 2 niveaux quand le nombre de voies est très grand.

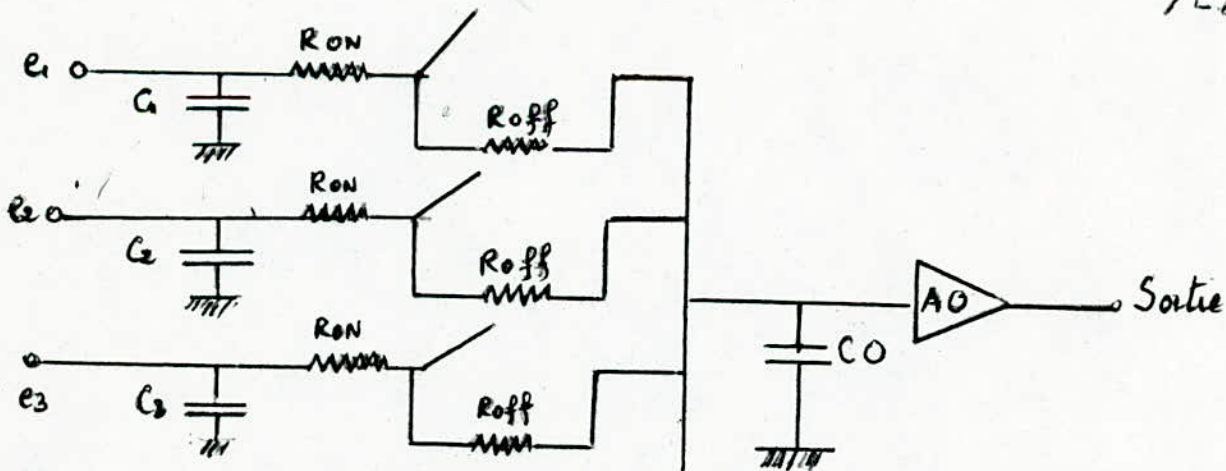
Le 1^{er} niveau sera constitué de x multiplexeurs qui seront reliés à un multiplexeur dit de 2^o niveau.

Caractéristique du multiplexeur

Le schéma de base d'un multiplexeur comporte un certain nombre de commutateurs de tensions analogiques qui connectent successivement chaque signal d'entrée au convertisseur analogique numérique. Un seul commutateur est fermé à chaque fois et la séquence de fermeture et les intervalles de temps sont contrôlés par la logique de commande du système.

La précision de transfert d'un multiplexeur se définit comme étant le rapport de la perte d'amplitude à travers le multiplexeur sur l'amplitude d'entrée.

Précision de transfert est égale à $100\% \cdot \frac{E_{\text{entrée}} - E_{\text{sortie}}}{E_{\text{entrée}}}$

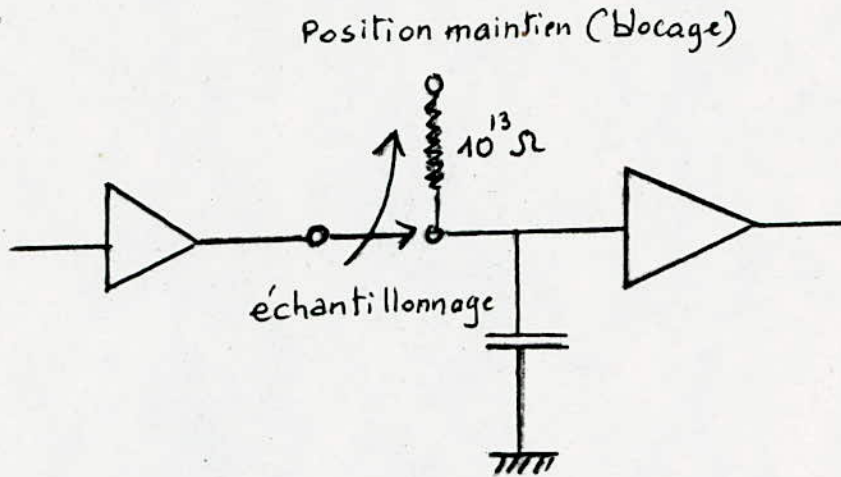


Différentes composantes parasites d'un multiplexeur

- $R_{on} \approx$ quelque Ω (mode ON) position de commutateur fermé
- $R_{off} \approx 10^{12} \Omega$ position ouverte, subsiste un courant de fuite qui peut provoquer une erreur en sortie.
- C_i capacité d'entrée parasite risque de limiter la bande passante.

Les commutateurs utilisés dans la plupart des multiplexeurs sont des transistors à effet de champs, leur courant de fuite double chaque fois que la température augmente de $10^\circ C$.

Constitution et fonctionnement de l'échantillonneur bloqueur



L'échantillonneur à mémoire est constitué par un commutateur analogique, un dispositif de stockage (En général une capacité) et un amplificateur tampon.

Fonctionnement :

La tension aux bornes de la capacité suit le signal d'entrée jusqu'à ce qu'un signal de maintien soit donné par la logique de commande du système, à ce moment le commutateur analogique s'ouvre, ce qui a pour effet de stocker dans le condensateur, la tension présente à ses bornes.

Le convertisseur analogique / numérique

Le convertisseur doit être du type à approximations successives :

- Durée de conversion fixe
- Plus courte que les autres types de C.A.N
- Très bonne résolution.

Exemple pour un CAN de 12 bits la durée de conversion inférieure à $20 \mu s$

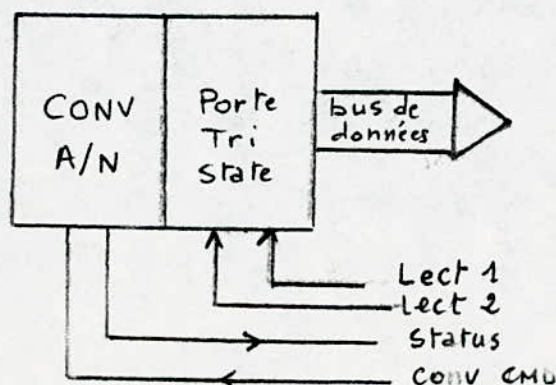
Fonctionnement :

Le convertisseur A/N commence la conversion lorsqu'il en reçoit l'ordre par le signal CONV.CMD (fig.

Dès que la conversion est en cours une information « STATUS » indique à la logique de contrôle que le CAN est occupé à traiter une information.

La retombée de STATUS à la fin de conversion indique que le mot numérique est disponible.

Ce mot est chargé sur le bus de données en 2 octets, (cas du CAN 12 bits) par les ordres de lecture LECT 1 et LECT 2

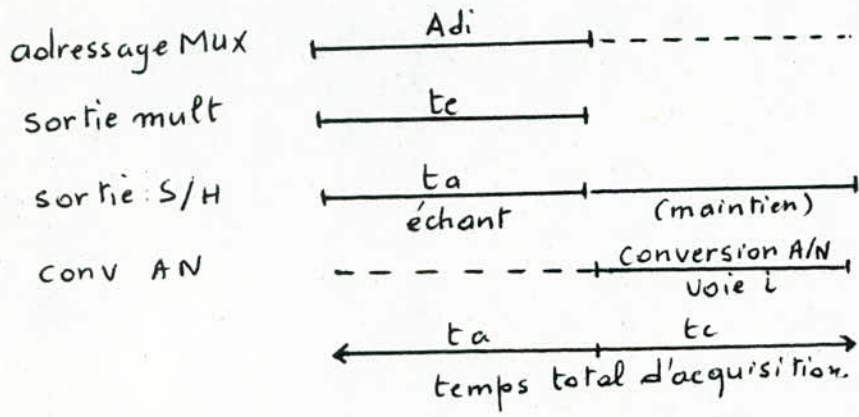


La logique de contrôle

Cette logique est gérée par le micro-ordinateur. Elle établit une séquence programmée destinée à la commande séquentielle du multiplexeur d'entrée, de l'échantillonneur bloqueur et du convertisseur A/N.

Au début de l'opération on a :

- Adressage et validation du multiplexeur (voie i)
le temps d'établissement est t_e ;
 - Prise de l'information par le (S/H). Ce temps d'acquisition est t_a (échantillonnage)
 - Fin de l'échantillonnage signalé au CAN :
début de conversion A/N. L'échantillonneur est en position maintien jusqu'à la prochaine commande, le temps de conversion est t_c , à la fin de t_c le signal fin de conversion (retombée de STATUS) indique que l'information numérique N_i est disponible.
- Le temps total de l'opération est $t_e + t_c$; on donne ci-dessus la durée des différentes opérations. On considère que le temps d'établissement t_e et d'acquisition t_a sont du même ordre de grandeur.



La précision dans les systèmes d'acquisition de données

Les échantillonneurs - bloqueurs (ou à mémoire) ont beaucoup d'importance pour la précision du système.

La précision peut être dégradée chaque fois que le signal appliqué à l'entrée du système varie de façon importante.

Lorsqu'un système doit effectuer une conversion dans les limites d'une précision donnée (n bits par exemple), la vitesse à laquelle le signal d'entrée peut varier doit concorder avec le temps nécessaire au C.A.N pour traiter un échantillon donné.

C'est le circuit échantillonneur à mémoire qui va servir à adapter ces deux caractéristiques.

Pour établir le rapport vitesse / précision on considère un signal sinusoïdal :

$$e(t) = E \sin \omega t$$

Dans lequel e est l'amplitude du signal à n'importe quel instant t .

E est l'amplitude maximale (ou la pleine échelle).

La vitesse de variation du signal $e(t)$ est

$$\frac{de}{dt} = \omega E \cos \omega t$$

et on a $\frac{de}{dt}$ max pour $t=0$

La vitesse de variation maximale est donc égale à

$$\frac{\Delta e}{\Delta t} = \omega \bar{E} = 2\pi f \cdot E$$

Pour un convertisseur à n bits, la grandeur du bit le moins significatif (LSB) est égale à

$$1 \text{ LSB} = \frac{E}{2^n}$$

Pour obtenir une précision de n bits, la variation d'amplitude Δe du signal d'entrée ne doit pas dépasser la valeur de son bit le moins significatif, soit $\frac{E}{2^n}$ d'où on a :

$$\Delta e < \frac{E}{2^n}$$

d'où

$$2\pi f E \Delta T < \frac{E}{2^n} \Rightarrow f < \frac{1}{2^n 2\pi \Delta T}$$

$$f_{\max} = \frac{1}{2^{n+1} \pi \Delta T} \quad \text{ou } \Delta T \text{ désigne le temps d'ouverture.}$$

Cette équation nous donne la relation existant entre la fréquence la plus haute qu'un système

puisse traiter, le temps d'ouverture et la précision désirée.

On donne un exemple qui montre l'intérêt de l'échantillonneur bloqueur.

Pour un convertisseur analogique numérique 12 bits
Le temps de conversion est de $24 \mu s$

$$f_{max} = \frac{1}{2\pi \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot 2^{12}} = 1,6 \text{ Hz}$$

L'échantillonneur - bloqueur a un temps de réponse de l'ordre d'un ns (1 ns) ce qui donne

$f_{max} = 39 \text{ KHz}$ et ne coûte pas plus cher qu'un C A/N de $24 \mu s$.

Nous avons représenté en fig(a) un abaque permettant le calcul des 3 paramètres (ΔT , précision, fréquence) les uns par rapport aux autres.

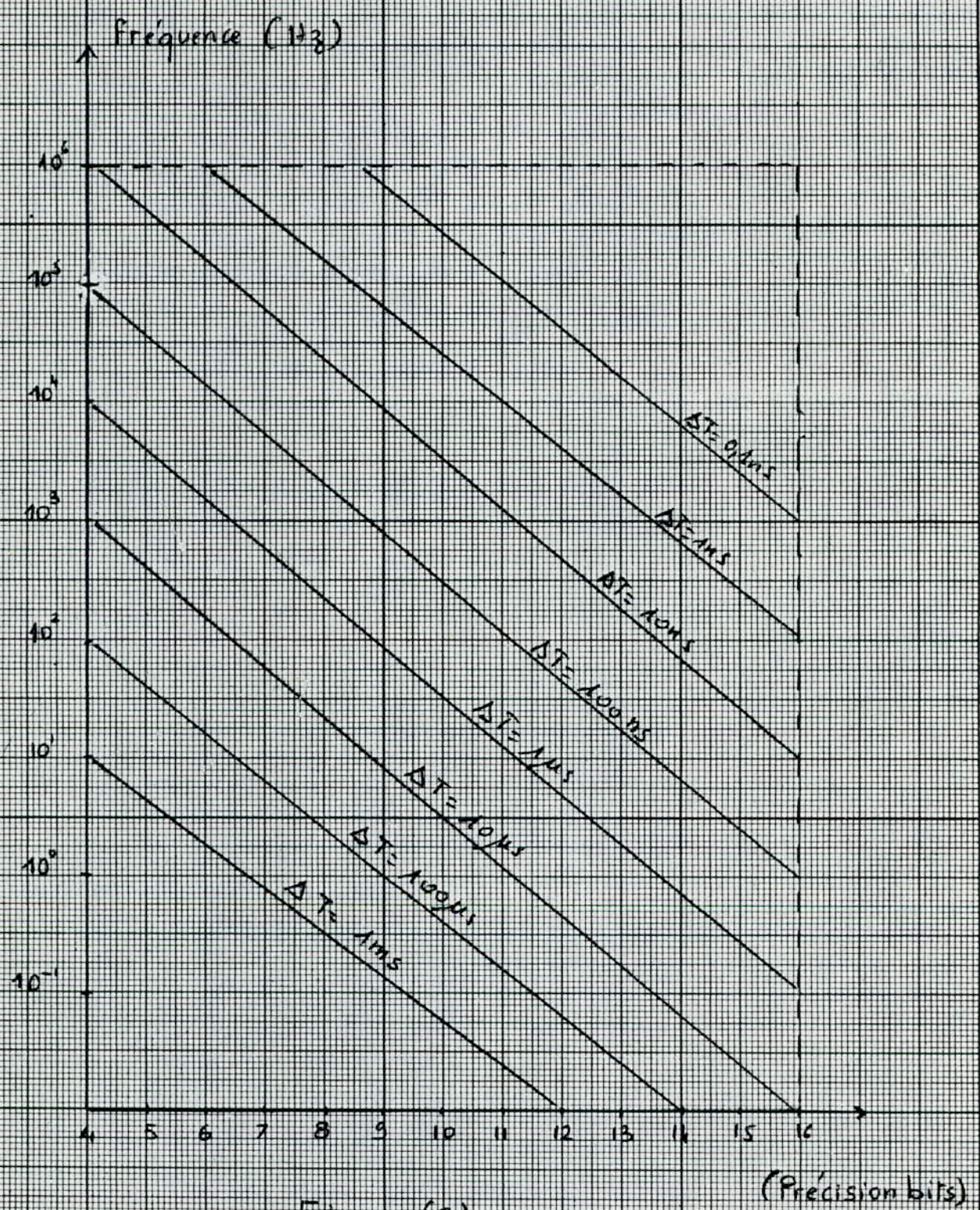


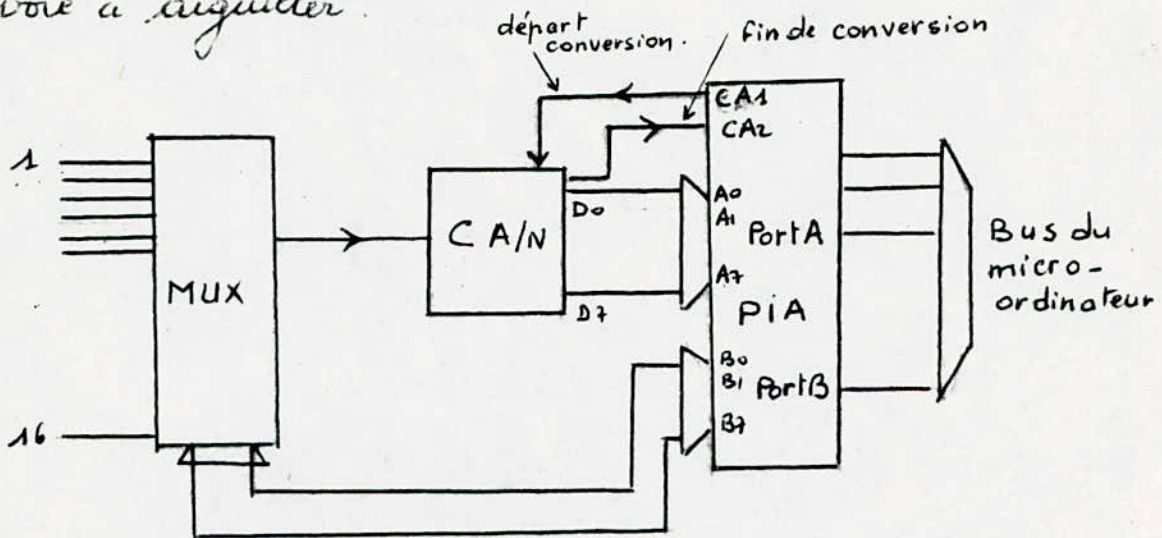
Figure (a)

Connexion du système d'acquisitions au bus du micro

Le système d'acquisition de données sera relié au micro-ordinateur à l'aide d'un interface parallèle type PIA

Le port A par exemple sera programmé en entrée pour la collecte des données.

Le port B sera programmé en sortie et servira à sélectionner la voie à acquérir.



Les données seront ainsi transférées par programmation vers la RAM du micro-ordinateur et seront ensuite enregistrées sur cassette en vue d'être traitées.

L'utilisation d'une cassette comme mémoire auxiliaire permet de faire l'acquisition d'un très grand nombre de données, nous donnerons un exemple.

Avec une cassette de 120 m.n et une vitesse de transmission de 600 bauds on peut collecter :

$$\frac{600 \times 120 \times 60}{8} = 540 \text{ Koctets}$$

IV Analyse des signaux

a) Introduction

Cette analyse, nous permettra de déterminer :

- Le type de modulation et le codage utilisés lors de l'enregistrement du programme sur cassette
- La déformation du signal à l'enregistrement
- L'influence du volume et de la tonalité.

Pour les différents types de micro-ordinateur tels que

- ZX 81
- ORIC
- SPECTRUM

b) Appareils utilisés

- Oscilloscope TEKTRONIX digital 5223
- Micro-ordinateur TEKTRONIX 4052
- Table traçante 4662

c) Principe

Le signal issue de la cassette, est injecté à l'oscilloscope.

A l'aide du bouton "SAVE", on mémorise une séquence de ce signal, qu'on introduit dans le micro-ordinateur - ce dernier pour l'analyse, utilise la méthode F.F.T (voir annexe).

Le signal ainsi que son spectre sont transcrits sur feuille, à l'aide d'une table traçante reliée directement au micro-ordinateur.

IV.1 Détermination du type de modulation et le code

- Casette ZX81 fig (1 et 1')

Le signal issu du ZX81 est une suite de trains de pics séparés par des périodes de silence.

Un zéro est représenté par 4 pics de fréquence 3300 Hz

Un "1" est représenté par 9 pics de fréquence 3300 Hz

Il s'agit donc d'une modulation d'amplitude

- Casette SPECTRUM fig (2 et 2')

Le type de modulation utilisé est le FSK (frequency shift keying) de la manière suivante

Un "1" logique correspond à un signal de 2000 Hz

Un "0" logique correspond à un signal de 1000 Hz

- Casette ORIC fig (3 et 3')

Il utilise une modulation FSK de la façon suivante:

Un "1" logique est représenté par un train de 8 pics de fréquence 2400 Hz

Un "0" logique est représenté par un train de 4 pics de fréquence de 1200 Hz.

IV 2 Déformation du signal lors de l'enregistrement

Dans le premier temps, on a analysé le signal issue directement du ZX 81 fig 4. puis le même signal enregistré sur cassette fig. 4'

On remarque qu'effectivement le signal est déformé puisque :

- L'amplitude reste constante et le niveau du silence est pratiquement nul pour le signal issue directement du ZX 81, par contre pour le signal issue de la cassette l'amplitude est variable et le niveau du silence est différent de zéro.

Cette déformation s'explique aussi par l'apparition des harmoniques :

Ces harmoniques sont importantes pour le signal enregistré sur cassette, par contre faibles pour le signal issue du ZX 81.

IV₃ Influence du volume du magnétophone

A partir de la cassette, on charge le programme "MATHS" pour les différents position du volume 7, 8 et 9

- Pour le volume 7 (fig 5) le programme n'est pas chargeable
- Pour le volume 8 (fig 6) le programme n'est pas chargeable
- Pour le volume 9 (fig 7) le programme est chargeable

Donc pour effectuer un chargement dans les meilleures conditions, le volume doit se situer entre 8 et 9

L'analyse des différents spectres des signaux ne nous donne aucune idée, sur la difficulté rencontrée lors du chargement du programme pour des volumes inférieurs à 8.

IV₄ Influence de la tonalité du magnétophone

On charge le programme "MATHS" pour les différentes position de la tonalité.

- aigu minimum (fig 8) le programme n'est pas chargeable
- aigu au milieu (fig 9) le programme n'est pas chargeable
- aigu au maximum (fig 10) le programme est chargeable

En analysant les différents spectres des signaux, on remarque:

Pour la position aigu au minimum et au milieu, les basses fréquences sont favorisées et les hautes fréquences sont atténuées; par contre l'aigu au maximum les hautes fréquences sont favorisées et les basses fréquences sont atténuées.

Or pour un bon enregistrement sur cassette, la fréquence

admise est de 330 Hz, pour la position aigu au minimum et au milieu cette fréquence est atténuée par cent, elle est favorisée pour la position aigu au maximum, ce qui explique donc le chargement du programme uniquement par la position aigu au maximum.

Conclusion :

D'après cette analyse des signaux, nous avons remarqué que :

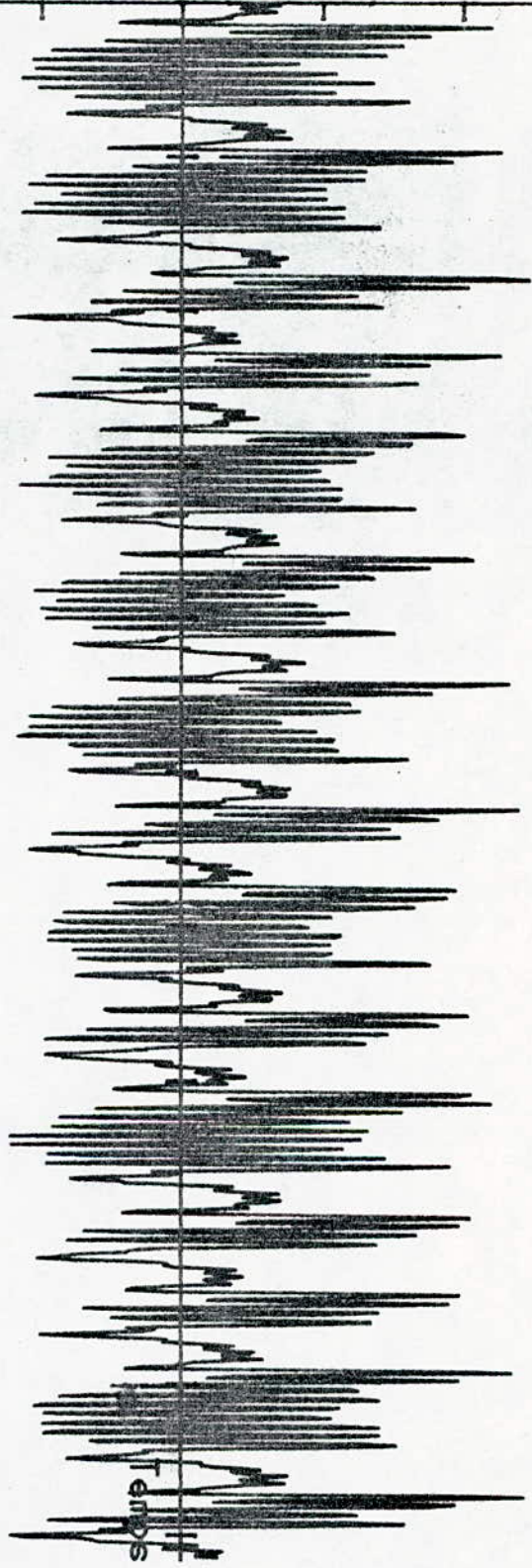
- L'enregistrement était impossible pour des volumes inférieurs à 8, c'est que pour ces positions le signal à la sortie du micro-ordinateur type ZX81 est faible de l'ordre de 100 mV ; donc une amplification est nécessaire.

- De plus, le signal enregistré sur cassette était affecté d'une déformation, donc un montage de mise en forme du signal est indispensable.

Pour remédier à ces défauts, nous avons adopté un montage qui nous a été proposé et dont nous ferons une étude au chapitre suivant.

Fig 1

51



Amplitude
1V/div

ZX81

Time

5ms/div

Fig 1

52

Fig 1'

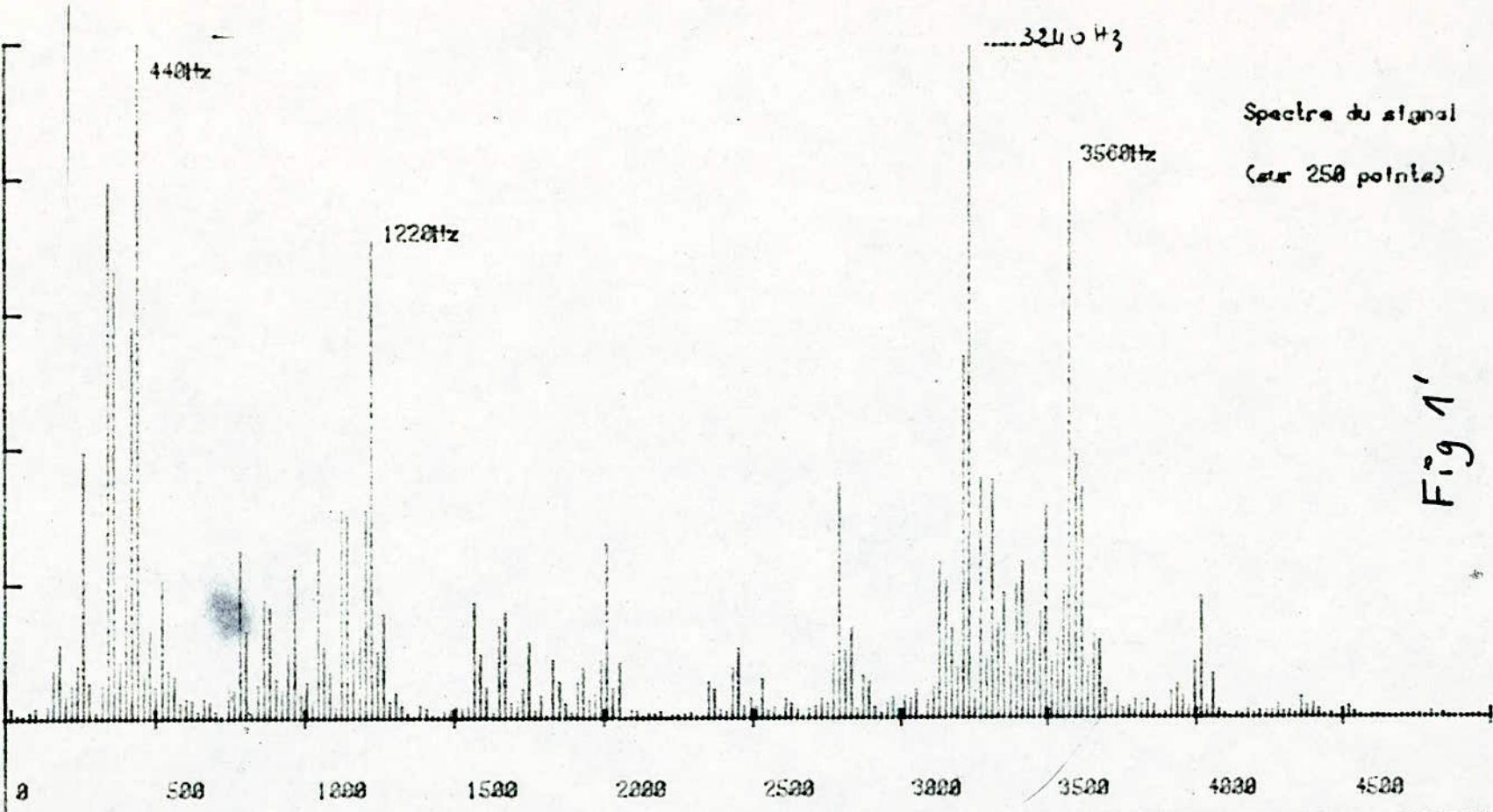
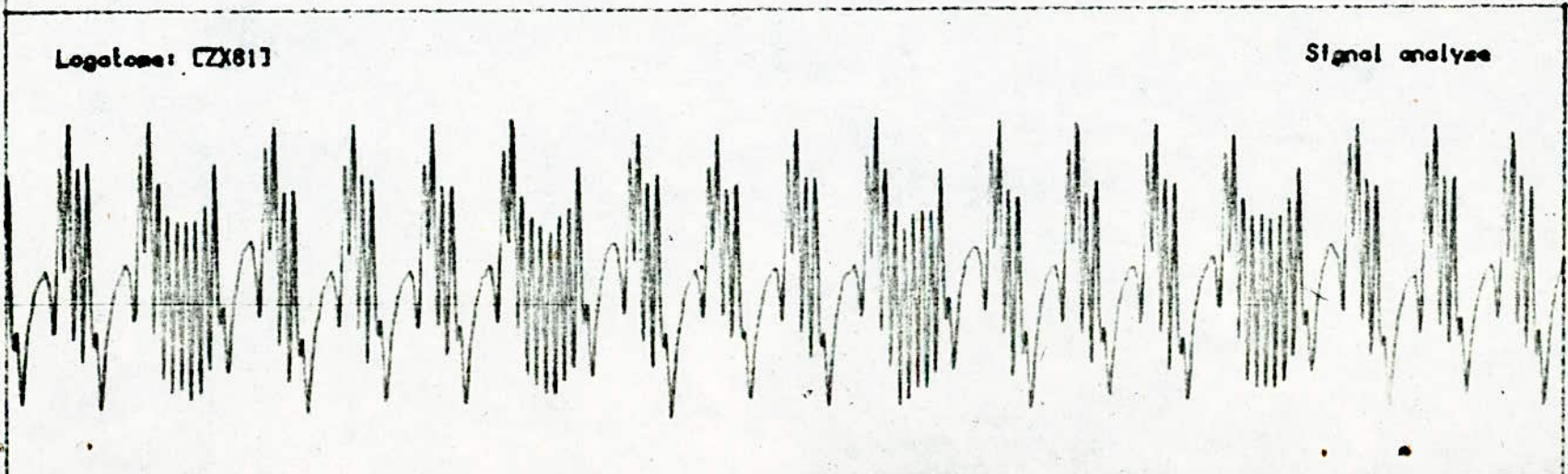


Fig 1'



Amplitude \angle div

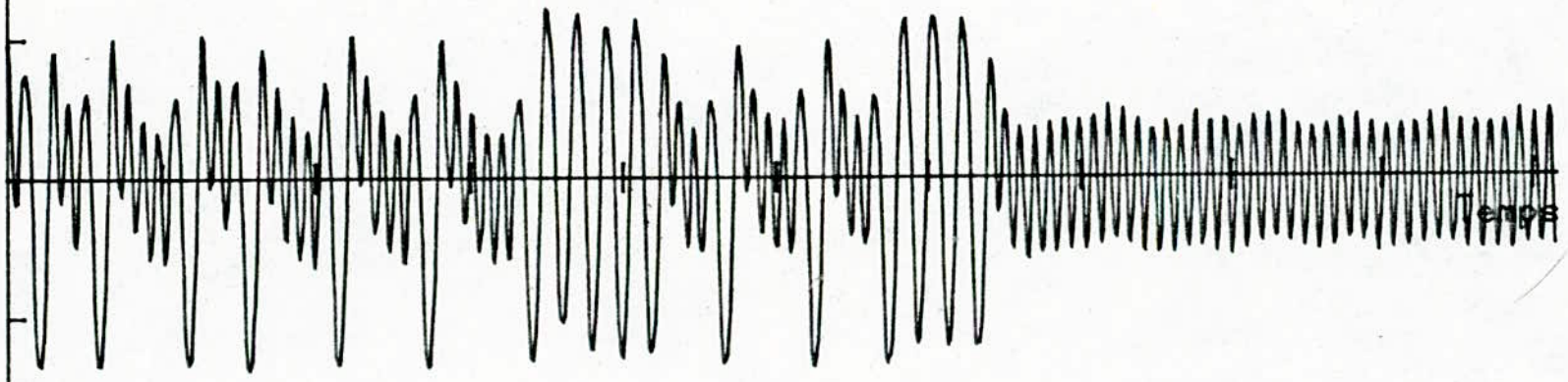
2V/div

ZX SPECTRUM

53

Fig 2

Fig 2



Time 5ms/div

Spectre du signal

(sur 500 points)

54

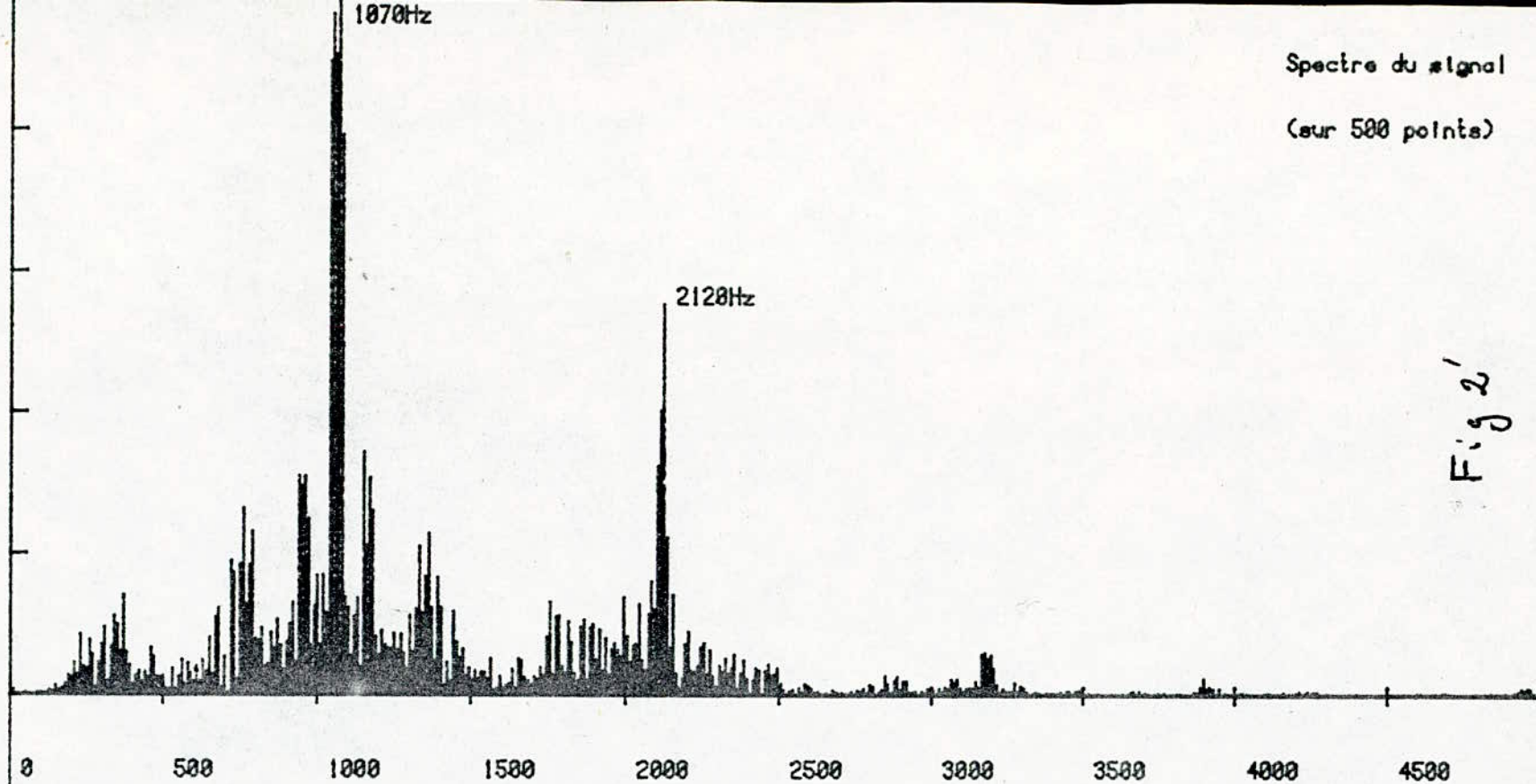
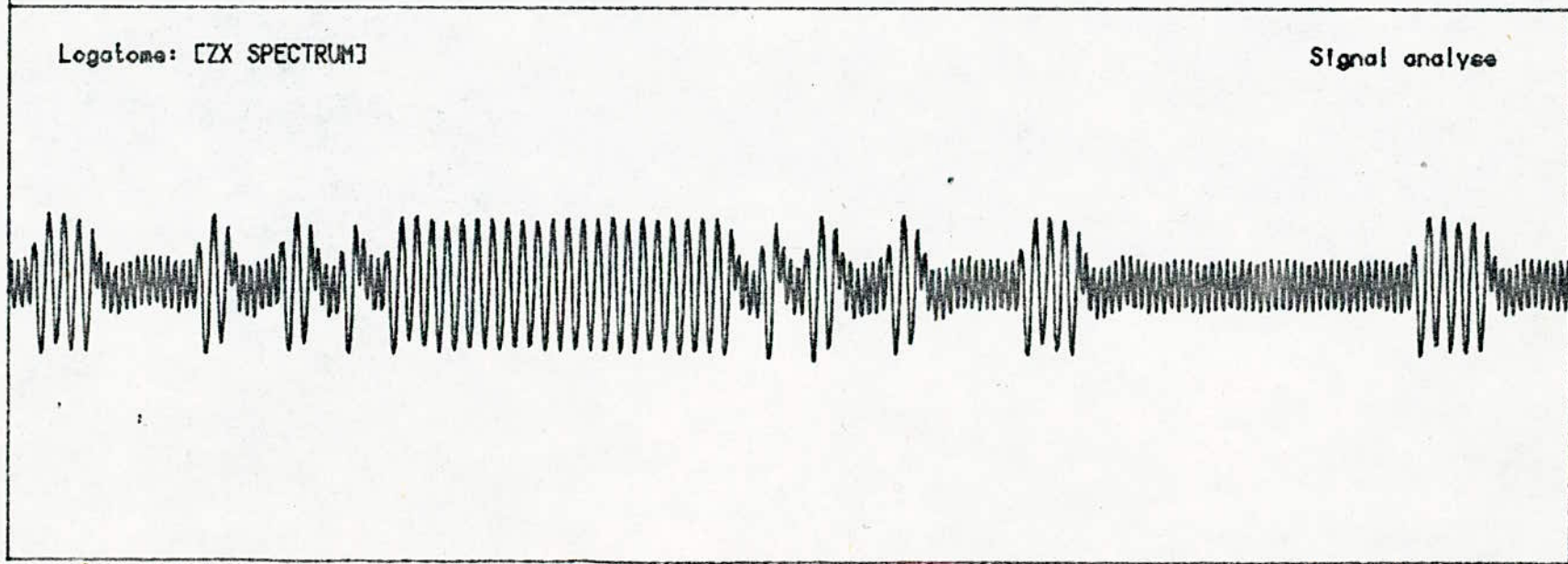


Fig 2'

Fig 2'

Logotome: [ZX SPECTRUM]

Signal analyse



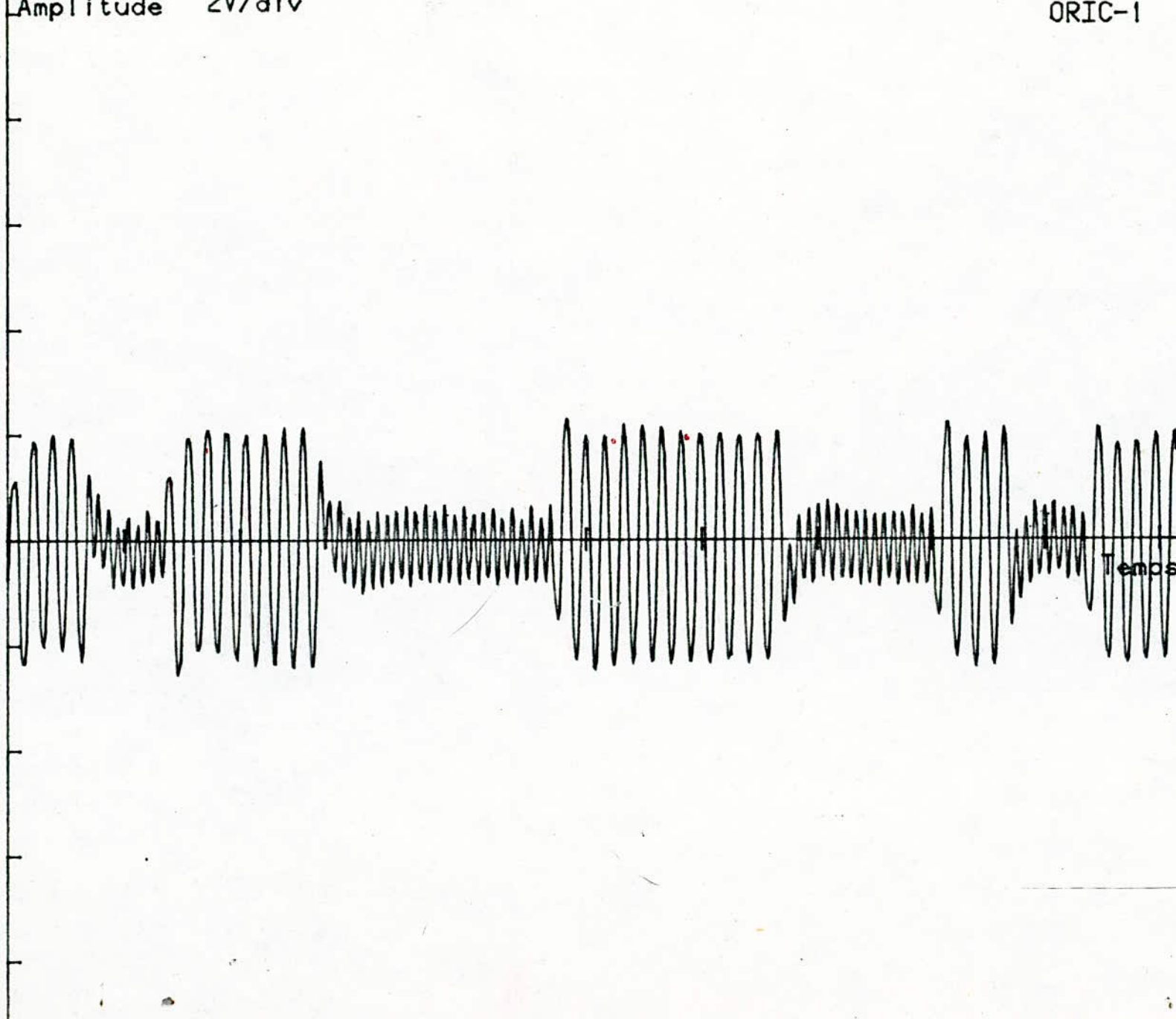
Amplitude 2V/div

ORIC-1

55

Fig 3

Fig 3



Time 5ms/div

56

Fig 3'

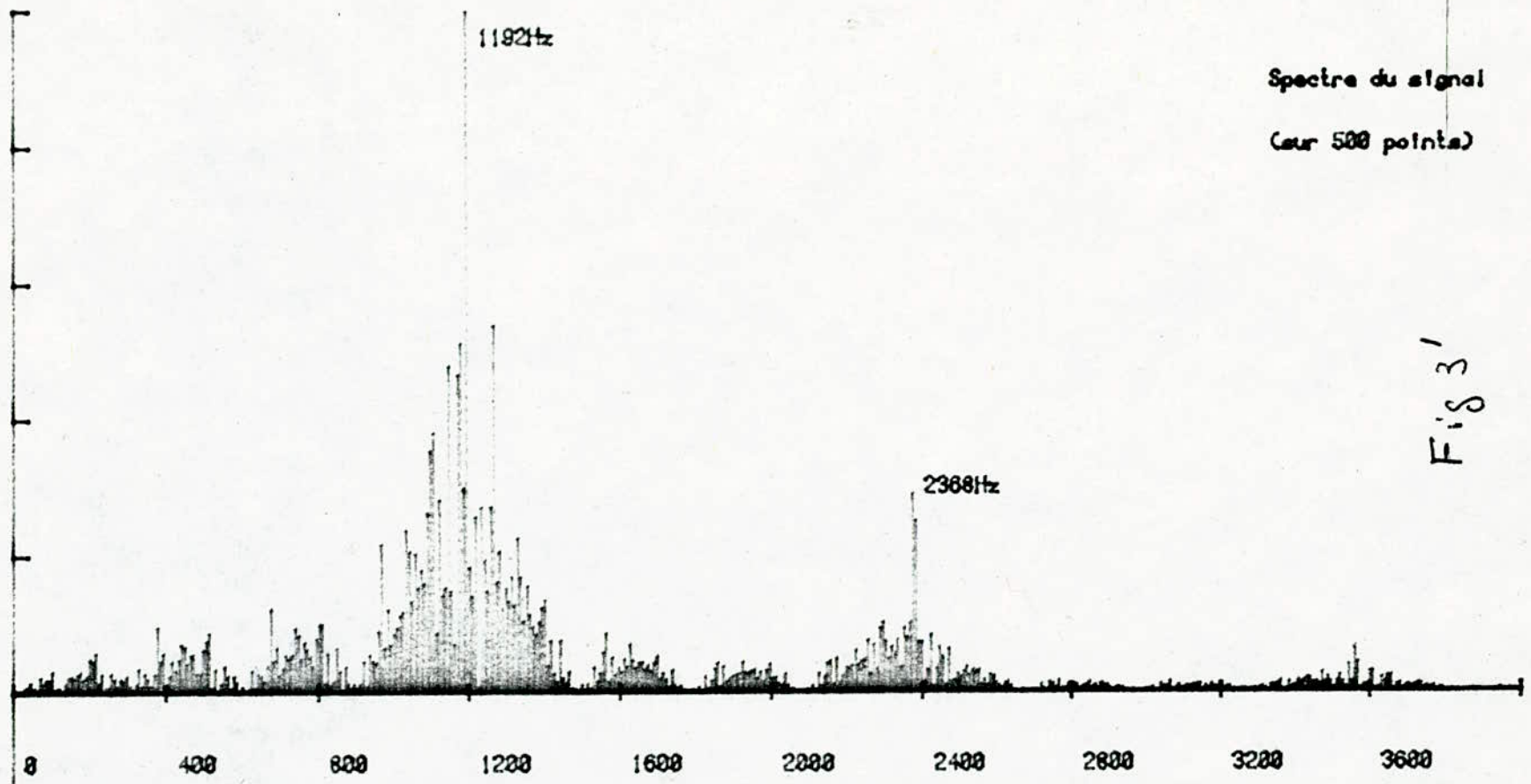
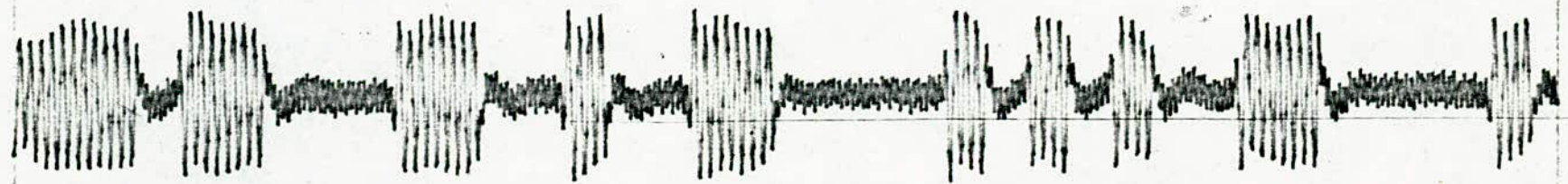


Fig 3'

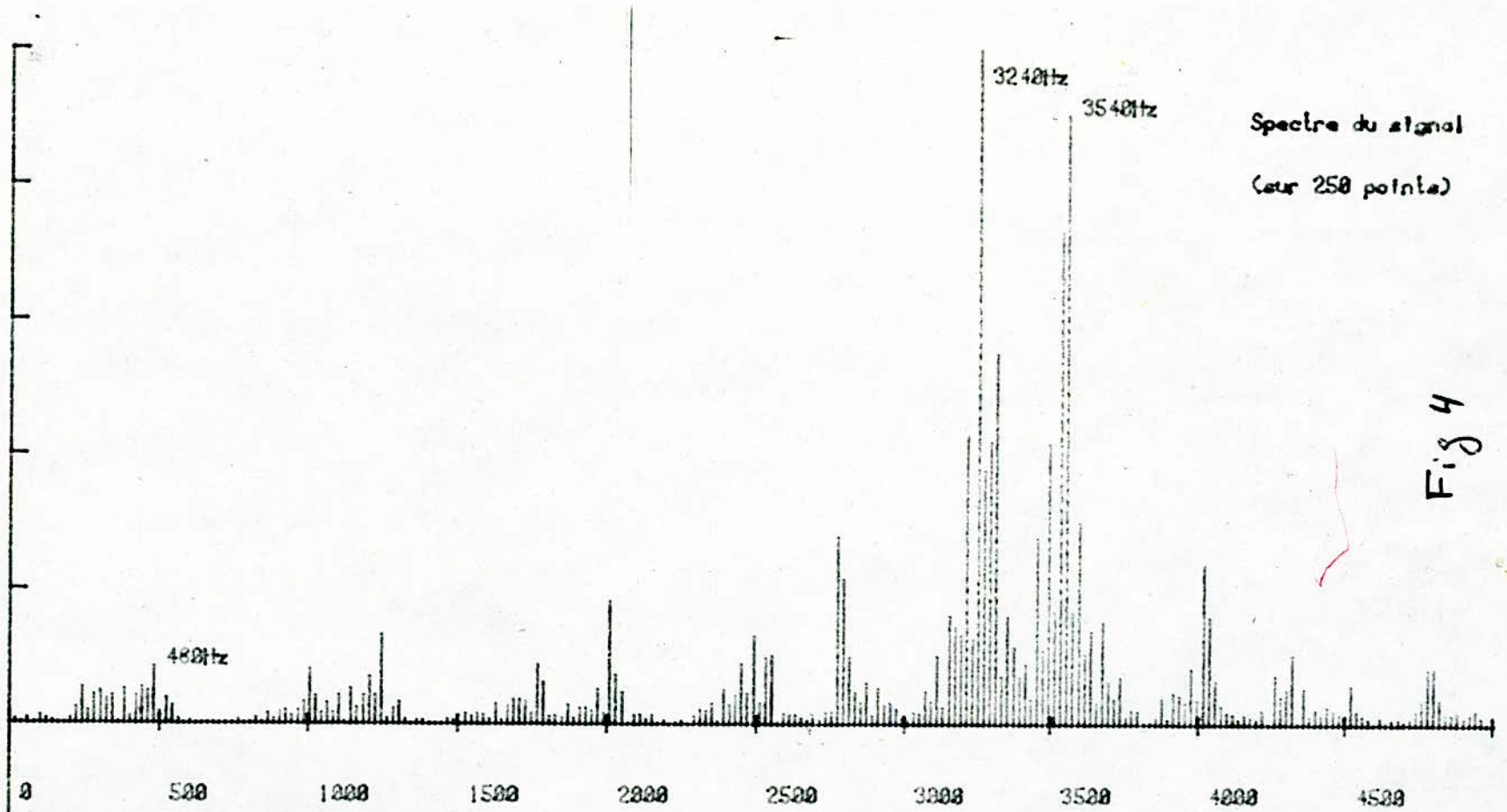
Logatome: [ORIC1]

Signal analyse



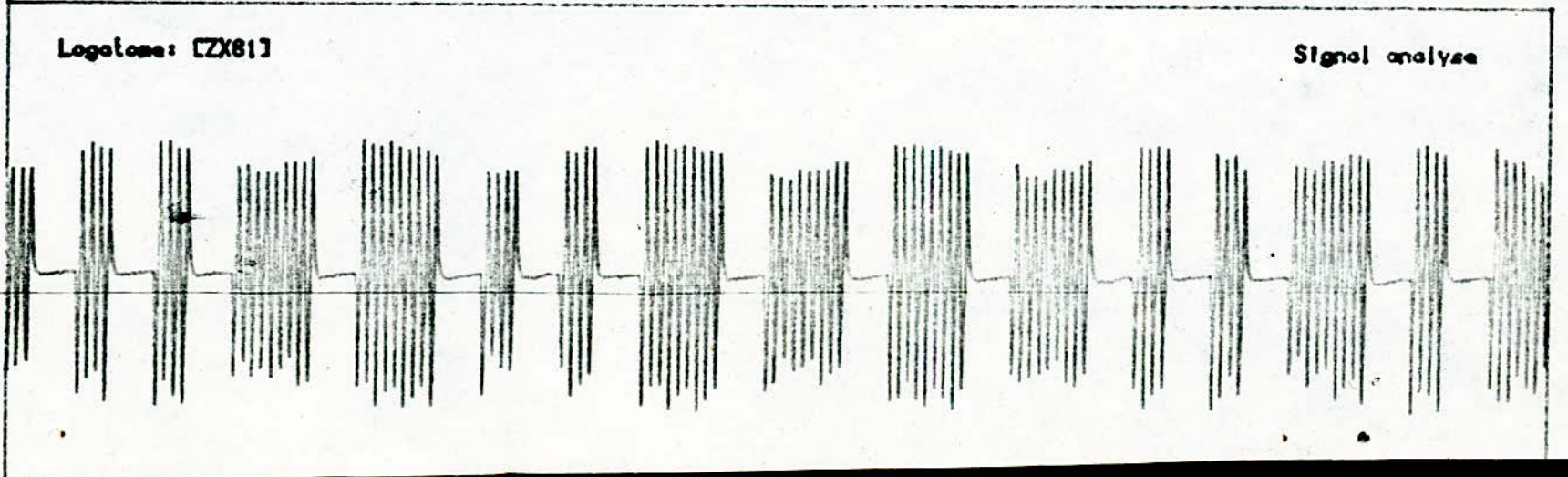
57

Fig 4



Spectre du signal
(sur 250 points)

Fig 4



Spectre du signal
(sur 250 points)

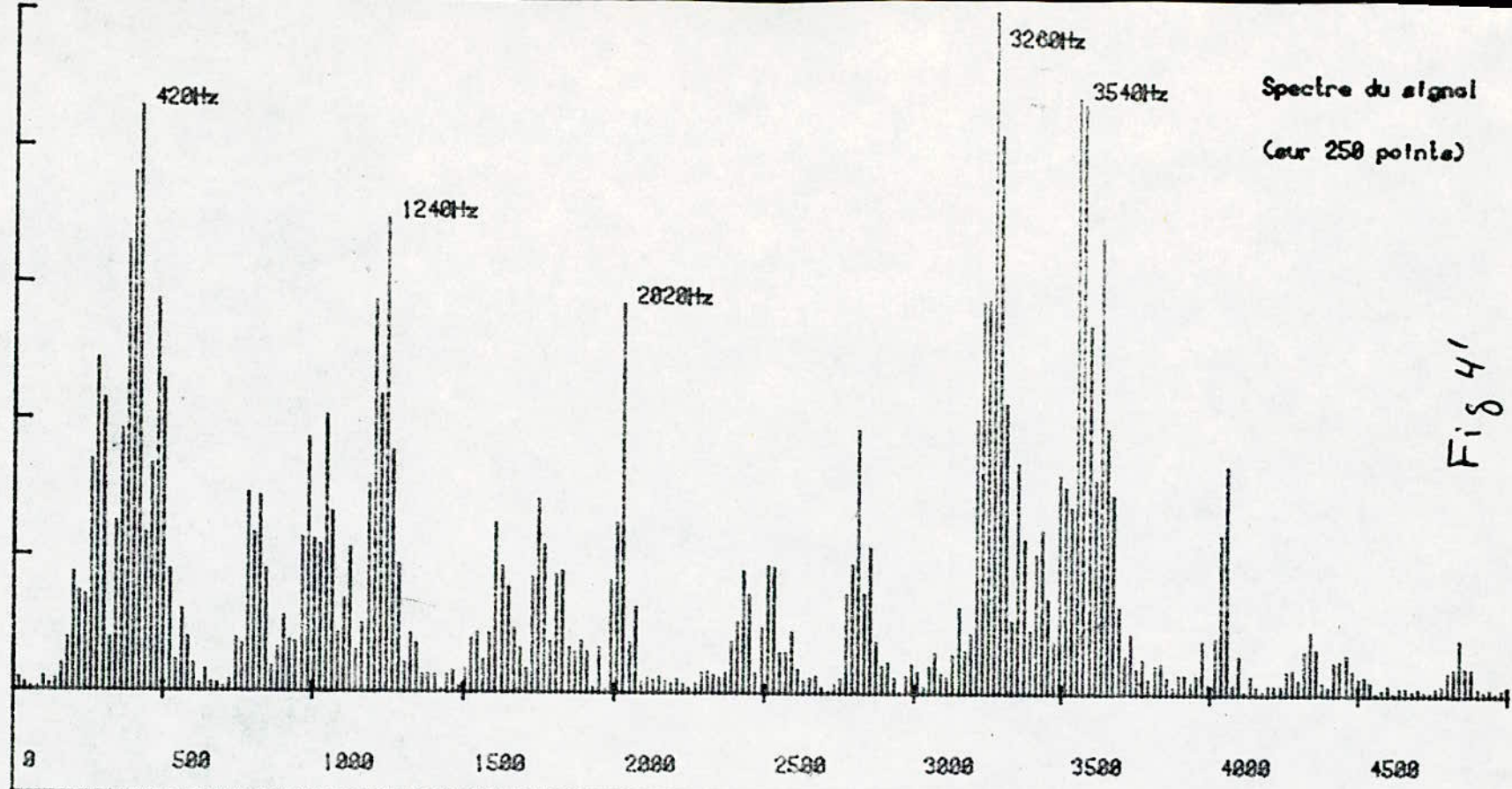


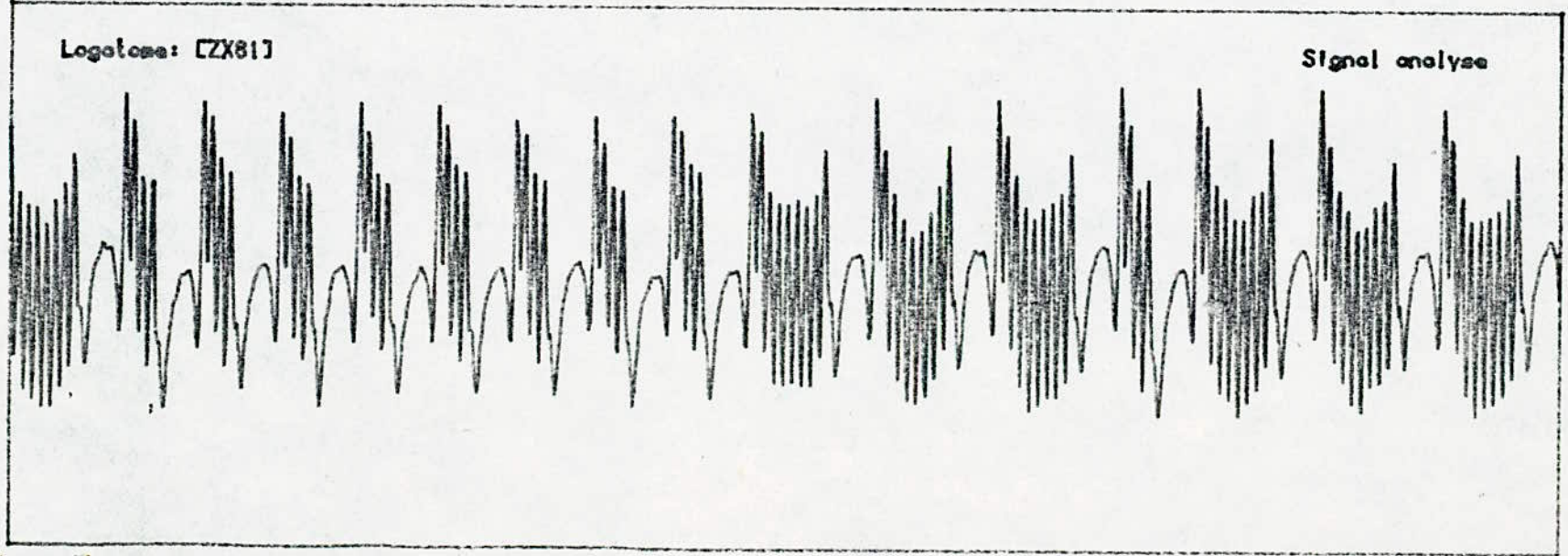
Fig 4'

58

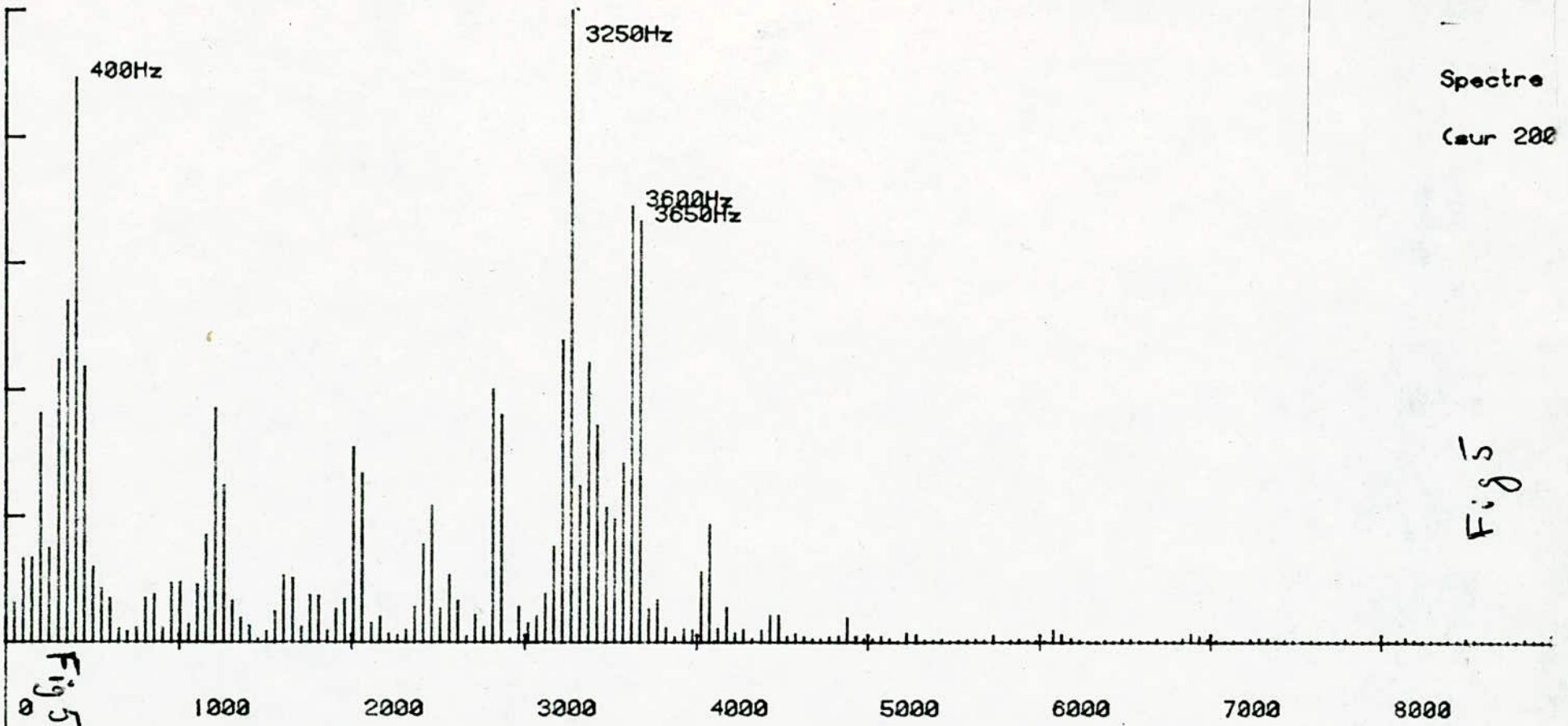
Fig 4'

Logotom: [ZX81]

Signal analyse



59



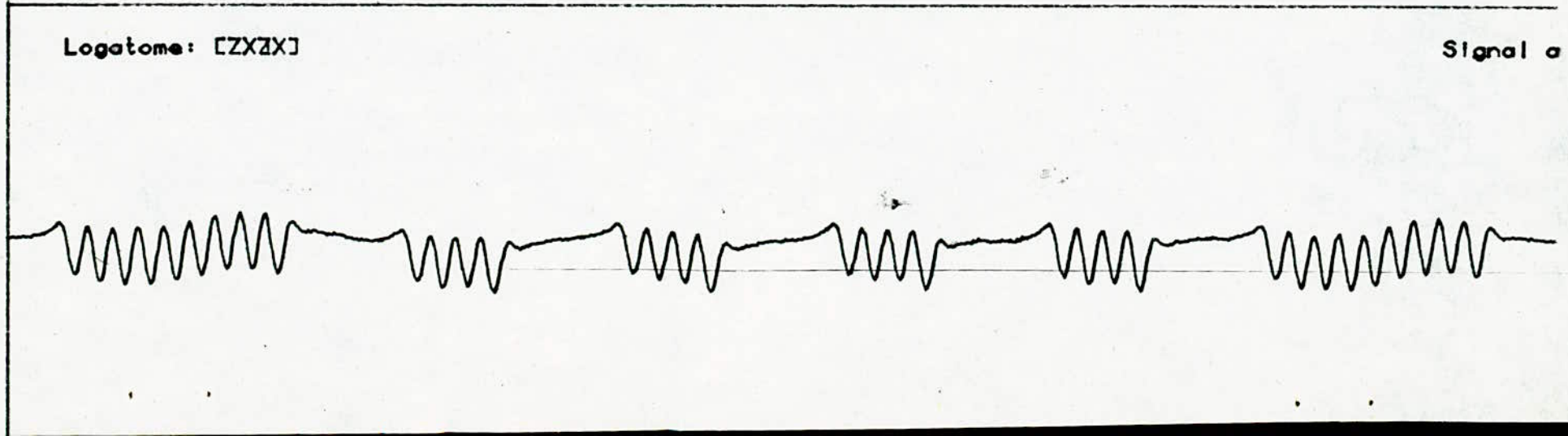
Spectre
Cour 200

Fig 5

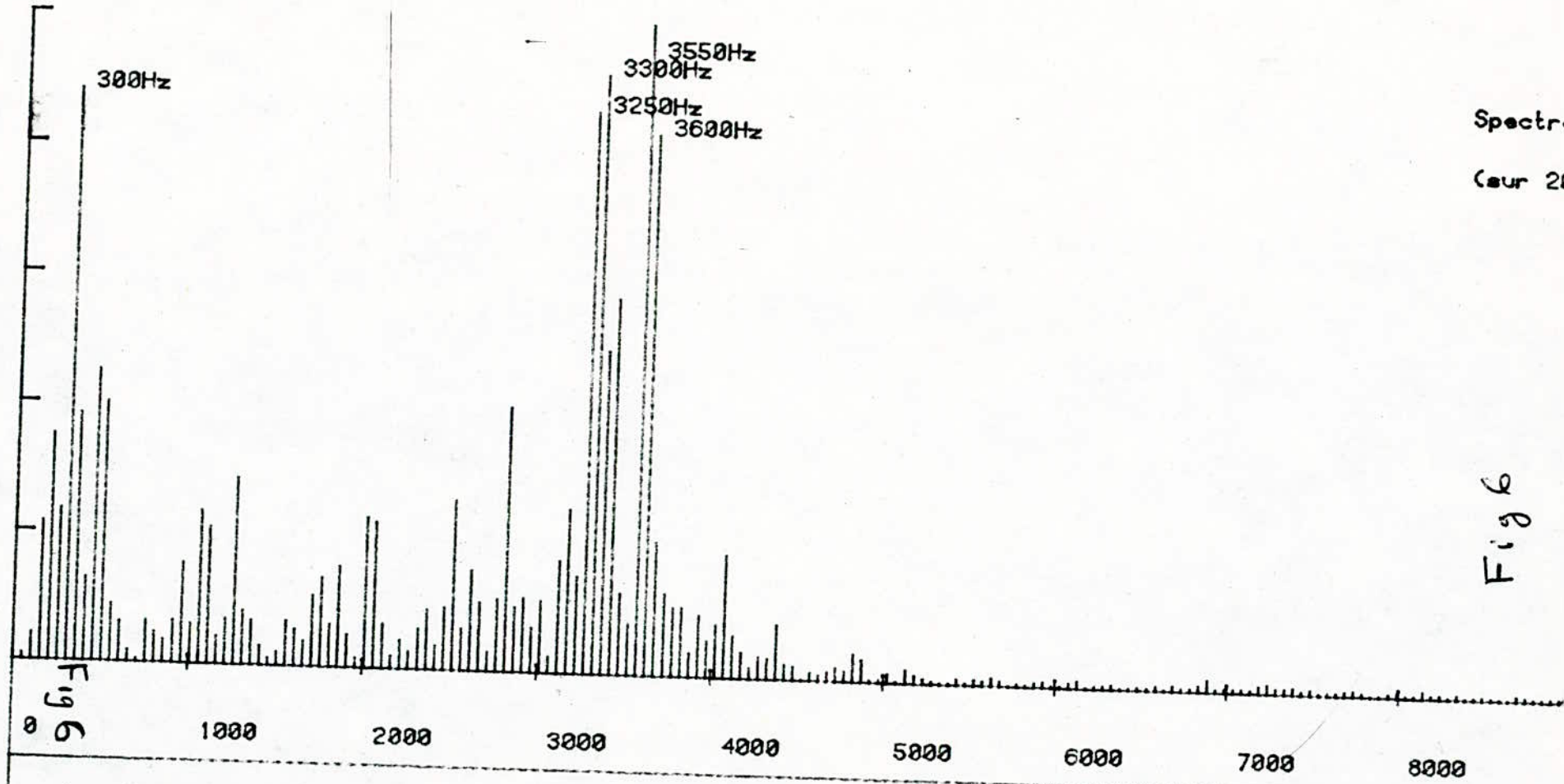
Fig 5

Logatome: [ZXZX]

Signal a



69



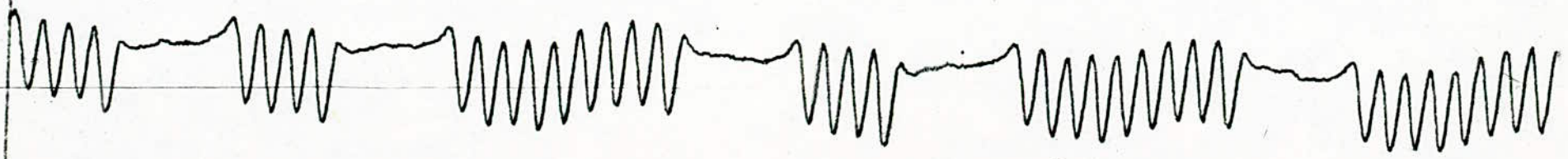
Spectre
Ceur 20f

Fig 6

Fig 6

Logatome: [ZX]

Signal



6A

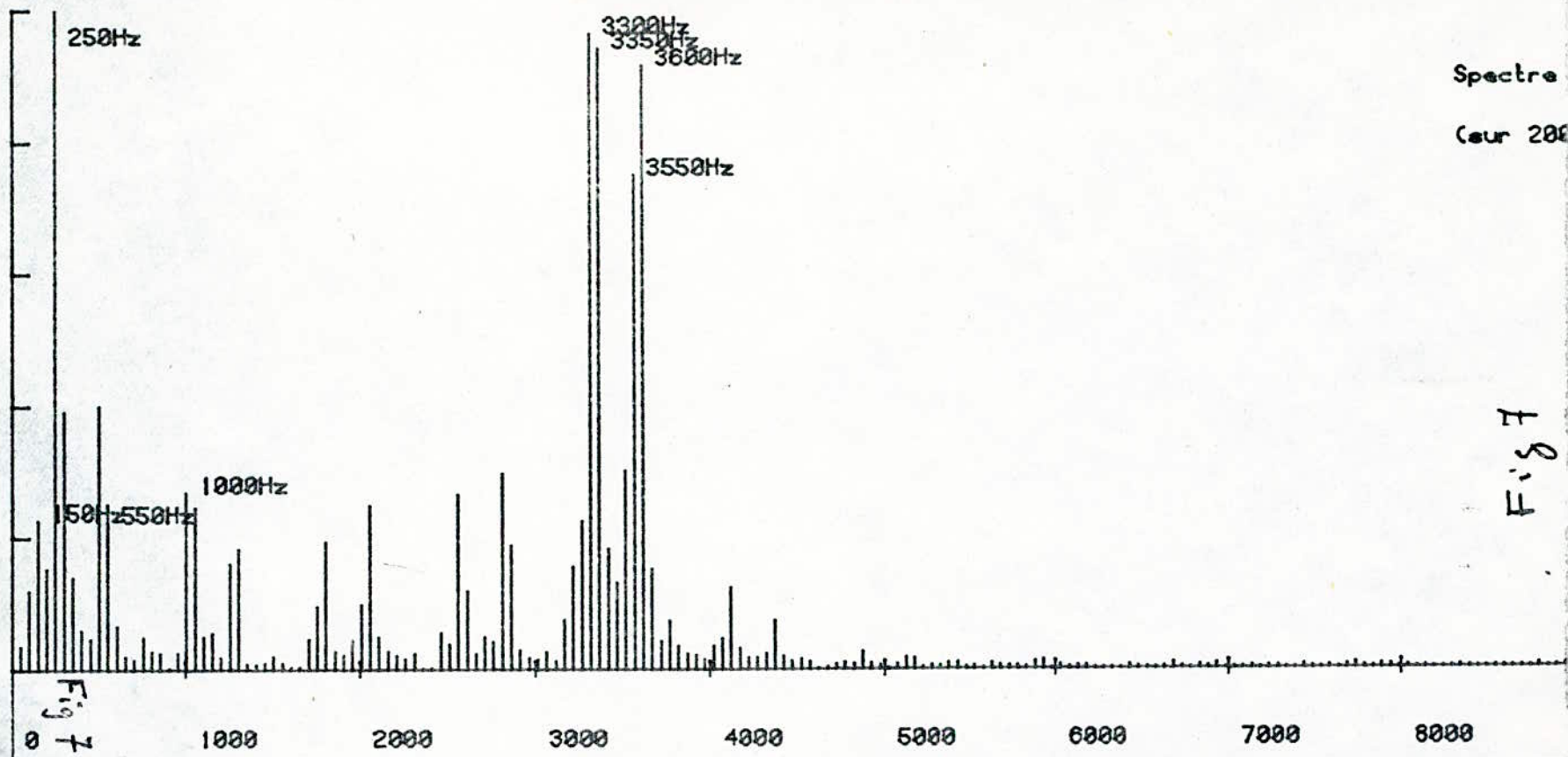
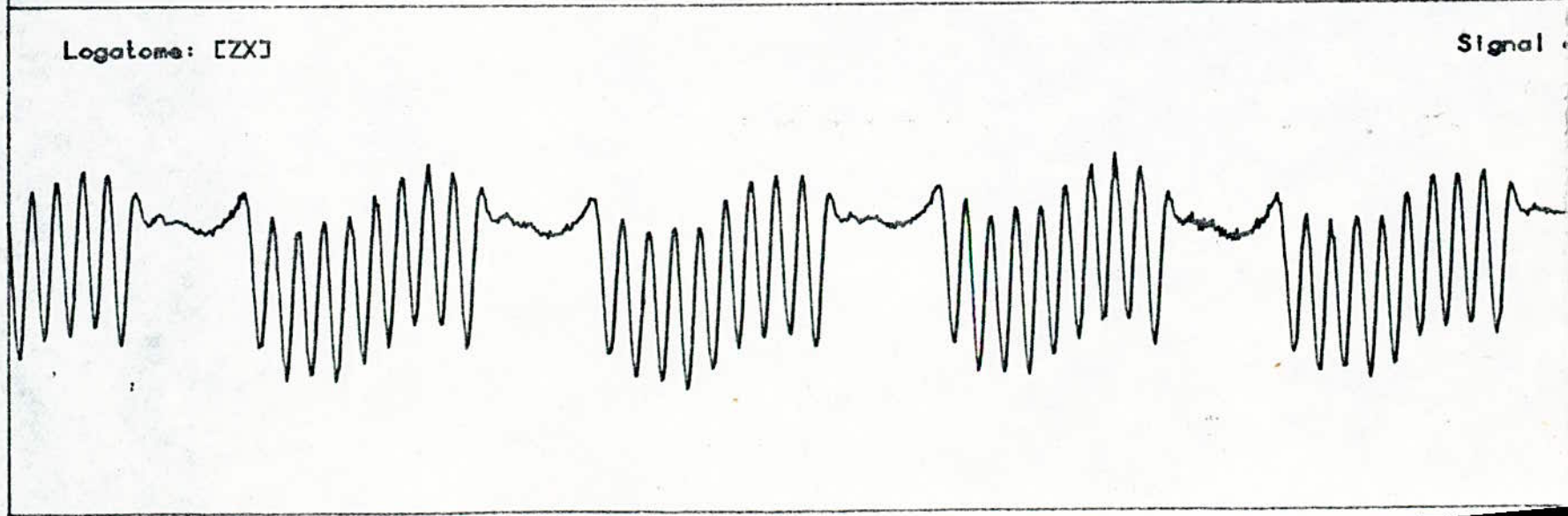


Fig 7



avec Min

62

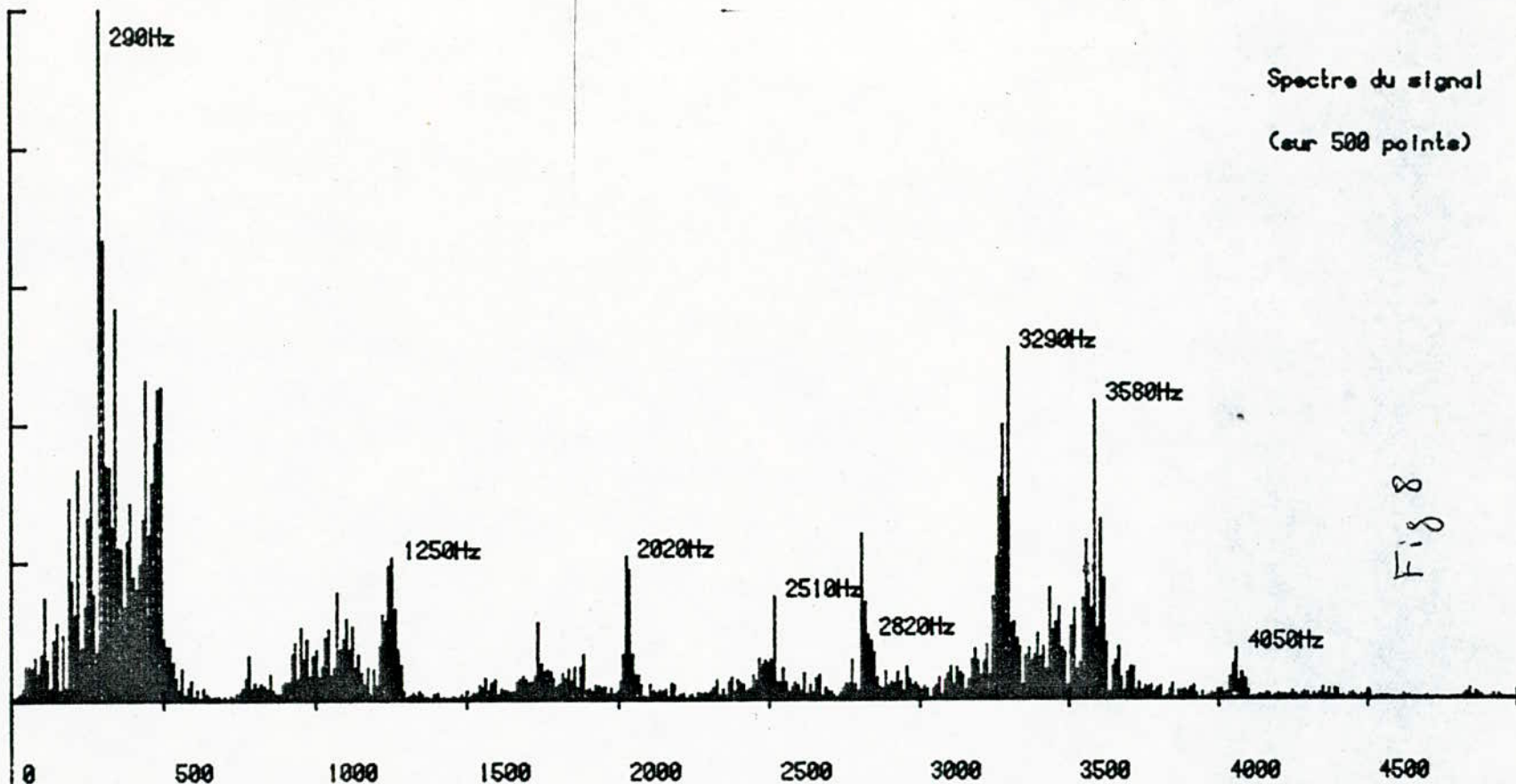


Fig 8

Logatome: [ZX]

Signal analyse



63

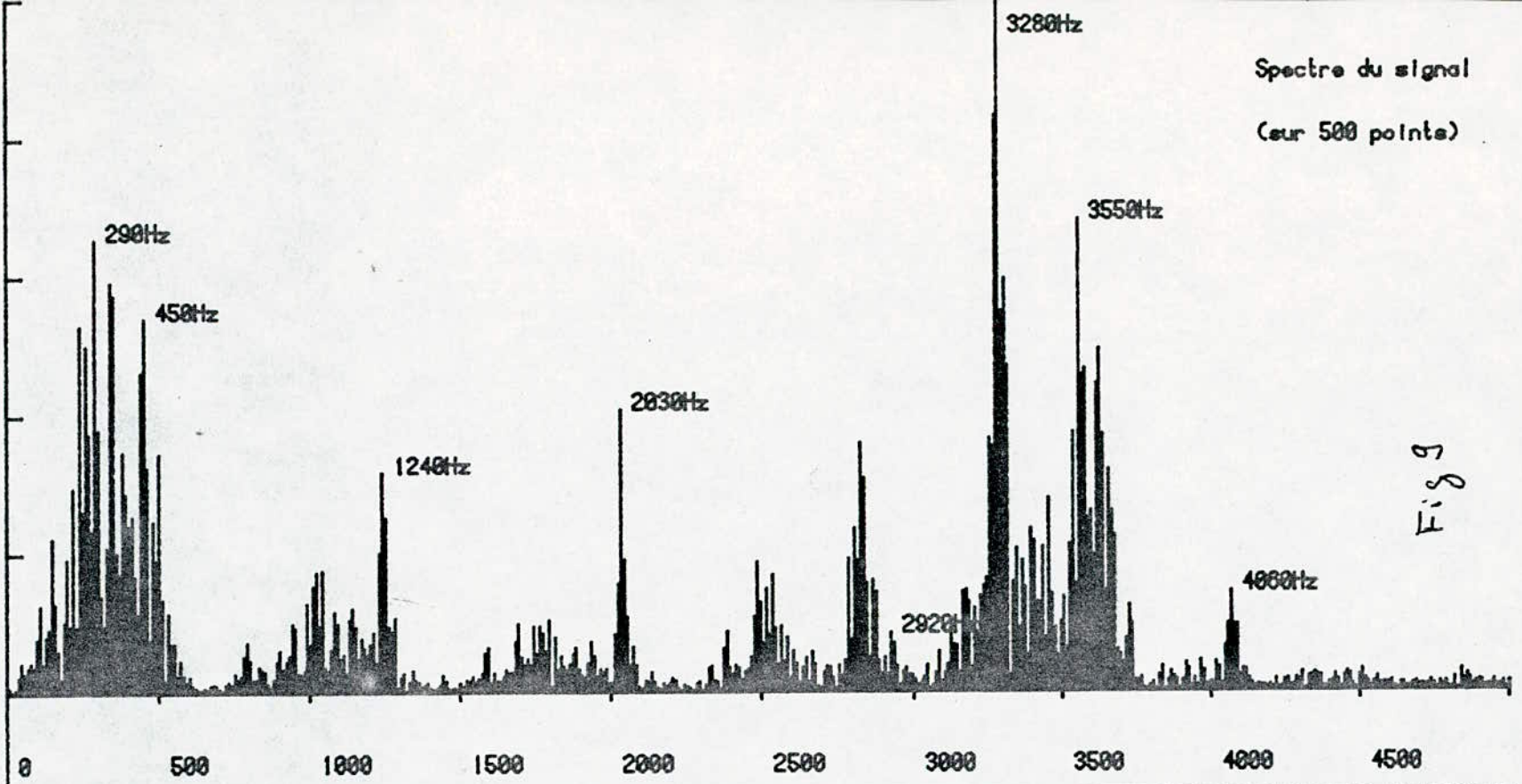
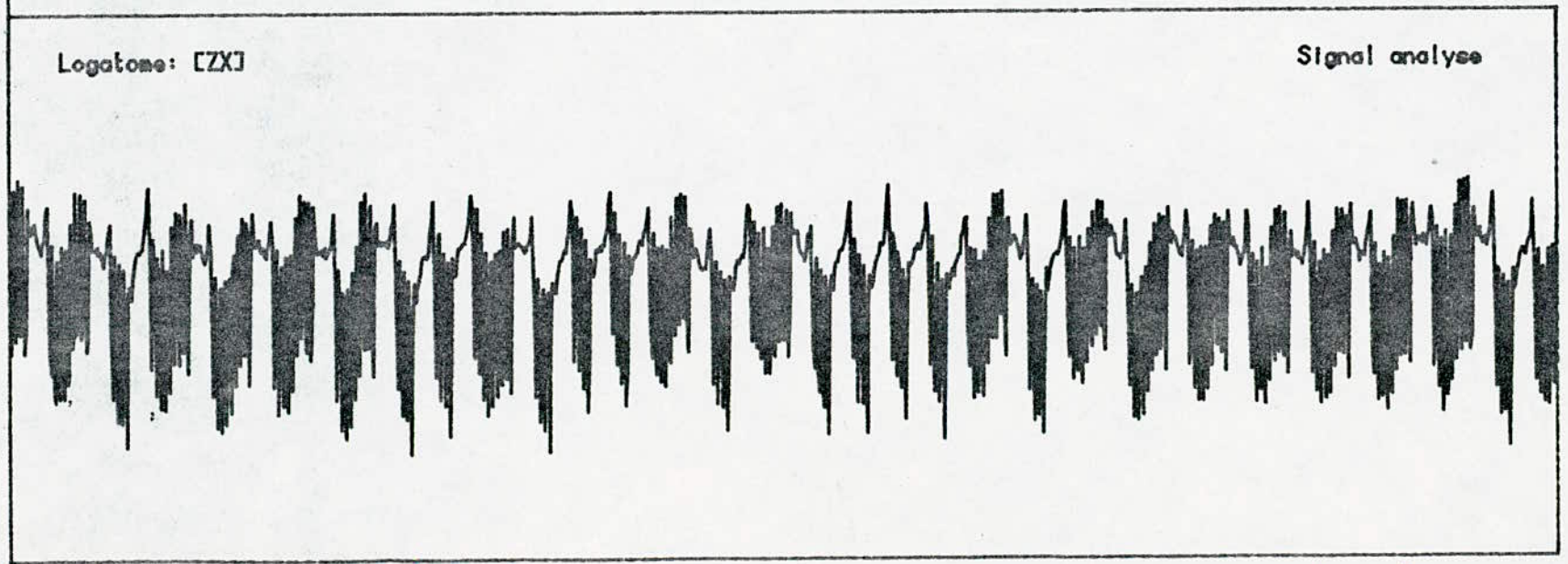
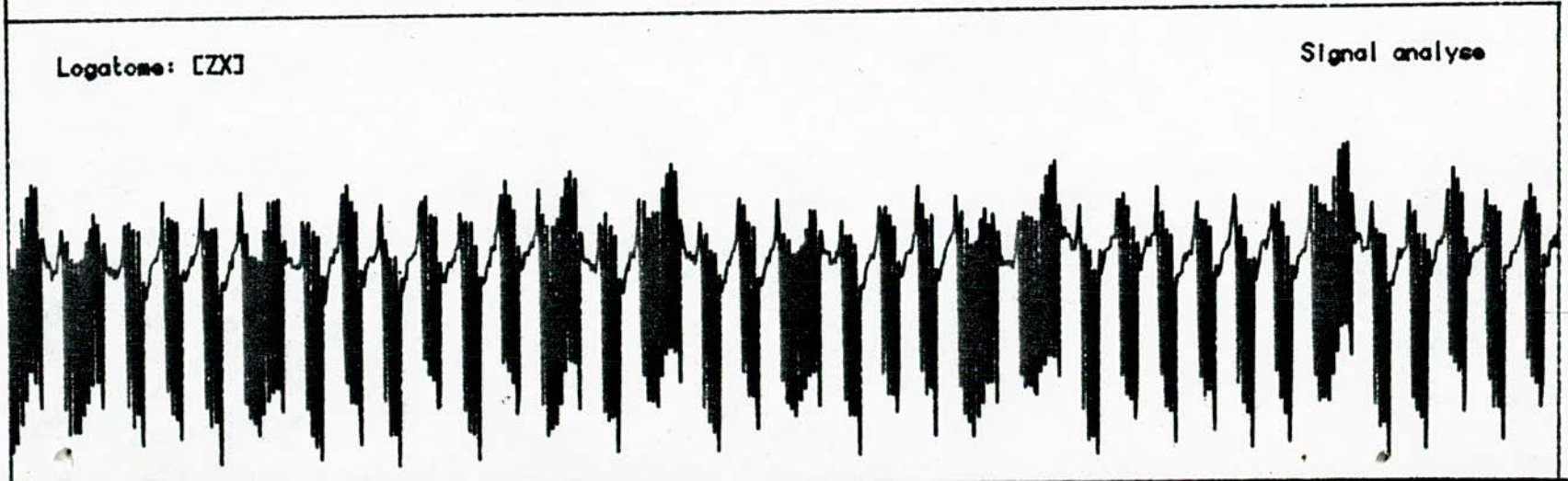
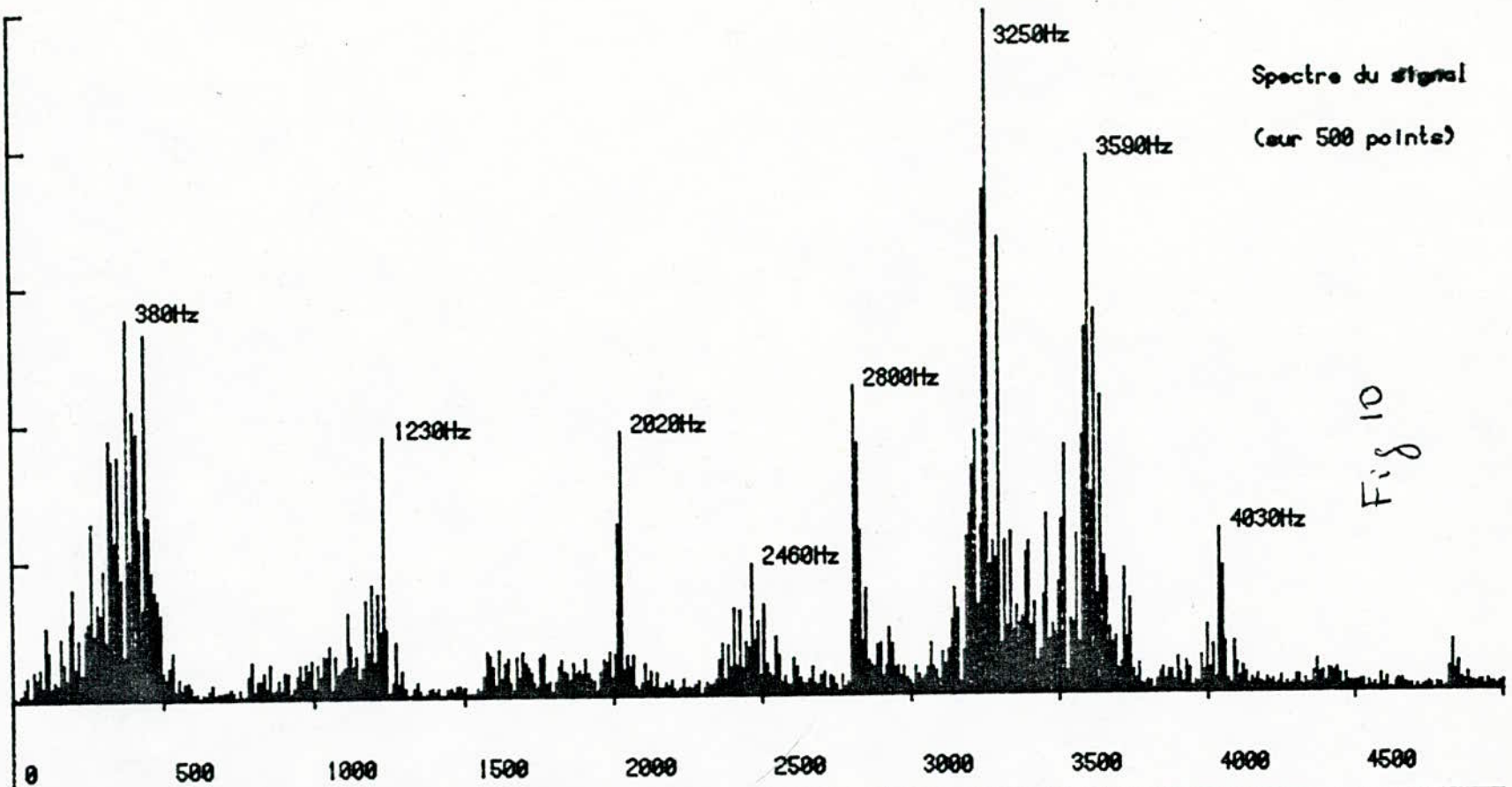


Fig 9



sign Max

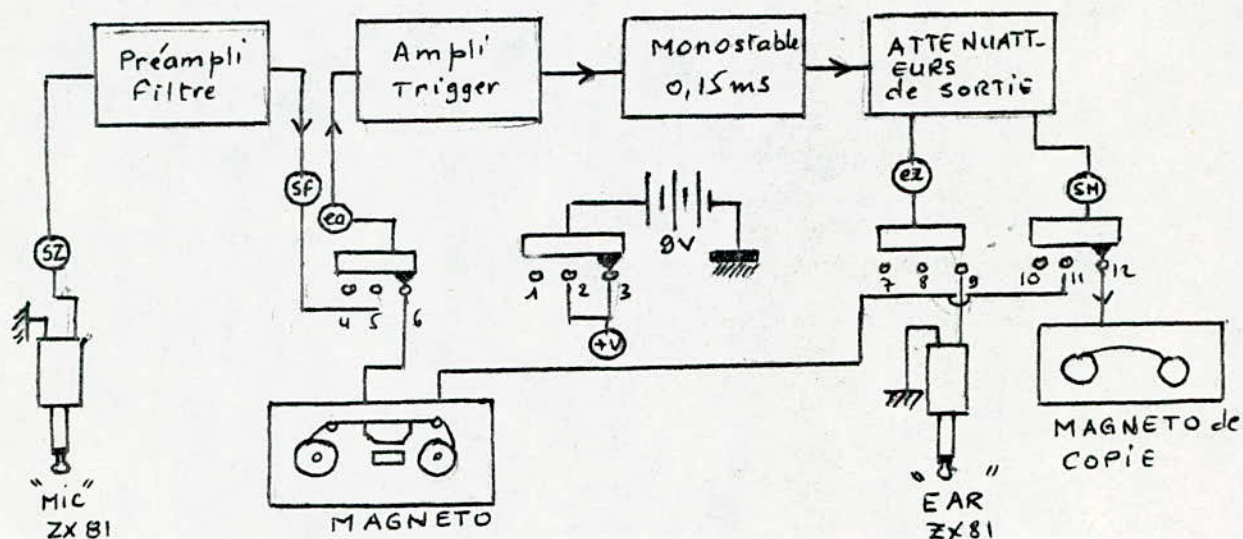
64



V - Étude et réalisation du montage

Nous avons donné le schéma du montage en fig 12 et 13

Schéma synoptique



Rôle du préamplificateur

Dans le chapitre précédent, nous avons constaté que l'enregistrement était impossible pour les positions inférieures à 8, car à la sortie du micro-ordinateur le niveau du signal est faible, donc une amplification est nécessaire d'un intérêt de ce préamplificateur.

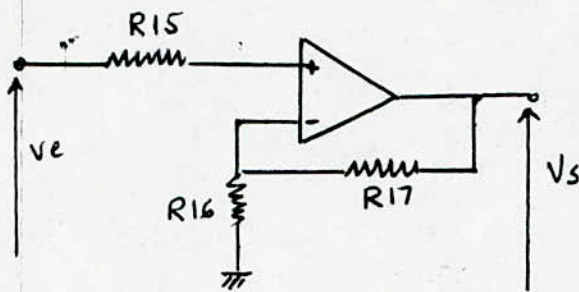
Rôle du filtre passe bande

Pour que le signal soit facilement enregistrable sur cassette, la fréquence admise est de 3300 Hz; le filtre basse bande permet donc de sélectionner une bande de

fréquence centrée autour de 3300 Hz.

Rôle de l'amplificateur opérationnel

Pendant le chargement du programme, le niveau de sortie du magnétophone varie de 100 mV à 1 V (pour les positions du volume inférieures à 8), un gain de 10 est suffisant pour amplifier le signal à la sortie du magnétophone.



$$G = \frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{R_{17}}{R_{16}}$$

$$G = \frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{10}{1} = 11$$

Rôle du trigger et du monostable.

Après amplification, nous avons un circuit de mise en forme des signaux; ce circuit est constitué d'un trigger et d'un monostable.

Un trigger est indispensable pour différencier les pics de l'information des pics parasites et c'est pour cette raison que le seuil est fixé à 90 mV, le trigger est un amplificateur opérationnel qui travaille en comparateur. L'entrée non inverseuse fixe le seuil de basculement pour $V_{ref} = \frac{R_{e2} V_{cc}}{R_{i2} + R_{e2}} = \frac{100 \times 9}{4,7 \cdot 10^3 + 100} = 90 \text{ mV}$

On obtient à la sortie du Trigger un signal rectangulaire ayant un rapport cyclique plus ou moins égal à 1.

Suivant l'amplitude du signal à son entrée, si l'amplitude du signal est supérieure à 3,5V, les niveaux hauts sont beaucoup plus courts que niveaux bas c'est à dire un rapport cyclique $\frac{T_1}{T_2} < 1$.

Si l'amplitude est 3,5V ce sont les niveaux hauts qui sont plus longs que les niveaux courts.

Pour plus de compréhension, nous donnerons un exemple :
Soit un signal de la forme :

$$y = a \sin t \text{ et si } a = 1V \text{ et } y = 100mV$$

on aura :

$$t = \arcsin \frac{y}{a} = \arcsin \frac{100 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,1 \text{ et le rapport cyclique } \frac{T_1}{T_2} :$$

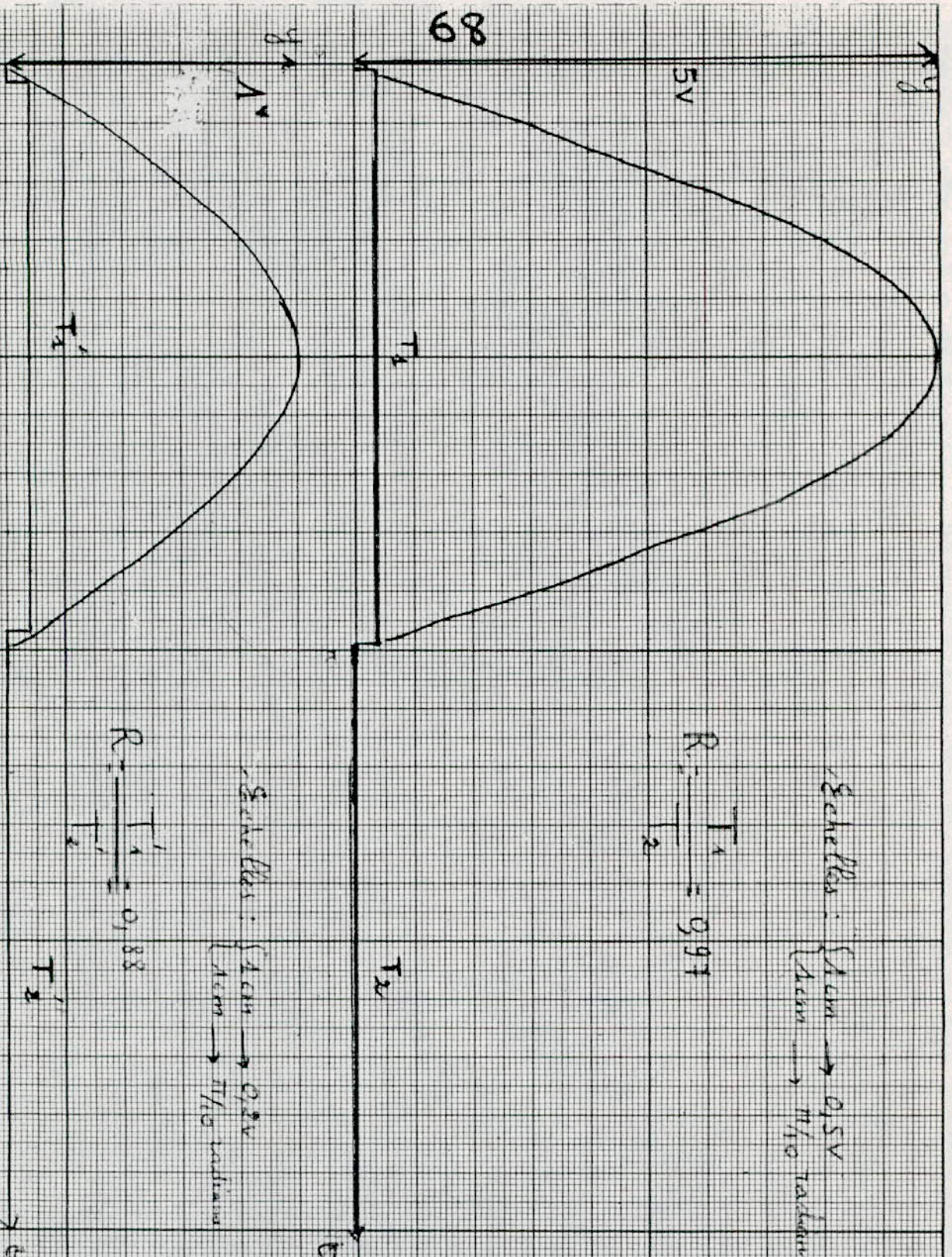
$$R = \frac{\pi - 2t}{\pi + 2t} = \frac{\pi - 0,2}{\pi + 0,2} = 0,88$$

Et si l'amplitude passe à 5V le rapport cyclique devient alors :

$$R' = \frac{T_1'}{T_2'} = \frac{\pi - 2t'}{\pi + 2t'} = \frac{\pi - 0,04}{\pi + 0,04} = \frac{3,10}{3,18} = 0,97$$

On remarque que, plus l'amplitude du signal est important, plus le rapport cyclique se rapproche de 1.

Nous avons représenté le graphe de ces deux signaux en fig 11.



Scheitel: { 1cm \rightarrow 0,5V
 11cm \rightarrow 11/10 radian

$$R = \frac{T_1}{T_2} = 0,991$$

Scheitel: { 1cm \rightarrow 0,88
 11cm \rightarrow 11/10 radian

$$R = \frac{T_1}{T_2} = 0,88$$

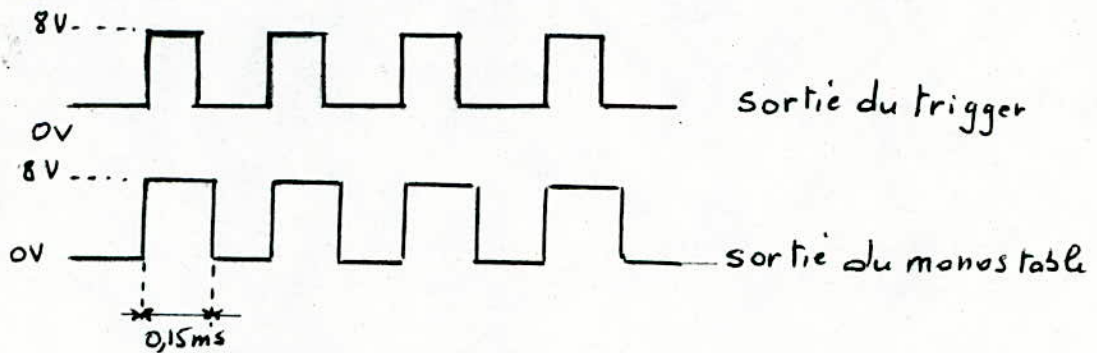
Fig 11

69

Pour avoir un rapport cyclique égal à 1 quelque soit le niveau du signal, on utilise un monostable ayant une constante de temps égal à la demi période du signal

$$\text{Comme } f = 3300; \quad T = \frac{1}{f} = \frac{1}{3300} = 0,30 \text{ ms}$$

La constante du temps du monostable est égale à $\frac{T}{2} = 0,15 \text{ ms}$



Le monostable passe à son état quasi stable lors des fronts montants du signal appliqué à son entrée.

Rôle du transistor T3

Le signal sortant d'un circuit CMOS ne peut alimenter directement le ZX81 et la LED, car la sortie d'un CMOS est faible, une amplification en courant est nécessaire, d'où le rôle de T3 monté en collecteur commun.

Rôle des atténuateurs de sortie :

Le pont R_{e1}/R_{e2} permet au magnétophone de recevoir un signal carré de 840 mV crête à crête, soit environ 315 mV efficaces. La sortie E2 destinée à être reliée à l'entrée "EAR" ne comporte qu'une résistance série (R_{e5}), en fait elle réalise un pont diviseur avec une résistance de 220Ω incluse sous le 2x81 (voir schéma en annexe) : le signal appliqué sur l'entrée "EAR" va donc de 0 à 4 V.

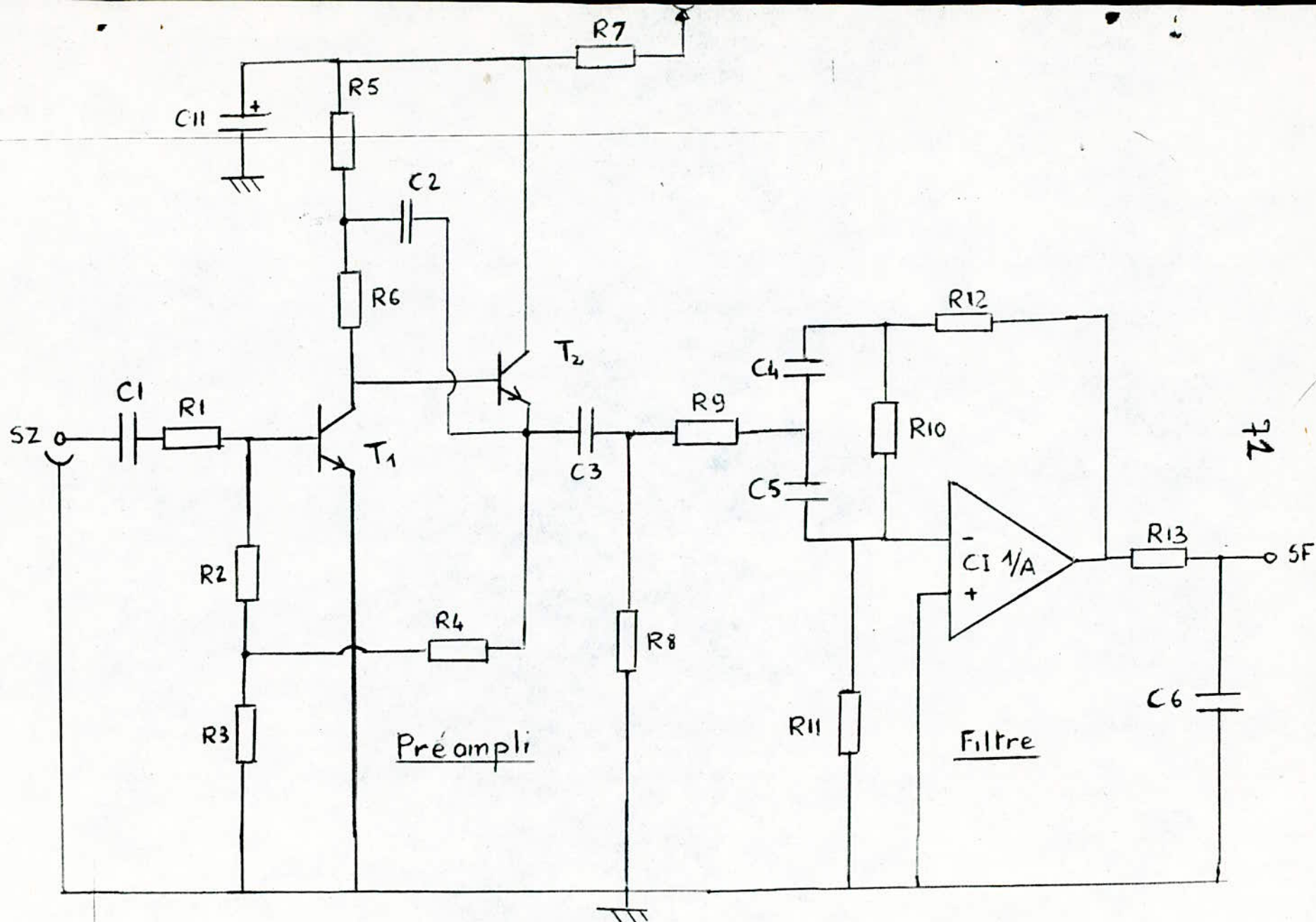
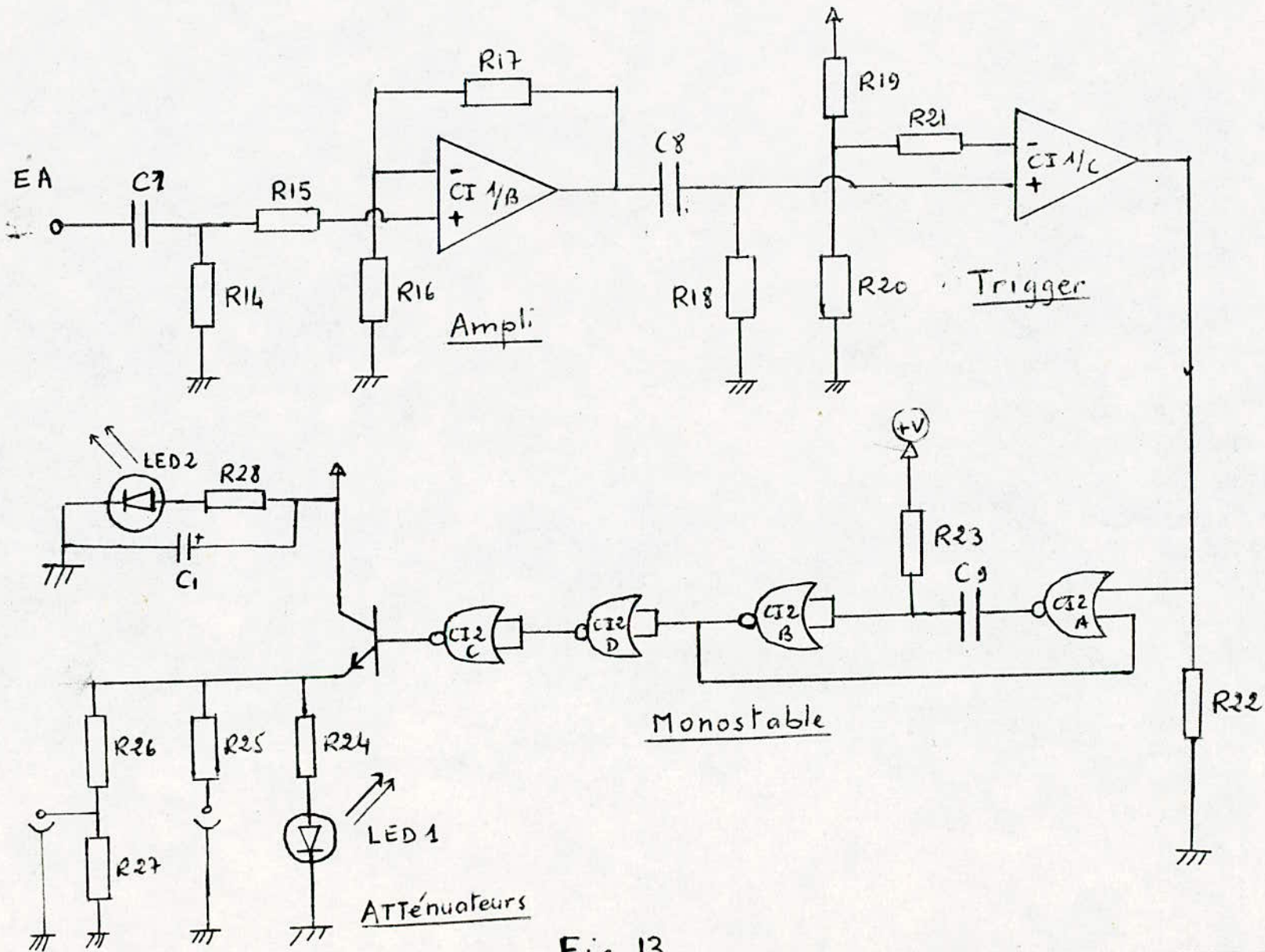


Fig 12



70

Fig 13

Les entrees et sorties du montage.

Fig 12 :

SZ: Sortie ZX "mic"

SF: Sortie filtre pour attaquer le
magnetophone en mode enregistrement

Fig 13 :

EA: Entree Ampli: doit etre branché à
la sortie monitor du magnetophone
en mode lecture

EZ: Entree ZX "EAR"

SM: Sortie magnetophone pour d'eventuel
recopie de cassette sans passer par
le ZX

Conclusion

Cette étude nous a permis de connaître les problèmes liés à l'enregistrement de programme sur cassette pour certains micro-ordinateurs (ZX81, ORIC, et SPECTRUM) et qu'une amélioration de fiabilité du système micro-ordinateurs - lecteur cassette reste possible, cela permettra d'utiliser au bon rendement la cassette comme mémoire de masse pour le stockage de données.

Nous proposons qu'une étude soit faite en vue d'améliorer le temps d'accès de la mémoire cassette qui reste relativement lent.

75

Annexe

I) Transformée de Fourier Discrète (T.F.D)

La T.F.D peut être considérée, comme le produit d'une matrice appelée matrice de transformation, par un vecteur formé d'échantillons d'un signal

I₁ Rappels

La transformée de Fourier d'un signal $x(k)$ est définie par:

$$X(f) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} x(k) e^{-j2\pi f k} df \quad (1) \quad \begin{array}{l} x(k) \text{ signal} \\ \text{discret} \end{array}$$

Le $k^{\text{ième}}$ échantillon du signal est donné par la relation inverse:

$$x(k) = \int_{-1/2}^{1/2} X(f) e^{j2\pi f k} df \quad (2)$$

I₂ Remarques

Il ya deux difficultés associées aux relations (1) et (2) la première difficulté est que f est une variable continue, qu'on ne peut pas manipuler dans un système de traitement numérique, la deuxième est due aux nombres infinis d'échantillons du signal $x(k)$ qu'il est impossible de traiter pratiquement.

Les solutions à ces deux problèmes sont immédiates. Il faut remplacer la variable continue f par une variable discrète et il faut limiter la durée du signal $x(k)$

I3 Discretisation de la fréquence

Le remplacement de la variable continue f par une variable discrète n peut s'écrire

$$f = n \Delta f \quad (3)$$

où Δf est l'incrément utilisé sur l'axe des fréquences.

Les fréquences discrètes $f_n = n \Delta f$ sont appelées fréquences harmoniques de la T.F.D.

Comme $x(f)$ est périodique de période 1, il suffit d'utiliser la substitution (3) sur une seule période. On peut diviser en N incréments et on a :

$$\Delta f = \frac{1}{N} \quad (4)$$

Si la période choisie est celle qui va de $-\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{2}$, les N valeurs de la variable discrète n sont données par

$$n = -N/2, N/2 + 1, \dots, N/2 - 1$$

I4 - Effet de la discretisation de la fréquence
Compte tenu du changement de la variable, la relation (2) est approximée par une somme type :

$$x(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=-N/2}^{N/2-1} x(n) \exp\left(j 2\pi \frac{n k}{N}\right)$$

La valeur exacte de cette somme sera dénotée $x_p(k)$

$$x_p(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=-N/2}^{N/2-1} x(n) \exp\left(j 2\pi \frac{n k}{N}\right) \quad (6)$$

$$\text{Ainsi } x(k) \cong x_p(k) \quad (7)$$

Il faut déterminer la qualité de cette approximation et chercher quelles conditions la relation (7) devient une identité.

Pour ceci, considérons les propriétés du terme :

$$\exp(j 2\pi \frac{n k}{N}) \quad (8)$$

qui présente un signal numérique exponentiel complexe

La notation presque unanimement admise pour représenter la N^{ème} racine de l'unité est :

$$W_N = \exp(j \frac{2\pi}{N})$$

Ainsi, le signal complexe (8) est dénoté par :

$$W_N^{nk} = \exp(j \frac{2\pi n k}{N})$$

et le signal (6) par

$$x_p(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}-1} x(n) W_N^{nk} \quad (9)$$

d'où l'expression de la T.F.D, inverse de la relation

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x_p(k) \exp(-j \frac{2\pi n k}{N}) \quad (10)$$

II Transformation de Fourier rapide (T.F.R. en anglais F.F.T)

La FFT n'est pas différente de la TFD. Elle est tout simplement un moyen (un algorithme efficace et économique pour calculer la TFD)

II₁ Commentaires

L'idée de base de la FFT est de décomposer la TFD d'ordre N en m TFD d'ordre N_i avec

$$N = \prod_{i=1}^n N_i$$

La FFT existe sous deux formes principales dites partagées dans le temps et partagée dans les fréquences.

Dans la première, on partage l'ensemble de N échantillons du signal en plusieurs ensembles chacun de N_i échantillons, alors que dans la seconde, la même opération est effectuée sur les coefficients de la TFD. Le principe dans les deux cas est le même. Nous présenterons la FFT basée sur le partage dans le temps.

II₂ FFT partagée dans le temps

Pour simplifier l'écriture, on admettra que N est un nombre entier pair, donc la suite $x(k)$ peut être partagée en deux suites de $N/2$ valeurs, la première étant formée par les valeurs d'indices pairs et la seconde formée par les valeurs d'indices impairs

En substituant $k=2i$ pour les indices pairs et $k=2i+1$ pour les indices impairs. La relation (10) devient :

$$X(n) = \sum_{i=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2i) W_N^{-2in} + \sum_{i=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2i+1) W_N^{-(2i+1)n} \quad (11)$$

avec $n=0, \dots, N-1$

En utilisant la propriété $W_N^2 = W_{N/2}$ on peut mettre la relation (11) sous forme suivante.

$$X(n) = \sum_{i=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2i) W_N^{-in} + W_N^{-n} \sum_{i=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2i+1) W_{N/2}^{-in}$$

Chacune des sommes dans cette expression représente la TFD d'ordre $N/2$. La première somme est la TFD des valeurs d'indices pairs et la deuxième somme est la TFD des valeurs d'indices impairs du signal original $x(k)$, on peut donc écrire :

$$X(n) = X_1(n) + W_N^{-n} X_2(n) \quad (12)$$

Les suites $X_1(n)$ et $X_2(n)$ sont périodiques de période $N/2$. Le graphe de fluence (fig a) correspondant à la relation (12) indique d'une manière précise comment la périodicité des suites $X_1(n)$ et $X_2(n)$ est utilisée

Pour la représentation du graphe de fluence on se limitera au cas $N=2^3$

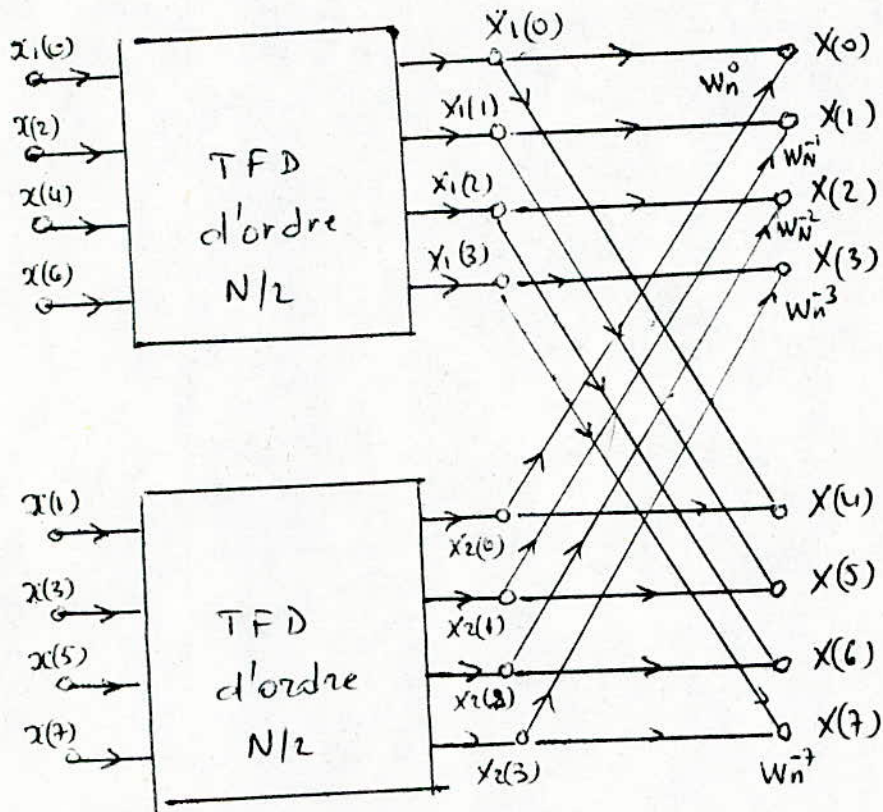


Fig (a)


```

100 PRINT "PROGRAMME DE FFT EN BASIC"
105 PRINT "ENTREZ LA DIMENSION DE FFT M (N=2^M)=";
110 INPUT M
120 N=2^M
125 DELETE R,R1
130 DIM R(N),R1(N)
140 R=0
150 R1=0
160 PRINT "LARGEUR DE FENETRE CENTRE 0 ET 1)=";
170 INPUT F
180 F=INT(F*N)
190 FOR I=1 TO F
200 R(I)=1
210 NEXT I
220 GOSUB 1100
230 FOR I=1 TO N
240 R(I)=SQR(R(I)^2+R1(I)^2)
250 NEXT I
260 CALL "MAX",R,E,G
270 WINDOW 0,N,-E,E
280 PAGE
285 AXIS
290 MOVE 1,R(1)
300 FOR I=1 TO N
310 DRAW I,R(I)
320 NEXT I
330 END

1100 SET RADIANS
1110 N2=N/2
1120 N1=N-1
1130 J=1
1140 FOR I=1 TO N1
1150 IF I=>J THEN 1220
1160 T=R(J)
1170 T1=R1(J)
1180 R(J)=R(I)
1190 R1(J)=R1(I)
1200 R(I)=T
1210 R1(I)=T1
1220 K=N2
1230 IF K=>J THEN 1270
1240 J=J-K
1250 K=K/2
1260 GO TO 1230
1270 J=J+K
1280 NEXT I
1290 FOR L=1 TO M
1300 L1=2^L
1310 L2=L1/2
1320 U=1

```

```
330 U1=0
340 W=COS(PI/L2)
350 W1=SIN(PI/L2)
360 FOR J=1 TO L2
370 FOR I=J TO N STEP L1
380 I1=I+L2
390 T=R(I1)*U-R(I1)*U1
400 T1=R(I1)*U1+R(I1)*U
410 R(I1)=R(I)-T
420 R(I1)=R(I)-T1
430 R(I)=R(I)+T
440 R(I)=R(I)+T1
450 NEXT I
460 T=U*W-U1*W1
470 T1=U*W1+W*U1
480 U=T
490 U1=T1
500 NEXT J
505 NEXT L
510 RETURN
```


Table ASCII en format compact

On trouvera ci-dessous la table des codes ASCII sous une forme plus pratique et plus compacte, c'est-à-dire organisée de manière à fournir les valeurs binaires de chaque symbole.

TABLE DES CODES ASCII

		000	001	010	011	100	101	110	111
7 6 5 4 3 2 1	COLONNE LIGNE	0	1	2	3	4	5	6	7
0 0 0 0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	,	p
0 0 0 1	1	SOH	DC 1	!	1	A	Q	a	q
0 0 1 0	2	STX	DC 2	"	2	B	R	b	r
0 0 1 1	3	ETX	DC 3	#	3	C	S	c	s
0 1 0 0	4	EOT	DC 4	\$	4	D	T	d	t
0 1 0 1	5	ENO	NAK	%	5	E	U	e	u
0 1 1 0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0 1 1 1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1 0 0 0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1 0 0 1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1 0 1 0	10 (A)	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1 0 1 1	11 (B)	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1 1 0 0	12 (C)	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1 1 0 1	13 (D)	CR	GS	-	=	M	]	m	~
1 1 1 0	14 (E)	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1 1 1 1	15 (F)	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

Par exemple, le symbole F occupe la ligne 6 et la colonne 4.

Le codage binaire de ce symbole s'obtient en réunissant les valeurs des bits de la ligne avec ceux de la colonne.

La ligne 6 a les valeurs 0 1 1 0 correspondant aux positions 4, 3, 2, 1

La colonne 4 a les valeurs 1 0 0 correspondant aux positions 7, 6, 5

Réunion
des deux nombres : F = $\underbrace{1\ 0\ 0}_4 \underbrace{0\ 1\ 1\ 0}_6 = 70 \text{ décimal} = 46 \text{ hexadécimal}$

Annexe A

Le jeu de caractères

Le jeu de caractères ci-dessous est le jeu complet du ZX80 avec ses codes en décimal et en hexadécimal. Si vous voulez bien considérer que les codes sont les instructions en langage machine Z80, la colonne de droite vous donne les mnémoniques correspondant en langage d'assemblage. Comme vous le savez sans doute si vous comprenez ces choses, certaines instructions du Z80 sont composées avec le suffixe CBh ou EDh ; ces instructions complexes sont reprises dans les deux colonnes de droite.

Code	Caractère	Hex	Assembleur Z80 – après CBh	
0	espace	00	nop	rlc b
1	▣	01	ld bc,NN	rlc c
2	▤	02	ld (bc),a	rlc d
3	▥	03	inc bc	rlc e
4	▦	04	inc b	rlc h
5	▧	05	dec b	rlc l
6	▨	06	ld b,N	rlc (hl)
7	▩	07	rlca	rlc a
8	▪	08	ex af,af'	rrc b
9	▫	09	add hl,bc	rrc c
10	▬	0A	ld a,(bc)	rrc d
11	▭	0B	dec bc	rrc e
12	£	0C	inc c	rrc h
13	\$	0D	dec c	rrc l
14	∴	0E	ld, c,N	rrc (hl)
15	?	0F	rrca	rrc a
16	(	10	djnz DIS	rl b
17	)	11	ld de,NN	rl c
18	>	12	ld (de),a	rl d
19	<	13	inc de	rl e
20	=	14	inc d	rl h
21	+	15	dec d	rl l
22	-	16	ld d,N	rl (hl)
23	•	17	rla	rl a
24	/	18	jr DIS	rr b
25	∴	19	add hl,de	rr c
26	.	1A	ld a,(de)	rr d
27	∴	1B	dec de	rr e
28	0	1C	inc e	rr h
29	1	1D	dec e	rr l
30	2	1E	ld e,N	rr (hl)
31	3	1F	rra	rr a
32	4	20	jr nz,DIS	sla b
33	5	21	ld hl,NN	sla c
34	6	22	ld (NN),hl	sla d

Liste des composants :

T_1 T_2 T_3 : BC 109

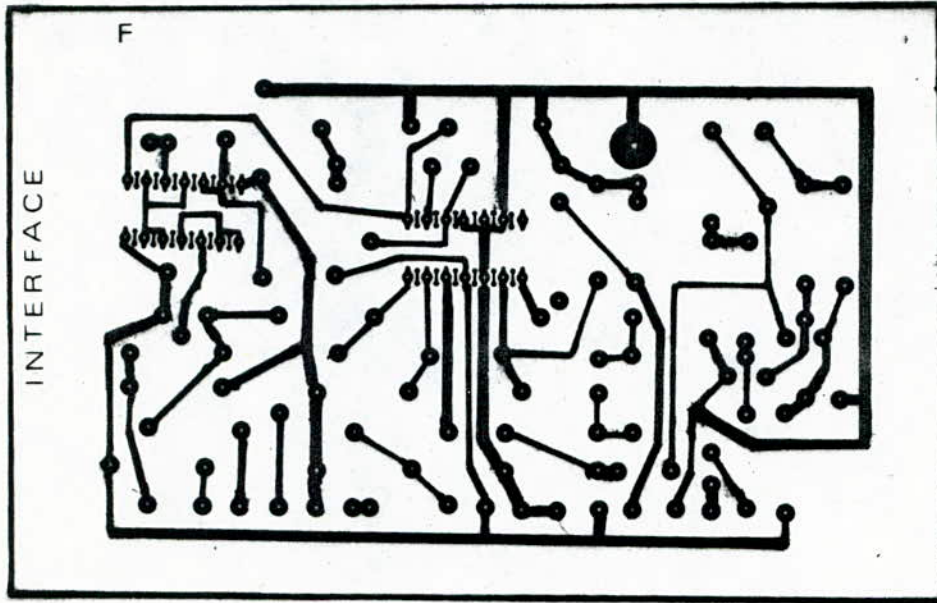
CI_1 : LM 324

CI_2 : CD 4001

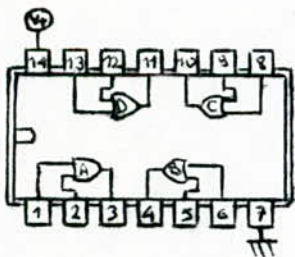
R_1 : 470 Ω	R_{15} : 10 k	C_1 : 1 μ F
R_2 : 22 k	R_{16} : 1 k	C_2 : 470 nF
R_3 : 100 Ω	R_{17} : 10 k	C_3 : 100 nF
R_4 : 820 Ω	R_{18} : 4,7 k	C_4, C_5 : 10 nF
R_5 : 12 k	R_{19} : 10 k	C_6 : 100 nF
R_6 : 47 k	R_{20} : 100 Ω	C_7 : 33 nF
R_7 : 120 Ω	R_{21}, R_{22} : 10 Ω	C_8 : 22 nF
R_8 : 12 k	R_{23} : 4,7 k	C_9 : 47 nF
R_9 : 1,2 k	R_{24} : 470 Ω	C_{10}, C_{11} : 47 μ F / 10 ⁴
R_{10} : 2,2 k	R_{25} : 220 Ω	Led 1 : verte
R_{11} : 270 Ω	R_{26} : 2,7 k	Led 2 : rouge
R_{12} : 47 k	R_{27} : 330	
R_{13} : 180 Ω	R_{28} : 1 k	
R_{14} : 3,3 k		

1 fiche Jack \varnothing 3,5 mm

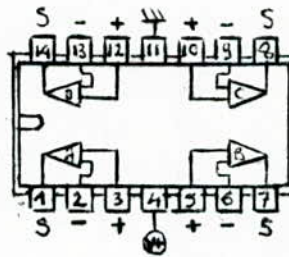
1 pile 9^v



Tracé du circuit imprimé



CD 4001



LM 324

Brochage des circuits Intégrés

Bibliographie

- 1) M. AUMIAUX - Pratique de l'électronique
- 2) ALIVRAY - Electronique des signaux échantillonnés et numériques
- 3) J. KUNT - Traitement des signaux numériques
- 4) D. GIROD et R. DUBOIS - Au cœur des microprocesseurs
- 5) Revue
 - Electronique applications n° 36
 - Electronique pratique n° 74
 - Micro-electronique n°
- 6) Projet de fin d'études
 - Etude et réalisation d'un interface K7 avec le MDA 8002A

