

~~TH-281~~ B07

I.U.T. MARSEILLE

**"ETUDE DE L'ACQUISITION DE
DONNEES SUR UN SPECTROMETRE
OPTIQUE"**

Mémoire de Fin d'Etudes

Patrick ANDRE

MAI-JUIN 1985

REMERCIEMENTS

Je remercie **Monsieur P. STENGEL**, Directeur de la Station de Science du Sol, pour avoir bien voulu m'accueillir lors de mon stage de fin d'études, ainsi que **Madame de COCKBORNE** avec qui j'ai plus particulièrement travaillé.

Je remercie aussi **Monsieur PELLOUX** du Laboratoire de Micro-Informatique pour le soutien qu'il m'a apporté tout au long de mon travail, ainsi que **Monsieur FUMANAL** pour les connaissances qu'il m'a données et sans lesquelles je n'aurais pu accomplir aucun travail.

SOMMAIRE

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

- I. L'I.N.R.A.
- II. LE CENTRE DE RECHERCHES D'AVIGNON
- III. LA STATION DE SCIENCE DU SOL

INTRODUCTION

CHAPITRE I : LE SPECTROMETRE OPTIQUE G.S. 1

- I. Principe général
- II. Principe du G.S. 1
- III. Généralités
- IV. Calculs
 1. Le pic 30 est absent
 2. Nous avons le pic 30

CHAPITRE II : MISE EN PLACE DU PROBLEME

- I. Ce qu'il y avait auparavant
- II. Cahier des charges
- III. Description du matériel mis à notre disposition
- IV. Les exigences dues à la précision demandée
- V. La solution analogique numérique
- VI. La solution tension/fréquence
- VII. La solution retenue.

CHAPITRE III : PRESENTATION DU TRAVAIL REALISE

- I. Acquisition d'un signal en fréquence à l'aide du DRAGON
- II. Le microprocesseur 6809
- III. Réalisation d'un fréquencemètre à l'aide du DRAGON
 1. Principe
 2. Etalonnage

- IV. **Cablage permettant la conversion tension/fréquence**
 - 1. Les buts du cablage
 - 2. Principe général du "hard" que nous effectuons
 - 3. Détail de chaque partie du cablage
- V. **Réalisation du soft d'acquisition en assembleur**
 - 1. Les différentes solutions possibles
 - 2. La solution retenue.
- VI. **Réalisation d'un programme basic en fonction de celui réalisé en assembleur**
- VII. **Comment lier un programme basic et un sous-programme en assembleur sur le DRAGON.**
- VIII. **Le programme final**

CONCLUSION

ANNEXE 1: Le Dragon

ANNEXE 2: Le microprocesseur 6809

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

I. L'I.N.R.A.

Organisé sous sa forme actuelle en 1946, l'Institut National de la Recherche **Agronomique** a reçu pour mission l'organisation, l'exécution et la publication de tous travaux de recherches scientifiques intéressant les productions végétales, les productions animales, la conservation et la transformation des produits végétaux et animaux.

Il emploie **8.000 personnes** dont **2.000** scientifiques et ingénieurs qui sont répartis dans quelques **300** stations ou laboratoires.

Le développement de ces Stations ou Centres de Recherches marque à la fois un souci de décentraliser les implantations parisiennes et une volonté de constituer des équipes pluridisciplinaires importantes.

II. LE CENTRE DE RECHERCHES D'AVIGNON

Situé au cœur d'une région d'intense production agricole, ce Centre développe particulièrement les recherches visant à améliorer les facteurs des productions maraîchères et fruitières et la gestion des forêts méditerranéennes.

Ses spécialisations et ses compétences étendent largement son rayonnement et il bénéficie en retour de la collaboration d'autres centres I.N.R.A. et de divers organismes de recherches scientifiques et techniques.

Créé en 1953 sur le domaine de Saint Paul, il a étendu ses implantations au domaine Saint Maurice (1957), aux recherches forestières (1965) et au domaine des Vignères (1976). La superficie totale à la disposition du Centre est d'environ 260 hectares.

Le nombre de stations de recherches et services expérimentaux est passé de 2 en 1953 à 22 en 1984. Le Centre d'Avignon se classe parmi les plus importants 21 Centres de l'I.N.R.A.

III. LA STATION DE SCIENCE DU SOL

Sa vocation essentielle est l'étude des relations entre le sol et les plantes. La Station étudie la physique et la mécanique des sols appliquées aux choix des techniques culturales, à l'évolution et à la conservation de la fertilité physique des sols cultivés.

Les objectifs principaux de la Station sont les suivants :

- Optimisation des techniques de travail et d'entretien des sols, des apports d'eau et d'engrais (en particulier dans les systèmes d'irrigation localisée fertilisante).
- Conservation de la fertilité physique des sols,
- Evaluation des contraintes physiques d'exploitation des terrains cultivés (calcul du nombre de jours disponibles pour les travaux).

Méthodes employées :

- Analyse du déterminisme de la structure du sol à différentes échelles,
- Effets de la composition minérale et organique, du climat, des travaux, du compactage par les roues,
- Evaluation des conséquences sur la circulation de l'eau, des solutés, des gaz, de la chaleur et sur la portance (enfouissement provoqué par les engins),
- Mesures de la germination des semences et de la croissance racinaire en fonction des propriétés mécaniques du sol.

INTRODUCTION

L'azote est présent pour plus de 95 % sous forme organique dans le sol. Cependant, les plantes s'alimentent à partir de l'azote minéral qui provient soit de la transformation par action de microorganismes contenus dans le sol de l'azote organique en azote minéral, soit d'un apport de fertilisants tels que les nitrates ou les sels ammoniacaux. Il est donc intéressant d'étudier les transferts d'azote dans le sol jusqu'à son assimilation par les plantes ; pour cela, la méthode du traçage est pratique. Elle consiste à associer à l'élément étudié son isotope radioactif ou son isotope stable et à en mesurer la présence. On note que la détection de l'isotope radioactif est plus facile que celle de l'isotope stable. Cependant, dans le cas de l'azote, les isotopes radioactifs ont une courte période de vie (au maximum 10 mn), ce qui explique le choix de l'isotope stable comme traceur. Celui-ci a une teneur naturelle de 0.367 %. L'extension de l'emploi de l'azote 15 a été longtemps freinée par la technique de mesure : on ne disposait avant que de spectromètres de masse qui étaient des matériels lourds, coûteux à l'achat et à l'entretien. L'apparition sur le marché d'un spectromètre optique de qualité a permis le développement de l'utilisation de l'azote 15 dans la recherche.

La Station de Science du Sol d'Avignon où j'effectue mon stage est dotée d'un spectromètre optique pour la mesure de l'azote 15 de marque SOPRA, de type G.S. 1. L'électronique est simple et l'optique de bonne précision. Cependant, il est nécessaire de mesurer manuellement l'amplitude du signal, ce qui est une source d'erreurs. La tâche qui m'a été confié est d'automatiser le traitement du signal. Pour cela, je dispose d'un micro-ordinateur DRAGON 64 sur lequel je dois élaborer une interface et faire des programmes.

CHAPITRE I

LE SPECTROMETRE OPTIQUE G.S. 1

L'expérience qui nous intéresse utilise l'azote 15 comme traceur dans les sols. L'échantillon se présente sous l'aspect de tubes pyrex à décharge sans électrode contenant l'azote moléculaire à une pression d'environ 1 torr. Cette mesure est faite à la Station de Science du Sol à l'aide du spectromètre optique G.S. 1 énoncé dans l'introduction. Les étapes préliminaires que constituent la préparation des échantillons ne seront pas traitées.

I. PRINCIPE GENERAL

La présence d'atome de masse 15 dans la molécule d'azote provoque un déplacement de certaines bandes du spectre d'émission moléculaire quand la molécule est excitée par un champ électrique oscillant à haute fréquence.

C'est ainsi que la longueur d'onde de la bande observée dans le proche U.V. passe de 297,7 nm pour les molécules N14N14, à 298,3 nm pour les molécules N14N15 et à 298,6 nm pour les molécules N15N15.

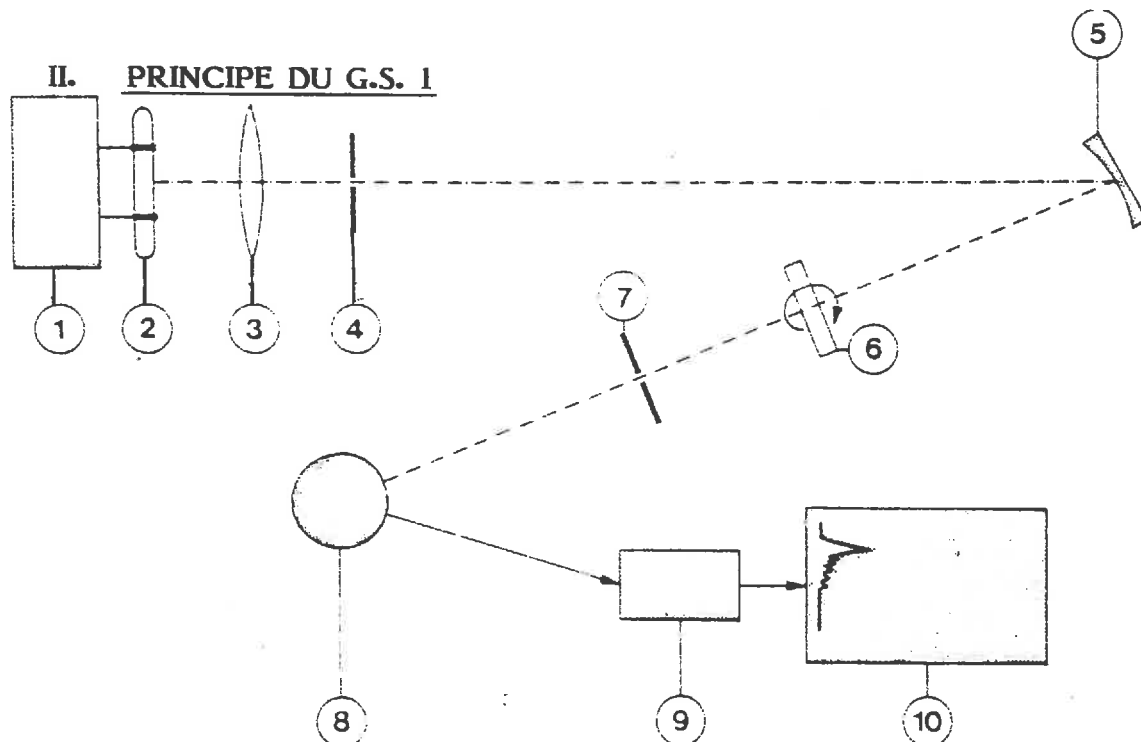


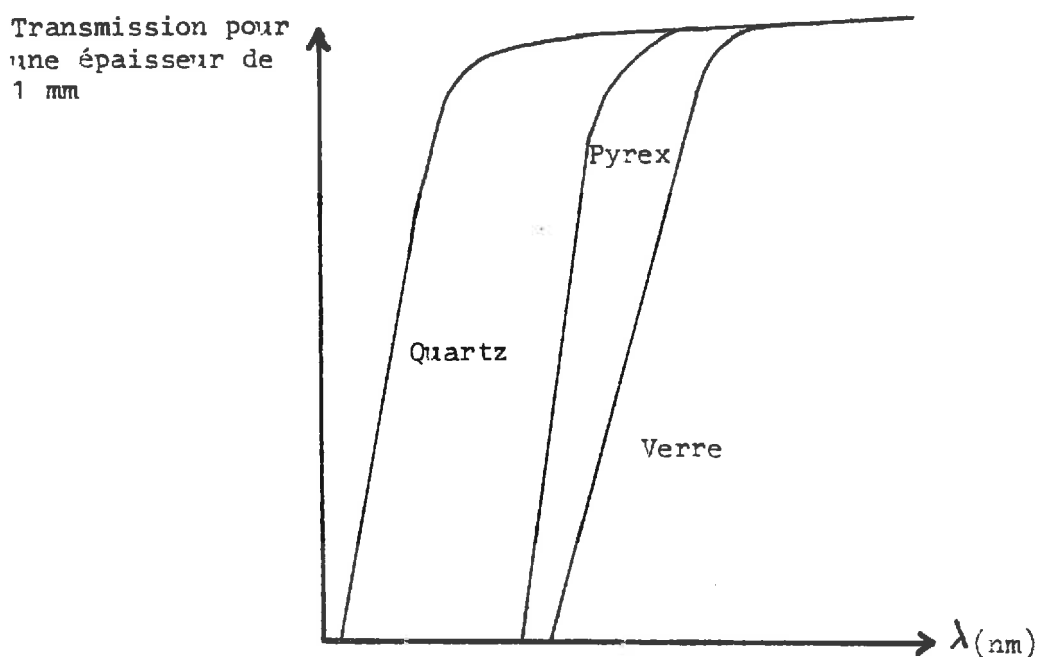
Figure 3 - Schéma de principe du spectromètre optique GS 1

- 1 Haute fréquence ;
- 2 Tube à décharge sans électrode ;
- 3 Lentille convergente ;
- 4 Fente d'entrée ;
- 5 Réseau concave ;
- 6 lame à faces parallèles ;
- 7 Fente de sortie ;
- 8 Photomultiplicateur ;
- 9 Amplificateur ;
- 10 Enregistreur sur oscillographe ;

La haute fréquence appliquée au tube à décharge sans électrode provoque l'éclairage rose violacé de celui-ci ; la lumière émise est focalisée par une lentille, puis envoyée sur un réseau concave ($2000 \text{ traits} \cdot \text{mm}^{-1}$) optimisé pour 300 nm. Cela permet d'obtenir directement l'image de la fente d'entrée sur la fente de sortie. Le balayage des différentes longueurs d'onde est réalisé par la rotation d'une lame à faces parallèles en quartz placée sur le trajet du faisceau diffracté (G. GUIRAUD et J.C. FARDEAU, 1980).

III. GENERALITES

Pour les tubes, on utilise du verre pyrex car le verre ordinaire est opaque dans cette région du spectre, le quartz trop onéreux et difficile à travailler.



On note que la pression dans l'ampoule doit être voisine de 1 torr ; si elle est supérieure, il est difficile, voir impossible, de provoquer l'excitation et si elle est inférieure à 0,7 torr, son éclairage est instable.

Lors de la préparation des ampoules scellées, il faut éviter l'apport d'azote atmosphérique ou autre, qui fausse la mesure, l'apport d'oxygène qui réduit l'intensité de l'émission, ou l'apport d'eau qui affecte la stabilité.

IV. CALCULS (Figure 1)

Les spectres que nous obtenons sont constitués de 3 pics à partir desquels nous effectuons un ensemble de calculs qui nous permettent de trouver l'excès d'azote 15.

Les spectres que nous obtenons sont de deux sortes :

IV.1. Le pic 30 est absent (figure 2)

Nous mesurons les hauteurs des pics 28 et 29 par rapport à leurs bruits de fond respectifs (gain 1 pour la raie 28, gain G pour la raie 29). Nous obtenons H 28 et H 29.

$$\text{Nous calculons le rapport } R_{29/28} = \frac{H_{29}}{H_{28} \cdot G} = R$$

Nous déduisons la teneur isotropique d'azote 15 :

$$T_{29/28} = \frac{100 \cdot R}{2 + R} = T$$

Nous pouvons calculer l'excès isotopique qui est donné par une courbe d'étalonnage de notre appareil (figure 4). Elle donne l'excès isotopique mesuré au spectromètre de masse en relation avec la teneur obtenue au spectromètre optique. On obtient, en fonction de cet excès, trois portions de droites car la relation n'est pas linéaire entre 0 % et 100 %. On a trois pentes différentes quand l'excès varie de 0 à 1 %, de 1 à 10 %, de 10 % à 100 %. L'équation générale est de la forme : $E = A.T + B$

IV.2. Nous avons le pic 30 (figure 3)

Nous mesurons les hauteurs des pics 28, 29 et 30 par rapport à leurs bruits de fond respectifs.

Nous calculons les rapports

$$R_1 = R_{29/28} = \frac{H_{29}}{H_{28} \cdot G}$$

$$R_2 = R_{30/29} = \frac{H_{30}}{H_{29}}$$

Nous déduisons la teneur isotropique d'azote 15 :

$$T_1 = \frac{100 \cdot R_1}{2 + R_1} \qquad T_2 = \frac{200 \cdot R_2}{1 + 2 \cdot R_2}$$

Si $T_2 - 0,4 > 10 \%$, alors la teneur $T = T_1$, sinon $T = T_2$.

Nous pouvons, à présent, calculer l'excès $E = A T + B$ comme il a été vu précédemment.

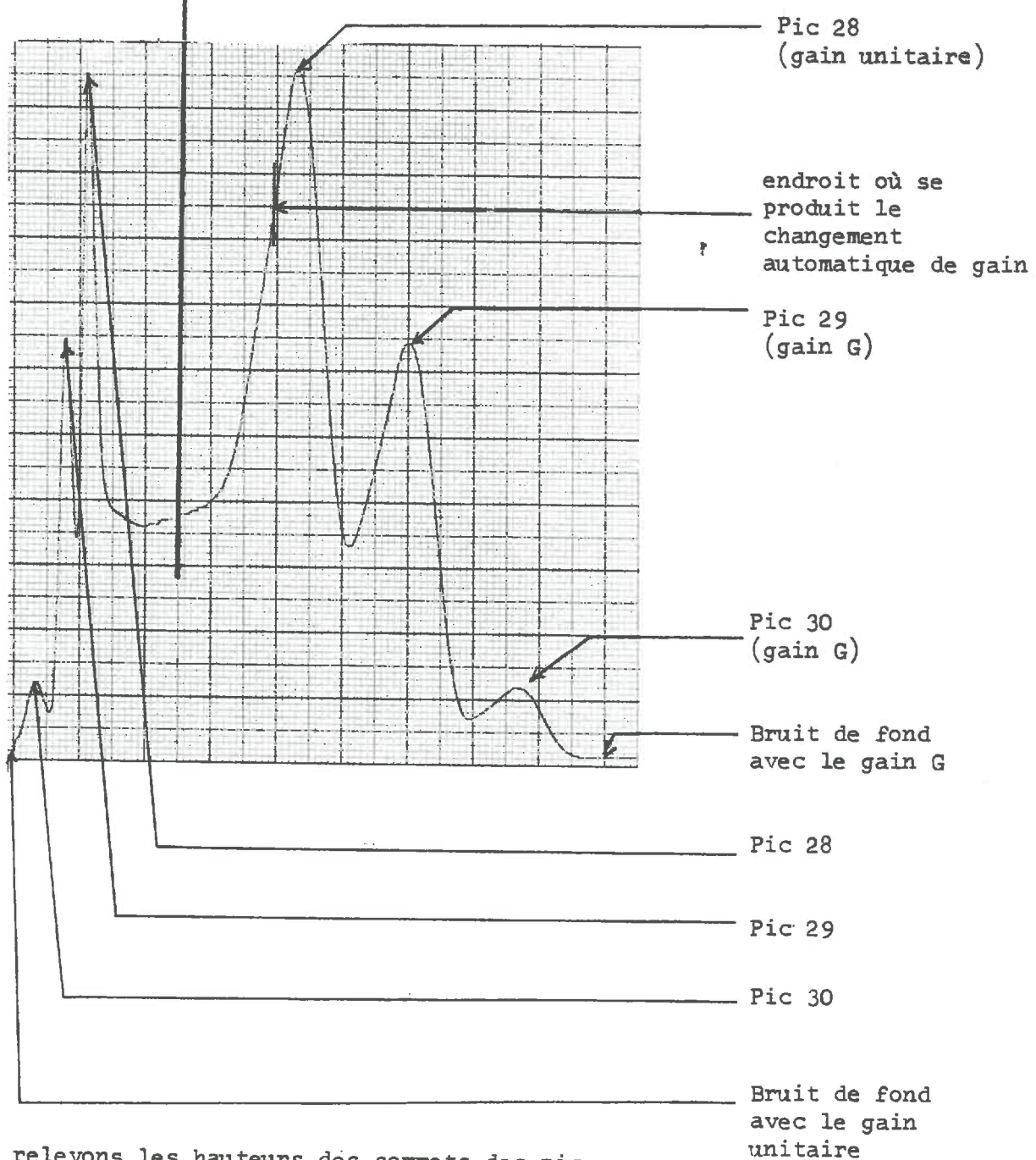
Maintenant, nous connaissons bien l'appareil dont nous devons automatiser l'acquisition du signal et nous pouvons envisager une étude plus approfondie du travail à réaliser.

00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00
 01
 02
 03 COURBE DILATEE MONTRANT LES DIFFERENTS
 04
 05 ELEMENTS A CONSIDERER
 06
 07
 08
 09
 10
 11
 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00

RETOUR RAPIDE
(GAIN UNITAIRE)

COURBE EXPLOITABLE
(GAIN VARIABLE)

Figure 1



NB: Nous relevons les hauteurs des sommets des pics dans la partie exploitable de la courbe mais nous relevons les deux bruits de fond (celui avec le gain unitaire et celui avec le gain G)

COURBES OU LE PIC 30 N'Y EST PAS

XX

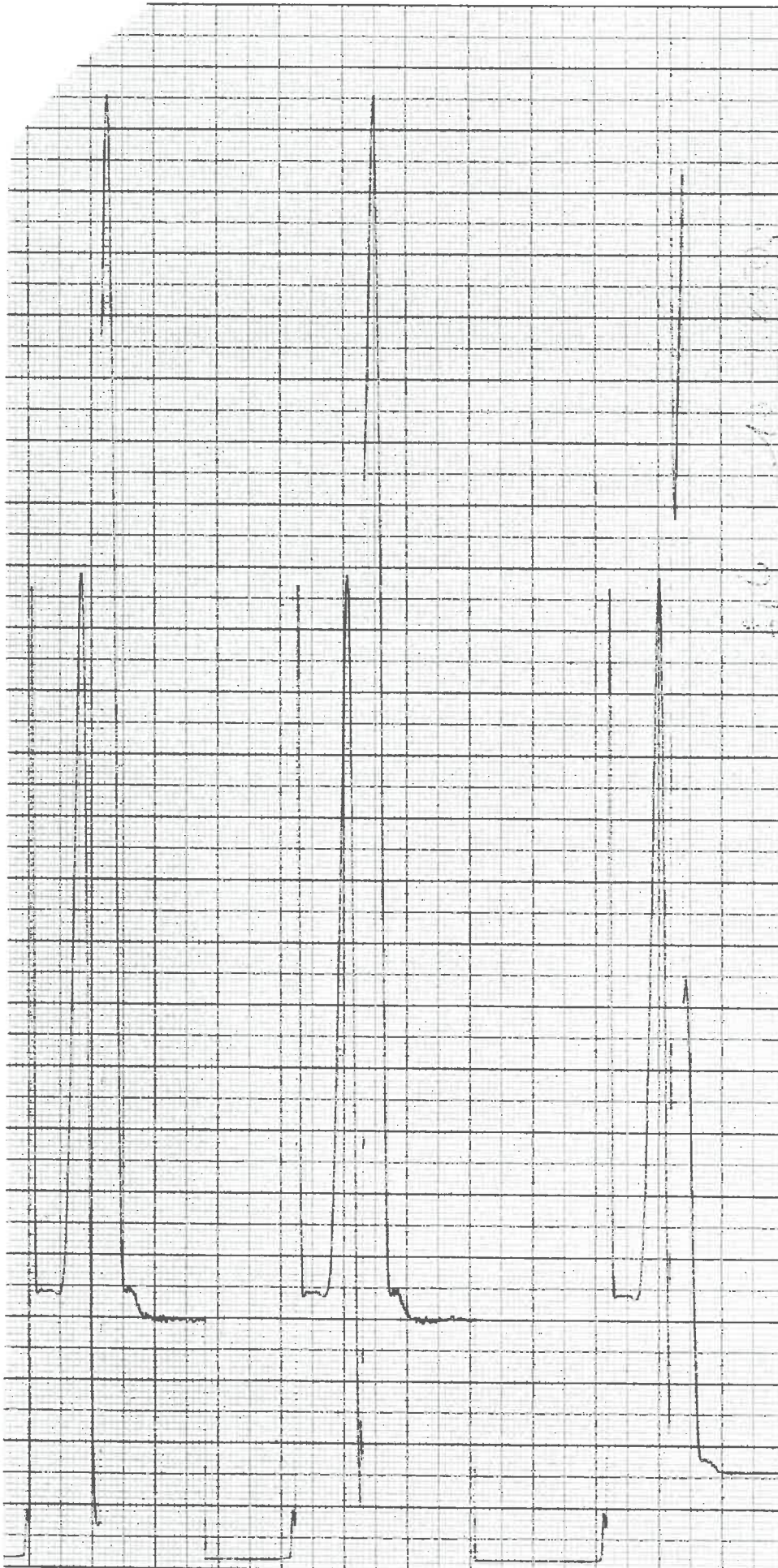
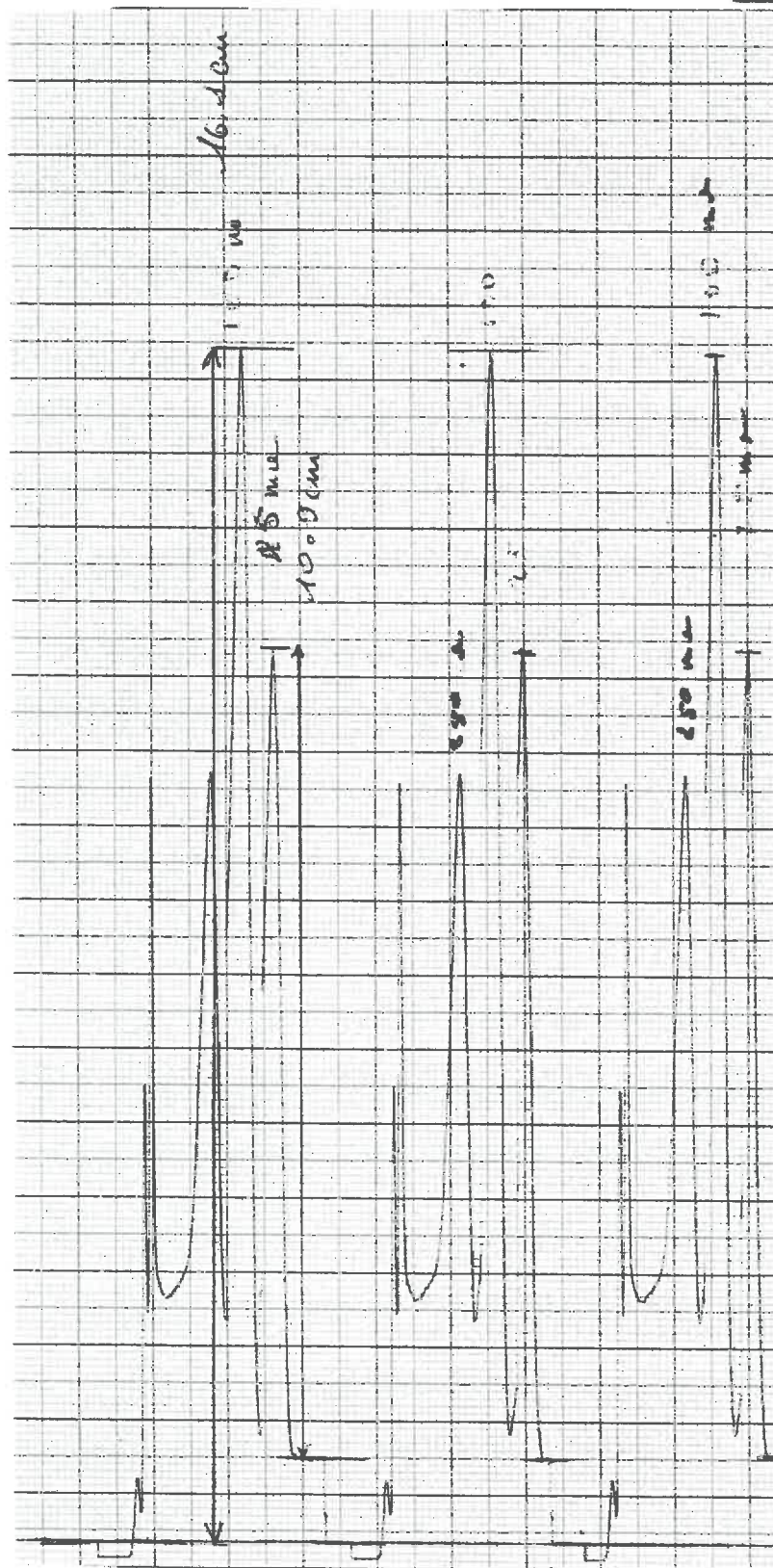


Figure 2

COURBES OU LE PIC 30 EST PRESENT

Figure 3



Equations servant à l'étalonnage de l'appareil

ces équations sont tirées de la courbe ci-dessous par la méthode des moindres carrés

Pour $0\% \leq \text{excès } \% < 1\%$

on a : $E=1.188*T-0.563$ r=0.9976

Pour $1\% \leq \text{excès } \% < 10\%$

on a : $E=1.145 * T - 0.537$ r=0.998

Pour $10\% \leq \text{excès } \% < 100\%$

on a : $E=1.233 * T - 2.298$ r=0.9949

E est l'excès isotropique mesuré au spectromètre de masse sur des gammes

T est la teneur isotropique mesurée au spectromètre optique
r est le coefficient de corrélation (nous avons ici une très bonne corrélation)

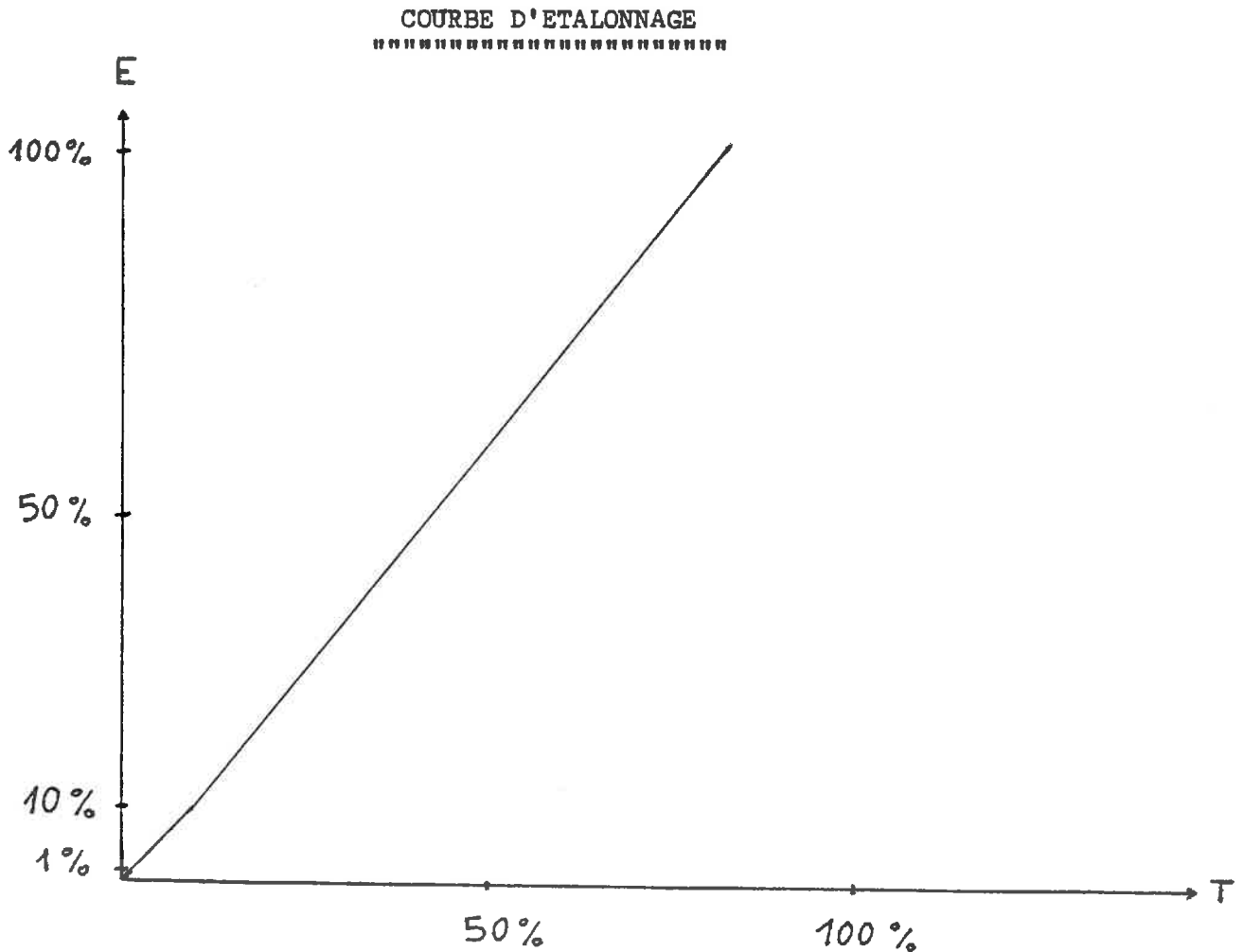


Figure 4

CHAPITRE II

MISE EN PLACE DU PROBLEME

I. CE QU'IL Y AVAIT AUPARAVANT

Comme nous l'avons précisé dans le Chapitre précédent, nous disposons d'un spectromètre optique qui permet de fournir un travail de qualité, mais pour lequel il n'a été prévu aucun système d'acquisition et de traitement des données.

Jusqu'à présent, il fallait se contenter de traduire le signal de tension analogique qui sortait du spectromètre sur un enregistreur et de noter lors de l'enregistrement du spectre le nom de l'échantillon, l'amplification utilisée par le spectromètre et par l'enregistreur. De plus, pour effectuer les calculs, il était nécessaire de mesurer manuellement la hauteur des pics, ce qui est source d'erreur. Lorsque le nombre d'échantillons est important, le temps de dépouillement des spectres est très long.

Cependant, lorsqu'on disposait des hauteurs de pics, les calculs étaient effectués par un programme Fortran implanté sur Mini 6.

Devant la lourdeur de toutes les opérations à effectuer, aussi bien en traçage des courbes, qu'en lectures et en calculs, nous nous proposons de fabriquer un système automatique permettant l'acquisition des données ainsi que leur traitement, de façon à ce que la manipulation soit simplifiée pour l'opérateur et que la précision et la fidélité des résultats soient améliorées.

II. CAHIER DES CHARGES

L'automatisation qui nous est demandée doit comporter :

- Une partie "hard" constituant le système transformant la tension analogique sortant du spectromètre en un signal que l'ordinateur soit capable d'acquérir.

- Un programme en langage machine réalisant l'acquisition ainsi que la mise en mémoire de tous les points des courbes.

- Un programme en langage basic capable de trouver la hauteur de chaque pic, ainsi que les bruits de fond en cherchant les valeurs dans les espaces de mémoires où le programme en assembleur a stocké l'ensemble des points des courbes. Ce programme devra également permettre d'effectuer le traitement automatique et l'affichage de tous les résultats sur écran et sur imprimante, et cela en tenant compte des paramètres extérieurs comme le gain du spectromètre.

Le "hard" :

La méthode de conversion du signal de tension analogique nous est laissée libre dans la mesure où nous respectons les exigences imposées dues à la précision qui nous est demandée lors de l'acquisition du spectre. Le choix de la méthode dépend aussi du matériel mis à notre disposition, mais cependant dans la suite du chapitre nous traiterons les différentes solutions possibles et nous expliquerons le choix que nous faisons, car c'est du "cablage" que nous réalisons que dépend la précision de l'acquisition et donc la précision des résultats.

Le "soft" en langage machine :

Afin que l'enregistrement ne soit pas entâché d'une erreur due par exemple à un parasite ou à une faute lors de la manipulation, il est nécessaire d'avoir un programme en langage machine qui fasse l'acquisition de trois raies du spectre d'un même échantillon. Ceci est possible car le spectromètre optique est d'une lame à faces parallèles tournant ; lorsque la période de 30 secondes est terminée, l'appareil recommence un nouveau spectre, ce qui permet de faire trois enregistrements successifs sans avoir à reinitialiser l'appareil. Pour les bruits de fond, on pourra stocker chaque bruit pour les trois raies, cela indépendamment.

Le "soft" en basic :

Ce programme a deux rôles :

- le premier est de repérer chaque sommet des trois pics et cela pour les trois spectres ; la procédure utilisée est la comparaison des ordonnées.
- le second est de faire le traitement des données, c'est-à-dire :
 - o l'acquisition des paramètres : gain, nom de l'échantillon, équations des trois segments de droite (équation des courbes d'étalonnage) qui permettent de calculer les excès,
 - o les calculs.

Nous devons calculer :

- les rapports à partir des hauteurs et des bruits de fond acquis précédemment (si H 28 est la hauteur du pic 28 pour une courbe, H 29 la hauteur du pic 29, H 30 la hauteur du pic 30, B1 le bruit de fond avec le gain G, B 2 le bruit de fond unitaire) :

$$R_{29/28} = \frac{H_{29} - B_1}{H_{28} - B_2} \cdot \frac{1}{G} = R$$

$$R_{30/29} = \frac{H_{30} - B_1}{H_{29} - B_1} = R'$$

- les teneurs à partir des rapports :

$$T_{29/28} = \frac{100 \cdot R}{2 + R} = T \qquad T_{30/29} = \frac{200 \cdot R'}{1 + 2 \cdot R'} = T'$$

Comme nous l'avons indiqué dans le chapitre précédent au paragraphe IV, lorsque l'excès est supérieur à 10 % le mode de calcul change au niveau du calcul du rapport et de la teneur isotropique. Cependant, pour des questions de commodité les deux modes de calcul seront effectués systématiquement, indépendamment de la valeur limite.

L'affichage :

Il nous est demandé de faire un affichage sur écran afin de pouvoir suivre convenablement le déroulement des opérations et de dialoguer avec l'ordinateur pour rentrer les paramètres. Un affichage sur imprimante a également été prévu afin de retranscrire l'écran.

III. DESCRIPTION DU MATERIEL MIS A NOTRE DISPOSITION

Nous devons réaliser le travail demandé à l'aide d'un DRAGON 64 qui est un ordinateur familial fonctionnant avec le microprocesseur 6809 de MOTOROLA. Ce micro-ordinateur a les caractéristiques suivantes :

- une horloge interne à 1 MHz
- 64 K octets de mémoire vive
- 160 K de mémoire de masse

Le schéma du DRAGON ainsi que sa table d'adresses sont donnés à l'annexe 1.

Il est possible de brancher sur cet appareil un lecteur de disquettes, une imprimante, deux poignées de joystick (manettes de jeu), un lecteur de cassettes. Il possède aussi un interface de sortie série RS 232 servant pour communiquer avec l'extérieur.

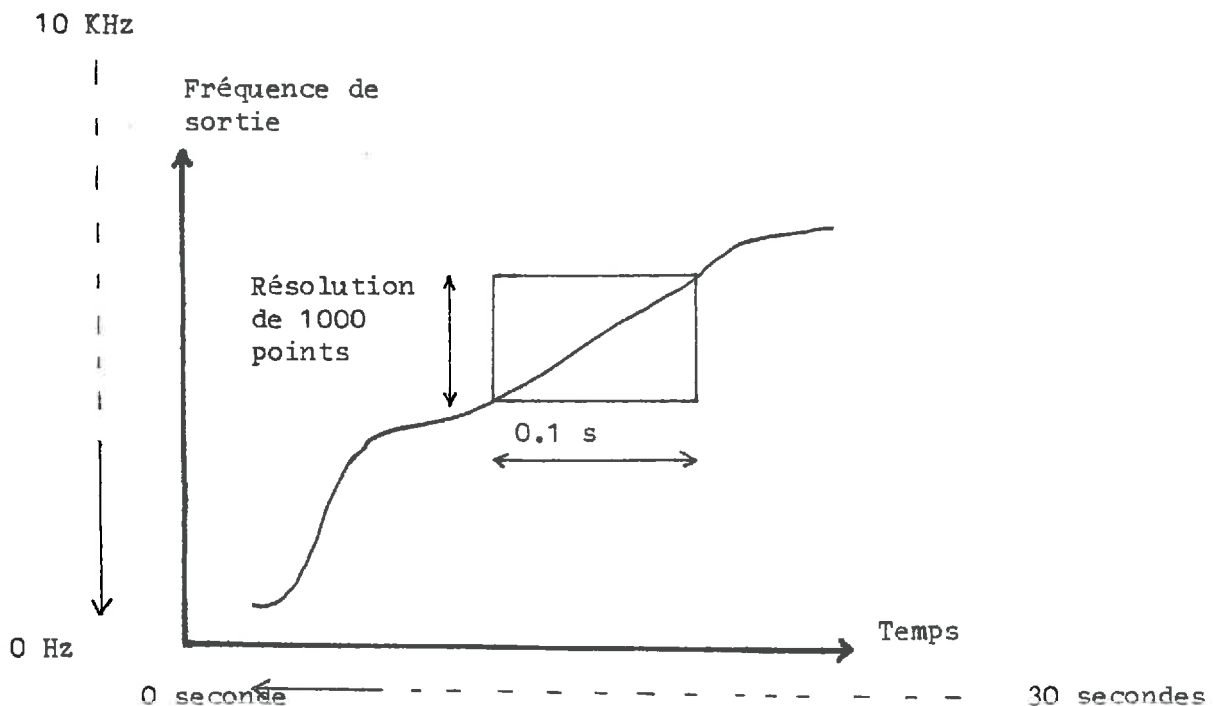
IV. LES EXIGENCES DUES A LA PRECISION DEMANDEE

Lorsqu'on fait l'acquisition d'un spectre, on doit impérativement connaître la précision que l'on veut obtenir, ainsi que le nombre de points avec lequel on veut tracer la courbe.

Les enregistrements que nous donne le spectromètre optique sont réalisés sur une période de trente secondes. De façon à être sûr d'avoir une précision meilleure que sur le papier, nous prendrons un point tous les dixièmes de seconde.

Il nous faut à présent vérifier que ce calcul soit compatible avec les exigences que nous avons sur l'axe des ordonnées. Nous avons observé plusieurs spectres tracés sur du papier millimétré et en prenant un échantillonnage de tous les cas de figure possibles, nous avons remarqué que la précision maximale que l'on peut obtenir à la main est de $0,5/250 = 2 \cdot 10^{-3}$. Quant au bruit de fond (la plus petite hauteur que l'on soit obligé de mesurer), il est dans tous les cas supérieurs à $1/250$ de l'échelle maximale. Nous imposons donc une précision de 10^{-3} ; il nous faudra donc 10^3 "points" sur l'échelle des ordonnées et comme nous comptons sur une période de 10^{-1} seconde pour avoir 300 points, il nous faudra faire une acquisition de $10^3/10^{-1} = 10^4$ de précision, ce qui correspond à 10 bits pour la solution analogique-numérique et 10 KHz pour la solution tension-fréquence.

Pour avoir 300 points en 30 secondes nous prenons des intervalles de 0.1 secondes. Sur l'axe vertical si on fait une mesure pendant 1 seconde on a une résolution de 10000 points car nous utilisons un convertisseur 0-10 KHz; si nous mesurons pendant 0.1 seconde nous avons une résolution de 1000 points: C'est ce que nous cherchons.



Maintenant que nous avons posé le problème, nous allons étudier les deux solutions possibles de façon à retenir la mieux adaptée au cas que nous traitons ici.

V. LA SOLUTION ANALOGIQUE NUMERIQUE

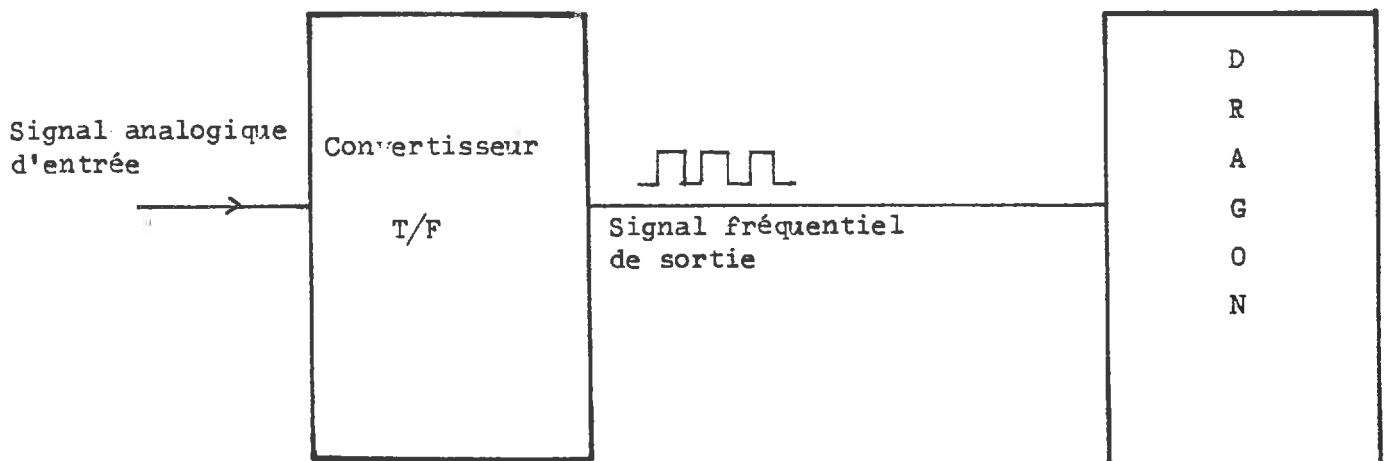
Cette solution nécessite que nous utilisions un convertisseur analogique-numérique sortant sur 10 bits (voir III.4.)

Le principe de la mesure d'un point est alors de faire l'acquisition de celui-ci pendant un temps très court pour la stocker. En plus des bits transmettant le signal numérique, il nous faut disposer de deux lignes supplémentaires : une indiquant à l'ordinateur qu'il peut commencer l'acquisition et une lui indiquant que celle-ci est terminée.

Cette solution nécessite la fabrication d'une carte supplémentaire à apporter à l'ordinateur ainsi qu'une reprogrammation des adresses de l'ordinateur. Ceci est dû au fait que le DRAGON 64 ne dispose d'aucune entrée analogique-numérique. De plus, cette solution nous fait perdre le contrôle de l'ordinateur durant la manipulation et le signal à acquérir n'est pas propre, ce qui est gênant avec cette méthode.

VI. LA SOLUTION TENSION/FREQUENCE

Cette solution nous fait employer un convertisseur tension/fréquence de 10 KHz et permet de n'avoir qu'une seule ligne d'entrée.



Pour un convertisseur T/F on n'utilise qu'une seule ligne

Le principe est le suivant : un convertisseur tension fréquence délivre une fréquence de sortie proportionnelle à la tension d'entrée. L'entrée se fait entre 0 V et 10 V, la sortie se fait entre 0 Hz et 10 KHz. Si nous réalisons avec le DRAGON, en langage machine pour avoir des durées précises, un fréquencemètre, il nous suffit de compter un nombre d'impulsions pendant 100 millisecondes et de stocker ce nombre. En effet, ce nombre correspond à un dixième de la fréquence de sortie du convertisseur et il est proportionnel à la tension d'entrée de celui-ci. Ce nombre d'impulsions est le nombre dont nous avons besoin, dans une unité quelconque, mais proportionnel au signal sortant du spectromètre, de façon à pouvoir en faire la soustraction puis les rapports.

De plus, il nous est très facile de faire rentrer un signal de ce type dans l'ordinateur pour le traiter, ceci en passant par le joysticks (manettes de jeux).

VII. LA SOLUTION RETENUE

Nous avons le choix entre deux solutions pour réaliser notre acquisition de points : la solution analogique/numérique très contraignante ou la solution tension/fréquence, mieux adaptée au matériel sur lequel nous travaillons.

En conséquence, nous retenons donc la solution tension/fréquence. La mise en œuvre ainsi que les parties traitement et affichage font l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE III

PRESENTATION DU TRAVAIL REALISE

Dans ce chapitre, nous allons présenter de manière détaillée le matériel utilisé ainsi que les différentes étapes menant au système automatisé utilisable.

I. ACQUISITION D'UN SIGNAL EN FREQUENCE A L'AIDE DU DRAGON

La caractéristique principale d'un signal fréquentiel, est qu'il nécessite qu'une seule ligne pour être transmis et nous avons donc choisi le mode de conversion tension/fréquence.

Sur le DRAGON 64, nous disposons de deux joysticks qui sont des prises DIN à cinq bornes numérotées de 1 à 5 (voir schéma du DRAGON en annexes) :

- borne 1 : sert au déplacement horizontal du curseur sur l'écran
- borne 2 : sert au déplacement vertical du curseur sur l'écran
- borne 3 : neutre
- borne 4 : bouton "FIRE"
- borne 5 : alimentation "+ 5 volts" continu

Il est très important pour la suite de noter que si nous branchons une prise de joystick nous perdons le contrôle du clavier, c'est-à-dire que celui-ci n'est plus opérationnel durant la manipulation.

Pour acquérir un signal en fréquence, il nous faut disposer d'une ligne qui soit capable de mettre dans une case mémoire connue (de façon à pouvoir la lire par programme) soit un niveau logique bas (0 volt) soit un niveau logique haut (+ 5 volts). En effet, le signal fréquentiel à acquérir n'est pas un signal sinusoïdal, mais un signal carré de valeur 0-5 V.

La borne 4 répond à ces exigences. Cette ligne est dans son état d'origine au niveau logique "1" (+ 5 V), le fait de la mettre au niveau "0" (0 V) permet de changer le contenu d'une mémoire. Il suffit donc de lire le contenu de la case mémoire correspondante pour savoir quel niveau logique est appliqué à l'entrée de la borne 4.

Programme permettant de mieux comprendre ce qu'il se passe :

```
10  FO = PEEK (&H FFOO) AND 1
20  F1 = PEEK (&H FFOO) AND 2
30  IF FO = 0  THEN  PRINT  "FEUX 1"
40  IF F1 = 0  THEN  PRINT  "FEUX 2"
50  GOTO 10
```

La ligne 10 permet de lire le contenu de la case mémoire d'adresse "&H FF OO" (&H signifie que l'adresse est en hexadécimal : base 16) et l'instruction AND 1 signifie qu'on lit sur le joystick de droite. La ligne 20 permet la lecture pour le joystick de gauche (on note qu'on lit dans les deux cas la même case mémoire).

Les lignes 30 et 40 permettent un affichage : en effet, lorsque la borne 4 est mise à 0 Volt, alors le contenu de la mémoire est également à 0.

Nous avons besoin des instructions AND 1 et AND 2, qui sont des masques, car nous utilisons pour les deux joysticks la même adresse (&H FFOO). C'est grâce à ces masques que l'ordinateur connaît le joystick utilisé.

Ce montage très simple a permis de vérifier le bon fonctionnement des bornes 4 sur chaque joystick ainsi que de vérifier que chaque ligne est déjà configurée en entrée. Nous n'aurons donc pas à changer l'état des registres de direction des interfaces d'entrée-sortie et nous n'aurons pas besoin de les restaurer une fois que le programme sera terminé.

II. LE MICROPROCESSEUR 6809

Maintenant nous savons comment effectuer l'acquisition d'un signal en fréquence, mais avant de passer à la réalisation d'un fréquencemètre à l'aide du DRAGON 64, nous allons étudier brièvement le microprocesseur qu'il contient, car le fréquencemètre est un soft en langage machine.

Le microprocesseur 6809 est adressé sur 16 bits et possède 9 registres internes suivants de largeur 8 ou 16 bits.

Les accumulateurs A, B et D

A et B sont deux accumulateurs 8 bits et D est un accumulateur 16 bits formé à partir des deux premiers. A contient alors les 8 bits les plus significatifs et B contient les 8 bits les moins significatifs.

Les registres d'index X et Y

Ils font partie de la catégorie des registres d'adresses. Dans la mesure du possible, nous utiliserons de préférence le registre X car certains codes-opérations sont plus longs à exécuter sur le registre Y.

Le microprocesseur 6809 possède des instructions de transfert ou d'échange (TFR ou EXG) entre registres de données (les accumulateurs) et registres d'adresse (les registres d'index) de manière à amener momentanément les adresses dans l'accumulateur et de profiter ainsi du jeu d'opérations implantées sur ces derniers.

Les pointeurs de piles S et U

Les pointeurs de pile peuvent être classés dans la catégorie des registres d'adresses. Le 6809 contient deux pointeurs de pile S et U. Le pointeur de pile S (hardware stack pointer) appartient d'office au processeur. Ce dernier s'en sert pour mémoriser les états de la machine lors de l'exécution des sous-programmes et des interruptions. Le pointeur de pile U (user stack pointer) est ignoré par le processeur. Le programmeur peut l'utiliser pour transférer ses propres paramètres lors de l'appel des sous-programmes. Néanmoins, le fonctionnement des deux piles reste identique.

Lorsque les piles U et S ne sont pas utilisées comme pointeurs de pile, les instructions du 6809 autorisent le programmeur à les manipuler comme des registres d'index au même titre que X et Y avec tout de même quelques variantes concernant l'état des indicateurs (flag).

Compteur ordinal PC

Le compteur ordinal, encore appelé compteur-programme est utilisé par le processeur pour pointer l'adresse de la mémoire devant être lue et décodée par l'unité centrale à l'étape suivante. Le compteur-programme s'incrémente automatiquement à chaque lecture d'un octet à moins qu'une instruction de branchement ou de saut ne l'oblige à prendre une valeur particulière.

Le registre de page directe DP

Le registre de base directe (direct page register) utilise le concept de la page directe ou page de base (base page). Dans le mode d'adressage direct, une mémoire de 16 bits requiert deux octets en mémoire. Le mode d'adressage direct, avec la page de base requiert seulement un octet en mémoire et un cycle-machine en moins. L'unité centrale prélève automatiquement le contenu de la page de base pour constituer les 8 bits les plus significatifs de l'adresse.

Seuls les 8 bits les moins significatifs doivent être spécifiés par le programmeur. Comme les 8 bits les moins significatifs ne peuvent prendre que 256 valeurs différentes, le programmeur ne peut explorer qu'une zone limitée de l'espace mémoire. Pour atteindre une autre zone, il doit redéfinir la page de base DP.

Le registre d'état

Le registre d'état ou registre d'indicateurs ou encore registre d'indicateur de test (condition code register) définit l'état du processeur après chaque opération arithmétique ou logique et aide l'unité centrale à prendre des décisions. Ces décisions se manifestent sous forme de branchements absolus ou relatifs aux diverses sections d'un programme ou aux programmes différents. Dans le 6809, deux indicateurs I et F (I flag and F flag) parmi les huit servent plutôt au contrôle des lignes d'interruption.

Représentation du registre d'état du 6809

Nous venons de voir les registres spécifiques au 6809 et nous allons maintenant citer ses principaux modes d'adressage car ceux-ci sont nombreux et puissants :

- Modes sans adresse mémoire externe :
 - . adressage inhérent
 - . adressage par registre
 - . adressage immédiat
- Modes avec adresse mémoire externe :
 - . adressage étendu
 - . adressage étendu indirect
 - . adressage direct avec page de base
- Modes indexés :
 - . adressage indexé avec déplacement nul ou déplacement constant sur 4 bits
 - . adressage indexé avec déplacement constant sur 7 ou 15 bits
 - . adressage indexé avec autoincrémention ou autodécrémention
 - . adressage indexé avec déplacement relatif au compteur-programme

Il est aussi possible de rajouter des degrés d'indirection aux différents adressages du mode indexé. Notons aussi que nous n'avons pas cité ici les modes relatifs aux instructions de branchements courts ou longs.

NB : Nous donnons en annexe les instructions détaillées ainsi que les -op-codes et les nombres de cycles machines pour le 6809.

III. REALISATION D'UN FREQUENCOMETRE A L'AIDE DU DRAGON

Pour réaliser un fréquencemètre à l'aide du DRAGON, nous disposons sur l'ordinateur d'un assembleur-désassembleur que nous appelons par programme et qui nous permet de travailler directement en langage machine.

III.1. Principe

La réalisation d'un fréquencemètre nous demande deux choses :

- Avoir une horloge précise qui nous permette de mesurer une période de façon précise (timer)
- Un ensemble de cases mémoire suffisamment grande pour stocker la valeur que nous trouvons.

Sur le DRAGON, nous disposons d'un timer qui incrémente automatiquement deux cases mémoire de 8 bits toutes les 20 milli secondes. C'est-à-dire que si nous effaçons ces deux cases mémoire, au bout de 20 millisecondes, la case qui contient le poids faible a son contenu qui passe à 1, puis 20 millisecondes, après il passe à 2, etc.... Dès que cette case mémoire est pleine (255), on incrémente la seconde case (ceci permet un stockage sur 16 bits). La case mémoire de poids fort est \$112, celle de poids faible est \$113 (le signe \$ indique que nous travaillons en base 16 : hexadécimal).

Quant au problème de stockage, comme nous comptons pendant 100 milli-secondes et que nous avons un maximum de 10 KHz, la valeur maximale que nous avons à stocker sera 1000. Pour cela, il nous faut stocker sur 9 bits (car 8 bits limitent à 255) et nous utilisons donc les registres d'index X et Y.

Réalisation du fréquencemètre

Nous devons compter par "soft" des signaux carrés. Pour cela, nous devons tester si notre entrée a changé d'état et nous savons alors que nous avons eu une impulsion. L'entrée est testée de façon permanente et nous vérifions aussi si le temps de comptage n'est pas écoulé. Si c'est le cas, nous stockons le nombre

de niveaux "1" ou "0" comptés et nous recommençons. Cependant, nous devons être certains de ne pas compter deux fois le même niveau, en conséquence nous utilisons deux tests : le premier vérifie que nous avons bien un niveau "0" en entrée et l'autre vérifie que nous avons un niveau "1". Ce n'est donc qu'après un front montant que nous incrémentons la mémoire.

L'exemple de programme de fréquencemètre ci-dessous est fait pour le "joystick left" (ANDA # 2 qui correspond à AND 2). Ce programme utilise un fichier nommé N ARR qui part de l'adresse \$5000 et fini à l'adresse \$5050 (car 80 = \$50). En début de programme, nous initialisons le fichier, nous mettons le timer ainsi que le registre de comptage (X) à zéro. Ensuite, nous faisons les deux tests, puis nous incrémentons X et nous comparons le timer à la valeur qu'il doit avoir si la période de comptage est finie. Si cela est le cas, nous stockons la valeur dans la table, nous incrémentons le pointeur de table (Y) de 2 car nous stockons sur 16 bits et nous regardons enfin si la table est remplie ou non.

```

NARR EQU $5000
LDY #NARR
LDB #1
STB $FFD7
RT CLR $112
CLR $110
LDX #0
EA LDA $FF00
ANDA #2

BB BNE BB
LDY $FF00
ANDA #2

BEQ BB
LEAX 1, X
LDA $113
CMPA #5
BLB BB
STX 0
LEAY 2, Y
CMPY #NARR+30
BLB RT
RTS

```

III.2. Etalonnage

Il nous est facile d'exécuter le programme ci-dessus et de lire en basic si nous comptons le bon nombre d'impulsions par rapport à la fréquence d'entrée. En effet, comme nous comptons pendant 100 millisecondes, nous avons une lecture directe de la fréquence divisée par 10.

En pratique, nous prenons un générateur de signaux carrés, nous le réglons à environ 0-5 V à l'aide d'un oscilloscope, nous vérifions la fréquence de sortie constante et connue à l'aide d'un fréquencemètre ; on remarque qu'à partir de 4000 Hz les valeurs stockées en mémoire ne correspondent plus aux valeurs lues sur le fréquencemètre.

Ceci provient du fait qu'en rentrant sur la borne 4 d'un joystick un signal carré, nous perdons le contrôle du clavier et l'écran affiche n'importe quoi.

Le problème de valeurs fausses peut être dû au DRAGON qui ne tourne pas assez vite. La fréquence maximale est de 10 KHz, ce qui correspond à une période minimale de 100 micro-secondes. Pour obtenir un signal carré parfait, le niveau "0" et le niveau "1" durent 50 micro-secondes. Il faut, lorsque nous faisons nos deux tests, que nous incrémentions le compteur d'impulsions (X) et que nous vérifions si le temps de comptage a fini de s'écouler ou non en moins de 50 micro-secondes.

L'horloge interne du DRAGON 64 tourne à 1 KHz. En conséquence, nous avons droit à un maximum de cinquante cycles-machine. Le programme ci-dessus en utilise moins, de plus nous avons augmenté de façon artificielle la vitesse du DRAGON en mettant un "1" dans la case mémoire \$FFD7 (instructions LDB #1 et STB \$FFD7). Cela revient à multiplier par 1,5 la vitesse de l'ordinateur.

Malgré cela, nous avons toujours la même erreur dans les deux cas, que nous travaillions avec l'ordinateur tel quel ou que nous multiplions sa vitesse par 1,5 ou par 2 (en multipliant par 2, nous perdons l'affichage sur l'écran).

Nous avons donc utilisé le programme ci-dessus qui mesure la fréquence quarante fois consécutives et nous avons fait un tableau moyen de correction :

nombre lu sur l'ordinateur	50 à 400	400 à 600	600 à 700	700 à 800	Plus de 800
valeur à ajouter	0	1	2	4	4,5

IV. CABLAGE PERMETTANT LA CONVERSION TENSION/FREQUENCE

IV.1. Les buts du cablage

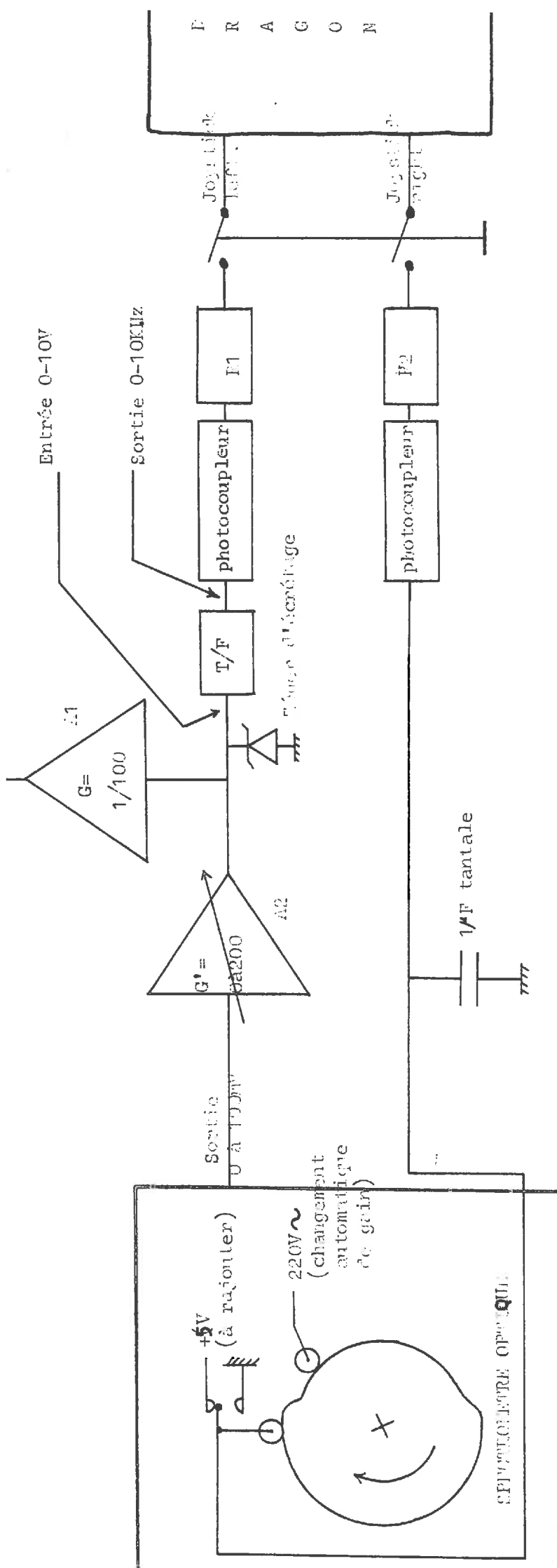
Le but principal du cablage est bien sûr de transformer le signal de tension analogique qui sort du spectromètre en un signal fréquentiel. L'autre but est de permettre le repérage du départ d'un spectre de façon à savoir quand nous devons commencer à acquérir les courbes.

IV.2. Principe général du "hard" que nous effectuons (figure 5)

A la sortie du spectromètre, nous avons un signal qui ne doit théoriquement jamais dépasser 100 millivolts, mais dans la pratique nous constatons que cela n'est pas toujours le cas. Cela est très gênant car l'opérateur doit alors modifier le calibre de l'enregistreur et à ce moment là, le convertisseur tension/fréquence qui travaille sur une plage fixe de tension d'entrée (0-10 V dans le cas de celui que nous employons), ne peut plus travailler dans de bonnes conditions. En effet, soit le signal est trop élevé et le convertisseur l'écrête, nous ne pouvons plus alors mesurer la hauteur du pic, soit le signal est trop faible et nous perdons en précision car nous ne travaillons pas en bout d'échelle.

Nous devons donc trouver un dispositif qui travaille toujours au plus près de l'échelle maximale, mais on nous impose aussi de garder l'enregistreur de façon à visualiser les spectres. Nous allons donc nous servir de l'enregistreur pour effectuer le réglage en bout d'échelle en utilisant un amplificateur à la sortie du spectromètre. L'opérateur doit donc utiliser l'interrupteur pour imposer le gain qu'il veut donner aux pics 29 et 30, ainsi que l'amplificateur variable (0 à 200 fois) pour régler au maximum la hauteur possible l'ensemble du spectre. Après l'amplificateur, nous allons au convertisseur tension/fréquence (d'entrée 0-10 V) soit à un réducteur de 100 fois qui sort sur l'enregistreur (d'entrée 0-100 millivolts). Avec un tel montage, si nous sommes en bout d'échelle avec l'enregistreur mis sur le calibre 100 millivolts, nous avons alors 10 volts à l'entrée du convertisseur tension/fréquence.

Comme il est fort probable que nous dépassions les 10 V à l'entrée du convertisseur, nous le protégeons avec une zener. Sur la ligne qui rentre sur le joystick left se trouve branché un interrupteur qui repère le début du spectre. Le délai dans le soft explique pourquoi nous ne mettons pas de circuit anti-rebond. L'interrupteur à l'entrée des deux joysticks sert à isoler le DRAGON du reste du montage quand nous nous servons du clavier. Nous ajoutons aussi des résistances



SCHEMA DE PRICIPE DU CABLAGE RÉALISÉ

- A1: Amplificateur de gain $G=1/100$ attaché sur l'enregistreur
- A2: Amplificateur de gain variable $G'=0\text{ à }200$ que l'opérateur doit régler
- T/F: Convertisseur tension/fréquence muni de son monostable
- R1 et R2: Résistances limitant le courant à l'entrée du DRAGON (environ 1,8 k.ohms)

NB: Les alimentations des amplificateurs opérationnels ainsi que celle du convertisseur en +12 et +12 volts sont faites à l'aide d'une sortie sur le DRAGON. Il en est de même pour le +5V TTL qui est pris sur les joysticks.

Figure 5

pour limiter le courant, des capacités pour déparasiter et des photocoupleurs pour éviter les problèmes de masse, de façon à avoir un bon isolement galvanique (ces derniers sont alimentés séparément).

IV.3. Détail de chaque partie du cablage

- L'interrupteur de repérage du début du spectre est un inverseur branché soit au +5 V, soit au 0V.

- La diode zener est une diode dont la tension de seuil est à 10V ; on la branche entre le "+" et le "-" du convertisseur.

- Les amplificateurs de 0 à 200 fois et de 1/100 fois sont faits avec des ampli-opérationnels classiques.

- Le convertisseur tension/fréquence est un BURR-BROWN VFC 42 boîtier métallique (figure 6) auquel on rajoute un monostable de façon à avoir un niveau "0" à 50 microsecondes et un niveau bas à 50 microsecondes (figure 7).

- Les photocoupleurs sont achetés dans le commerce (figure 8).

NB. A la rédaction de ce rapport, le matériel n'étant pas encore acheté, nous ne connaissons pas encore les références de l'inverseur, de la zener, des photocoupleurs et du monostable.

V. REALISATION DU SOFT D'ACQUISITION EN ASSEMBLEUR

V.1. Les différentes solutions possibles

Nous avons six bruits de fond à acquérir (soit 2 bruits de fond par spectre, avec 3 spectres). Nous pouvons soit prendre le bruit de fond pendant toute la durée de celui-ci et le ramener à notre unité de temps de comptage qui est de 100 millisecondes, soit faire un certain nombre de comptages de durée, 100 millisecondes et en faire la moyenne. C'est la première solution que nous retenons, car il est préférable de mesurer un signal de faible niveau (bruit de fond) sur une longue période, de manière à limiter les erreurs dues à une trop faible fréquence.

En ce qui concerne les trois spectres, nous avons aussi deux solutions :

- soit nous faisons l'acquisition en langage machine et nous repérons, par comparaison, les sommets des pics en basic,

- soit nous faisons le tout en langage machine.

La première solution est retenue car la deuxième demande beaucoup plus de temps pour fermer une boucle.

.....
 ||
 "Schéma interne et shéma de câblage du VFC 42
 pour réaliser un convertisseur
 tension/fréquence

 ||

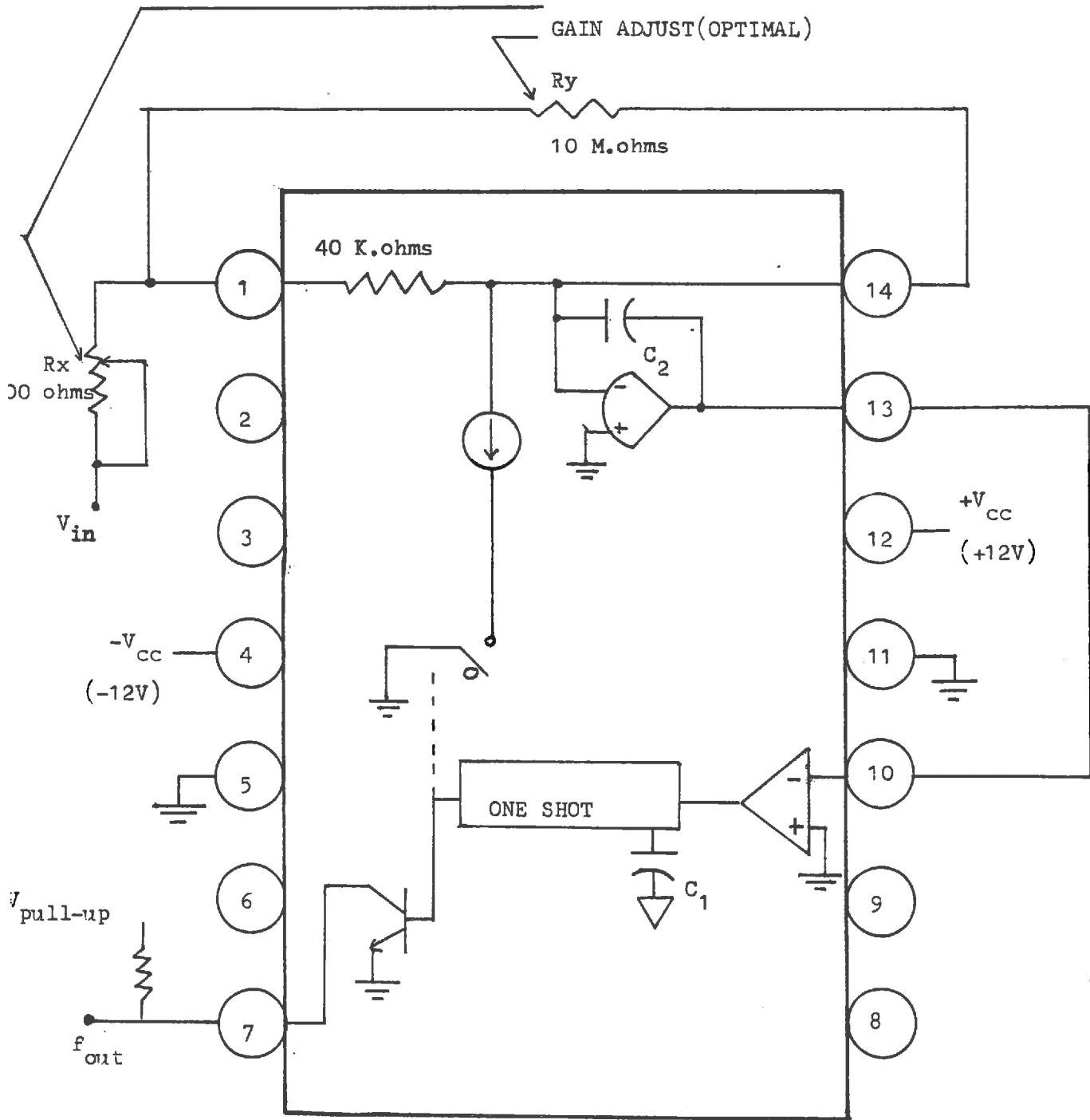
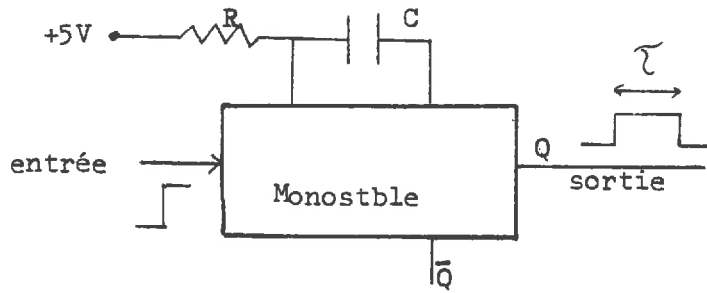


Figure 6

Principe de câblage du monostable utilisé



$$\tau \approx 0.7RC$$

(Nous devons régler R de façon à avoir le τ désiré)

Schéma interne du monostable SN 74121

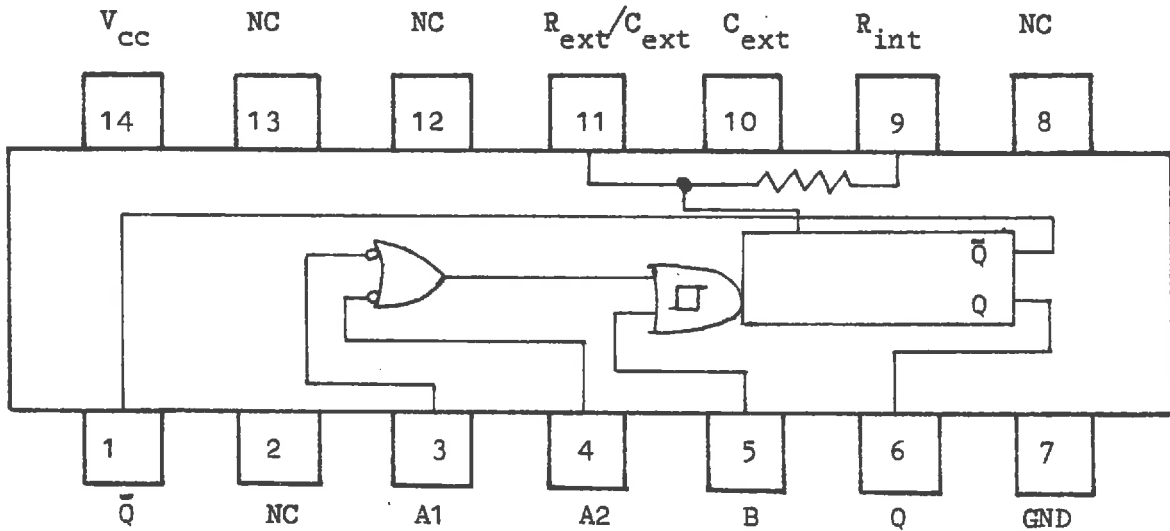


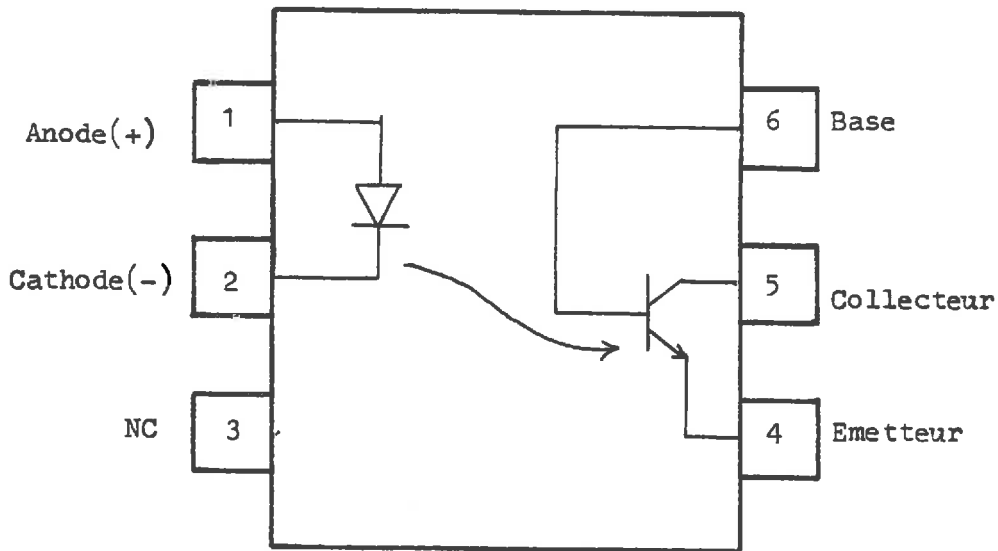
TABLE DE VERITE

Entrées			Sorties	
A1	A2	B	Q	Q̄
L	X	H	L	H
X	L	H	L	H
X	X	L	L	H
H	H	X	L	H
H	↓	H	□	□
↓	H	H	□	□
↓	↓	H	□	□
L	X	↑	□	□
		↑	□	□

Nous rentrons sur B avec A1=0 et A2=1
Nous sortons sur Q

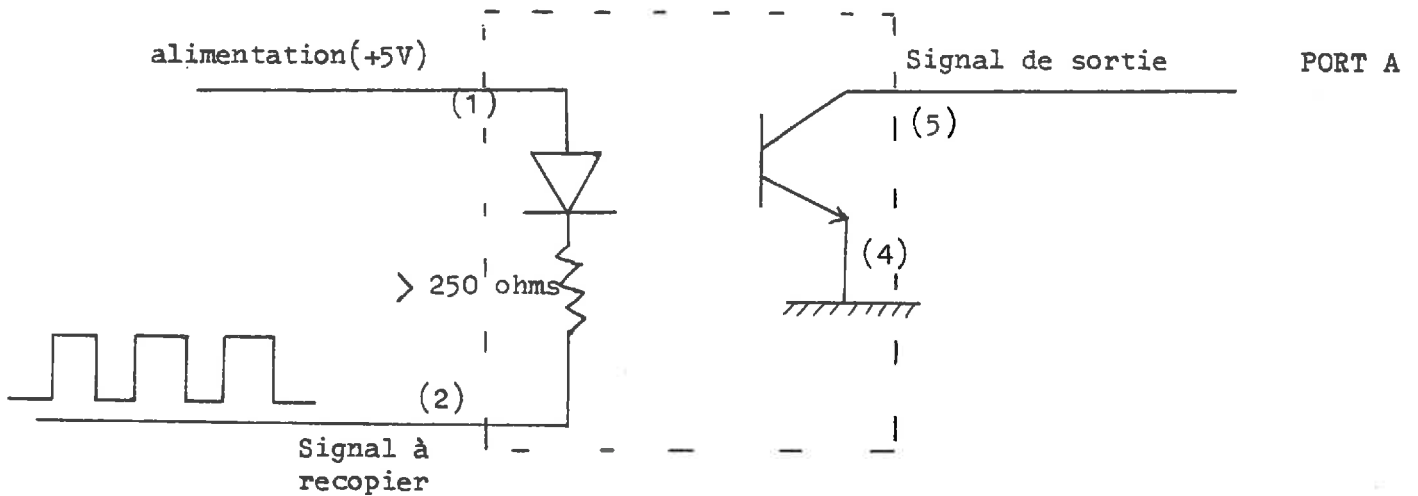
Figure 7

Schéma interne du photocoupleur TIL 111



Lorsque la diode conduit, elle envoie un signal optique au transistor pour l'amorcer

Schéma de câblage



Ce schéma ne fonctionne que pour le port A
 Si le signal d'entrée est à '0' la diode conduit et le port A est forcé à la masse
 Si le signal d'entrée est à '1' le port A reste à sa valeur d'origine qui est '1'

Figure 8

V.2. La solution retenue

Le programme que nous réalisons doit comporter :

- un test de repérage du début de la courbe pour pouvoir commencer l'acquisition.
- l'acquisition du bruit de fond avec le gain G pendant une période la plus longue possible.
- l'acquisition de l'ensemble des points du spectre sur 16 bits.
- l'acquisition du bruit de fond avec le gain unitaire pendant une période la plus longue possible.

Toutes ces opérations doivent se dérouler trois fois de façon à acquérir trois courbes.

VI. REALISATION D'UN PROGRAMME BASIC EN FONCTION DE CELUI REALISE EN ASSEMBLEUR

Le programme basic que nous réalisons doit d'abord demander certains paramètres (date, gain, nom de l'échantillon, paramètres de la courbe d'étalonnage). Il doit ensuite signaler de connecter le DRAGON pour commencer l'acquisition, il doit appeler le sous-programme en langage machine et enfin signaler de déconnecter le DRAGON quand le programme est terminé. Il doit alors calculer les bruits de fond en les ramenant à 100 millisecondes et repérer les sommets des pics, mais cela que dans la plus petite bande possible de la raie, de manière à diminuer le plus possible le risque d'un parasite.

Maintenant, nous pouvons commencer la partie de traitement, dès que nous avons effectué les corrections indiquées sur le tableau (voir **Chapitre III**, paragraphe **III.2.**). Nous calculons les rapports, les teneurs, en négligeant celles des pics 30 si elles sont inférieures à 10 %. Après, nous calculons les excès isotropiques de l'échantillon à partir de la courbe d'étalonnage correspondante, puis nous effectuons la moyenne sur les trois spectres.

VII. COMMENT LIER UN PROGRAMME BASIC ET UN SOUS-PROGRAMME EN ASSEMBLEUR SUR LE DRAGON

Pour sauvegarder un programme basic, nous utilisons bien sûr l'instruction SAVE "nom".

Pour le programme en assembleur, nous devons faire :

```
SAVE "nom", &H ( départ), &H ( fin), &H ( départ)
```

Dans le programme basic, nous devons charger le sous-programme assembleur par l'instruction LOAD"nom.BIN" et pour l'exécuter nous devons faire EXEC &H (départ).

On note que le sous-programme assembleur est compilé.

VII. LE PROGRAMME FINAL

Nous donnons ici tous les organigrammes et tous les programmes basic et assembleurs qui doivent servir.

L'instruction OPEN "0", -2, "OUT PUT" permet d'avoir accès à l'imprimante.

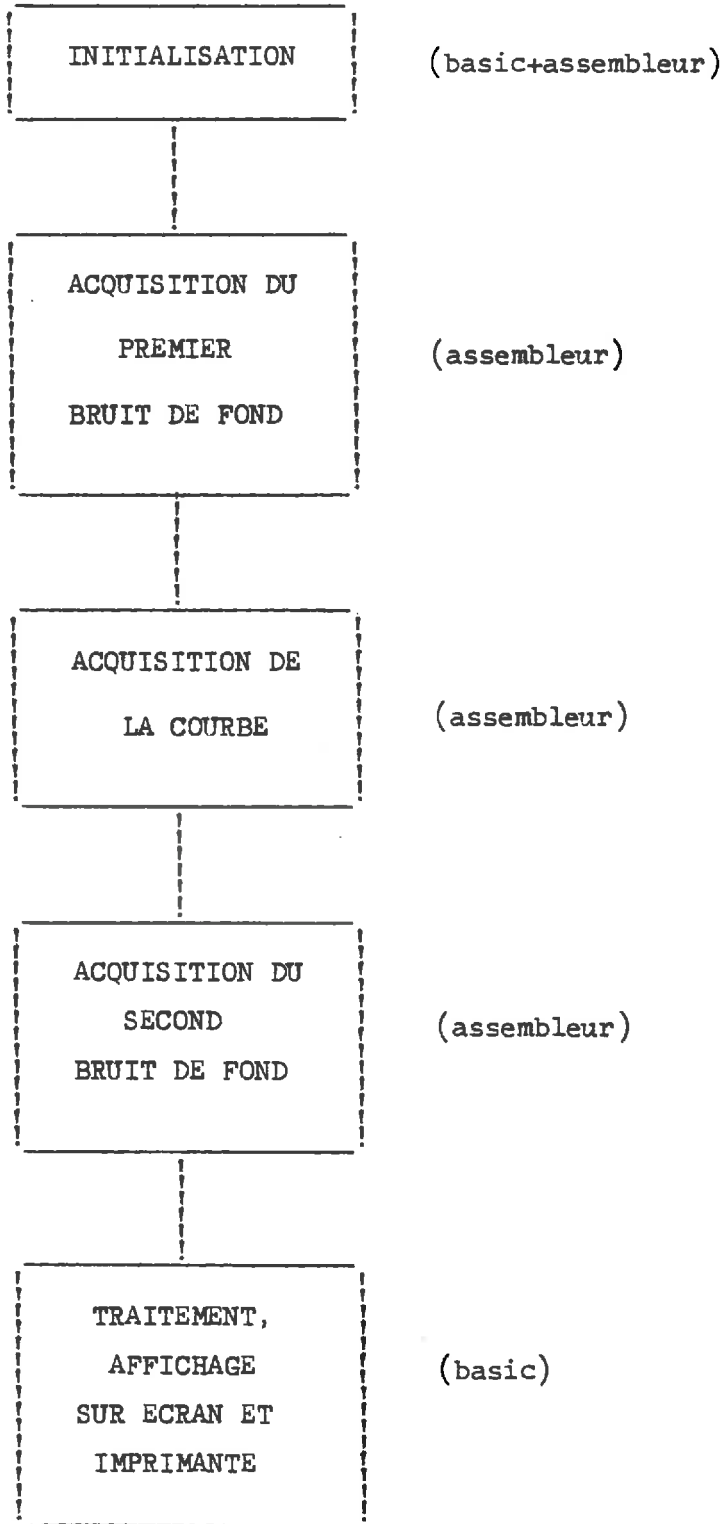
Pour écrire sur l'imprimante, on utilise l'instruction PRINT -2,....

L'instruction CLOSE sert à refermer la ligne vers l'imprimante.

REMARQUE :

Aucune adresse d'acquisition et certaines durées (comme celles des bruits de fond) n'étant pas encore connues car nous n'avons pas pu faire d'essais sur le spectromètre, nous avons mis le nombre 99.

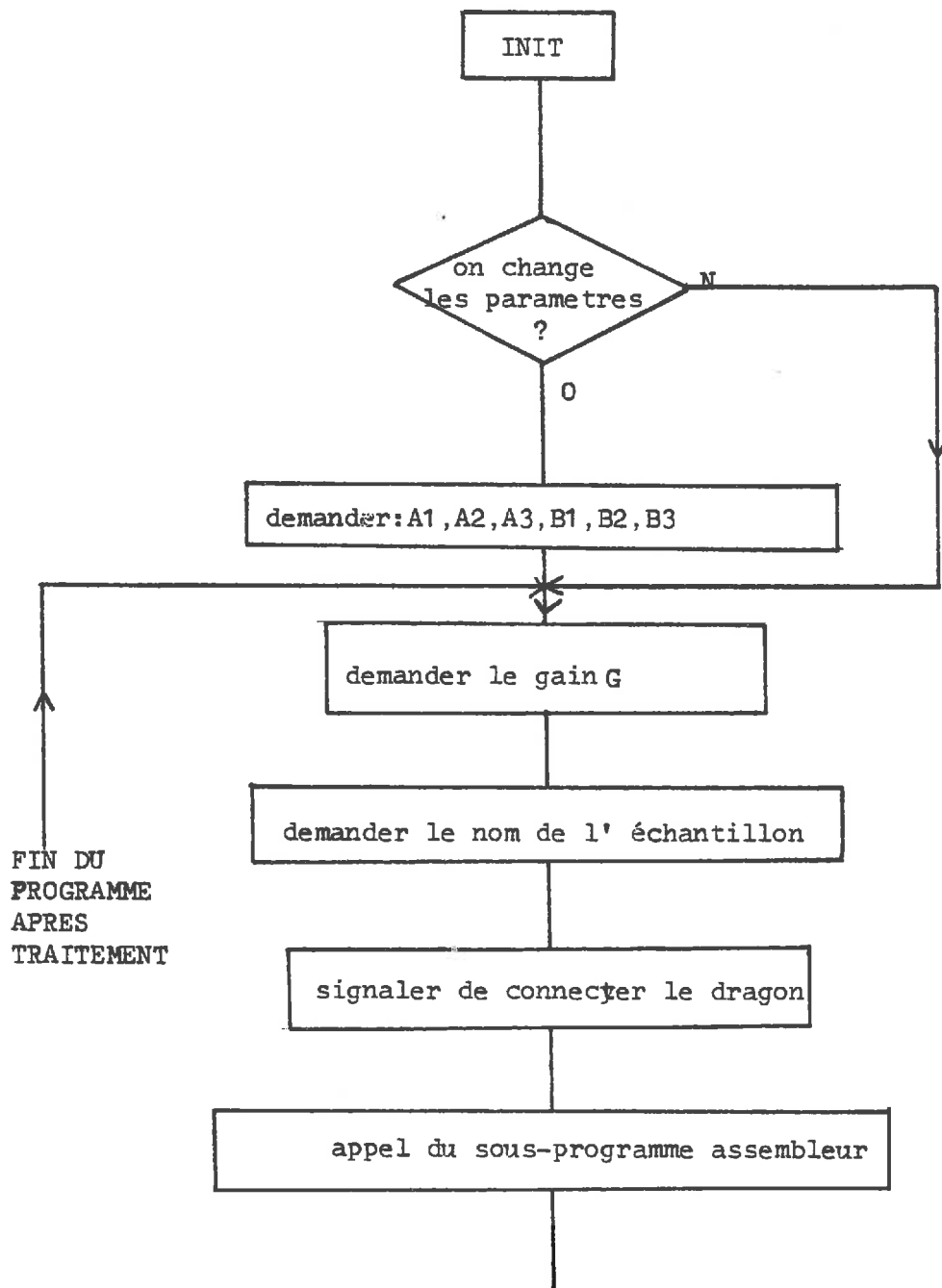
ORGANIGRAMME GENERAL:



NB: Les 3 programmes d'acquisition ne tiennent pas compte du fait que l'on fait un relevé sur trois courbes.

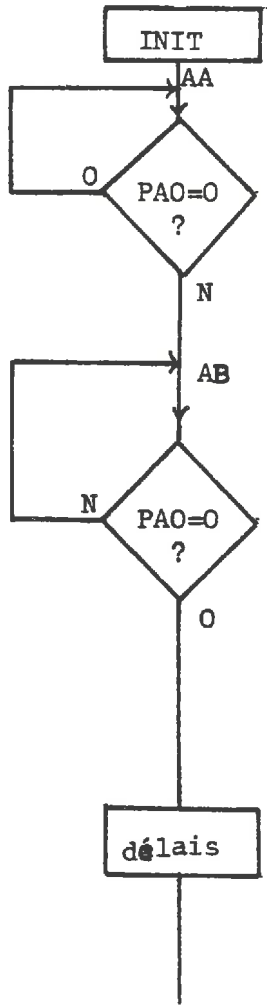
PROGRAMME D'INITIALISATION: Organigramme:

Partie basic:



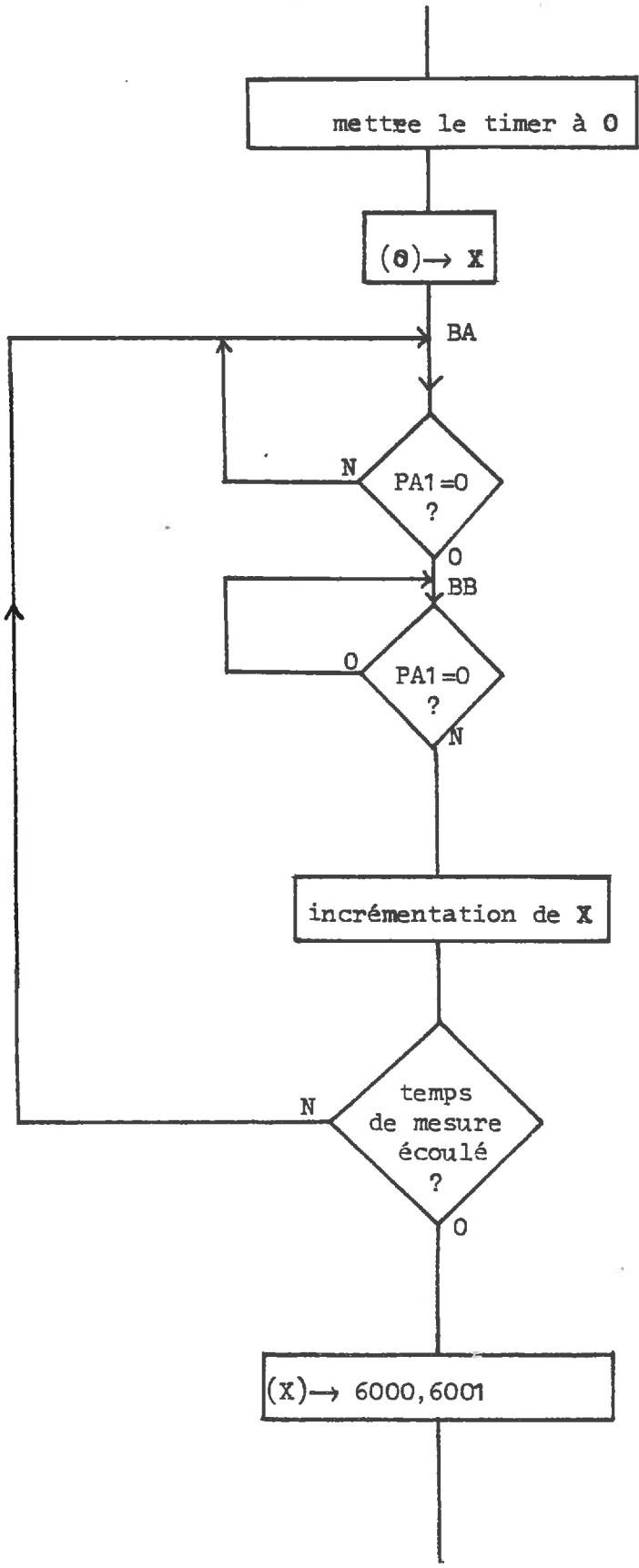
NB: A1, A2, A3, B1, B2, B3 sont les parametres servant à rectifier les erreurs causées par la méthode employée

partie assembleur:



NB: Le délais est un délais précis du au decallage dans le temps des deux interrupteurs: il sera mesuré lors de la mise au point de l'appareil.
PAO correspond au joystick right

ACQUISITION DU PREMIER BRUIT DE FOND ET DU SECOND:
 ~~~~~

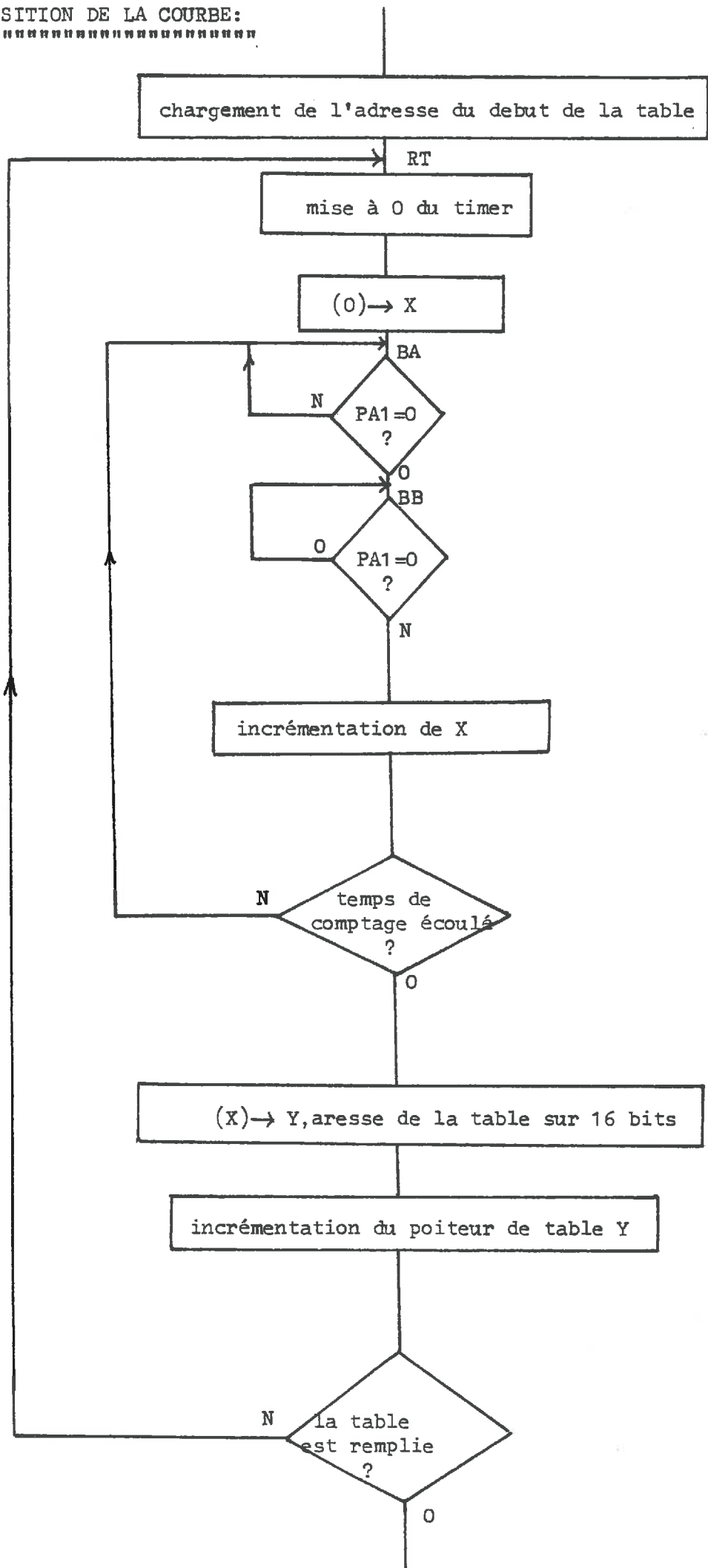


NB:PA1 correspond au joystick left.  
 Pour le deuxième bruit de fond on stocke X dans 6100,6101



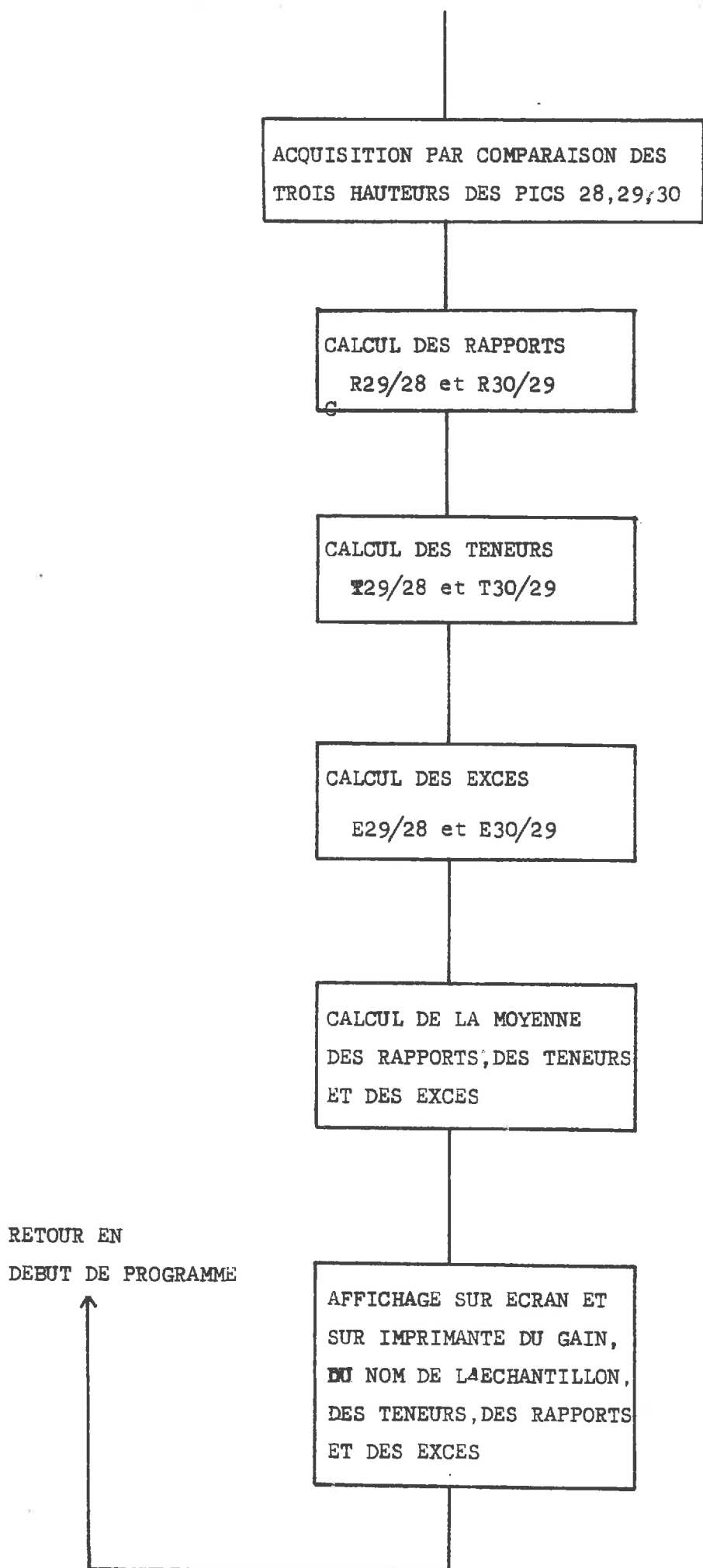
ACQUISITION DE LA COURBE:

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX



NB:X est le compteur d'impulsions et Y est le pointeur de table

TRAITEMENT ET AFFI CHAGE:  
\*\*\*\*\*



Sous-programme assembleur

```

*TEST DE REPERAGE DU DEBUT DE LA
*COURBE
AA      LDA      $FF00
        ANDA     #1
        CMPA     #0
        BEQ      AA
AB      LDA      $FF00
        ANDA     #1
        CMPA     #0
        BNE     AB
        CLR      #112
        CLR      #113
AC      LDA      #113
        CMPA     #99
        BLO     AC
*ACQUISITION DU PREMIER BRUIT DE
*FOND (B1)
RR      CLR      $4FFF
        CLR      #112
        CLR      #113
        LDX     #0
BA      LDA      $FF00
        ANDA     #2
        CMPA     #0
        BNE     BA
BB      LDA      $FF00
        ANDA     #2
        CMPA     #0
        BEQ     BB
        LEAX    1,X
        LDA      #113
        CMPA     #99
        BLO     BA
        LDA      $4FFF
        CMPA     #0
        BLS     BC
        CMPA     #1
        BLS     BD
        CMPA     #2
        BLS     BE
BC      STX      $5000
        BRA      BZ
BD      STX      $5002
        BRA      BZ
BE      STX      $5004
*ACQUISITION DES COURBES
BZ      LDA      $4FFF
        CMPA     #0
        BLS     CC
        CMPA     #1
        BLS     CD
        CMPA     #2
        BRA      CE
*COURBE NO 1
CC      NOP
T1      EQU     $5000
        LDY     #T1
RT1     CLR      #112
        CLR      #113
        LDX     #0
CA1     LDA      $FF00
        ANDA     #2
        CMPA     #0
        BNE     CA1
CB1     LDA      $FF00
        ANDA     #2
        CMPA     #0
        BEQ     CB1
        LEAX    1,X
        LDA      #113
        CMPA     #5
        BLO     CA1
        STX      ,Y
        LEAY    2,Y
        CMPY    #T1+99
        BLS     RT1
        BRA     DZ
*COURBE NO 2
CD      NOP
T2      EQU     $5500
        LDY     #T2
RT2     CLR      #112
        CLR      #113
        LDX     #0
CA2     LDA      $FF00
        ANDA     #2
        CMPA     #0
        BNE     CA2
CB2     LDA      $FF00
        ANDA     #2
        CMPA     #0
        BEQ     CB2
        LEAX    1,X
        LDA      #113
        CMPA     #5
        BLO     CA2
        STX      ,Y
        LEAY    2,Y
        CMPY    #T2+99
        BLS     RT2
        BRA     DZ
*COURBE NO 3
CE      NOP
T3      EQU     $6500
        LDY     #T3
RT3     CLR      #112
        CLR      #113
        LDX     #0
CA3     LDA      $FF00
        ANDA     #2
        CMPA     #0
        BNE     CA3
CB3     LDA      $FF00
        ANDA     #2
        CMPA     #0
        BEQ     CB3
        LEAX    1,X
        LDA      #113
        CMPA     #5
        BLO     CA3

```

```

      STX    JY
      LEAY  2,JY
      CMFY  #T3+99
      BLS   RT3
*ACQUISITION DU SECOND BRUIT DE
*FOND (B2)
DZ    CLR   #112
      CLR   #113
      LDX   #0
DA    LDA   $FF00
      ANDA  #2
      CMPA  #0
      BNE   DA
DB    LDA   $FF00
      ANDA  #2
      CMPA  #0
      BEQ   DB
      LEAX  1,X
      LDA   #113
      CMPA  #99
      BLO   DA
      LDA   #4FFF
      CMPA  #0
      BLS   DC
      CMPA  #1
      BLS   DD
      CMPA  #2
      BLS   DE
DC    STX   $6100
      BRA   DF
DD    STX   $6102
      BRA   DF
DE    STX   $6104
      BRA   DG
DF    INC   $4FFF
      LBRA  RR
DG    RTS

```

```

LOAD"ASS.BIN"
) CLEAR 500
) REM LISTE DE 18 ADRESSES
) DATA 9,9,9,9,9,9,9,9,9,9,9,9,9,9,9,9,9,9
) DEF FNA(X)=INT((X+3E-5)*1E5)/1E5
) DEF FNL(X)=PEEK(X)*256+PEEK(X+1)
) DIM D(4),E(4),F(4),FO(6),R(8),T(8),EX(6),TA(6)
) POKE &HFFD7,1
) CLS
) PRINT@230,;:INPUT"RENTREZ LA DATE";D#
) CLS
) RESTORE
) FREAD"PARAMETR";A1
) FREAD"PARAMETR";A2
) FREAD"PARAMETR";A3
) FREAD"PARAMETR";B1
) FREAD"PARAMETR";B2
) FREAD"PARAMETR";B3
) PRINT"LES PARAMETRES SONT:"
) PRINT:PRINT "A1=";A1,"A2=";A2:PRINT
) PRINT"A3=";A3,"B1=";B1:PRINT
) PRINT"B2=";B2,"B3=";B3:PRINT
) PRINT@384,;"VOULEZ VOUS LES CHANGER O/N ";A#=INKEY# :IF A#="" THEN 200
) IF A#<"O" AND A#<"N" THEN GOTO 230
) IF A#="O" THEN GOSUB 1950:GOTO 110
) CLS
) PRINTTAB(14)"saisie"
) PRINT@96,"1-NOM DE L'ECHANTILLON"
) PRINT@192,"2-GAIN"
) PRINT@198,;:INPUT N#
) PRINT@202,;:INPUT G:IF G<1 OR G>5 THEN 310
) PRINT@426,"VALIDATION O/N";:A#=INKEY#:IF A#="" THEN 020
) IF A#<"O" AND A#<"N" THEN GOTO 320
) IF A#="O" THEN GOTO 400
) PRINT@425,"QUEL NUMERO (0=FIN)";A#=INKEY#:IF A#="" THEN 350:NUM =VAL(A#)
) IF NUM =0 THEN GOTO 400
) IF NUM =1 THEN PRINT@138,;:INPUT N#
) IF NUM =2 THEN PRINT@202,;:INPUT G:IF G<1 OR G>5 THEN 380
) GOTO 350
) CLS
) IF G=1 THEN G=99
) IF G=2 THEN G=99
) IF G=3 THEN G=99
) IF G=4 THEN G=99
) IF G=5 THEN G=99
) PRINT "CONNECTEZ LE DRAGON PUIS TAPEZ UNE LETTRE"
) IF INKEY#="" THEN GOTO 470
) CLS
) PRINT @234,"acquisition"
) EXEC &H4E21
) PRINT @231,"FIN D'ACQUISITION"
) PRINT "DECONNECTEZ LE DRAGON PUIS TAPEZ UNE LETTRE"
) IF INKEY#="" THEN GOTO 530
) REM:ACQUISITION DES 6 BRUITS DE FOND
) FO(1)=FNL(&H6000)/99
) FO(2)=FNL(&H6002)/99
) FO(3)=FNL(&H6004)/99
) FO(4)=FNL(&H6100)/99
) FO(5)=FNL(&H6102)/99
) FO(6)=FNL(&H6104)/99
) REM:ACQUISITION DES 3 SOMNETS DES PICS 30
) FOR I=1 TO 3

```

```

30 READ C1:READ C2
40 GOSUB 1420
50 D(I)=ZZ
60 NEXT I
70 REM:ACQUISITION DES 3 SOMMETS DES PICS 29
30 FOR I=1 TO 3
30 READ C1:READ C2
30 GOSUB 1420
40 E(I)=ZZ
50 NEXT I
30 REM:ACQUISITION DES 3 SOMMETS DES PICS 28
40 FOR I=1 TO 3
50 READ C1:READ C2
50 GOSUB 1420
70 F(I)=ZZ
30 NEXT I
30 REM:CALCUL DES RAPPORTS ET DES TENEURS POUR LA COURBE 1
30 FOR I=1 TO 3
10 G0=D(I):G9=E(I):G8=F(I)
20 Q1=FO(I):Q2=FO(I+3)
30 GOSUB 1580
40 R(2*I-1)=RA:R(2*I)=RB
50 T(2*I-1)=TA:T(2*I)=TB
50 NEXT I
70 REM:CALCULS DES EXCES POUR LA COURBE 1
30 FOR I=1 TO 3
90 TA=T(2*I-1):TB=T(2*I)
60 GOSUB 1690
10 EX(2*I-1)=EA:EX(2*I)=EB
20 NEXT I
30 REM:MOYENNE DES HAUTEURS DES PICS 30,29,28
40 D(4)=(D(1)+D(2)+D(3))/3
50 E(4)=(E(1)+E(2)+E(3))/3
60 F(4)=(F(1)+F(2)+F(3))/3
70 REM:MOYENNE DES RAPPORTS R29/28 ET R30/29;MOYENNE DES TENEURS ET DES EXCES
RRESPONDANTS
80 FOR I=1 TO 2
90 R(I+6)=(R(I)+R(I+2)+R(I+4))/3
000 T(I+6)=(T(I)+T(I+2)+T(I+4))/3
010 EX(I+6)=(EX(I)+EX(I+2)+EX(I+4))/3
020 NEXT I
030 REM:AFFICHAGE DE LA DATE,DU NOM ,DU GAIN SUR ECRAN ET IMPRIMANTE
040 CLS
050 PRINT "DATE: ";D$
060 PRINT "NOM DE L'ECHANTILLON: ";N$
070 PRINT "GAIN: ";G
080 OPEN "0",#-2,"OUTPUT"
090 PRINT #-2,TAB(60)"DATE: ";D$
100 PRINT #-2
110 PRINT #-2,TAB(20)"NOM DE L'ECHANTILLON: ";N$
120 PRINT #-2,TAB(20)"GAIN: ";G
130 PRINT#-2
140 PRINT #-2,TAB(10)"A1=";A1;TAB(30)"A2=";A2;TAB(50)"A3=";A3
150 PRINT #-2,TAB(10)"B1=";B1;TAB(30)"B2=";B2;TAB(50)"B3=";B3
160 PRINT#-2
170 PRINT #-2,STRING$(80,"=")
180 REM:AFFICHAGE RESULTATS COURSE 1 SUR ECRAN ET IMPRIMANTE
190 FOR I=1 TO 4
200 IF I<>4 THEN PRINT #-2,"COURSE NO ";I;" : " ELSE PRINT#-2,"MOYENNE : "
210 IF I<>4 THEN PRINT "COURSE NO ";I ELSE PRINT"MOYENNE"
220 Z8=F(I):Z9=E(I):Z0=D(I)
230 U1=R(2*I-1):U2=R(2*I)
240 V1=T(2*I-1):V2=T(2*I)
250 W1=EX(2*I-1):W2=EX(2*I)
260 IF I=4 THEN B=0 ELSE B=1
270 GOSUB1690:GOSUB 1780

```

```

280 IF INKEY#="" THEN GOTO 1230
290 NEXT I
300 CLOSE
310 CLS
320 PRINT@224,"VOULEZ VOUS CONTINUER O/N" :A#=INKEY#: IF A#="" THEN 1320
330 IF A#<>"O" AND A#<>"N" THEN 1320
340 IF A#="O" THEN GOTO 110
350 CLS
360 PRINT@165,"retirez la disquette"
370 PRINT@260,"puis eteignez le dragon"
380 CLOSE
390 GOTO 1390
400 REM:FIN DU PROGRAMME
410 END
420 REM:SP DE REPERAGE DES SOMMETS
430 ZZ=FNL(C1)
440 FOR J=C1 TO C2 STEP 2
450 YA=FNL(J)
460 IF YA>ZZ THEN ZZ=YA
470 NEXT J
480 IF ZZ>800 THEN 1530
490 IF ZZ>700 THEN 1540
500 IF ZZ>600 THEN 1550
510 IF ZZ>400 THEN 1560
520 GOTO 1570
530 ZZ=ZZ+.5
540 ZZ=ZZ+2
550 ZZ=ZZ+1
560 ZZ=ZZ+1
570 RETURN
580 REM:SP DE CALCUL DES RAPPORTS ET DES TENEURS
590 RA=(G9-Q1)/(G8-Q2)/G
600 TA=100*RA/(2+RA)
610 RB=(G8-Q1)/(G9-Q2)/G
620 TB=200*RB/(1+2*RB)
630 RA=FNA(RA)
640 RB=FNA(RB)
650 TA=FNA(TA)
660 TB=FNA(TB)
670 IF TB<(TA/109) THEN TB=0
680 RETURN
690 REM:SP DE CALCUL DES EXCES A L'AIDE DES DIFFERENTS PARAMETRES
700 IF TB=0 THEN 1730
710 IF TB<1.35 THEN EB=A1*TB+B1
720 IF TB<10.35 THEN EB=A2*TB+B2 ELSE EB=A3*TB+B3
730 IF TA<1.35 THEN EA=A1*TA+B1
740 IF TA<10.35 THEN EA=A2*TA+B2 ELSE EA=A3*TA+B3
750 EB=FNA(EB)
760 EA=FNA(EA)
770 RETURN
780 REM:SP D'AFFICHAGE SUR ECRAN ET SUR IMPRIMANTE
790 REM:AFFICHAGE SUR ECRAN
800 IF B0=1 THEN PRINT"H28="Z8,"H29="Z9,"H30="Z0
810 PRINT "R29/28="U1,"R30/29="U2
820 PRINT "T29/28="V1,"T30/29="V2
830 PRINT "E29/28="W1,"E30/29="W2
840 PRINT "-----"
850 REM:AFFICHAGE SUR IMPRIMANTE
860 OPEN "O",#-2,"OUTPUT"
870 IF B0=1 THEN PRINT #-2,"H28=";Z8;TAB(25)"H29=";Z9;TAB(50)"H30=";Z0
880 PRINT #-2,"R29/28=";U1;TAB(40)"R30/29=";U2
890 PRINT #-2,"T29/28=";V1;TAB(40)"T30/29=";V2
900 PRINT #-2,"E29/28=";W1;TAB(40)"E30/29=";W2
910 PRINT #-2,STRING$(80,"=")
920 CLOSE
930 RETURN

```

```

040 REM:FICHER CONTENANT LES PARAMETRES A1,A2,A3,B1,B2,B3
050 KILL "PARAMETR.DAT"
060 PRINT@384,STRING$(32,32)
070 FOR I=1 TO 6
080 PRINT@256+32*I, "PARAMETRE ";I):INPUT T(I)
090 FWRITE"PARAMETR";T(I)
100 NEXT I
110 RETURN
120 REM:LISTE DES VARIABLES UTILISEES DANS LE PROGRAMME
130 REM:D#:DATE
140 REM:ASS:SP EN ASSEMBLEUR
150 REM:A$:VARIABLE DE CHOIX
160 REM:A1,A2,A3,B1,B2,B3:PARAMETRES SERVANT AU CALCUL DES EXCES
170 REM:N#:NOM DE L'ECHANTILLON
180 REM:G:GAIN
190 REM:FO(1),FO(2),FO(3):BRUITS DE FOND AVEC LE GAIN G
200 REM:FO(4),FO(5),FO(6):BRUITS DE FOND AVEC LE GAIN 1
210 REM:C1,C2:@ DEBUT ET @ FIN OU ON REPERE LE SOMMET
220 REM:D(1),E(1),F(1):HAUTEUR DES 3 PICS DE LA PREMIERE COURBE
230 REM:D(2),E(2),F(2):IDEM POUR LA SECONDE COURBE
240 REM:D(3),E(3),F(3):IDEM POUR LA TROISIEME COURBE
250 REM:T(1),T(2),T(3),T(4),T(5),T(6):TENEURS
260 REM:R(1),R(2),R(3),R(4),R(5),R(6):RAPPORTS
270 REM:EX(1),EX(2),EX(3),EX(4),EX(5),EX(6):EXCES
280 REM:D(4),E(4),F(4):MOYENNES DES HAUTEURS
290 REM:R7,R8,T7,T8,E7,E8:MOYENNES DES RAPPORTS,DES TENEURS,DES EXCES
300 REM:LES AUTRES VARIABLES UTILISEES SONT DES INTERMEDIAIRES SERVANT POUR LES
SOUS-PROGRAMMES

```



Exécution du programme

DATE: 06/06/85

NOM DE L'ECHANTILLON: RR22  
GAIN: 99

A1= 1  
B1= 4

A2= 2  
B2= 5

A3= 3  
B3= 6

=====

COURBE NO 1:

|                     |         |                    |
|---------------------|---------|--------------------|
| H28= 40             | H29= 40 | H30= 40            |
| R29/28= .0224799999 |         | R30/29= 2.22145999 |
| T29/28= 1.10952     |         | T30/29= 81.6272497 |
| E29/28= 5.10956999  |         | E30/29= 81.6272497 |

=====

COURBE NO 2:

|                     |         |                    |
|---------------------|---------|--------------------|
| H28= 250.881799     | H29= 40 | H30= 40            |
| R29/28= .0224799999 |         | R30/29= 2.22145999 |
| T29/28= 1.10952     |         | T30/29= 81.6272497 |
| E29/28= 5.10956999  |         | E30/29= 250.881799 |

=====

COURBE NO 3:

|                     |         |                    |
|---------------------|---------|--------------------|
| H28= 40             | H29= 40 | H30= 40            |
| R29/28= .0224799999 |         | R30/29= 2.22145999 |
| T29/28= 1.10952     |         | T30/29= 81.6272497 |
| E29/28= 5.10956999  |         | E30/29= 250.881799 |

=====

MOYENNE:

|                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| R29/28= .0224799999 | R30/29= 2.22145999 |
| T29/28= 1.10952     | T30/29= 81.6272497 |
| E29/28= 5.10956999  | E30/29= 250.881799 |

DATE: 06/06/85

NOM DE L'ECHANTILLON: RR23  
GAIN: 99

A1= 1  
B1= 4

A2= 2  
B2= 5

A3= 3  
B3= 6

=====

COURBE NO 1:

|                     |         |                    |
|---------------------|---------|--------------------|
| H28= 40             | H29= 40 | H30= 40            |
| R29/28= .0224799999 |         | R30/29= 2.22145999 |
| T29/28= 1.10952     |         | T30/29= 81.6272497 |
| E29/28= 5.10956999  |         | E30/29= 81.6272497 |

=====

COURBE NO 2:

|                     |         |                    |
|---------------------|---------|--------------------|
| H28= 250.881799     | H29= 40 | H30= 40            |
| R29/28= .0224799999 |         | R30/29= 2.22145999 |
| T29/28= 1.10952     |         | T30/29= 81.6272497 |
| E29/28= 5.10956999  |         | E30/29= 250.881799 |

=====

COURBE NO 3:

|                     |         |                    |
|---------------------|---------|--------------------|
| H28= 40             | H29= 40 | H30= 40            |
| R29/28= .0224799999 |         | R30/29= 2.22145999 |
| T29/28= 1.10952     |         | T30/29= 81.6272497 |
| E29/28= 5.10956999  |         | E30/29= 250.881799 |

=====

MOYENNE:

|                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| R29/28= .0224799999 | R30/29= 2.22145999 |
| T29/28= 1.10952     | T30/29= 81.6272497 |
| E29/28= 5.10956999  | E30/29= 250.881799 |

## CONCLUSION

Cette étude, bien qu'inachevée à la fin du stage, a néanmoins permis de progresser de manière importante en vue de l'automatisation. Deux points importants ont été résolus :

- d'une part l'acquisition des données sans laquelle l'automatisation n'aurait pas été possible,
- et d'autre part, l'établissement des organigrammes à partir desquels nous avons pu tirer nos programmes sans difficultés majeures.

Nous avons ainsi obtenu ce résultat en suivant une démarche qui peut se résumer de la manière suivante :

- La prise de contact avec les utilisateurs et avec la machine en vue de ce qui est souhaité, ce qui peut être réalisé et s'il est possible d'aboutir à un compromis.

- Une fois cette étape franchie, il faut trouver le système répondant le mieux au but que l'on s'est fixé, qui soit compatible avec le budget fixé et enfin qui soit disponible dans un délai raisonnable. Cette partie de décision, importante, dépend tout autant de facteurs indépendants du système étudié que de ce système lui-même.

Puis, une fois que le système choisi est disponible et que nous savons qu'il est compatible avec le but recherché, nous pouvons passer à la partie suivante qui est la réalisation pratique, au cours de laquelle de nouveaux problèmes, indépendants de notre volonté, apparaissent. Ce sont :

- Trouver la documentation
- Trouver le spécialiste susceptible de nous aider
- Des problèmes de fiabilité du matériel qui est acheté.

Ces quelques points précis définissent assez bien dans leur ensemble les problèmes qui se posent dans toute automatisation ou réalisation analogues.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**GUIRAUD G. et FARDEAU J.C., 1980 -**

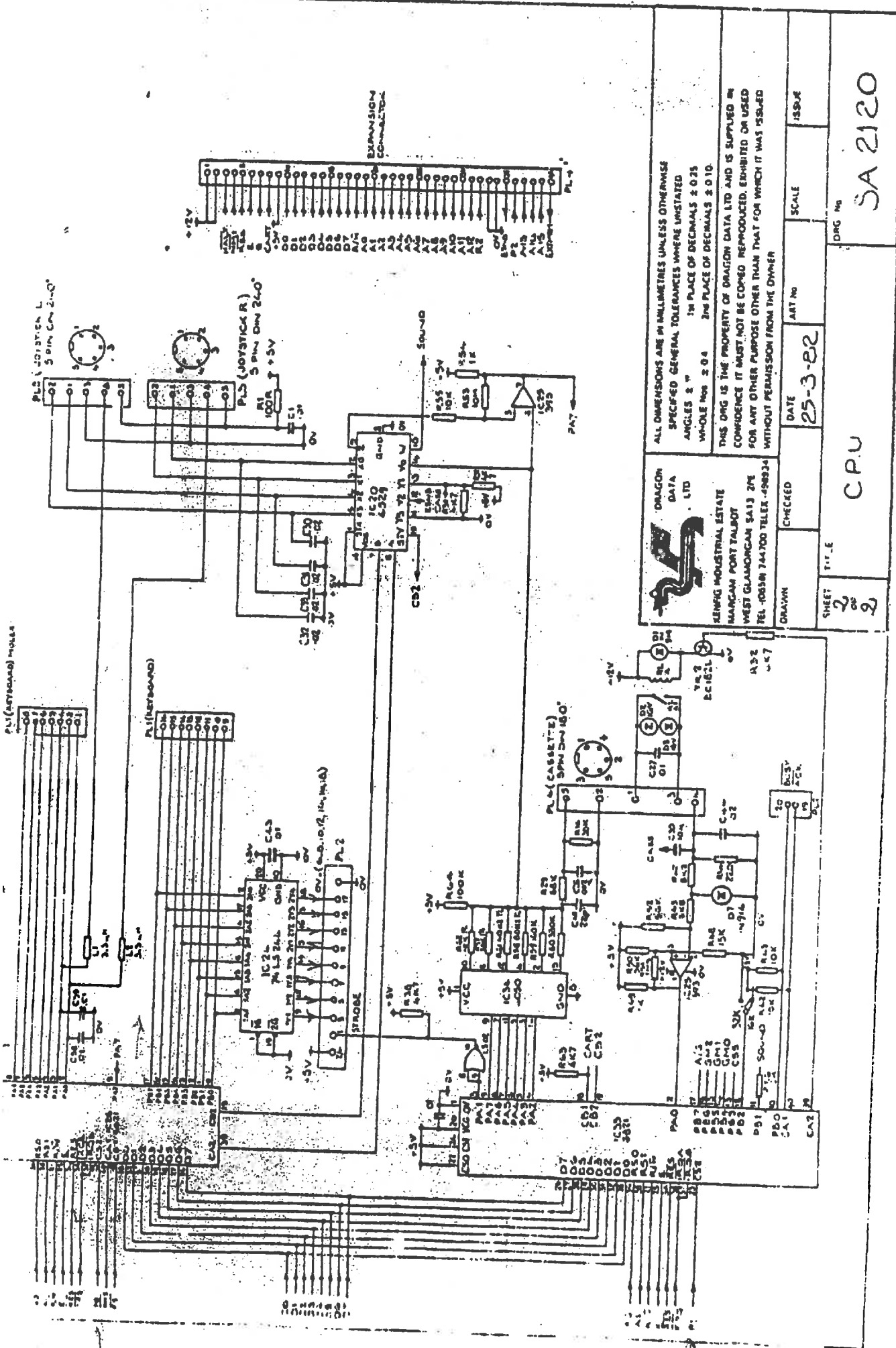
Analisis, V8, n° 4, p. 148-152

**Duncan Sweed et Ian Sommerville - Inside the DRAGON**

**Bui Minh Duc - Programmation en assembleur 6809.**

ANNEXE 1

LE DRAGON

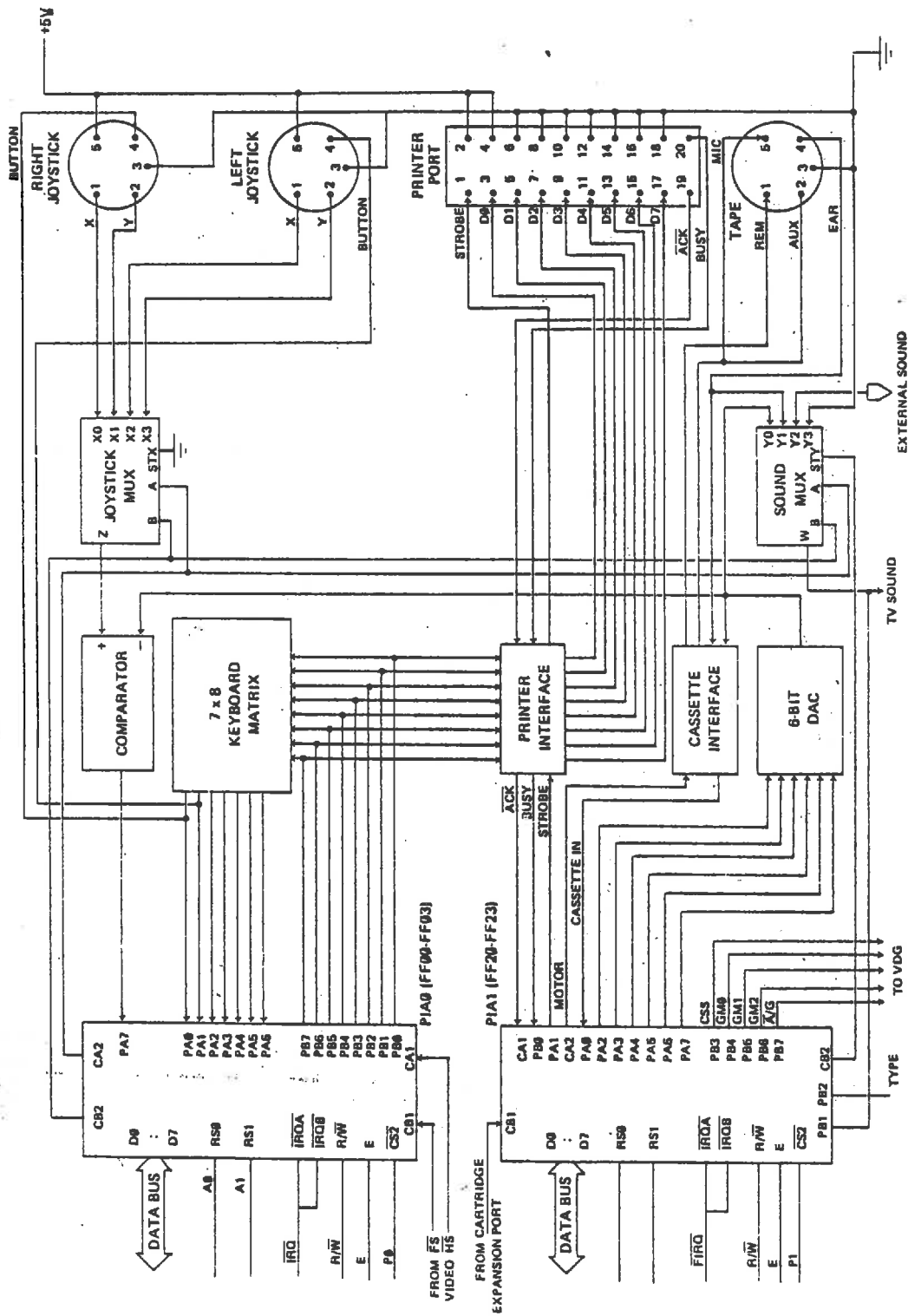


ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETRES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED. GENERAL TOLERANCES WHERE UNSTATED: ANGLES 2°; 1st PLACE OF DECIMALS ± 0.25; 2nd PLACE OF DECIMALS ± 0.10.

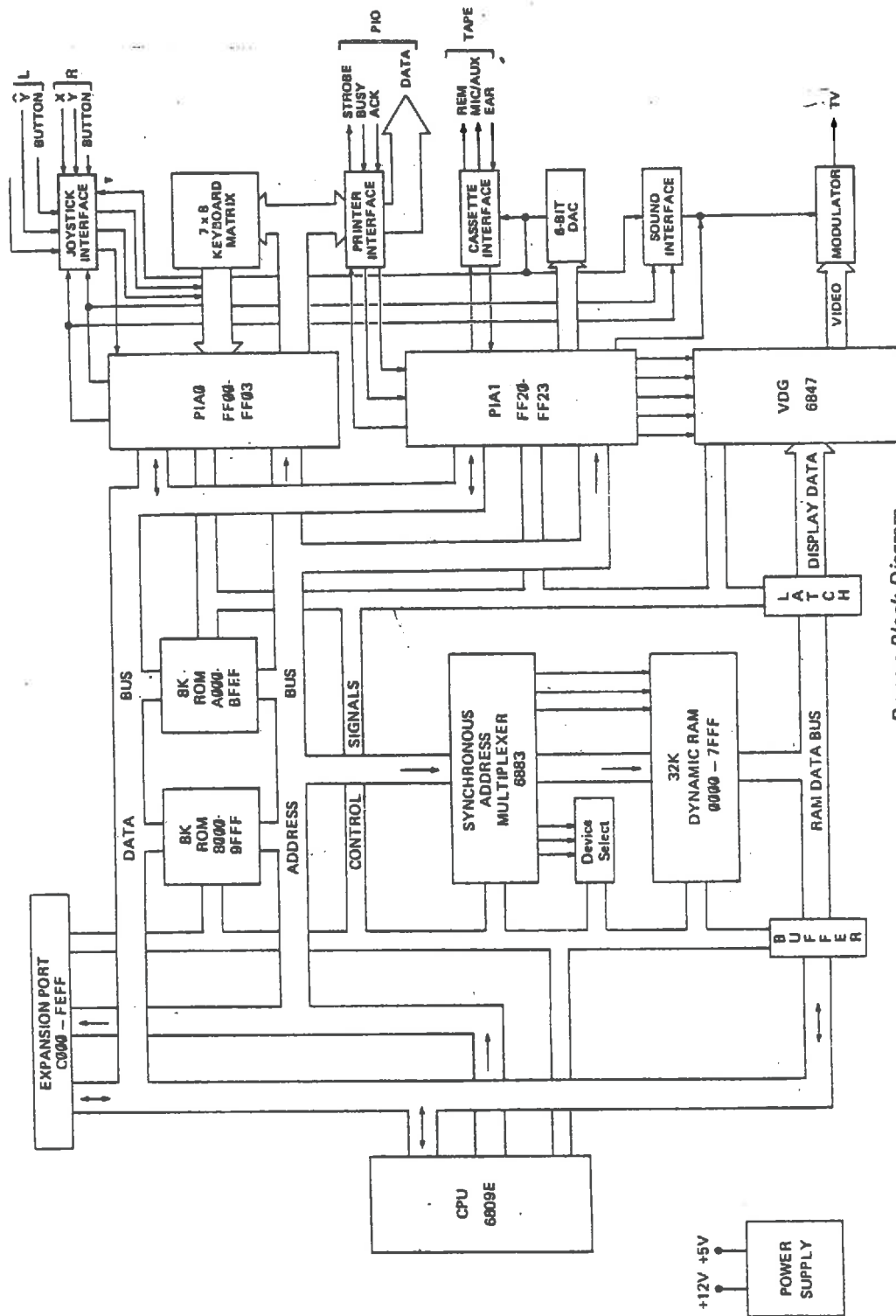
DRAGON DATA LTD  
 KENFIG INDUSTRIAL ESTATE  
 MARGAN PORT TALBOT  
 WEST GLAMORGAN SA13 7PE  
 TEL: 06838 741700 TELEX: 498934

|       |         |         |       |       |
|-------|---------|---------|-------|-------|
| DRAWN | CHECKED | DATE    | SCALE | ISSUE |
|       |         | 25-3-82 |       |       |
| TITLE |         | DRG No  |       |       |
| CPU   |         | SA 2120 |       |       |
| SHEET |         |         |       |       |
| 2     |         |         |       |       |
| 2     |         |         |       |       |

90



The Dragon's I/O hardware



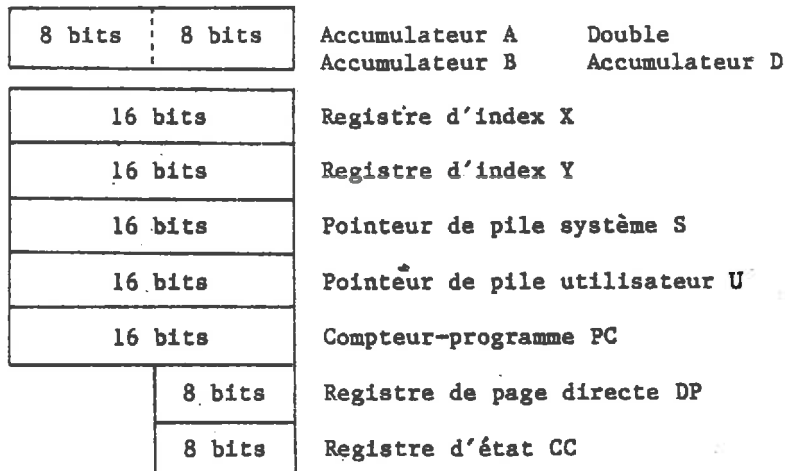
Dragon Block Diagram

ANNEXE 2

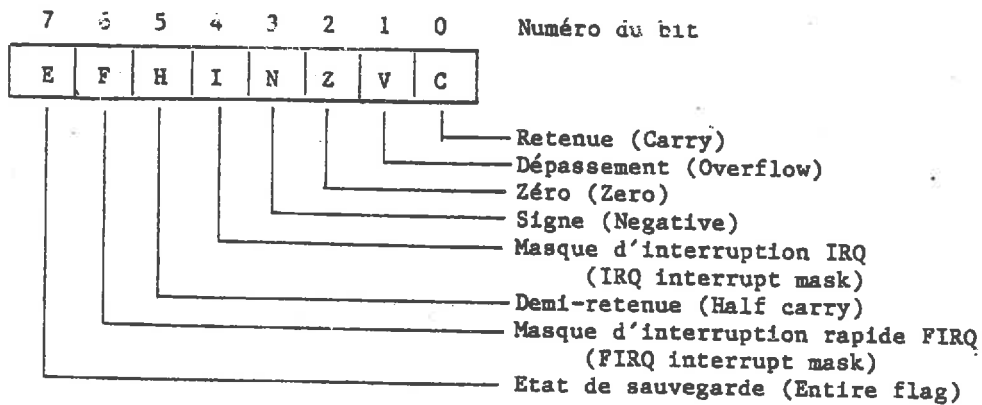
LE MICROPROCESSEUR 6809



Registres internes du processeur 6809.



Registre d'état du 6809.



## RÉSUMÉ DES INSTRUCTIONS 6809

### Signification des abréviations

- Mnémon. : Mnémonique des instructions ou code assembleur
- Inhér. : Code hexadécimal en mode d'adresse inhérent
- Imméd. : Code hexadécimal en mode d'adresse immédiat
- Étendu : Code hexadécimal en mode d'adresse étendu
- Direct : Code hexadécimal en mode d'adresse direct avec base
- Ind. : Code hexadécimal en mode d'adresse indirect ou indirect
- Op. : Orcode en hexadécimal
- © : Nombre de cycles-machine. Lorsqu'il est suivi d'un signe +, le nombre total de cycles s'obtient en ajoutant à la valeur inscrite la valeur supplémentaire contenue dans le tableau des modes indexés
- # : Nombre d'octets englobant l'encombrement mémoire. Lorsqu'il est suivi d'un signe +, le nombre total d'octets s'obtient en ajoutant à la valeur inscrite la valeur supplémentaire contenue dans le tableau des modes indexés
- A, B, D, DP, CC, PC, X, Y, S, U : Registres internes du 6809
- (M), (MM) : Contenu d'une mémoire 8 bits ou 16 bits
- C, V, Z, N, I, H, F, E : Bits d'état du registre CC (voir paragraphe II.6)
- Signe : Bit d'état non affecté par l'opération
- Signe ? : Bit d'état affecté, mais résultat non significatif
- Signe X : Bit d'état affecté par l'opération

| Mnémon.                                                              | Inhér.  | Imméd.  | Étendu  | Direct  | Ind.    | Res. d'état       |
|----------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|
|                                                                      | Op. & # | Op. & # | Op. & # | Op. & # | Op. & # | E F H I N Z V C   |
| Addition non signée (B) + (X) --> (X).                               |         |         |         |         |         |                   |
| ABX                                                                  | 3A 3 1  |         |         |         |         | . . . . .         |
| Addition avec retenue (A ou B) + (M) + (C) --> (A ou B)              |         |         |         |         |         |                   |
| ADCA                                                                 | B9 2 2  | B9 5 3  | 99 4 2  | A9 4 2+ | A9 4 2+ | . . X . X X X X   |
| ADCB                                                                 | C9 2 2  | F9 5 3  | D9 4 2  | E9 4 2+ | E9 4 2+ | . . X . X X X X   |
| Addition simple (A ou B) + (M) --> (A ou B) ; (D) + (MM) --> (D)     |         |         |         |         |         |                   |
| ADDA                                                                 | BB 2 2  | BB 5 3  | 9B 4 2  | AB 4 2+ | AB 4 2+ | . . X . X X X X   |
| ADDB                                                                 | CB 2 2  | FB 5 3  | DB 4 2  | EB 4 2+ | EB 4 2+ | . . X . X X X X   |
| ADDD                                                                 | CB 4 3  | F3 7 3  | D3 6 2  | E3 6 2+ | E3 6 2+ | . . . . .         |
| ET logique (A ou B ou CC) . (M) --> (A ou B ou CC)                   |         |         |         |         |         |                   |
| ANDA                                                                 | B4 2 2  | B4 5 3  | 94 4 2  | A4 4 2+ | A4 4 2+ | . . . . X X O .   |
| ANDB                                                                 | C4 2 2  | F4 5 3  | D4 4 2  | E4 4 2+ | E4 4 2+ | . . . . X X O .   |
| ANDCC                                                                | 1C 3 2  |         |         |         |         | X X X X X X X X   |
| Décalage arithmétique à gauche (C) <-- b7b6b5b4b3b2b1b0 <-- 0        |         |         |         |         |         |                   |
| ASL                                                                  | 48 2 1  |         | 7B 7 3  | 0B 6 2  | 6B 6 2+ | . . ? . X X X X X |
| ASLA                                                                 | 58 2 1  |         |         |         |         | . . ? . X X X X X |
| ASLB                                                                 |         |         |         |         |         | . . ? . X X X X X |
| Décalage arithmétique à droite b7 --> b7b6b5b4b3b2b1b0 --> (C)       |         |         |         |         |         |                   |
| ASR                                                                  | 47 2 1  |         | 77 7 3  | 07 6 2  | 67 6 2+ | . . ? . X X X X X |
| ASRA                                                                 | 57 2 1  |         |         |         |         | . . ? . X X X X X |
| ASRB                                                                 |         |         |         |         |         | . . ? . X X X X X |
| Test de bit (A ou B) . (M) . (A ou B) non modifié, seul (CC) affecté |         |         |         |         |         |                   |
| BITA                                                                 | B5 2 2  | B5 5 3  | 95 4 2  | A5 4 2+ | A5 4 2+ | . . . . . X X O . |
| BITB                                                                 | C5 2 2  | F5 5 3  | D5 4 2  | E5 4 2+ | E5 4 2+ | . . . . . X X O . |

| Mnémon.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Inhér.   | Imméd.   | Étendu   | Direct    | Ind.      | Res. d'état         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|---------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Op. & #  | Op. & #  | Op. & #  | Op. & #   | Op. & #   | E F H I N Z V C     |
| Mise à 0 (0) --> (A ou B ou M)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |          |          |           |           |                     |
| CLR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 4F 2 1   |          | 7F 7 3   | 0F 6 2    | 6F 6 2+   | . . . . . 0 1 0 0   |
| CLRA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 5F 2 1   |          |          |           |           | . . . . . 0 1 0 0   |
| CLRB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |          |          |           |           | . . . . . 0 1 0 0   |
| Comparaison et action sur (CC). Registres Intacts. (A ou B) - (M)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |          |          |           |           |                     |
| (D ou S ou U ou X ou Y) - (MM)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |          |          |           |           |                     |
| CMPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | B1 2 2   | B1 5 3   | 91 4 2   | A1 4 2+   | A1 4 2+   | . . ? . X X X X X   |
| CMPB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | C1 2 2   | F1 5 3   | D1 4 2   | E1 4 2+   | E1 4 2+   | . . ? . X X X X X   |
| CMPD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10B3 5 4 | 10B3 8 4 | 1093 7 3 | 10A3 7 3+ | 10A3 7 3+ | . . . . . X X X X X |
| CMPB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 11B3 5 4 | 11B3 8 4 | 119C 7 3 | 11A3 7 3+ | 11A3 7 3+ | . . . . . X X X X X |
| CMPU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 11B3 5 4 | 11B3 8 4 | 1193 7 3 | 11A3 7 3+ | 11A3 7 3+ | . . . . . X X X X X |
| CMPX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | BC 4 3   | BC 7 3   | 9C 6 2   | AC 6 2+   | AC 6 2+   | . . . . . X X X X X |
| CMPLY                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 10B3 5 4 | 10B3 8 4 | 109C 7 3 | 10A3 7 3+ | 10A3 7 3+ | . . . . . X X X X X |
| Complémentation logique des registres B bits                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |          |          |           |           |                     |
| COM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 43 2 1   |          | 73 7 3   | 03 6 2    | 63 6 2+   | . . . . . X X O 1   |
| COMA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 53 2 1   |          |          |           |           | . . . . . X X O 1   |
| COMB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |          |          |           |           | . . . . . X X O 1   |
| Ajustement décimal de l'accumulateur A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |          |          |           |           |                     |
| DAA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 19 2 1   |          |          |           |           | . . . . . X X X X X |
| Décrémentation (M ou A ou B) - 1 --> (M ou A ou B)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |          |          |           |           |                     |
| DEC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |          | 7A 7 3   | 0A 6 2    | 6A 6 2+   | . . . . . X X X .   |
| DECA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4A 2 1   |          |          |           |           | . . . . . X X X .   |
| DECB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 5A 2 1   |          |          |           |           | . . . . . X X X .   |
| OU exclusif (A ou B) ⊕ (M) --> (A ou B)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |          |          |           |           |                     |
| EORR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | BB 2 2   | BB 5 3   | 9B 4 2   | AB 4 2+   | AB 4 2+   | . . . . . X X O .   |
| EORB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CB 2 2   | FB 5 3   | DB 4 2   | EB 4 2+   | EB 4 2+   | . . . . . X X O .   |
| Echange de deux registres                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |          |          |          |           |           |                     |
| EXGR1,R2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1E.. 8 2 |          |          |           |           |                     |
| R1 et R2 doivent être de même type. B ou 16 bits.<br>L'instruction complète s'obtient en ajoutant le post-<br>octet au code 1E. Le post-octet est formé de 2 demi-<br>octets dont les valeurs possibles sont:<br>D : 0 X : 1 Y : 2 U : 3 B : 4<br>PC : 5 A : B B : 9 CC : A DP : B<br>Exemple: EXG A,B est traduit par 1E 89 ou 1E 9B<br>EXG X,Y est traduit par 1E 12 ou 1E 21<br>Aucun bit du registre d'état n'est affecté à moins que<br>le registre échangé soit CC lui-même |          |          |          |           |           |                     |
| Incrémentation (M ou A ou B) + 1 --> (M ou A ou B)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |          |          |           |           |                     |
| INC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |          | 7C 7 3   | 0C 6 2    | 6C 6 2+   | . . . . . X X X .   |
| INCA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4C 2 1   |          |          |           |           | . . . . . X X X .   |
| INCB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 5C 2 1   |          |          |           |           | . . . . . X X X .   |
| Chargement des registres (M) --> (A ou B) ; (MM) --> (D ou S ou U ou X ou Y)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |          |          |           |           |                     |
| LDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | B6 2 2   | B6 5 3   | 96 4 2   | A6 4 2+   | A6 4 2+   | . . . . . X X O .   |
| LDB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | C6 2 2   | F6 5 3   | D6 4 2   | E6 4 2+   | E6 4 2+   | . . . . . X X O .   |
| LDD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | CC 3 3   | FC 6 3   | DC 5 2   | EC 5 2+   | EC 5 2+   | . . . . . X X O .   |
| LDS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 10CE 4 4 | 10FE 7 4 | 10DE 6 3 | 10EE 6 3+ | 10EE 6 3+ | . . . . . X X O .   |
| LDU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | CE -3 3  | FE 6 3   | DE 5 2   | EE 5 2+   | EE 5 2+   | . . . . . X X O .   |
| LDX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | BE 3 3   | FE 6 3   | 9E 5 2   | AE 5 2+   | AE 5 2+   | . . . . . X X O .   |
| LDY                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 10BE 4 4 | 10BE 7 4 | 109E 6 3 | 10AE 6 3+ | 10AE 6 3+ | . . . . . X X O .   |

| Mnemo.                              | Inhér.              |         | Imméd.   |         | Etendu                       |         | Direct      |         | Ind. |         | Res. d'état                |
|-------------------------------------|---------------------|---------|----------|---------|------------------------------|---------|-------------|---------|------|---------|----------------------------|
|                                     | Op.                 | Op. e # | Op.      | Op. e # | Op.                          | Op. e # | Op.         | Op. e # | Op.  | Op. e # |                            |
| SBCB                                |                     |         | C2       | 2 2     | F2                           | 5 3     | D2          | 4 2     | E2   | 4+ 2+   | . . . ? . X X X X X        |
| Extension de signe.                 | 1D                  | 2 1     | FF       | -->     | (A) si b7 de (B) égal à 1, 0 | -->     | (A) si b7=0 |         |      |         | . . . . . X X . .          |
| SEX                                 |                     |         |          |         |                              |         |             |         |      |         | . . . . . X X . .          |
| Mise en mémoire de registres        |                     |         | (A ou B) | -->     | (M)                          |         |             |         |      |         | . . . . . X X O .          |
| STA                                 |                     |         | B7       | 5 3     | 197                          | 4 2     | A7          | 4+ 2+   |      |         | . . . . . X X O .          |
| STB                                 |                     |         | F7       | 5 3     | D7                           | 4 2     | E7          | 4+ 2+   |      |         | . . . . . X X O .          |
| STC                                 |                     |         | FD       | 6 3     | DD                           | 5 2     | ED          | 5+ 2+   |      |         | . . . . . X X O .          |
| STD                                 |                     |         | 10FF     | 7 4     | 10DF                         | 6 3     | 10EF        | 6+ 3+   |      |         | . . . . . X X O .          |
| STU                                 |                     |         | FF       | 6 3     | DF                           | 5 2     | EF          | 5+ 2+   |      |         | . . . . . X X O .          |
| STV                                 |                     |         | BF       | 6 3     | 9F                           | 5 2     | AF          | 5+ 2+   |      |         | . . . . . X X O .          |
| STY                                 |                     |         | 10BF     | 7 4     | 109F                         | 6 3     | 10AF        | 6+ 3+   |      |         | . . . . . X X O .          |
| Soustraction (A ou B) - (M) -->     | (A ou B)            | 1 (D)   |          |         |                              |         |             |         |      |         | . . . . . X X X X X        |
| SIUBA                               |                     |         | B0       | 2 2     | B0                           | 5 3     | 90          | 4 2     | AO   | 4+ 2+   | . . . . . ? . X X X X X    |
| SUBB                                |                     |         | CO       | 2 2     | FO                           | 5 3     | DO          | 4 2     | EO   | 4+ 2+   | . . . . . ? . X X X X X    |
| SUBD                                |                     |         | B3       | 4 3     | B3                           | 7 3     | 93          | 6 2     | A3   | 6+ 2+   | . . . . . X X X X X        |
| Transfert de registres B et 16 bits |                     |         |          |         |                              |         |             |         |      |         | . . . . . voir commentaire |
| TFR R1,R2                           | 1F..                | 7 2     |          |         |                              |         |             |         |      |         | . . . . . voir commentaire |
| Test et action sur (CC)             | (M ou A ou B) - (O) |         |          |         |                              |         |             |         |      |         | . . . . . X X O .          |
| TST                                 |                     |         | 7D       | 7 3     | OD                           | 6 2     | 6D          | 6+ 2+   |      |         | . . . . . X X O .          |
| TSTA                                | 4D                  | 2 1     |          |         |                              |         |             |         |      |         | . . . . . X X O .          |
| TSTB                                | 5D                  | 2 1     |          |         |                              |         |             |         |      |         | . . . . . X X O .          |

INSTRUCTIONS IMPLIQUANT UNE RUPTURE DE SEQUENCE

| Mnemo.                                                                    | Inhér. |         | Imméd. |         | Etendu |         | Direct |         | Ind. |         | Res. d'état           |
|---------------------------------------------------------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|------|---------|-----------------------|
|                                                                           | Op.    | Op. e # | Op.    | Op. e # | Op.    | Op. e # | Op.    | Op. e # | Op.  | Op. e # |                       |
| Saut inconditionnel vers une adresse                                      |        |         |        |         |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |
| JMP                                                                       |        |         | 7E     | 4 3     | OE     | 3 2     | 6E     | 3+ 2+   |      |         | . . . . . X X X X X X |
| Saut vers un sous-programme avec sauvegarde de l'adresse de retour        |        |         |        |         |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |
| JSR                                                                       |        |         | 18D    | 8 3     | 9D     | 7 2     | AD     | 7+ 2+   |      |         | . . . . . X X X X X X |
| Retour de sous-programme d'interruption                                   |        |         |        |         |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |
| RTI                                                                       |        |         | 3B     | 6/15 1  |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |
| Retour de sous-programme                                                  |        |         |        |         |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |
| RTS                                                                       |        |         | 39     | 5 1     |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |
| Interruptions locales                                                     |        |         |        |         |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |
| SWI                                                                       |        |         | 3F     | 19 1    |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |
| SWI2                                                                      |        |         | 103F   | 20 2    |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |
| SWI3                                                                      |        |         | 113F   | 20 2    |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |
| SYNC                                                                      |        |         | 113    | 2 1     |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |
| ET lorsque de (CC), avec un opérande immédiat puis attente d'interruption |        |         | 3C     | 20 2    |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |
| CMAI                                                                      |        |         |        |         |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X |

| Mnemo.                                                                                                                                                                                      | Inhér.           |         | Imméd. |               | Etendu |         | Direct |         | Ind. |         | Res. d'état                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------|--------|---------------|--------|---------|--------|---------|------|---------|----------------------------|
|                                                                                                                                                                                             | Op.              | Op. e # | Op.    | Op. e #       | Op.    | Op. e # | Op.    | Op. e # | Op.  | Op. e # |                            |
| Chargement de l'adresse effective                                                                                                                                                           |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| LEAS                                                                                                                                                                                        |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| LEAU                                                                                                                                                                                        |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| LEAX                                                                                                                                                                                        |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| LEAY                                                                                                                                                                                        |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| LSL, LSLA, LSLB sont identiques à ASL, ASLA, ASLB                                                                                                                                           |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| Décalage logique à droite 0 -->                                                                                                                                                             | b7b6b5b4b3b2b1b0 | -->     | (C)    |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| LSR                                                                                                                                                                                         |                  |         | 74     | 7 3           | 04     | 6 2     | 64     | 6+ 2+   |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| LSRA                                                                                                                                                                                        |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| LSRB                                                                                                                                                                                        |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| Multiplication non signée (A) * (B) -->                                                                                                                                                     | (D)              |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| MUL                                                                                                                                                                                         |                  |         | 3D     | 11 1          |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| Complémentation à 2 (O) - (M ou A ou B) -->                                                                                                                                                 | (M ou A ou B)    |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| NEG                                                                                                                                                                                         |                  |         | 70.    | 7 3           | 00     | 6 2     | 60     | 6+ 2+   |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| NEGA                                                                                                                                                                                        |                  |         | 40     | 2 1           |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| NEGB                                                                                                                                                                                        |                  |         | 50     | 2 1           |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| Sans opération                                                                                                                                                                              |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| NOP                                                                                                                                                                                         |                  |         | 12     | 2 1           |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| OU logique (A ou B ou CC) + (M) -->                                                                                                                                                         | (A ou B ou CC)   |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| ORA                                                                                                                                                                                         |                  |         | BA     | 2 2           | BA     | 5 3     | 9A     | 4 2     | AA   | 4+ 2+   | . . . . . X X X X X X      |
| ORB                                                                                                                                                                                         |                  |         | CA     | 2 2           | FA     | 5 3     | DA     | 4 2     | EA   | 4+ 2+   | . . . . . X X X X X X      |
| ORCC                                                                                                                                                                                        |                  |         | 1A     | 3 2           |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| Instructions d'empiement ou de dépiement                                                                                                                                                    |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| PSHS                                                                                                                                                                                        |                  |         | 7      | 6 5 4 3 2 1 0 |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| PSHU                                                                                                                                                                                        |                  |         | 34..   | 5+ 2          |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| PULS                                                                                                                                                                                        |                  |         | 36..   | 5+ 2          |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| PULU                                                                                                                                                                                        |                  |         | 37..   | 5+ 2          |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| PC U/S Y X DP B A CC Res.                                                                                                                                                                   |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . voir commentaire |
| Pour trouver le post-octet correspondant dans une instruction d'empiement ou de dépiement, inscrire un 1 dans la case correspondante, puis calculer la valeur slobale de l'octet. Exemples: |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . voir commentaire |
| PSHS U,X,A,CC a pour code 34 53                                                                                                                                                             |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . voir commentaire |
| PSHS A a pour code 34 02                                                                                                                                                                    |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . voir commentaire |
| Pour PULS et PULU, le registre d'état n'est pas affecté à moins que le dépiement invoque lui-même CC                                                                                        |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . voir commentaire |
| Pour connaître le nombre total de cycles requis, ajouter à la valeur de base 5, 1 cycle pour chaque registre B bits et 2 cycles pour chaque registre 16 bits                                |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . voir commentaire |
| Décalage circulaire à gauche (C) <--                                                                                                                                                        | b7b6b5b4b3b2b1b0 | <--     | (C)    |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| ROL                                                                                                                                                                                         |                  |         | 79     | 7 3           | 09     | 6 2     | 69     | 6+ 2+   |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| ROLA                                                                                                                                                                                        |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| ROLB                                                                                                                                                                                        |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| Décalage circulaire à droite (C) -->                                                                                                                                                        | b7b6b5b4b3b2b1b0 | -->     | (C)    |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| ROR                                                                                                                                                                                         |                  |         | 76     | 7 3           | 06     | 6 2     | 66     | 6+ 2+   |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| RORA                                                                                                                                                                                        |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| RORB                                                                                                                                                                                        |                  |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| Soustraction avec retenue (A ou B) - (M) - (C) -->                                                                                                                                          | (A ou B)         |         |        |               |        |         |        |         |      |         | . . . . . X X X X X X      |
| SBCA                                                                                                                                                                                        |                  |         | B2     | 2 2           | B2     | 5 3     | 92     | 4 2     | A2   | 4+ 2+   | . . . . . X X X X X X      |

ADRESSAGE INDEXE. SIGNIFICATION DES BITS DU POST-OCTET.

| Bit du registre post-octet |       | Mode d'adressage indexé |         |
|----------------------------|-------|-------------------------|---------|
| 7                          | 6 5 4 | 3 2 1 0                 |         |
| 0                          | r     | S                       | X X X X |
| 1                          | r     | 0                       | 0 0 0 0 |
| 1                          | r     | i                       | 0 0 0 0 |
| 1                          | r     | 0                       | 0 0 1 0 |
| 1                          | r     | i                       | 0 0 1 1 |
| 1                          | r     | 0                       | 0 1 0 0 |
| 1                          | r     | i                       | 0 1 0 1 |
| 1                          | r     | 0                       | 1 0 1 0 |
| 1                          | r     | i                       | 1 0 1 1 |
| 1                          | r     | 0                       | 0 0 0 0 |
| 1                          | r     | i                       | 1 0 0 1 |
| 1                          | r     | 0                       | 1 1 0 0 |
| 1                          | r     | i                       | 1 1 0 1 |
| 1                          | x     | x                       | 1 1 0 0 |
| 1                          | x     | x                       | 1 1 0 1 |
| 1                          | x     | x                       | 1 1 1 1 |

R: Registre de base

X: indifférent

Chargé définissant le mode d'adressage

Bit d'indirection. Si i=1, mode indirect. Dans le cas où b7=0, ce bit devient le bit de signe pour l'offset. Si S=1, l'offset codé sur 4 bits se retranche de l'adresse de base.

Les 2 bits b6b5 du post-octet définissent la nature du registre de base du mode indexé.  
 Si b6b5 = 00 le registre est X  
 Si b6b5 = 01 le registre est Y  
 Si b6b5 = 10 le registre est U  
 Si b6b5 = 11 le registre est S

INSTRUCTIONS DE BRANCHEMENTS RELATIFS COURTS ET LONGS. Le mode d'adressage correspondant est le mode relatif.

| Mném. | Op. | @ # | Mném. | Op.  | @ #   | Conditions             |
|-------|-----|-----|-------|------|-------|------------------------|
| BCC   | 24  | 3 2 | LBCC  | 1024 | 5/6 4 | C = 0                  |
| BCS   | 25  | 3 2 | LBCS  | 1025 | 5/6 4 | C = 1                  |
| BEQ   | 27  | 3 2 | LBEG  | 1027 | 5/6 4 | Z = 1                  |
| BGE   | 2C  | 3 2 | LBGE  | 102C | 5/6 4 | $N \oplus V = 0$       |
| BGT   | 2E  | 3 2 | LBGT  | 102E | 5/6 4 | $Z + (N \oplus V) = 0$ |
| BHI   | 22  | 3 2 | LBHI  | 1022 | 5/6 4 | Z + C = 0              |
| BHS   | 24  | 3 2 | LBHS  | 1024 | 5/6 4 | C = 0                  |
| BLE   | 2F  | 3 2 | LBLE  | 102F | 5/6 4 | $(N \oplus V) + Z = 1$ |
| BLO   | 25  | 3 2 | LBLO  | 1025 | 5/6 4 | C = 1                  |
| BLB   | 23  | 3 2 | LBLS  | 1023 | 5/6 4 | C + Z = 1              |
| BLT   | 2D  | 3 2 | LBLS  | 102D | 5/6 4 | $N \oplus V = 1$       |
| BMI   | 2B  | 3 2 | LBMI  | 102B | 5/6 4 | N = 1                  |
| BNE   | 26  | 3 2 | LBNE  | 1026 | 5/6 4 | Z = 0                  |
| BPL   | 2A  | 3 2 | LBPL  | 102A | 5/6 4 | N = 0                  |
| BRA   | 20  | 3 2 | LBRA  | 16   | 5 3   | Aucune                 |
| BRN   | 21  | 3 2 | LBRN  | 1021 | 5 4   | voir note              |
| BSR   | 8D  | 7 2 | LBSR  | 17   | 9 3   | Aucune                 |
| BVC   | 28  | 3 2 | LBVC  | 1028 | 5/6 4 | V = 0                  |
| BVS   | 29  | 3 2 | LBVS  | 1029 | 5/6 4 | V = 1                  |

Note: 5/6 signifie 6 cycles quand le branchement s'opère, 5 cycles quand la condition de branchement n'est pas réalisée.  
 BRN équivaut à 2 NOP, LBRN équivaut à 4 NOP

NOMBRE DE CYCLES ET D'OCTETS ADDITIONNELS POUR LES MODES INDEXES OU INDIRECTS

| Formes            | Non indirect |                | Indirect                |                |
|-------------------|--------------|----------------|-------------------------|----------------|
|                   | Assembleur   | e # Post-octet | Assembleur              | e # Post-octet |
| sans déplacement  | .R           | 1rr0 0100      | [.R]                    | 1rr1 0100      |
| deplac. 4 bits    | n.R          | 0rrS XXXX      | par défaut, mode 7 bits | 1rr1 1000      |
| deplac. 7 bits    | n.R          | 1rr0 1000      | [n.R]                   | 1rr1 1001      |
| deplac. 15 bits   | n.R          | 1rr0 1001      | [n.R]                   | 1rr1 1001      |
| deplac. Acc.A     | A.R          | 1rr0 0110      | [A.R]                   | 1rr1 0110      |
| deplac. Acc.B     | B.R          | 1rr0 0101      | [B.R]                   | 1rr1 0101      |
| deplac. Acc.D     | D.R          | 1rr0 1011      | [D.R]                   | 1rr1 1011      |
| Increment. par 1  | .R+          | 1rr0 0000      | impossible              |                |
| Increment. par 2  | .R++         | 1rr0 0001      | [.R+]   1rr1 0001       | 6 0            |
| decrement. par 1  | .R-          | 1rr0 0010      | impossible              |                |
| decrement. par 2  | .R--         | 1rr0 0011      | [.R-]                   | 1rr1 0011      |
| depl. 7 bits PCR  | n.PCR        | 1XX0 1100      | [n.PCR]                 | 1XX1 1100      |
| depl. 15 bits PCR | n.PCR        | 1XX0 1101      | [n.PCR]                 | 1XX1 1101      |
| Indirect étendu   | -            | -              | [n]                     | 1001 1111      |

n: nombre ou étiquette assembleur  
 R: Registre de base des modes indexés S ou U ou X ou Y