

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

27/87

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

Zesl

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : ELECTRONIQUE



PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

DEVELOPPEMENT D'UN
NOUVEAU SYSTEME D'E/S GRAPHIQUE
POUR MICRO-ORDINATEURS

Proposé par : Mme BEDDEK
Mr SADOUN

Etudié par : Mr BENSEBTI
Mr BISSEKRI

Dirigé par : Mme BEDDEK
Mr SADOUN

PROMOTION JUIN 1987

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

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

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : ELECTRONIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

DEVELOPPEMENT D'UN
NOUVEAU SYSTEME D'E/S GRAPHIQUE
POUR MICRO-ORDINATEURS

Proposé par : Mme BEDDEK

Etudié par : Mr BENSEBTI

Dirigé par : Mme BEDDEK

Mr SADOUN

Mr BISSEKRI

Mr SADOUN

PROMOTION : JUIN 87

1- Les machines à plats .	
2- Les machines à tambours .	
IV/ Nouveaux Concepts.....	14
1-Les machines à dessiner R θ .	
2-Les bras traceurs R θ (bras simple).	
3- Le bras traceur R θ (articulé).	
4- La " TORTUE " .	
*Description fonctionnelle.	
V/ La Précision de ces Différents Système Traçants.....	18
1- La précision des traceurs XY.	
2- La précision du bras traceur R θ .	
3- La précision du bras traceur R θ articulé.	
4- La précision d'accostage de la "TORTUE".	
VI/ Conclusion.....	26
CHAPITRE (III) : CONCEPTION MECANIQUE .	
I/ Introduction.....	27
II/ Mouvements	27
III/ Chaîne Cinématique	28
IV/ Description du Système Proposé.....	29
V/ Conclusions	35
CHAPITRE (IV) : LES MOTEURS PAS A PAS .	
I/ Introduction	36
II/ Définition et description	37
III/ Type des Moteurs Pas à Pas	38
A- A réluctance variable .	
B-Hétéropolaire.	
C-Hybride.	

VI/ L'Analyseur Logique 7D02 de Tektronix comme

Outil de Developpement.....81

CHAPITRE(VI) :PROGRAMMES DE GESTION.

I/Introduction.....82

II/Convention du Programme de Communication.....83

III/Programme de communication.....84

IV/Convention pour le Programme de Gestion.....87

V/Programme de Gestion.....95

VI/Conclusion.....103

CONCLUSION.....104

ANNEXE.

BIBLIOGRAPHIE.

oooooooooooooooooooo

II
II INTRODUCTION
oooooooooooooooooooo

Aujourd'hui, les systèmes graphiques utilisant l'électronique d'une part et les programmes informatiques de graphismes d'autre part permettent la création ou l'acquisition des formes graphiques, nécessaire à la conception, au dessin ou à la fabrication, assistés par ordinateur.

Ces systèmes doivent répondre aux exigences sans cesse croissantes, par leur efficacité.

Cependant, l'encombrement, le format figé du champ d'action ainsi que le système qui reste non portable, apparaissent comme des contraintes qui entravent cette efficacité.

Dans le cadre du développement d'un nouveau système d'ENTREE/SORTIE graphique palliant à ces contraintes, une étude de conception nous a été confiée.

Le chapitre (I) donnera une présentation du graphisme comme outil générateur du développement. A partir de quelques définitions simples, nous introduisons notre travail.

Le chapitre (II) portera sur l'étude des systèmes de traceurs déjà existants, afin d'en dégager une idée de conception d'un nouveau dispositif adéquat.

Le chapitre (III) comportera l'ensemble des solutions mécaniques que nous proposons, pour définir la construction possible de ce nouveau concept.

Le chapitre (IV) consiste en une étude des moteurs pas à pas nécessaire à mouvoir ce système graphique, de façon à répondre aux

exigences de la précision en accostage et permettent une commande aisée à partir de calculateurs numériques .

De ce chapitre (V) émanera une réalisation d'une carte d'interface à base de microprocesseur Z80 ,après une étude de concèption approfondie . Nous utiliserons alors la technique de communication serie RS 232-C.

Le chapitre (VI) contiendra l'ensemble des programmes ,que nous élaborons pour permettre la gestion de cette carte en mode de tracé ou de saisie, un programme de communication sera inserré permettant divers verifications du bon fonctionnement de cette dernière .

CHAPITRE (I)

LE GRAPHISME ET LES
PERIPHERIQUES GRAPHIQUES

I/ I N T R O D U C T I O N :

La représentation graphique sous toute ses formes se présente comme un outil nécessaire dans divers domaines, car non seulement, elle coïncide avec un besoin universel : (concevoir, créer, dessiner, visualiser...) mais encore, elle se trouve bénéficiaire de l'augmentation de capacité des machines, aussi bien en matière de mémoire vive que de rapidité de traitement et d'exécution.

Le graphisme est l'art d'associer le matériel informatique graphique à des logiciels. Il se trouve à l'origine du grand essor de la C.A.O*, D.A.O* etc...

Depuis les courbes classiques, jusqu'aux sécteurs angulaires, en passant par les histogrammes horizontaux, verticaux, ou en relief, et toujours à une bonne échelle, peuvent être réalisés à des vitesses considérables.

C.A.O : * Conception Assistée par Ordinateur.

D.A.O : * Dessin Assisté par Ordinateur.

II/ : LE GRAPHISME :

Le graphisme par ordinateur consiste à traiter une image sur écran graphique, en la considérant comme une grille de points (pixels) ; Cette image graphique peut être générée de deux façons possibles :

- soit par création logicielle.
- soit par une acquisition de données graphiques.

Une station graphique **comprendra** les principaux équipements suivant : (fig a)

- un calculateur digital traitant des données graphiques.
- une mémoire permettant de stocker l'information graphique.
- un système d'E/S (périphériques) graphique.
- une console de visualisation, plus clavier : permettant le dialogue.

III/ Organes Constitutifs d'une Station Graphique :

1°) Les unités Centrales GPU et CPU :

La carte graphique GPU (graphique process unity) traite l'image graphique. Le CPU (Central Process Unity) traite les données numériques (calculateur).

Comme carte graphique nous pourrons citer "EGA pour IBM."

2°) La mémoire :

Divisée en deux: une partie contiendra l'acquisition des données de l'image mémoire graphique, l'autre le programme de traitement (ou de création).

3°) Console graphique et clavier alphanumérique :

La console graphique constituée d'un écran graphique à large bande et à haute résolution, sera complétée par le clavier alphanumérique (clavier des courbes élémentaires et souvent usuelles, de façons aisées). [16]

L'ensemble de ces deux organes, constituera, l'élément essentiel de dialogue entre l'homme et les autres organes de la station graphique.

4°) Organes de sorties graphiques :

Ils forment avec l'écran graphique les organes indispensables à un traitement de données graphiques par ordinateurs. Ainsi, si l'on veut reproduire sur papier, un dessin contenu dans la mémoire, on utilisera une table x,y (ou une imprimante graphique).

5°) Digitaliseur :

Il permet de traduire en données numériques un dessin ou un contour d'objet (à 3 dimensions).

Pour la saisie d'un dessin, on doit procéder par déplacement continu de dispositif de suivi.

Les données seront stocker en mémoires.

* Remarque :

L'écran peut servir de brouillon pour les premières acquisitions d'un dessin.

6°) Photoplotters : (Hard Copier)

Ces outils permettent d'imprimer des dessins sur du papier photosensibles. [16]

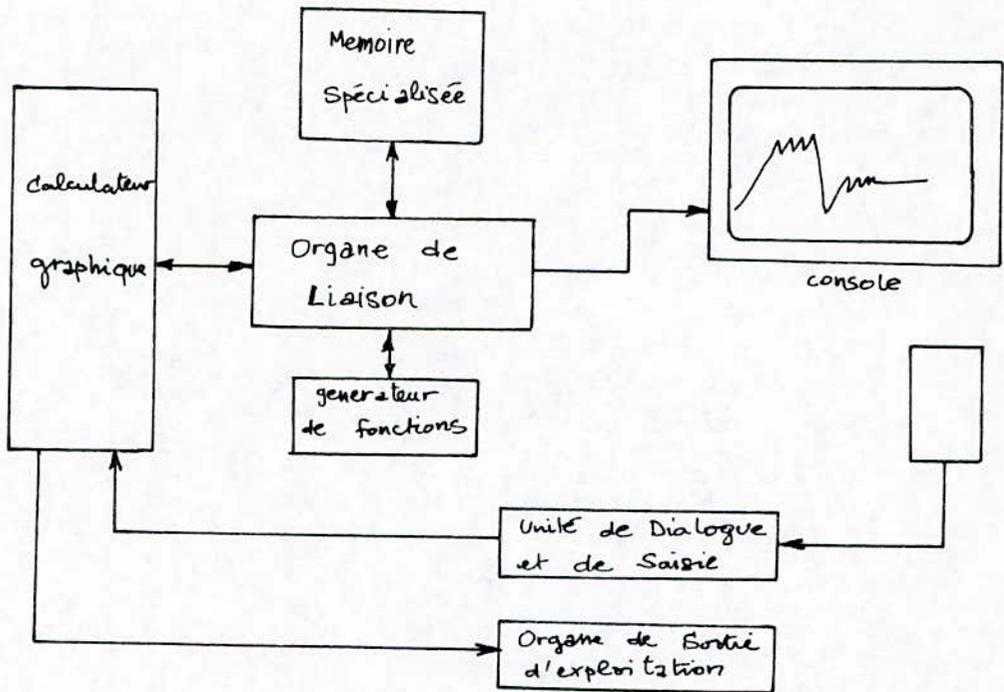


Fig.a Synoptique d'une Station Graphique

IV/ Le traitement par graphisme:

1) Les logiciels graphiques :

Les logiciels graphiques sont nombreux et peuvent se regrouper en familles.

Pour les ordinateurs familiaux, munis de tables traçantes, souris ou light pen, des logiciels de dessins ont été conçus pour tirer le meilleur parti de la résolution limitée.

Pour les machines de résolution suffisante ou spécialisées, il est possible de classer les logiciels en deux familles, la création artistique et le développement industriel.

La création artistique peut être du graphisme à deux ou trois dimensions, avec possibilités d'animation.

Le côté industriel est représenté par tout ce qui est dessin technique, architecture, (DAC), etc....., en 2 dimensions ou 3 dimensions qui englobent l'aide à la conception (CAO).

Il faut également citer des logiciels plus élaborés qui outre le graphisme, sont à même de simuler le fonctionnement du circuit. Beaucoup contiennent la possibilité de numériser des images pour les traiter ensuite comme dessin.

Afin d'illustrer le traitement graphique par logiciel, nous donnons un aperçu sur quelques principes et exemples d'applications pratiques :

1.A) La modélisation graphique à 2 dimensions:(2 d)

C'est la représentation de courbes ou d'objet dans un système de coordonnées à 2 dimensions.

Toute représentation à 2 D peut être constituée en combinant trois éléments de base : [46]

- Le point
- Le segment
- L'arc du cercle.

(La modélisation d'un certain objet nécessitera une étude détaillée au préalable, de sa géométrie).

Ainsi, les applications courantes de la modélisation graphique à 2D sont:

1. A.1 L'architecture et l'urbanisme:

Pour augmenter la rapidité du système graphique et rendre aisée l'interactivité du manipulateur avec le système graphique; des éléments de tracé de base(menu)devront être prédéfinis tel que:

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| -portes | - toits |
| -cloisons | - contours de maisons |
| -poutres | - balcons... etc.. |
| -chassis de fenêtres | |

En plus des symboles utilitaires tels que:(arbres, voitures) les réseaux de distributions (cableries, canalisation...), et biensûr l'implantation du bâtiment sur les sites qui nécessitent à produire diverses images du bâtiment à partir de plusieurs points de vue.

Pour compléter son dessin, l'utilisateur doit disposer également d'un logiciel général de tracé écrit dans un langage évolué tel que : ARCHITRON (pour APPLICON et VAX) ou (le BASIC APPLISOFT pour APPLE) :

1.A.2) L'ELECTRONIQUE :

Le graphisme intervient d'une façon importante à deux niveaux :

- * La conception physico-électronique des composants : (circuits intégrés, amplificateurs, alimentations, filtres et autres)
- * Schématique des circuits électroniques : (Assemblage des composants, ou de circuits).

Un procédé identique à celui utilisé pour l'architecture peut être dégager pour les circuits imprimés: **on définira un menu tel que:**

- * Dipôles (résistances, condensateurs, diodes.....).
- * Circuits intégrés de 8,14,16,....., broches de connexions.
- * Tripôles (transistors,.....).
- * Connecteurs.

Un programme général de tracé (utilisé en architecture) permettra de relier les pistes par tracé tel que le BASIC D'APPLISOFT.

D'autres applications nombreuses, utilisant la C.A.O et la D.A.O existent telles que l'animation graphique à 2 D, les pièces de construction mécaniques et autres sont d'utilisation courante.

1.B.) LA MODELISATION A 3D :(Fig. b)

C'est la représentation de courbes ou d'objets dans un système de coordonnées à trois dimensions. Le problème classique qui se pose étant la représentation d'un objet à trois dimensions sur un écran graphique, qui est par construction bidimensionnel.

Pour cela une combinaison de plusieurs transformations à **doit être** ^{faite} telles que : la perspective, la rotation, la translation ;

le changement d'échelle et autres. [3]

De ces transformations des techniques d'élimination de surfaces-cachées, de brillances, de texture, d'ombrage et de couleur doivent être adjointes

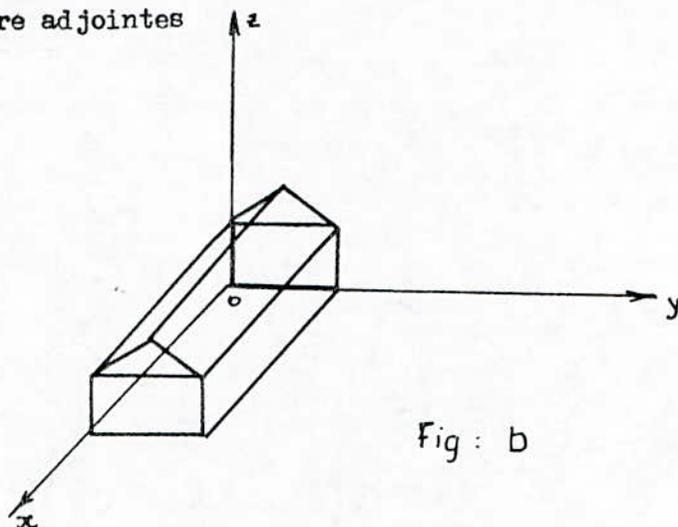
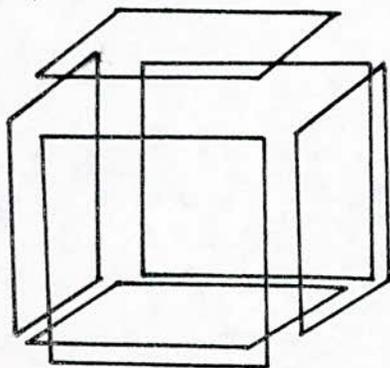


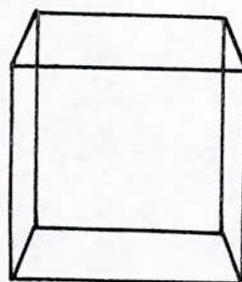
Fig : b

Le graphisme à 3D, rend la C.A.O, comme un outil encore plus puissant, ainsi nous pouvons citer l'exemple de la projection d'une pièce mécanique dans l'espace ou encore, la vue éclatée d'une boîte de vitesse (voir l'exemple simplifiée de la représentation d'un cube en perspective). (fig.c et d) Ceci nous montre tout l'intérêt du graphisme lors de l'assemblage d'un système mécanique ou autre, il reste à noter, qu'après-celà, on peut adjoindre un logiciel élaboré, qui est à même, de simuler le fonctionnement de cet assemblage dans son environnement réel.



- Perspective du Cube éclatée -

Fig. c



- Perspective du même Cube Assemblé, vue d'un autre point d'observation. -

Fig. d

V) CONCLUSIONS :

Les exemples dans ce domaine restent très nombreux et aussi intéressants les uns que les autres ; EN dernier lieu, nous citons l'importance du graphisme dans la synthèse de l'image, qui une fois traitée peut être animée : Ceci comporte un impacte considérable sur l'économie et le gain de temps, s'agissant des productions de "dessins animés" par ex. et autres images à utilité visuelle dans le domaine de la T.V. médecine, stratégie militaire..etc...

Ainsi; le matériel péri-informatique associé qui soutient ce domaine doit être aussi performant en qualité, précision, faible encombrement etc...

C'est ainsi que le monde de la conception et de la perfection se trouvent toujours confrontés à de nouvelles exigences.

CHAPITRE (II)
=====

//) DEVELOPPEMENT D'UN NOUVEAU
SYSTEME DE TRACE ET DE SAISIE

1) INTRODUCTION :

Divers systèmes de tracé ou de saisie en coordonnées cartésiennes XY existent. Ils sont très largement utilisés comme outils nécessaires à la conception assistée pour ordinateur C.A.O; Prouvant ainsi leur efficacité dans le graphisme de haut de gamme.

Cependant, ces systèmes présentent un certain nombre d'inconvénients tels que :

- L'encombrement matériel.
- Un format de tracé plus ou moins figé.
- Ils sont difficilement portables.

C'est ainsi que nous nous sommes proposés la réalisation d'un système de sortie graphique pouvant pallier à ces contraintes.

Pour la mise en évidence de ces contraintes, et d'en procurer des solutions, nous avons jugé utile de présenter d'une part, les principes des systèmes classiques déjà existants, et d'autre part de donner au préalable, quelques définitions concernant la réponse de l'élément de préhension (PLUME) à une commande en mode de tracé ou de saisie.

II) DEFINITIONS : [4]

1.a*) Espace de travail :

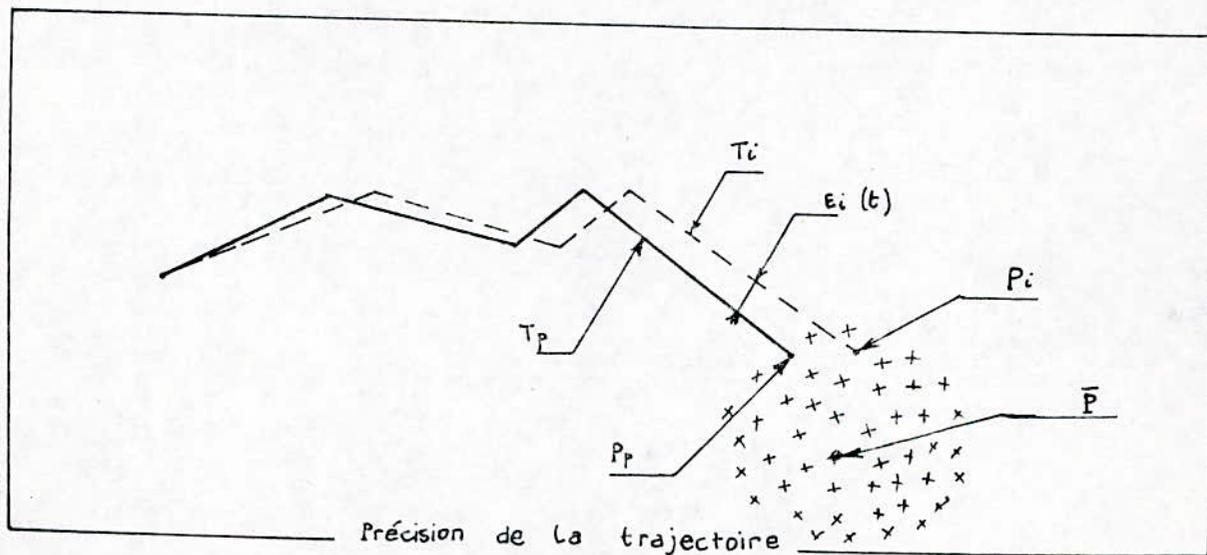
(Plan de travail ou champ d'action)

C'est la surface à l'intérieur de laquelle se déplace l'extrémité de l'élément de préhension.

1.b*) Précision de positionnement :

(en accostage).

D'une manière générale, c'est le degré de coïncidence entre la position commandée et la position réelle.



- * La trajectoire programmée : T_p .
- * La trajectoire réelle du Tir : T_i .
- * L'objectif (point programmé) : P_p .
- * L'objectif (point) réel du Tir i : P_i .
- * Le bary-centre des points. P_i , calculée sur n tirs : \bar{P} .

1.c) La précision dynamique :

Elle est définie pour la distance $\epsilon_i(t)$. Cette distance, fonction du temps, dépend aussi d'une manière très forte de la vitesse de déplacement de l'élément de préhension.

1.d) * La répétabilité statique :

Elle est définie par la distance:

$$r = \sqrt{\frac{\sum (P_i - \bar{P})^2}{n - 1}}$$

Expression dans laquelle le nombre d'essais est grand. La répétabilité statique, mesurée toujours dans les mêmes conditions de charges et de déplacements : elle est donnée en général par le constructeur.

1.e) * Temps de réponses :

Il mesure le temps mis par le périphérique traçant, initialement à l'arrêt, pour relier une position donnée avec une précision donnée; Il dépend de la distance à parcourir, de la vitesse et de la charge.

III) Les tables traçantes X,Y : (ou machine à dessiner x,y)

De structures classiques, elles sont très largement utilisées comme périphériques de sortie pour processeur graphique. Elles forment avec l'écran graphique, des organes indispensables à toute manipulation graphique par ordinateur.

On distingue deux sortes de machines à dessiner X,Y :

1) - Les machines à plats : (fig. 4.1)

Celles ayant la plume qui peut se mouvoir selon les deux degrés de liberté (X et Y), le papier étant maintenu immobile. Elles sont généralement, de format A4 et A3. Exemple : La table HP 2872C

2) - Les machines à tambours :

Celles ayant la plume qui se déplace uniquement suivant un premier degré de liberté (par exemple axe X) et le papier, entraîné suivant un deuxième degré de liberté (par exemple axe Y) :

Elles possèdent de plus grand format de tracé : allant du format A4 à A0. Exemple : (la table x,y Benson) ou (le plotter HP 7475A).

Ces traceurs s'accompagnent, généralement, d'une gamme de huit (8) plumes, pour réaliser dans des conditions optimales de vitesse et de précision tout dessin technique ou graphique statistique.

Il existe aussi des imprimantes graphiques, conçues spécialement pour réaliser à la fois la fonction d'imprimante classique et de machine à dessiner x,y; elle présente l'avantage, d'une exécution rapide indépendante de la complexité du dessin, son principale défaut étant une perte de définition du tracé.

Cependant, tout ces systèmes classiques possèdent des formats plus ou moins limités pour les dimensions figées de la machine à dessiner, ainsi que leur encombrement matériel, qui reste relativement important, et lié aux formats désirés : (champ d'action limité pour le format).

Il s'agit donc de rendre le champ d'action du système traçant plus autonome du format, tout en minimisant l'encombrement. C'est dans cette optique, que le mode R, θ , nous apparait comme étant le plus avantageux.

Il a été alors, envisagé l'introduction de ce mode.

IV) Nouveaux Concepts :

1) * Machines à dessiner R, θ :

De structure moins classique, nous empruntons l'une des techniques de la robotique à deux dimensions; Différents types peuvent être imaginés :

2) * Le bras traceur R, θ (bras simple) (fig; b.1.)

L'une de ces deux extrémités se fixant à une table ordinaire, ce bras possède une liaison cylindrique lui permettant par rotation de s'orienter selon θ , grâce à un premier moteur de direction. Une liaison prismatique entre le bras et le chariot porte-plume, permet à la plume de fixer le rayon d'action grâce à un deuxième moteur de déplacement (voir fig. b.1).

Le chariot mobile, comportera dans un logement approprié l'ensemble électro-aimant et ressort de rappel, nécessaire pour la commande de la plume : plume levée ou baissée (pen up/Down).

La relation entre-coordonnées polaires et cartésiennes de ce système sera donnée par :

$$\begin{cases} R = \sqrt{x^2 + y^2} \\ \Psi = \text{Arctg} \left(\frac{y}{x} \right) \end{cases}$$

3) * Le bras R, θ :
(en deux parties articulé) :
(bras + avant-bras fig. c.1)

Au lieu d'une liaison prismatique qui déplace la plume ; une deuxième liaison cylindrique permet à la plume, et par combinaison des positions du bras et de l'avant-bras, d'accéder aux différents points du champ d'action.

Ce bras, se fixera d'une manière pratique et identique à celle du bras-traceurs précédent, à une table ordinaire.
(fig. c. 1)

Remarquons que tout point se situant à une distance : $R < (L_1 + L_2)$; peut être accoster de deux façons distinctes soit en "pliant" le bras par la droite, soit par la gauche : (Fig. d.1 et d.2.)

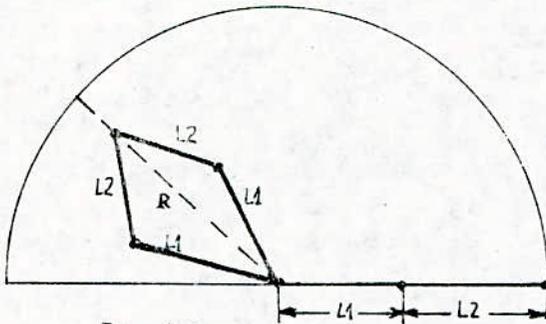


Fig. d1

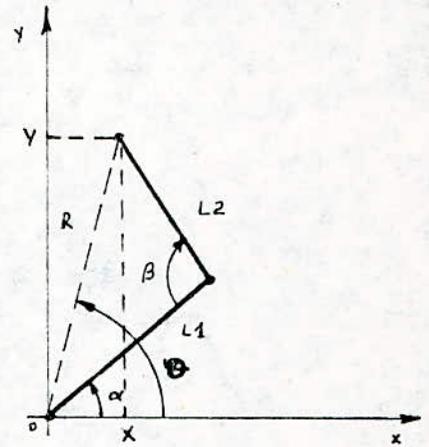


Fig. d2

Ceci constituera une ambiguïté pour le logiciel de commande.
la relation liant les coordonnées polaires α, β aux coordonnées cartésiennes X, Y :

$$* R = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2L_1 L_2 \cos \beta} = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\beta = \text{Ar cos} \left(\frac{L_1^2 + L_2^2 - (x^2 + y^2)}{2L_1 L_2} \right)$$

$$* \begin{cases} \sin(\theta - \alpha) = L_2 \frac{\sin \beta}{R} \\ \text{et } \theta = \text{Ar cos} \left(\frac{x}{R} \right) \end{cases}$$

$$\text{d'où } \alpha = \text{Ar cos} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right) - \text{Arc sin} \left(\frac{L_2 \sin \left(\text{Ar cos} \left(\frac{L_1^2 + L_2^2 - (x^2 + y^2)}{2L_1 L_2} \right) \right)}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right)$$

4) La tortue : (traceur R, Ψ) (voir dessin Technique CHAP. III)

Pour les deux techniques, précédemment envisagées, l'encombrement a été considérablement réduit (relativement aux systèmes de tracés x, y) ; Cependant, le format principalement lié à la taille du bras, reste plus ou moins limité.

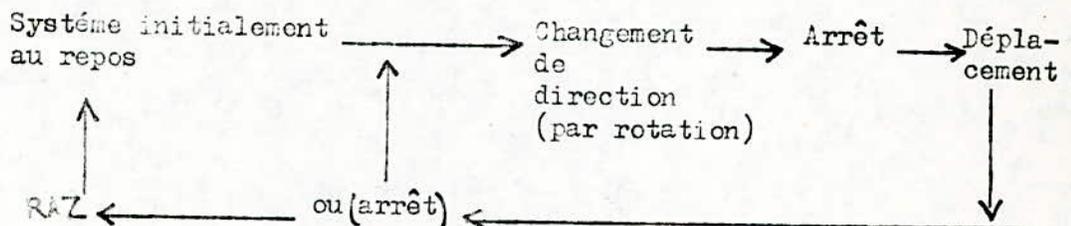
De plus grands formats exigeraient, une taille du bras en conséquence.

Pour pallier à cet état de fait, nous nous sommes orientés vers la conception d'un système, permettant de rendre le champ d'action local : c'est à dire que la zone de tracé globale se trouvera partagée en petites zones, et à un instant donné l'élément de préhension ainsi que tout le traceur R, Ψ s'y trouveraient dans une zone locale d'action.

Ainsi, nos idées ont vite convergées vers un système optimal, véhiculant l'ensemble moteur - plume.

L'autonomie de ce système de traceur, lui confère une totale indépendance du format ; à cela s'ajoute un encombrement relativement faible et bien sûr il devient parfaitement portable.

Les mouvements possibles de ce système se résume par cette chaîne d'action : (qui sera détaillée ultérieurement chap III).



Cet ensemble de mouvements justifie la désignation "tortue" de ce système.

Remarquons, qu'il existe des logiciels, rendant le mouvement du curseur graphique similaire à cette chaîne d'action : tel que le logiciel : " Graphisme avec appole Pascal" communément appelé "Turtle".

4.a) Description fonctionnelle :

Nous donnerons dans un premier temps une description fonctionnelle, les détails de constructions mécaniques seront détaillées dans le prochain chapitre (III).

De structure original, l'ensemble moteur de direction, et moteur d'avance sont montés dans le même système mobile (ou véhicule). Une première commande "P" orientera d'abord le système ; en actionnant seulement le moteur directeur. (La plume étant levée.) Une seconde commande "R" fera avancer la tortue ; en actionnant cette fois, le moteur d'avance : La plume sera abaissée, s'il s'agit de tracer, et elle sera levée s'il s'agit seulement, d'accoster une nouvelle position. Une possibilité d'alternance (plume levée/plume baissée) pour des tracés discontinus.

V) La précision de ces différents systèmes traçants :
(- leurs avantages et leurs inconvénients).

Nous nous intéresserons, principalement à la précision d'accostage. Cette précision est directement liée à l'élément moteur : ou précisément au pas du moteur : P

En supposant, qu'il existe une réduction de ce pas : d'une part par un système mécanique (tel que jeu d'engrenages) (cette réduction sera notée α) et d'autre part un système à servo-mécanisme, permettant d'innover avec le logiciel, donnant une autre réduction notée β :

Ainsi le pas effectif de l'élément de préhension sera :

$$P' = \alpha \cdot \beta \cdot P \quad (\alpha \text{ et } \beta \text{ en } \%)$$

1) - La précision des traceurs x,y :

Le déplacement incrémental se fait grâce à un mouvement parallèle à l'axe X et un autre mouvement parallèle à l'axe Y : ainsi si l'on considère le moteur engendrant le déplacement selon X identique à celui engendrant le mouvement selon Y ; nous obtenons alors la grille de précision d'accostage à traverser le champ de travail : (fig. 24).

- Avantages :

La précision P' étant constante : (indépendante du format) ceci confère une distribution uniforme de l'erreur sur tout le tracé graphique ; Les traceurs x,y possèdent de bonnes surfaces de guidages d'où une grande qualité du tracé.

- Inconvénients :

L'inconvénient majeur réside leur encombrement, vu que le format souhaité, dicte la taille de la table traçante.

En ce qui concerne les tables traçantes à tambours (papier enroulé) le champ d'action réside principalement limité par le déplacement selon le degré de liberté x, d'où une seule contrainte sur la taille du traceur.

2) - La précision du bras traceur R, θ :

Comme précédemment, il s'agit de la précision d'accostage liée au pas du moteur.

Cependant, il est à noter que pour le bras traceur R, θ les deux moteurs seront différents : ceci est due au problème de puissance, le moteur qui communique sa rotation au bras sera plus puissant et par conséquent de taille plus grande et moins précis (cette remarque émane de la simple constatation sur des documents S.F.M.I*) [26]

Ainsi, on notera : * ΔR le pas (ou erreur) du chariot porte plume :

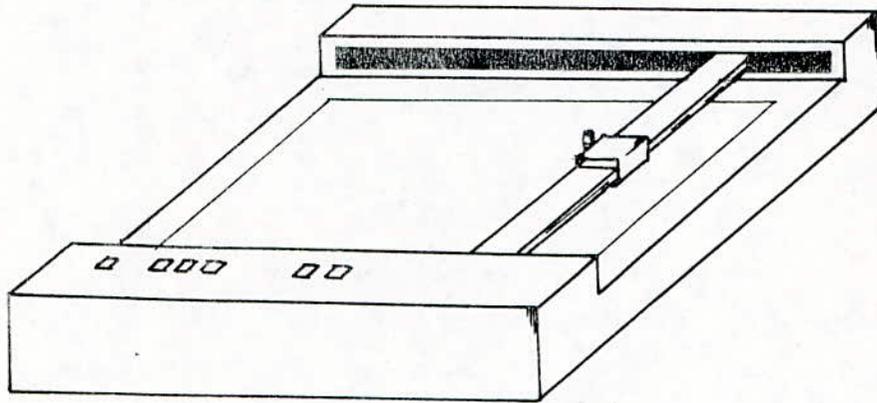


Fig.a.1_ TABLE TRACANTE XY _

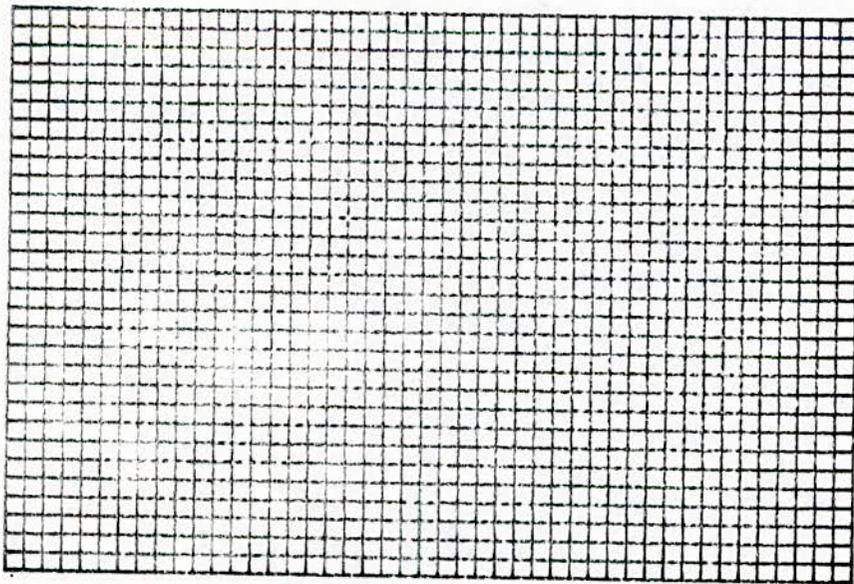


Fig.a.2_ PRECISION D'ACCOSTAGE _

$$\Delta R = \alpha' \beta' \cdot P_R$$

(P_R : pas du moteur d'avance).

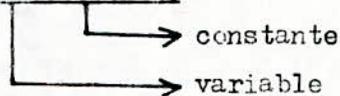
- $\Delta \theta$ le pas du bras donné par :

$$\Delta \theta = \alpha \beta'' \cdot P_\theta$$

(P_θ : pas relatif au moteur de direction). α et β sont les réductions mentionnées au préalable).

Ainsi l'erreur sera :

$$\Delta S = R \cdot \Delta \theta$$



d'ou l'obtention de la grille de précision du bras traceur $R \cdot \theta$: (fig b.2).

- Avantage :

Faible encombrement matériel ; le format est relativement moins figé ; Ce bras traceur est parfaitement portable.

- Inconvénient :

La précision ne possède pas une distribution uniforme sur le champ d'action graphique, et dépend directement du format. D'autre part, il existe un manque de guidage selon θ , que l'on ne peut corriger totalement par logiciel.

3.) La précision du traceur $R \cdot \theta$: (bras+avant bras) (ou bras articulé):

Si l'erreur due à l'avant bras est notée $\Delta \psi$ et celle due au bras est notée par $\Delta \theta$; et ceci bien sûr après réduction du pas des moteurs les mouvant. L'erreur d'accostage en notation vectorielle sera :

$$\vec{S}_1 = \pm L_1 \cdot d\psi \cdot \vec{e}_\psi \quad (\text{du premier bras})$$

$$\vec{S}_2 = \pm L_2 \cdot d\theta \cdot \vec{e}_\theta \quad (\text{du second bras})$$

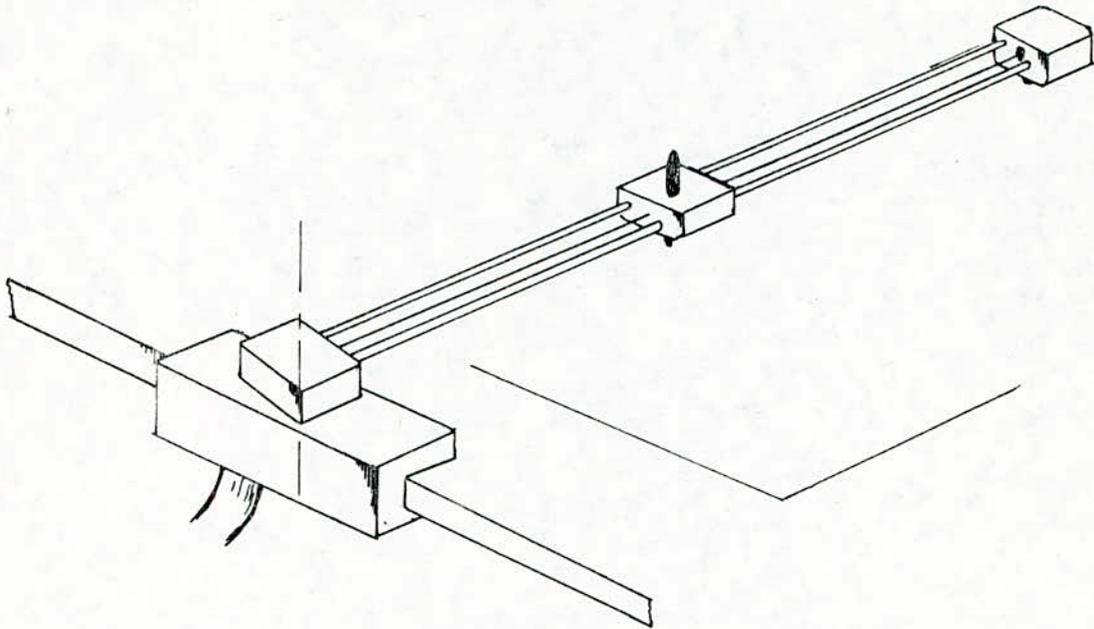


Fig.b.1 _ BRAS TRACEUR R0 _

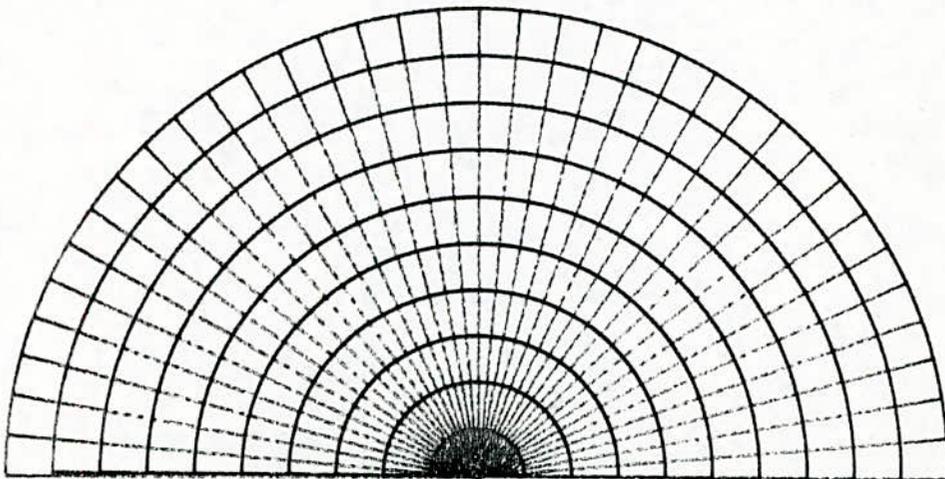
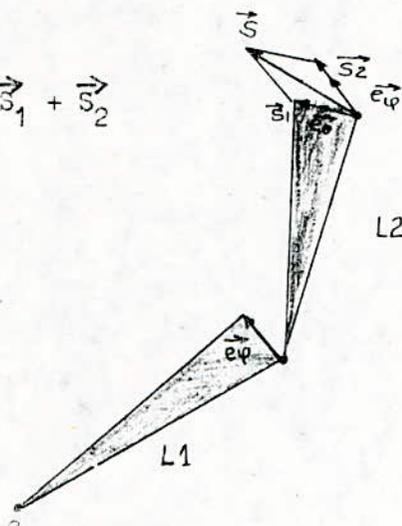


Fig.b.2 _ PRECISION D'ACCOSTAGE _

L'erreur globale :

$$\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$$



Ainsi la grille des zones d'ombre sera : (fig C.2.)

- Avantages:

De faible encombrement, il est à la fois portable et pratique, il permet de tracer de plus grands formats ; Les zones d'ombres (ou points non accostables) sont plus réduites ; relativement au bras simple.

- Inconvénients:

La non uniformité de la distribution de la précision à travers le champ d'action, ainsi que la manque de guidage, restent les principaux inconvénients.

4) Précision d'accostage de la "tortue" :

* L'erreur due au pas du moteur d'avance : ΔR est constante.

* L'erreur due au pas du moteur de direction : $\Delta \Psi$ est constante.

Une différence fondamentale réside dans le fait que l'erreur de direction, reste à chaque instant corrigéable, par commande :

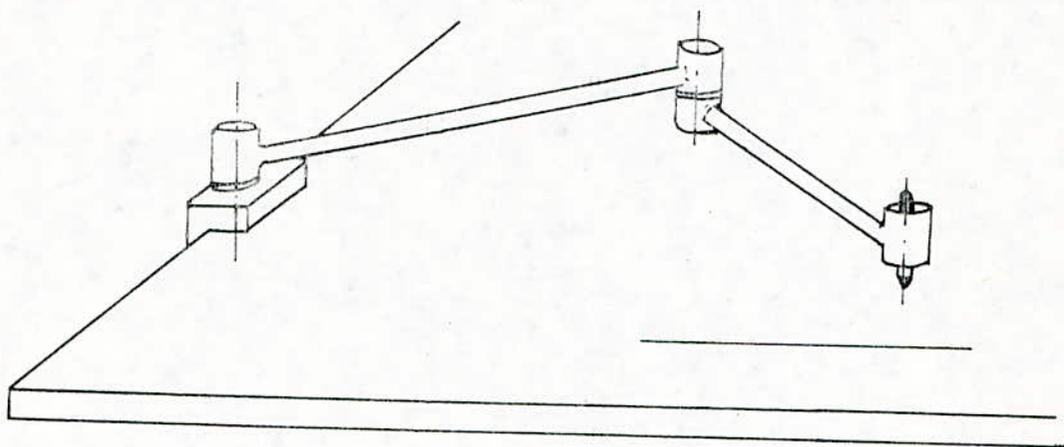


Fig.C.1 _ BRAS TRACEUR ARTICULÉ R θ _

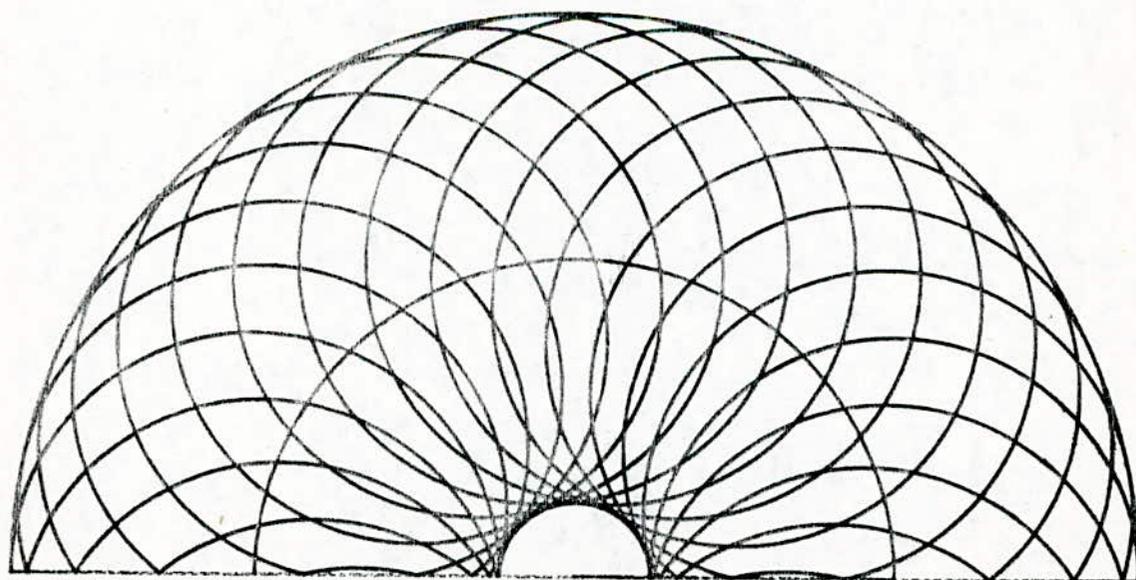


Fig.C.2 _ PRÉCISION D'ACOSTAGE _

Le véhicule traceur, étant autonome, il peut minimiser l'erreur : $\Delta S = R \cdot \Delta \Psi$ pour un programme associé.

- Avantages:

Un très faible encombrement ; le système est portable. La réduction du pas (donc de l'erreur) est possible par système mécanique (train d'engrenage) et contrôlé par logiciel, ainsi, la **compensation de l'erreur d'accostage**, permettra de meilleur tracé.

- Inconvénients:

- * Un grand manque de guidage lors du tracé.
- * Un autre inconvénient réside dans le tracé des petits formats, et surtout l'écriture.

VI) CONCLUSION :

Ainsi, en utilisant le graphisme en mode R, θ , nous avons pu éliminer partiellement les contraintes initialement fixées.

Cependant, le dernier système "(tortue)" apparaît très vite comme étant celui qui répond le mieux à notre cahier de charge.

Comme pour les deux autres techniques R, θ ; un certain nombre de compromis apparaît, tels que : la non-uniformité de la distribution de la précision ; Ainsi que le manque de guidage dû à la totale autonomie du système ; ce dernier inconvénient imposera des contraintes plus sévères, quant à la conception mécanique de ce type de traceur.

Conformément à notre cahier de charge, nous avons opté pour ce dernier système de traceur, le développement de la conception mécanique autour de ce système fera l'objet de notre prochain chapitre.

⌋ H A P I T R E (III)

⌋ CIRCULATION MECANIQUE

I° / INTRODUCTION :

Dans ce chapitre, nous allons essayer de présenter l'idée de conception d'un nouveau système mécanique de traceur (Tortue).

Nos efforts ont été orientés, d'une part dans le sens d'y répondre aux caractéristiques prédéfinits chap(II) et d'autre part de minimiser les inconvénients du type : guidage, précision, tracé d'angle vif etc...., tout en apportant des solutions mécaniques concrètes. (voir dessins techniques du système).

II° : MOUVEMENTS

Nous avons prévu pour ce système deux degrés de liberté principaux :

- φ angle de direction.
- R avance ou (déplacement).

Un troisième degré de liberté est nécessaire pour la plume seule : plume levée ou plume baissée.

L'ensemble des deux moteurs :

(M1 de direction, M2 d'avance) régissent l'ensemble des trajectoires possibles :

- Trajectoire rectiligne : après orientation de φ le système conserve sa direction tout au long du tracé.

- Trajectoire circulaire : Le système combine le mouvement d'orientation et d'avance (en alternance) pour chaque point ; nous pouvons schématiser cette trajectoire par un polygone inscrit dans un cercle. (fig.a)

Plus la précision augmente et plus la trajectoire devient circulaire.

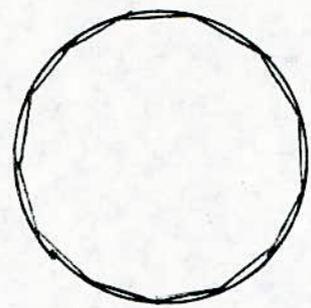


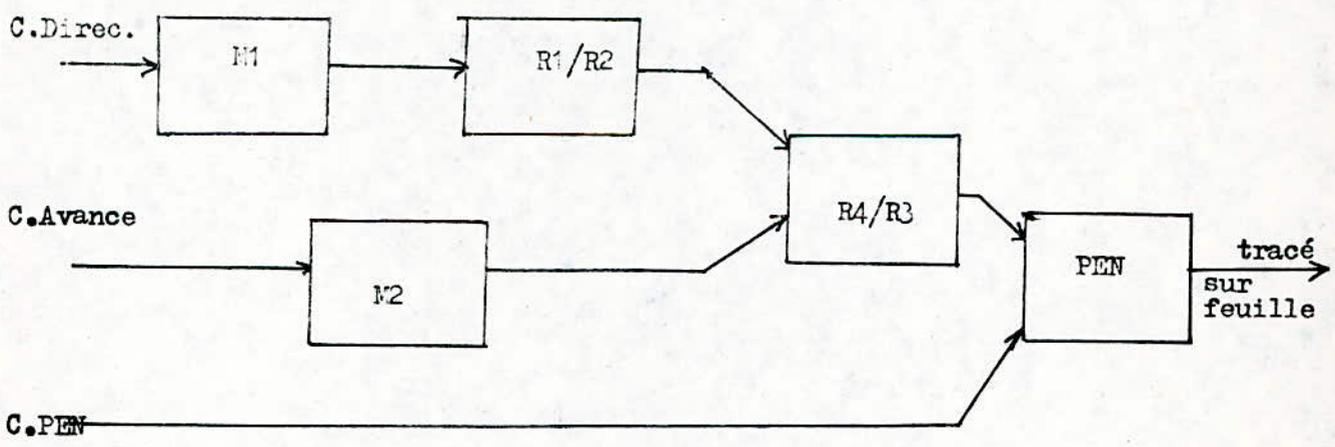
Fig.a

Toujours par combinaison, on peut avoir des trajectoires paraboliques, cycloïdale et hélicoïdale.

Remarquons, que le système peut inverser le sens d'avance ou de direction ; il suffit que l'on inverse les sens de rotation des moteurs (M.P.F).

III°: / Chaîne cinématique :

La chaîne cinématique du système est donnée par :



1) - En actionnant le moteur de direction (M1), la roue dentée R1 solidaire à l'arbre de M1 actionnera à son tour la roue dentée R2

(grâce à la liaison par engrenage); cette dernière orientera la roue R3 :

Ceci définit l'action "COMMANDE DE DIRECTION".

2) - En actionnant le moteur d'avance M2, la roue R4, munie d'une garniture en caoutchouc (Joint torique) communiquera le mouvement par friction à la roue motrice R3 (identique à R4) :

Ceci définit l'action "COMMANDE D'AVANCE".

Ainsi les deux actions de commande, aboutissent à la roue R3 : qui constitue la roue "MERE", ou roue "D'ENTRAÎNEMENT".

3) - En actionnant l'électro-aimant E, l'organe porte-plume s'abaisse, appliquant ainsi la plume légèrement contre le papier (tracé par effleurement).

Au repos (E non actionné), un ressort de rappel, permet la levée de la plume en position haute.

Ceci définit l'action "COMMANDE DE LA PLUME"

(pen up/down).

IV°/ Description du système proposé :

Le système peut se présenter sous forme d'un boîtier de $(15 \times 10) \text{ cm}^2$, monté sur un ensemble de roues, et comportant un porte plume sur l'avant (voir dessin vue de dessus).

A/ Semelle 1 :

Constitue le châssis du système, elle supporte l'ensemble moteur M1, électro-aimants E (pour la plume), M1 et M2 pour les béquilles ainsi que le porte plume et son ressort de rappel.

Une liaison complète, rend la semelle 1 solidaire au couvercle.

B/ Semelle 2 :

La liaison complète entre la semelle 2 et la roue dentée R1, est possible grâce aux vis avec tiges filetées et entretoises, cette semelle comporte une sorte de chape pour supporter l'axe de la roue R3.

Elle supporte d'autre part le moteur M2 d'avance.

Trois roues de guidage et d'équilibre sont insérées du côté bas de cette semelle.

* Ces dimensions ne constituent qu'un ordre de grandeur, les dimensions réelles dépendent essentiellement de la taille des moteurs.

Une butée à aiguilles [1] permet une liaison partielle par roulement entre la première semelle et la deuxième.

C/ Rôle des "béquilles".

Lors du changement de direction la roue R3 subit un mouvement de rotation autour du point de contact ; Toutefois l'inertie du système et la bonne adhérence due au joint torique, une fois vaincues risquent fort de déséquilibrer le système et lui faire perdre la position initiale de la plume : (ce qui est néfaste pour un tracé donné).

La solution que nous proposons, consiste à immobiliser la semelle 1.

Ainsi, lors de la commande de changement de direction, E1 et E2 sont actionnés ; Une sorte de fourches comportant les béquilles (voir dessin) s'abaissent rendant la semelle 1 "immobile" par adhérence ; simultanément, R3 change de direction.

Grâce à ce système, le guidage en rotation se réalise.

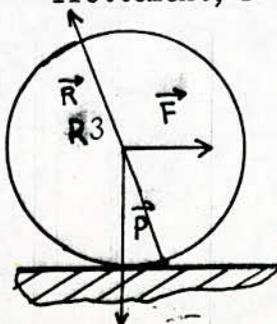
D) Rôle des 3 petites roues r1, r2, r3 :

Disposées aux sommets d'un triangle équilatéral, cette ensemble de roues, nous confère un assez bon guidage du système lors d'une avance. (voir dessin industriel vue de dessus).

E) Conditions de roulements et de non-glissement :

Il est impératif que la roue d'entraînement R3 roule et ne glisse pas : un glissement de R3 lors d'un tracé ou d'une saisie se traduit par un nombre de tours de R3 qu'une fois convertit en distances ne correspondra jamais aux dimensions du tracé convoitées.

Pour R3 nous définissons : f : comme coefficient de frottement, F force d'entraînement, P : le poids du système;

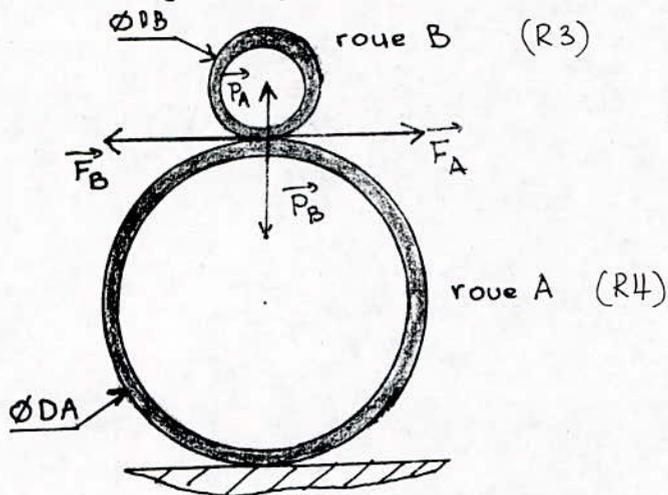


Il y aura glissement si :

$$F > fP \text{ ..ou } f < \frac{F}{P}$$

F) Roues de friction R3 - R4 :

R4 et R3 sont deux roues identiques, chacune étant à l'origine une sorte de poulie à gorge, dans cette gorge vient se loger un joint torique.



\vec{F}_B : force d'entrainement

\vec{F}_a : force de réaction

Si \vec{P}_A et \vec{P}_B représentent les poussées de la roue A sur B et B sur A :

(et si f : coefficient de frottement des garnitures :

on a :

$$\boxed{F_A \text{ maximum} = f F_B}$$

B roue motrice (rayon R_B) ; A roue entraînée (rayon R_A).

si $F_B = f F_A < F_A$: B patine sur A, sans l'entraîner

si $F_B = f F_A > F_A$: B entraîne A sans glissement.

si $F_A = F_B$: B est sur le point de patiner.

* Entrainement sans glissement :

Nous aurons la relation suivante :

ω : vitesse angulaire

R : rayon

D : diamètre

$$\boxed{\frac{WA}{WB} = \frac{DB}{DA}} \quad (**)$$

(cette relation est valable pour les roues dentées R1 et R2).

* Réduction du pas et de la vitesse :

Nous exploitons relation (* *) pour réduire la vitesse d'une part et de diminuer le nombre de pas du système d'autre part :

Ainsi la précision du tracé se voit augmentée par cette solution mécanique :

Si le pas du moteur M1 est donné par P1, la roue dentée R1 solidaire à l'arbre de ce dernier tournera avec ce même pas ; l'entraînement par engrenage de la roue R2 nous permet d'avoir un pas P2 telque :

$$\boxed{\frac{P2}{P1} = \frac{D1}{D2}} \quad \text{et } D1/D2 < 1.$$

G) Porte - Plume :

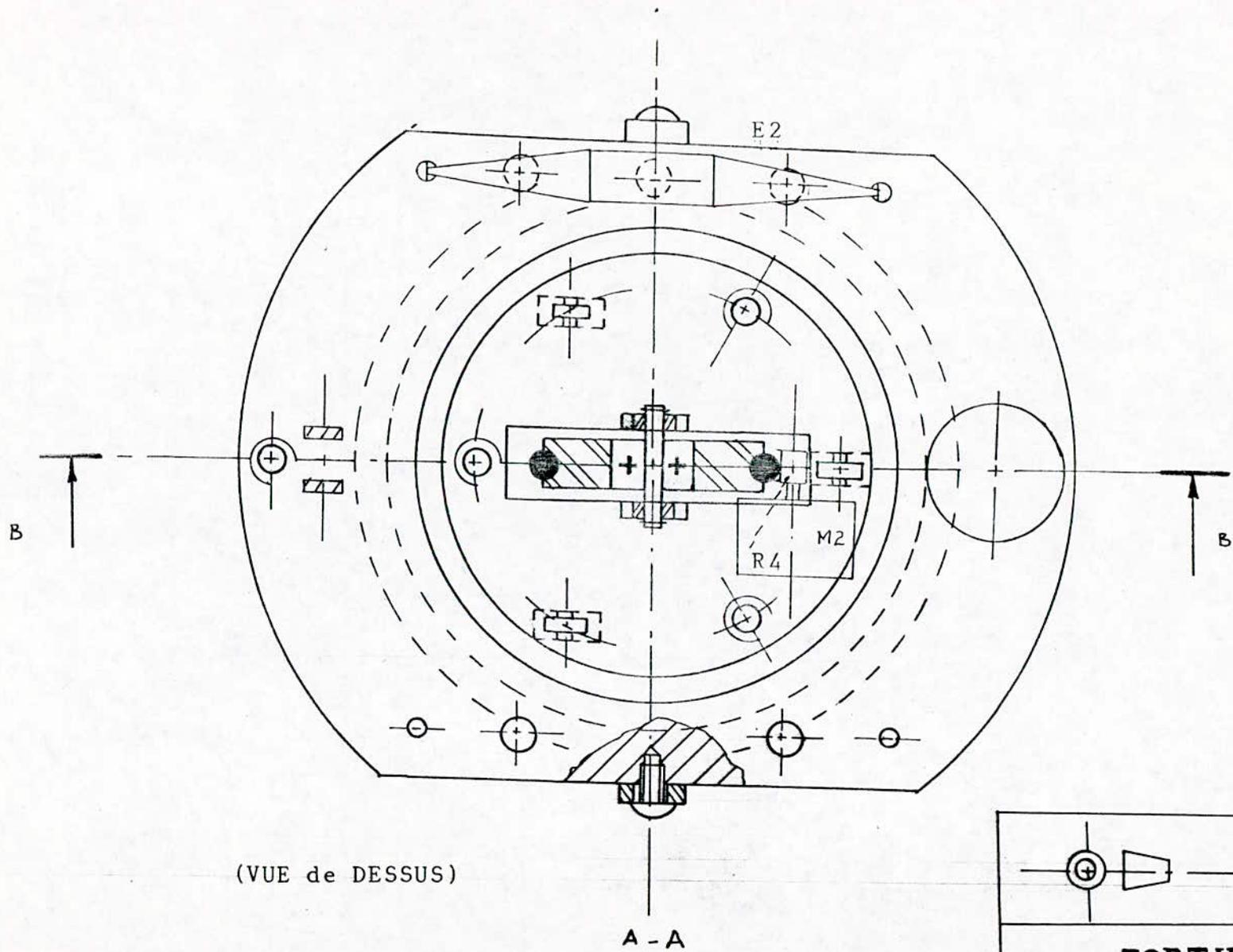
Enforme d'un bras qui pivote autour de l'axe solidaire à la semelle 1 (voir dessin Technique) : elle comporte d'un coté un ressort de rappel, et de l'autre une partie métallique qui permettra l'attraction lors de l'actionnement de E3.

L'extrémité saillante porte la plume grâce à une liaison partielle et élastique :

Elle permet ainsi, un accès et un changement de la plume facile.

Remarques : Pour ce système, il faudra prévoir des plumes à pointe de fibre ou bille, plutôt qu'une pointe tubulaire : (ceci permettra au dispositif de rouler sur le tracé sans l'endommager).

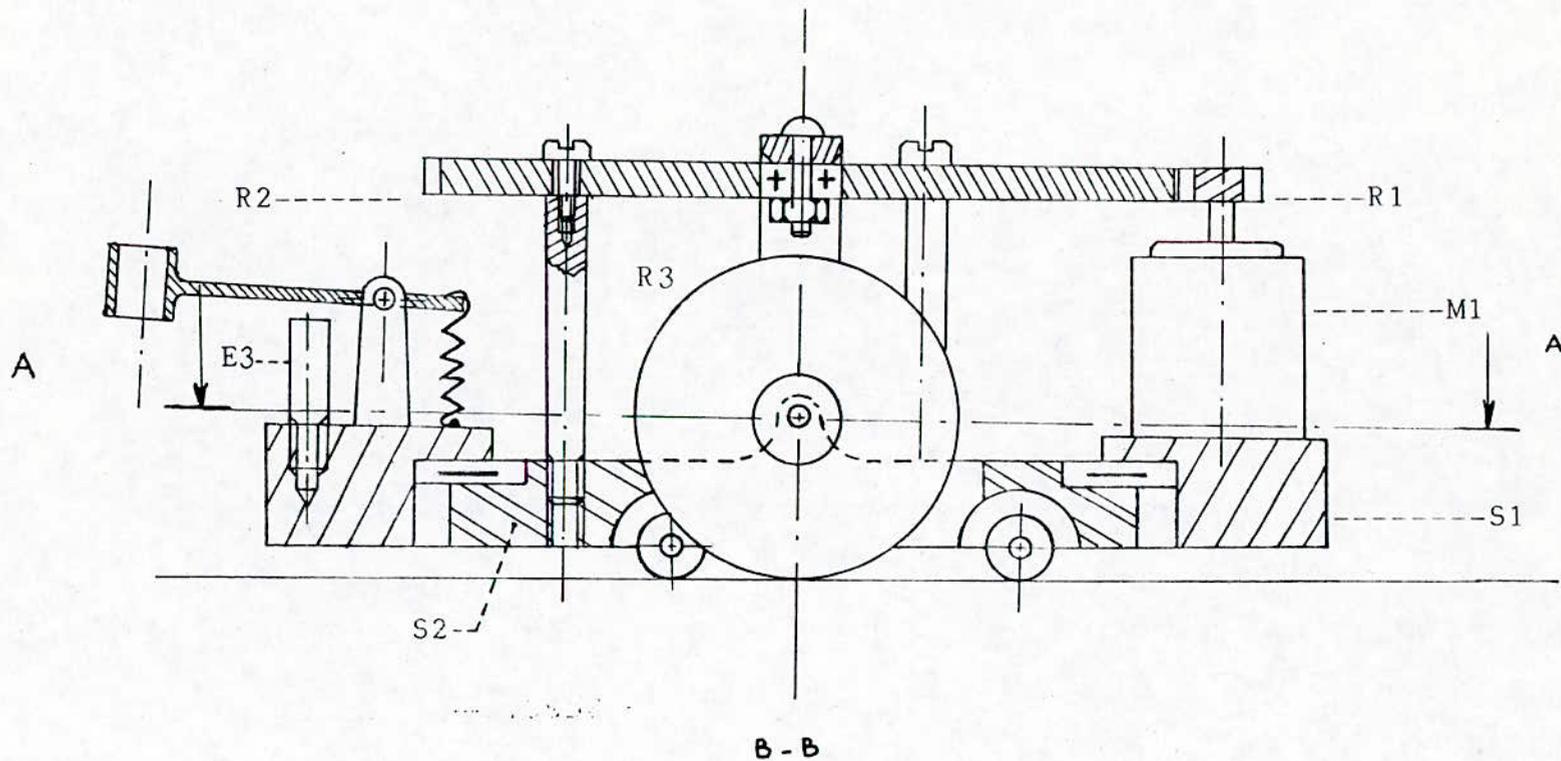
Les deux cotés de ce dispositif traceur en forme de métal, permettent l'ajustement nécessaire contre une équerre, qui definira ainsi la plume (sa pointe) comme origine du champ d'action.



(VUE de DESSUS)

A - A

	Echelle 1 ENP.
TORTUE	



(VUE DE FACE COUPE BB)

V) CONCLUSION :

Grâce aux dimensions de ce système de traceur, sa maniabilité et son pouvoir d'accès à toutes les zones du champ d'action du tracé ; les contraintes d'encombrement, de système à format figé et non portable, se voient palliées. L'ensemble des solutions mécaniques proposées, permettent de réduire le pas et la vitesse, d'augmenter le guidage en rotation et translation : cependant, un autre ensemble de solution mécaniques "sévères" et couteuses exigeant une faible rugosité des roues, une parfaite planéité de la surface du champ d'action, ainsi qu'un très faible jeu fonctionnel entre roues et axes supports.

⊂ CHAPITRE (IV)

⌞ ES MOTEURS PAS A PAS

I/ INTRODUCTION :

Les moteurs pas à pas sont caractérisés par un certain nombre de propriétés et de comportements spécifiques :

Notamment la conversion d'information digitale en un positionnement de caractère incrémental; ceci permet de commander la position de leur axe sans asservissements. En plus, ils permettent un fonctionnement dans les deux sens de rotation, avec une réversibilité rapide.

C'est dans ces propriétés que réside tout l'intérêt de leur utilisation avec les systèmes informatiques.

Il est à noter que les exigences en vitesse ne permettent pratiquement pas l'utilisation des moteurs ordinaires avec des freins pour réaliser des mouvements incrémentaux de précision [14].

Sachant que notre système de traceur, constitue une sortie graphique pour un équipement informatique, ceci explique l'étude portée sur ce type de moteur pour leur intégration à notre système.

Nous présentons dans ce chapitre les différents types de moteur pas à pas, ainsi que leurs propriétés, afin de faire ressortir l'importance de la commande électronique (y compris l'alimentation) sur les performances propres de ce type de moteurs.

IV/ DEFINITION ET DESCRIPTION :

Un moteur pas à pas est un transducteur permettant une conversion d'énergie et d'information de caractère électromagnétique incrémental (information numérique) en mouvements.

Le fonctionnement d'un moteur pas à pas consiste en une suite de déplacements discrets d'une amplitude uniforme plutôt qu'en un mouvement continu.

Le moteur exécute un nombre de pas correspondant au nombre d'impulsions reçues à l'entrée lors de son fonctionnement normal [13]. Chaque impulsion provoque un pas de déplacement de l'axe du moteur et l'accroche magnétiquement au point précis auquel celui-ci doit se mettre. Ce pas de déplacement, dit très souvent le pas angulaire, et par définition l'angle minimum entre deux positions stables adjacentes.

Pour un moteur linéaire, ce déplacement minimum entre deux positions voisines correspond également au pas du moteur.

La plupart des moteurs pas à pas peuvent fonctionner dans les deux sens de rotation. Le moteur pas à pas permet des accélérations, des arrêts et une réversibilité rapides [14].

Deux modes de fonctionnement de ces moteurs sont d'une part, un régime statique (positionnement) et, d'autre part, un régime dynamique correspondant au passage d'une position stable à une autre ; ceci influe à différents niveaux, sur la conception d'un ensemble moteur-alimentation-commande.

Les caractéristiques de la charge et le nombre de positions stables désirées sont pris en compte lors de la construction du moteur ; par contre les performances dynamiques conduisent à des impératifs sur l'alimentation et la commande.

III/ TYPE DES MOTEURS PAS A PAS :

Les structures des moteurs pas à pas peuvent être divisées en deux types principaux:

- * les moteurs réluctants : (moteurs à réluctances variable). (fig a)
- * les moteurs polarisés : (moteurs hétéropolaires à aimants permanents rotoriques). (fig b)

Cependant, il existe un troisième type de moteurs pas à pas hybrides :

- * moteurs hybrides à aimants permanents homopolaires, ou à aimants permanents statoriques multipolaires. (fig c)

Les principaux avantages et inconvénients de ces différents types de machines peuvent être résumés ainsi :

A) Réluctance Variable :

est proportionnel

- couple dont le terme principal ^{est proportionnel} au carré du courant.
- nombre de pas par tour pouvant être élevé.
- inertie faible;
- oscillation autour d'une position.
- non conservation de la position en l'absence du courant.
- très mauvais facteur de puissance.
- faible puissance spécifique.

B) Hétéropolaires :

- terme principal du couple proportionnel au courant.
- conservation de la position en l'absence du courant.
- structure simple.
- bon facteur de puissance.
- inertie élevée.
- nombre de pas faible.

.../...

Fig. a
Moteur pas à pas
à reluctance variable

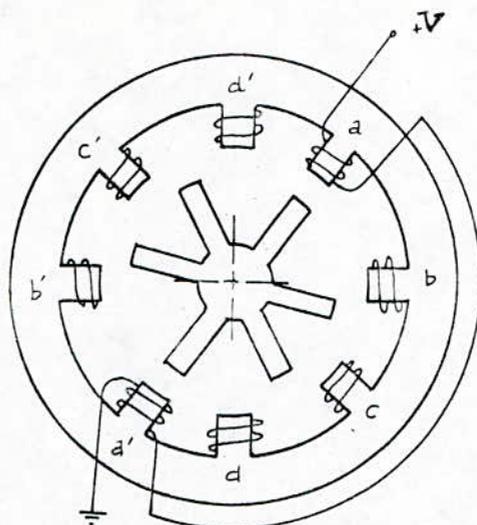


Fig. b
Moteur pas à pas à aimant
rotorique bipolaire

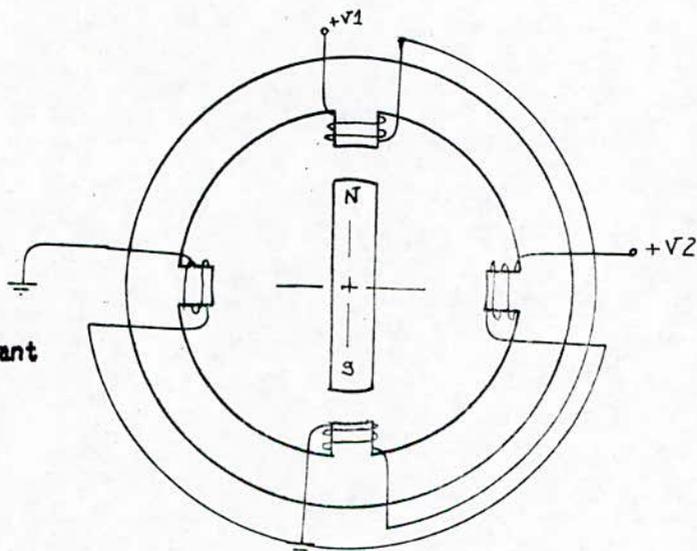
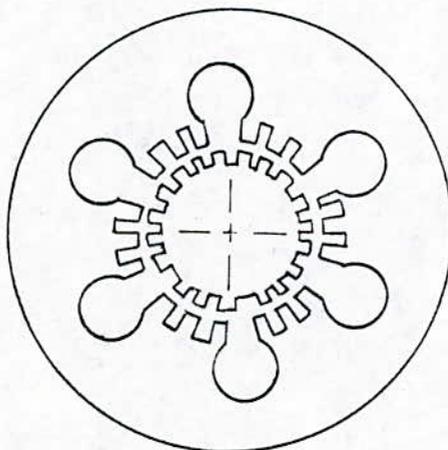


Fig. c
Moteur pas à pas hybride
à 2 roues polaires rotoriques



C) Hybride :

- Terme principal du couple proportionnel au courant.
- Conservation de la position, mais pour un type d'alimentation des phases particulier, et un couple de charge faible.
- Précision de positionnement importante.
- Nombre de pas élevé.
- Inertie élevée (pour les moteurs à aimants rotoriques).
- Puissance spécifique faible.

Les moteurs hybrides présentent donc, une grande partie des avantages respectifs des machines à réluctances et hétéropolaires.

En dépit de l'inertie importante des parties mobiles, la structure à aimant rotorique est jusqu'à présent la plus répandue. Les performances de ce type de moteurs dépend^{ent} essentiellement de l'aimant choisi, ainsi que de l'alimentation et de la commande adoptées.

L'évolution rapide dans ces derniers domaines favorise l'expansion de ces types de moteurs. [15]

IV/ L'ALIMENTATION :

Le rôle de l'alimentation est d'assurer une amplification de la commande de façon à appliquer la tension successivement aux différentes phases.

Le couple étant proportionnel au courant, ou au carré du courant, cette alimentation devra s'approcher le plus possible d'une source de courant.

L'alimentation est constituée généralement de transistors fonctionnant alternativement au régime saturé ou bloqué.

Pour éviter la surtension de coupure, l'alimentation doit également assurer la décroissance progressive du courant au moyen d'un circuit auxiliaire d'extinction (fig. d).

Par sa conception, l'alimentation permet d'agir sur certaines performances limites du moteur : [15] (voir explication ultérieure). Par ailleurs, le rendement de cette alimentation doit parfois obéir à des conditions de qualité en raison d'aspects énergétiques ou thermiques [13] [14].

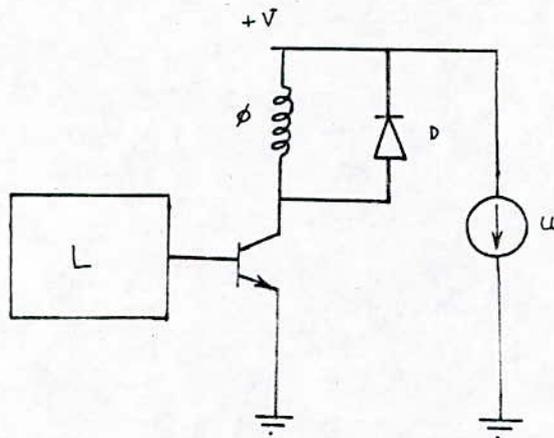


Fig.d. schéma d'alimentation d'une phase avec circuit d'extinction.

V/ LA COMMANDE

La commande assure la succession des ordres de commutation de phases à un rythme compatible avec les fonctions à réaliser. Compte tenu du caractère synchrone du moteur pas à pas, cette commande peut s'effectuer en circuit ouvert (fige.1); cependant, pour accroître les performances, la commande peut également s'effectuer en circuit fermé (fige.2). Le rôle de la commande est déterminant en ce qui concerne les performances en hautes fréquences et en régime d'accélération ou de décélération.

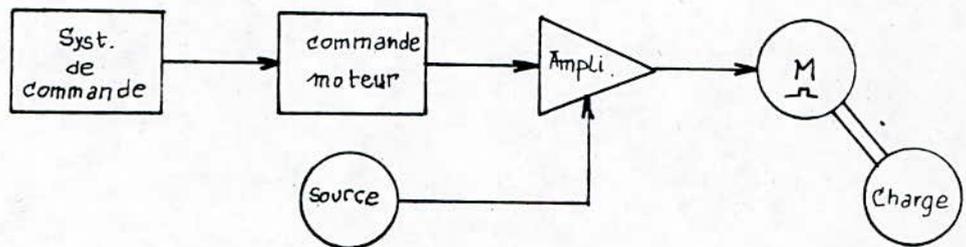


Fig.e.1 Schéma bloc en circuit ouvert

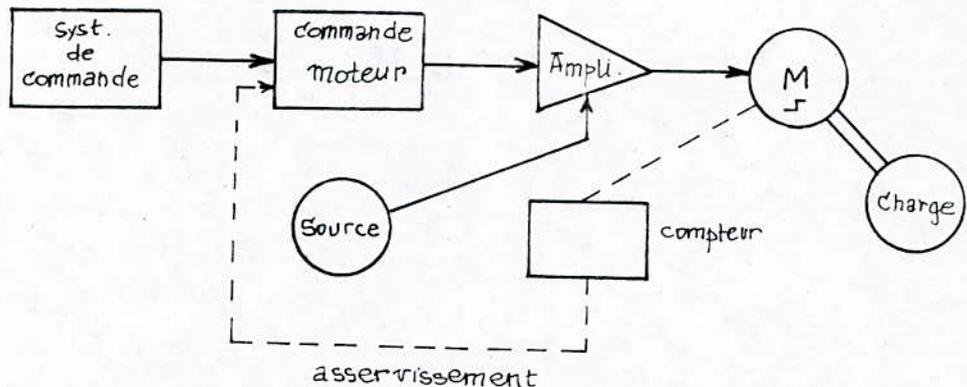


Fig.e.2 Schéma bloc avec asservissement en position

VI/ LIMITES ET DOMAINES DE FONCTIONNEMENT :

1/ Réponse indicielle

Lors de l'avance d'un pas ou de l'arrêt en fin de course, le rotor du moteur pas à pas est animé d'un mouvement oscillant amorti (fig.f). Celui-ci est associé à l'excédant d'énergie cinétique.

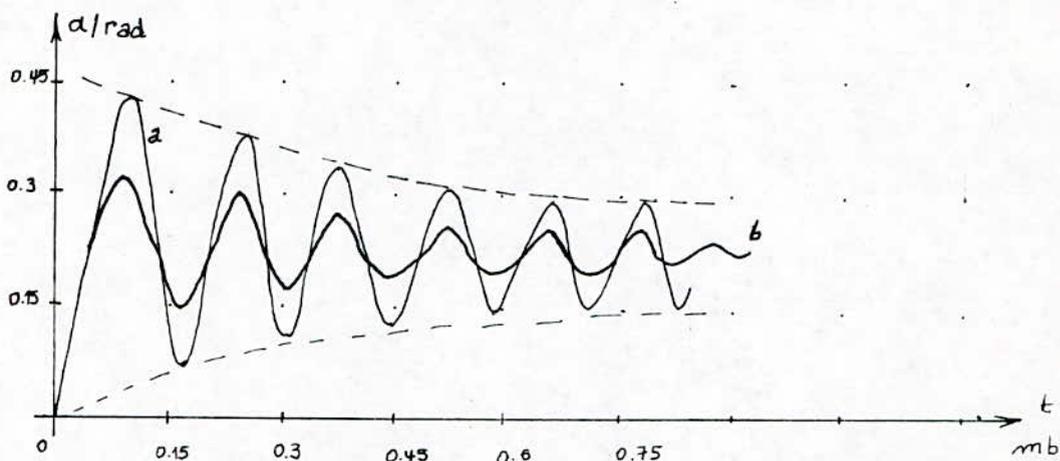


Fig.f Oscillations du rotor consecutive à l'avance d'un pas pour deux frottements différents.

Cette oscillation est défavorable dans la mesure où un positionnement précis à l'arrêt est requis. Il est alors nécessaire d'attendre l'atténuation du mouvement avant de réaliser une opération associée à cette position. [19]

2/ Comportement à basse fréquence :

Le comportement à basse fréquence est associé au mouvement oscillant. Selon les conditions de positions et de vitesse lors de la commutation de phase, il peut se produire un ralentissement provoquant une perte de synchronisme. Ceci peut apparaître lorsque la vitesse instantanée est négative. On peut alors définir un domaine de fonctionnement instable à basse fréquence (fig.g); De part et d'autre de cette zone, le comportement est stable. [19] [15]

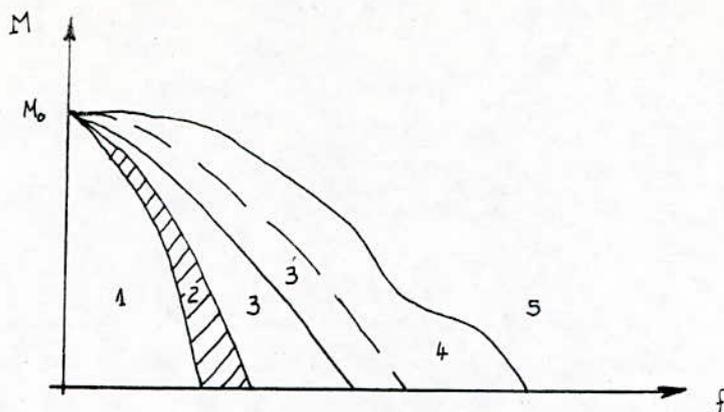


Fig. 9. Domaines de fonctionnement d'un M.P.P

M, F : couple ou force associé à la charge.

f : fréquence d'alimentation.

1 : domaine basse fréquence.

2 : domaine instable de résonance.

3 : domaine de démarrage.

4 : domaine haute fréquence, avec démarrage impossible.

5 : domaine interdit.

3/ Fréquence limite de démarrage :

En accroissant progressivement la fréquence d'alimentation lors d'un démarrage, la commutation survient pour un angle parcouru toujours faible. Lorsque les conditions de couple deviennent défavorables (couple accélérateur négatif) après commutation, le moteur ne peut plus ni accélérer, ni maintenir sa vitesse, il y a alors perte de synchronisme. Le moteur ne peut pas démarrer. On peut définir une fréquence limite de démarrage pour chaque valeur du couple résistant. Cette fréquence dépend également de l'inertie (fig. 9) décrit le lieu des fréquences limites de démarrage en fonction de la charge. [15]

4/ Fréquence limite absolue

Lorsqu'un moteur démarre en deçà de la fréquence limite de démarrage, il s'établit un équilibre entre le couple moteur moyen et le couple résistant.

Une réserve d'accélération existe aussi longtemps que ce dernier est inférieur au couple moteur moyen maximum. Il est alors possible de franchir progressivement la limite de démarrage et d'accélérer au delà. Cependant, avec l'accroissement de fréquence, il se produit une diminution de courant associée à la constante de temps de bobinages une nouvelle limite de fréquence absolue apparaît alors lorsqu'il y'a égalité de couples moteur maximum et résistant.

La (fig. 9) montre la dépendance de cette fréquence et de la charge. [19] [20]

VII/ Possibilités d'amélioration des caractéristiques d'un moteur pas à pas :

Les améliorations peuvent résulter de trois actions principales.

- La conception du moteur.
- Les caractéristiques de l'alimentation.
- Les caractéristiques de la commande.

Les améliorations nous concernant, étant celle de l'alimentation et de la commande (ou la combinaison des deux).

A) Amélioration des performances par la conception du moteur :

On peut citer principalement :

- * La disposition relative des composants : l'aimant permanent joue un rôle déterminant.
- * La géométrie des zones à réluctances variables.
- * L'intervention des zones saturables permettant d'accroître les variations de réluctance, donc le couple.
- * Le renforcement des mutuelles, permettant d'assurer le transfert de l'énergie magnétique d'une phase à l'autre.
- * Le recours à des amortisseurs électromagnétiques (système d'énergie à frottement visqueux). [15]

B) Etude et amélioration des performances par l'alimentation

Nous nous sommes intéressé, plus particulièrement à une fonction, couramment exigée pour ces machines, qui est l'entraînement d'une charge donnée avec minimisation du temps de positionnement. Ces conditions conduisent pour les courants de phase à une forme optimale en créneaux (fig. h.1). [14]. [15] [24]

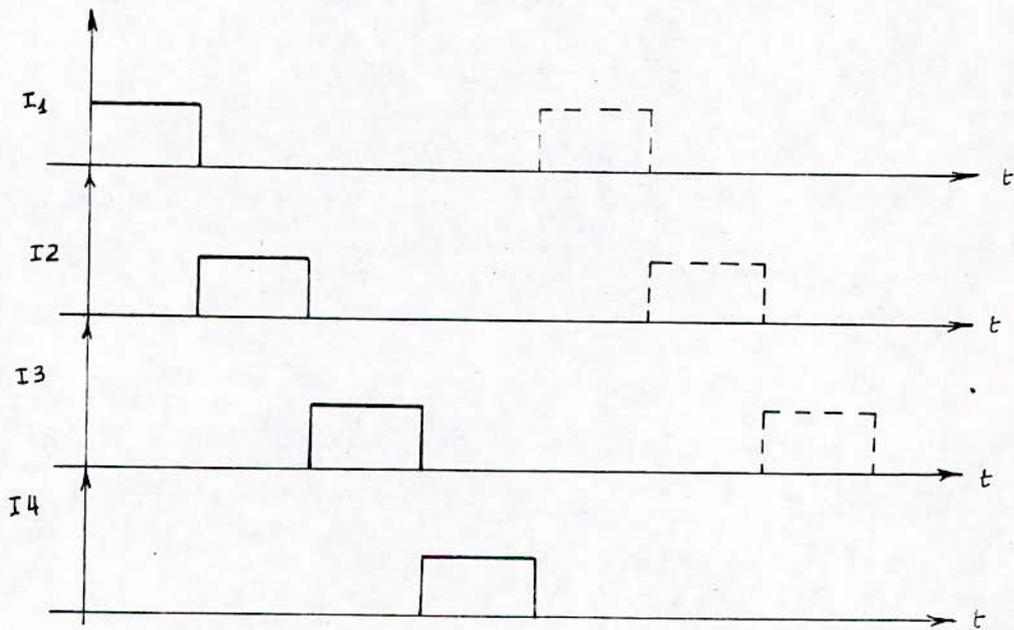


Fig.h.1 Séquence 1-2-3-4 . (Avance d'un pas)

La forme des courants en créneaux dans une charge inductive peut être approchée en utilisation des systèmes hacheurs de courant (fig.1c).

Chaque phase se compose de deux bobines, n'est désignée que par une seule inductance L et une résistance r ; tandis qu'une résistance externe distinguée par R_{ex} .

En général la commutation de ces phases se fait par le jeu de transistors de puissance qui sont, dans la plupart des cas, des montages darlington fonctionnant en commutation. Sachant que le courant est le paramètre essentiel pour le couple moteur ([19]).

Pour obtenir un couple maximum avec un courant nominal donné; le courant dans chaque phase doit atteindre sa valeur finale immédiatement après l'instant de commutation.

Il faut donc réduire le temps d'établissement du courant lors de la commutation d'une phase à l'autre. Dans ce but, le schéma classique consiste à ajouter une résistance R_x en série avec chaque phase (fig.1a.) ce qui réduit la constante de temps L/R .

Avec une moindre dissipation d'énergie, on peut aussi diminuer ce temps d'établissement en permettant une surtension lors de la commutation, en utilisant une alimentation bi-tension (fig.1b) ou une alimentation par hacheur avec une source de tension à haut niveau (fig.1c), en revanche ces alimentations sont plus coûteuses.

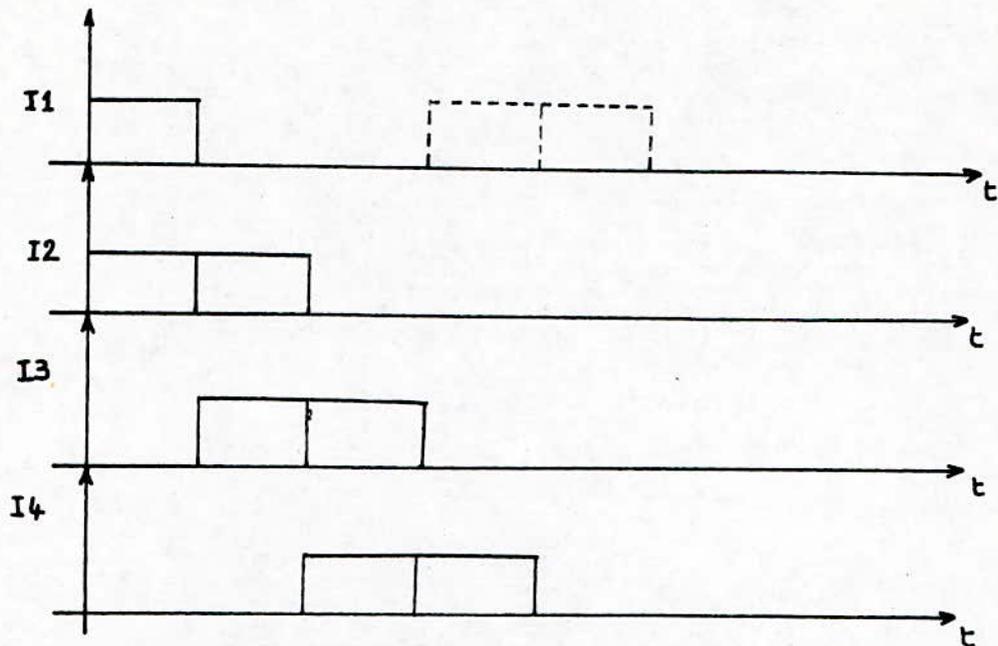


Fig.h.2 Séquence 12-23-34-41
Avance de 1/2 Pas.

-Les impératifs de l'alimentation électronique concernant une avance pas à pas :

- * Etablir rapidement un courant donné, dans un circuit inductif.
- * Maintenir ce courant à sa valeur en dépit des variations des paramètres du circuit.
- * Interrompre rapidement ce courant
- * Éviter l'apparition de courants parasites

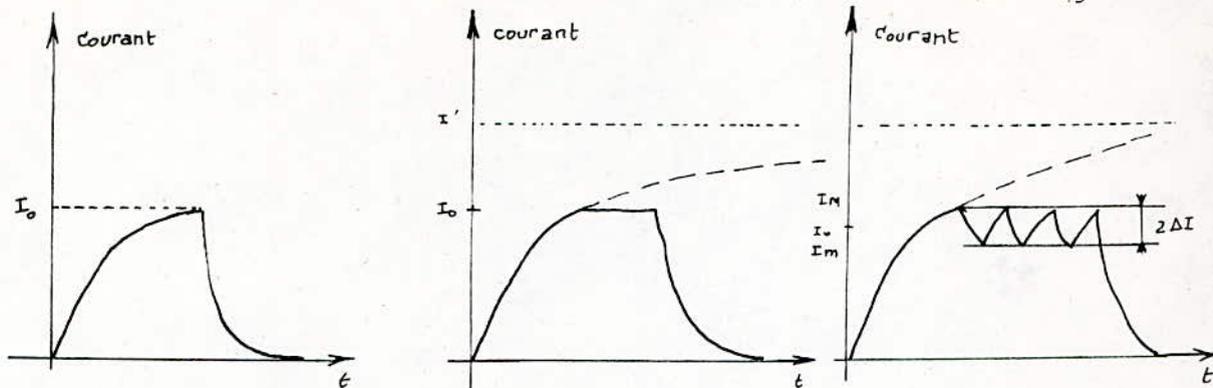
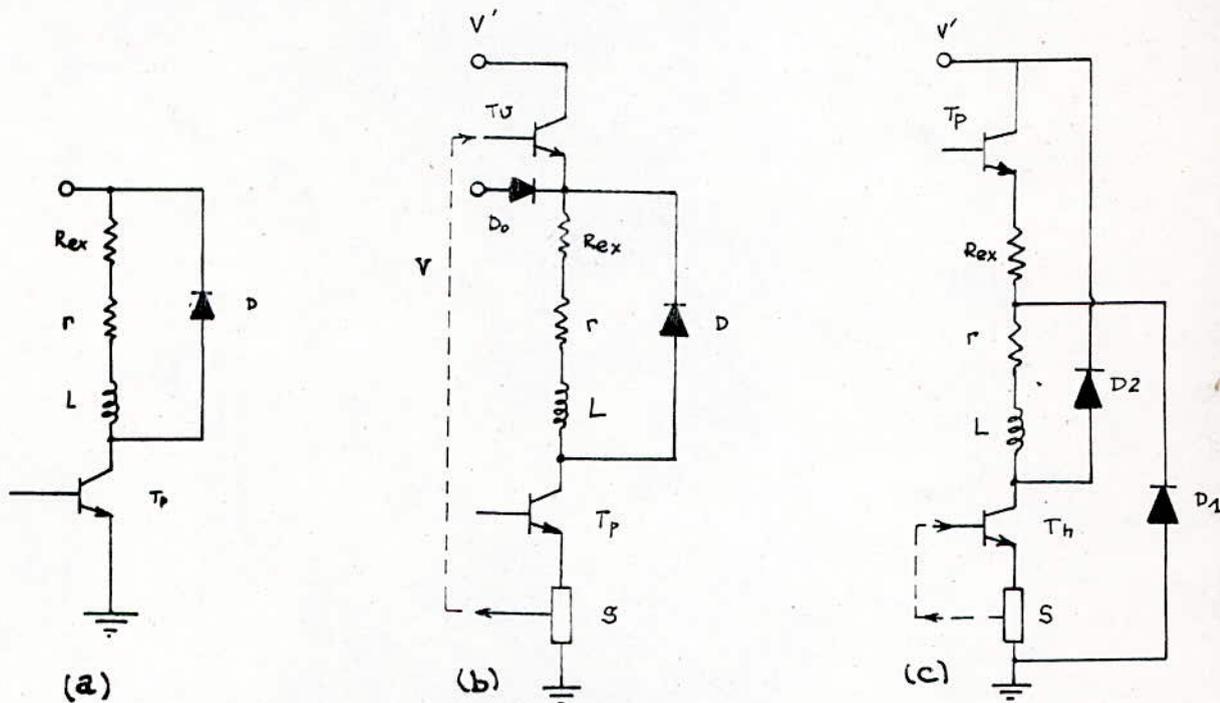


Fig. 1



D: diode de roue libre.

Tp: transistor de commutation

D: diode de roue libre

D: diode de protection de V

S: sonde de courant pour commander Tu

Tu: transistor de commutation V

Tp: transistor de commutation de phase.

D1: diode de roue libre

D2: " " " "

S: sonde de courant (comm. Th)

Th: transistor de hachage

Tp: transistor de commutation de phase.

C) Amélioration des performances par la commande :

L'étude de la commande étant dépendante du micro-processeurs, elle sera faite ultérieurement).

La commande assure la commutation des phases selon une séquence spécifique et un rythme adapté à la charge et au régime de fonctionnement. On peut distinguer quatre régime de fonctionnement :

- * le démarrage (accélération)
- * le régime permanent, (à fréquence contrôlée ou non)
- * La décélération
- * l'arrêt.

(L'arrêt se distingue de la décélération, par suite des phénomènes oscillatoires qui lui sont associés). [14] [14] [25]

Dans sa forme la plus simple, la commande comprend un générateur de rampe pour l'accélération et la décélération, un système de comptage- décomptage pour la détermination du nombre de pas et un aiguillage pour l'enclenchement des différentes phases : (en ce qui nous concerne, le microprocesseur regroupera toutes ces fonctions et systèmes).

A partir de cette solution minimales de nombreuses améliorations peuvent être apportées :

L'asservissement de la commande par la position (fig. J.) cette technique permet de générer automatiquement une rampe de démarrage, adaptée à la charge. Elle permet également un contrôle dynamique de la position, minimisant $\epsilon(t)$ (l'inverse de précision dynamique) et empêche pratiquement une perte de synchronisme. Cette technique est en revanche relativement coûteuse, par la présence de capteur de position digital et du système d'analyse qui lui est lié.

En revanche, la fiabilité accrue fait fréquemment opter en faveur de cette solution.

La technique d'avance à l'allumage : Elle consiste en une avance, progressive avec la fréquence, de l'enclenchement des phases relativement à la position optimale théorique. L'enclenchement pour une position constante relative au pas, conduit à une baisse progressive de courant moyen. On a ainsi un accroissement de la fréquence limite absolue. Cette technique doit être combinée avec la précédente.

La suppression des oscillations à l'arrêt par commutation des phases (technique bang-bang). Cette technique consiste à imposer un freinage avant l'arrivée en position d'équilibre stable. Celui-ci est assuré pour réenclenchement de la phase précédente (fig.J) [15]. Si cette technique est très efficace, la durée des diverses opérations est une fonction de la charge et de l'inertie. Il y a donc une efficacité variable avec les conditions de fonctionnement ou nécessité d'adapter la commande [4] [23].

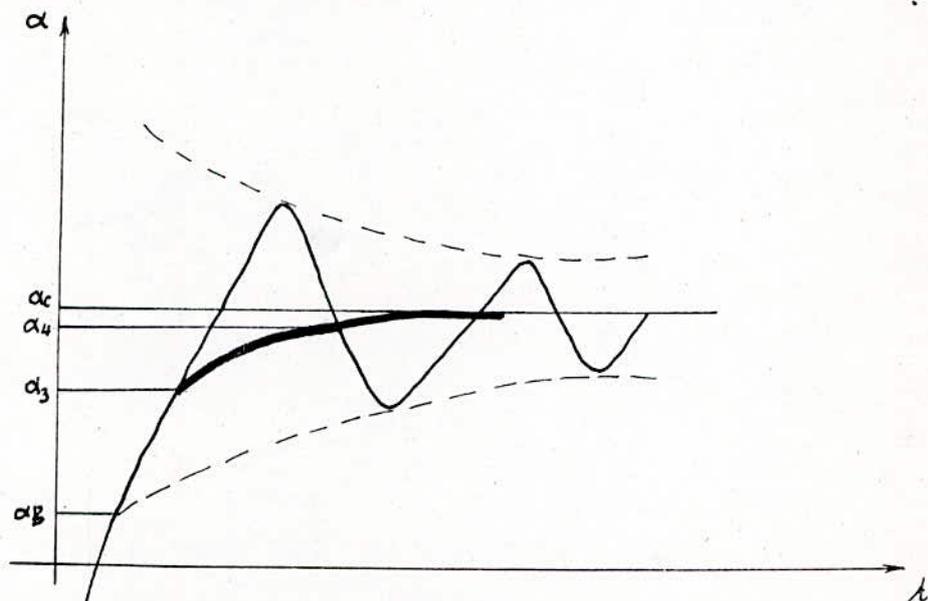


Fig. J Position au cours du temps

- Sans amortissement.
- Avec amortissement.

VIII CONCLUSION

En fait, le choix du schéma d'alimentation n'est pas unique : il dépend des performances recherchées et surtout des composants disponibles ainsi que leurs prix de revient.

REMARQUES:

1) Eviter les effets de couplage pour les fonctionnements discrets.

* Les favoriser pour les fonctionnements enchainés (en rotation permanente les couplages entre enroulement sont exploités afin de faciliter le transfert de courant d'un enroulement à un autre, lissant ainsi le couple résultant).

2) Les circuits électroniques permettant de satisfaire ces exigences soit évidemment différents de sorte qu'il est nécessaire de déterminer un compromis acceptable, accessible à un montage unique et simple.

3) Cette dernière remarque est fondamentale pour le choix de l'alimentation convenant à notre technique de tracé graphique :

Car d'une part, on aura à tracer des courbes continues (rotation quasi -permanente) ; d'autre part l'écriture ainsi que les courbes discontinues nécessitant un fonctionnement discret.

4) L'analyse des phénomènes de commutation, permet de distinguer différents modes de fonctionnement du système, d'en faire la mise en équation complète : et ainsi permettre l'écriture d'un programme de simulation numérique : ainsi un dimensionnement optimal des éléments le constituant, pourra être établi. " ceci ne faisait pas l'objet de notre étude".

CHAPITRE (V)

LA CARTE DE COMMANDE PAR
MICROPROCESSEUR

I°) INTRODUCTION :

Après avoir vu les différentes caractéristiques du moteur pas à pas ; nous nous intéressons maintenant, à l'aspect commande de ces derniers lors d'un tracé ou de saisie.

La méthode la plus élégante, permettant d'avoir de bonnes performances est la commande électronique par microprocesseur :

Un double avantage réside dans le fait que cela ne permettra de communiquer la commande ou la saisie d'une part, et de faire le traitement, des données acquises par ordinateur d'autre part.

Par une vue rétrospective des deux chapitres précédents (III et IV) ; nous pouvons dresser un cahier de charge, qui nous guidera dans la conception de la carte, en apportant des justifications claires quant au choix des différents composants à utiliser.

Il s'agit donc, de commander deux moteurs pas à pas (l'un de direction, l'autre d'avance) comportant chacun d'eux deux phases ; plus un électro-aimant, et ceci conformément à la chaîne cinématique du chapitre (III).

Cette commande se fait par l'intermédiaire d'un micro-ordinateur, nécessitera la présence d'une carte d'interface entre la partie moteurs-puissances et le micro-ordinateur. fig (a).

II°) Mise au point de la carte d'interface de commande :

Il est clair, que nous devons utiliser un port d'entrée sortie parallèle, permettant la commande des M.P.P phase par phase voir chapitre précédent et bien sur l'électro-aimant de la plume (pen up/down)

Un autre port d'entrée sortie série, s'avère nécessaire pour une transmission série en asynchrone s'appuyant sur la technique standard RS 232C .

Le tout sera géré par un microprocesseur associé à des mémoires RAM et ROM.

L'éprouve contiendra des programmes de gestions ; pour coordonner les différentes opérations telles que : initialisation pour communiquer et commander ou saisir.

Ainsi nous pouvons donner un schéma synoptique de la carte qui permettra la commande des moteurs pas à pas : (voir fig. b)

II.1) Développement de la carte d'interface de commande :

Le laboratoire n'étant pas équipé de système de développement pour carte à base de microprocesseur "Z80", nous avons alors, été contraints d'emprunter un chemin de développement progressif, que nous résumons par cette ordiogramme : (voir fig. c)

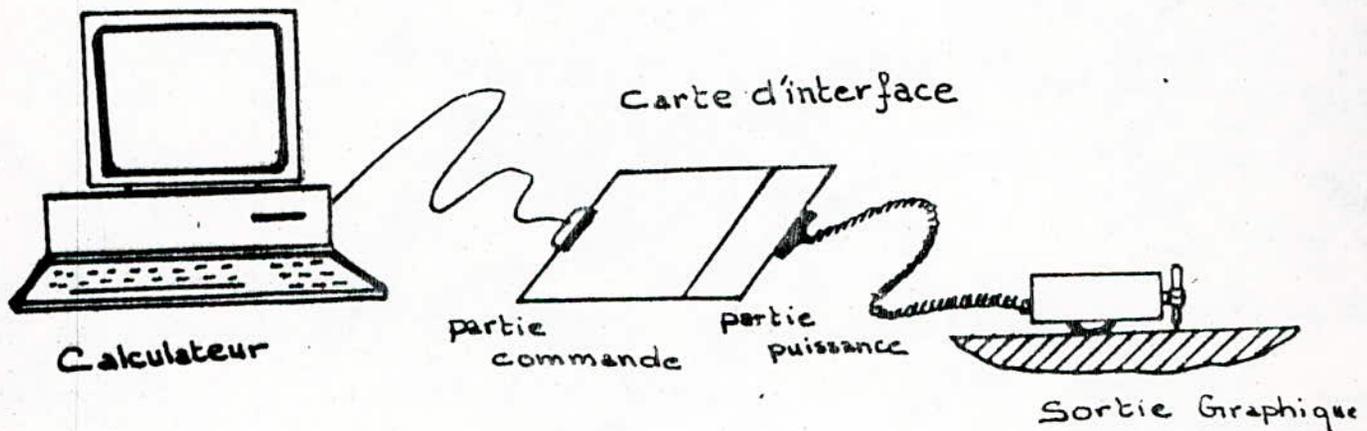


Fig. a

a°/ Choix du microprocesseur :

C'est toujours au concepteur qu'il appartient de définir le compromis le plus raisonnable entre l'efficacité du matériel (performances) et un moindre coût des composants le constituant, ainsi que la disponibilité sur le marché. En ce qui concerne la performance, nous entendons par là : un jeu d'instructions assez riche : (riche dans

.../...

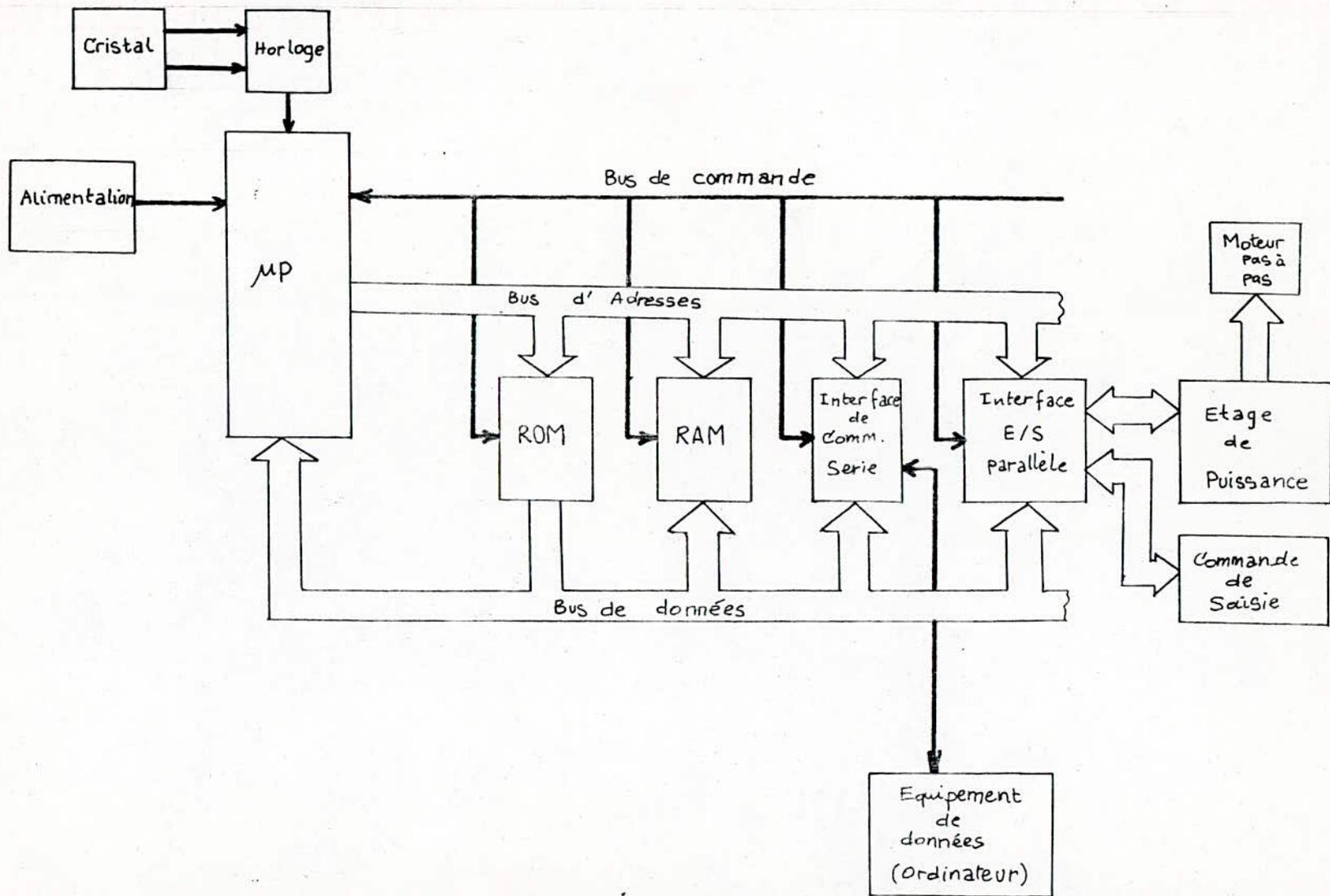


Fig. b - Schéma Synoptique de la Carte de Commande -

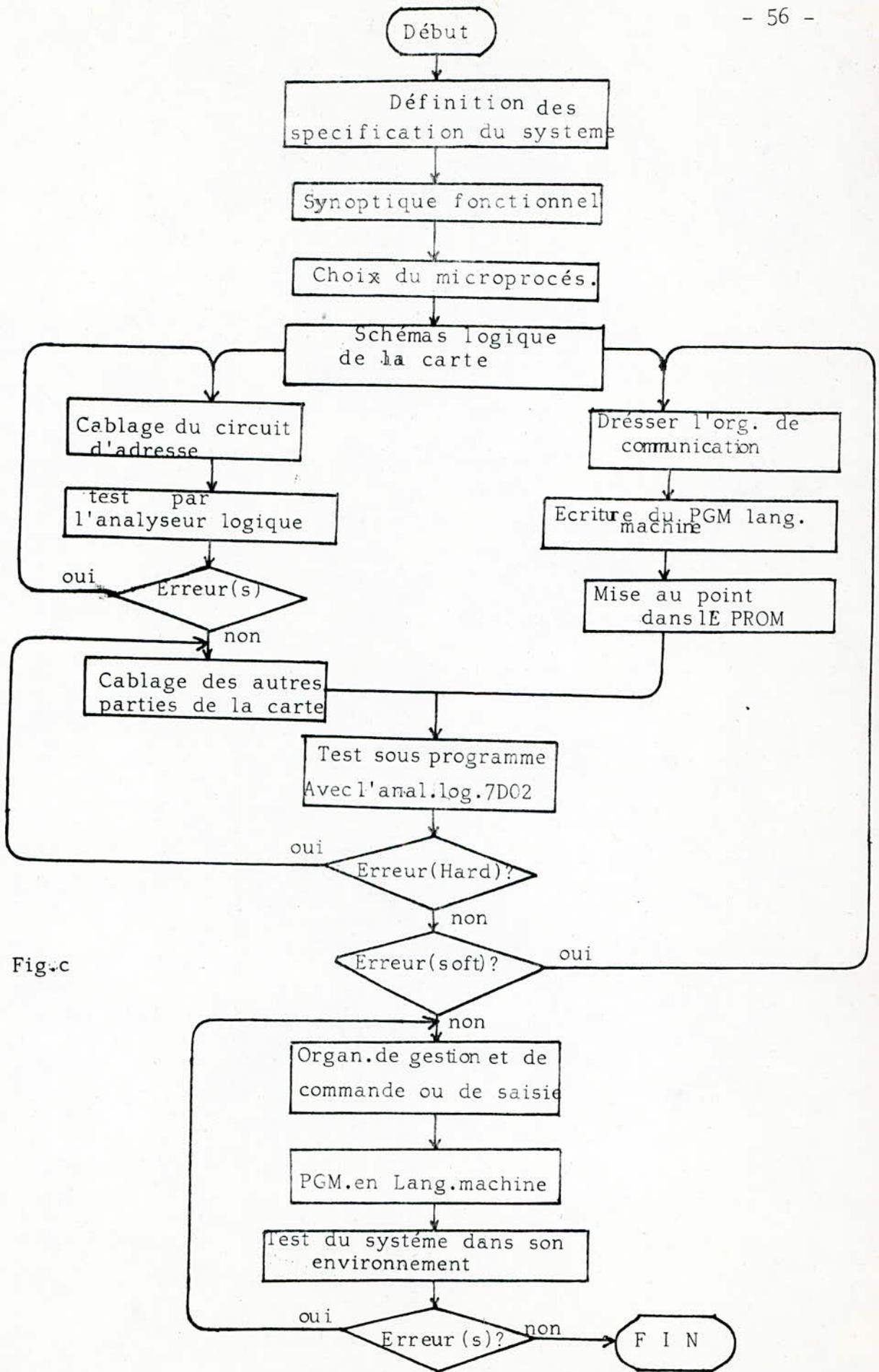


Fig. c

le sens d'y répondre à nos besoins d'utilisations) et ainsi permettre la réduction du nombre de composants autour de lui, grâce à une approche logicielle optimale.

C'est ainsi, que nous avons choisi parmi les microprocesseurs de différentes fabrications le Z 80 de Zilog .

III/ Description de la carte à base du Z80-CPU :

Nous pouvons donc dégager un système minimal autour du Z80 CPU ; ce système comprendra : (fig. d)

- CPU (central process unity)
- L'EPROM : (4 096 octets de mémoire morte)
- RAM : (1 024 octets de mémoire vive)
- FIO : port d'E/S parallèle.
- ACIA : port d'E/S serie
- circuit d'adressage
- oscillateur à quartz : (horloge du Z80-CPU)
- Baud Rate : générateur de cadence débit pour la transmission RS232C.

1/ Le Z80-CPU :

Le Z80-CPU est un microprocesseur en un seul boîtier équivalent à l'ensemble INTEL 8080-CPU + 8224 (générateur d'horloge) + 8228 (contrôleur de système).

Il constitue une famille intégrée, alimentée par une unique source de tension de + 5V, et attaquée par une horloge monophasée.

Il se présente sous la forme d'un boîtier de 40 broches standard (voir annexe). Ces broches se subdivisent en :

- un bus d'adresses de 16 lignes
- un bus de données de 8 lignes (bidirectionnel)
- un bus de contrôle.
- en plus, des broches de + 5V, la masse et l'horloge monophasée ϕ .

CARTE D'INTERFACE AUTOUR DU Z80

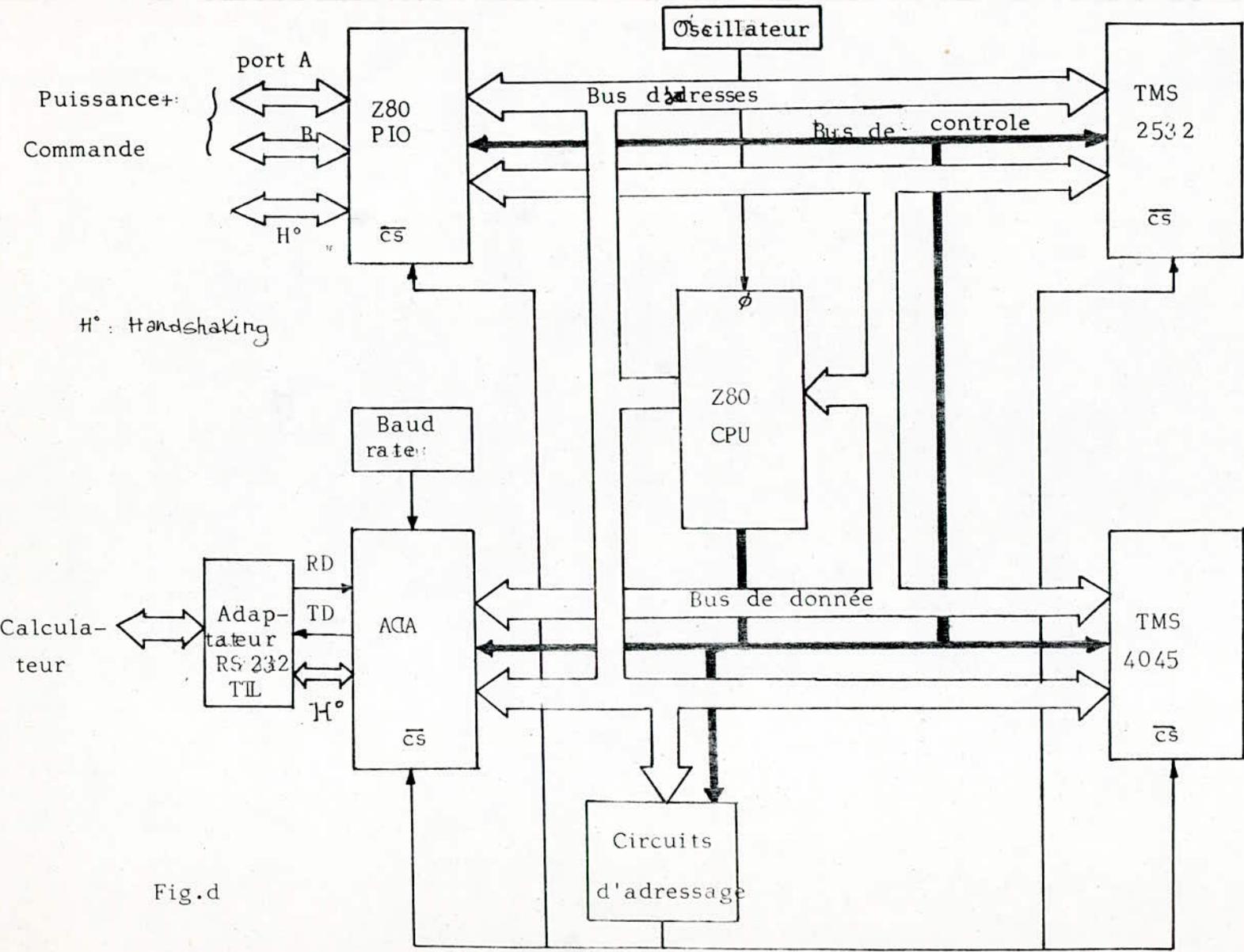


Fig.d

1.4) JEU D'INSTRUCTION DU Z80 :

Le jeu d'instruction de l'unité CPU (Central processing Unit) comprend 158 instructions incluant toutes les instructions du 8080A (78 instructions).

En raison de l'importance du jeu d'instructions, les programmes développés pour le Z80-CPU seront plus courts de sorte qu'ils demanderont à la fois moins de mémoire et moins de temps d'exécution. [9][6]

Les instructions du CPU-Z80 appartiennent aux groupes suivants :

- Charge et échange (LOAD et EXCHANGE).
- Transfert de base et recherche de caractère (BLOCK TRANSFERT AND SEARCH).
- Arithmétique et logique. (8 à 16 bits)
- Rotation et décalage (ROTATE AND SHIFT) (8 à 16 bits)
- Manipulation sur les bits: Positionnement et test (Bit Manipulation: set, reset, test).
- Saut, appel et retour (JUMP, call and return)
- Contrôle du CPU (BASIC / CPU: CONTROLE)
- Entrée/sortie (INPUT / OUTPUT). [6][9][12]

1.9/ L'architecture du CPU-Z80 : (fig. e)

Le CPU-Z80 contient 208 bits de mémoire vive accessibles au programmeur. Il possède deux jeux de six registres de 8 bits, soit par paire, comme registres de 16 bits.

Tous ces registres sont des mémoires à écriture-lecture statiques.

Il dispose également de :

- deux accumulateurs
- deux registres d'états
- deux registres d'index (IX, IY)
- un registre de page d'adresse : pour les interruptions (I)
- un registre de rafraichissement (R)

Il adresse les E/S différemment des mémoires ROI et RI.

Il est à noter qu'avec le CPU-Z80, destiné à fonctionner avec une horloge de 2,5 MHz (au max), nous pouvons monter en fréquence jusqu'à 4 MHz .

Il peut parfaitement fonctionner avec 1 MHz : fréquence à laquelle, l'ACIA de Motorola, que nous utilisons devient compatible avec le système.

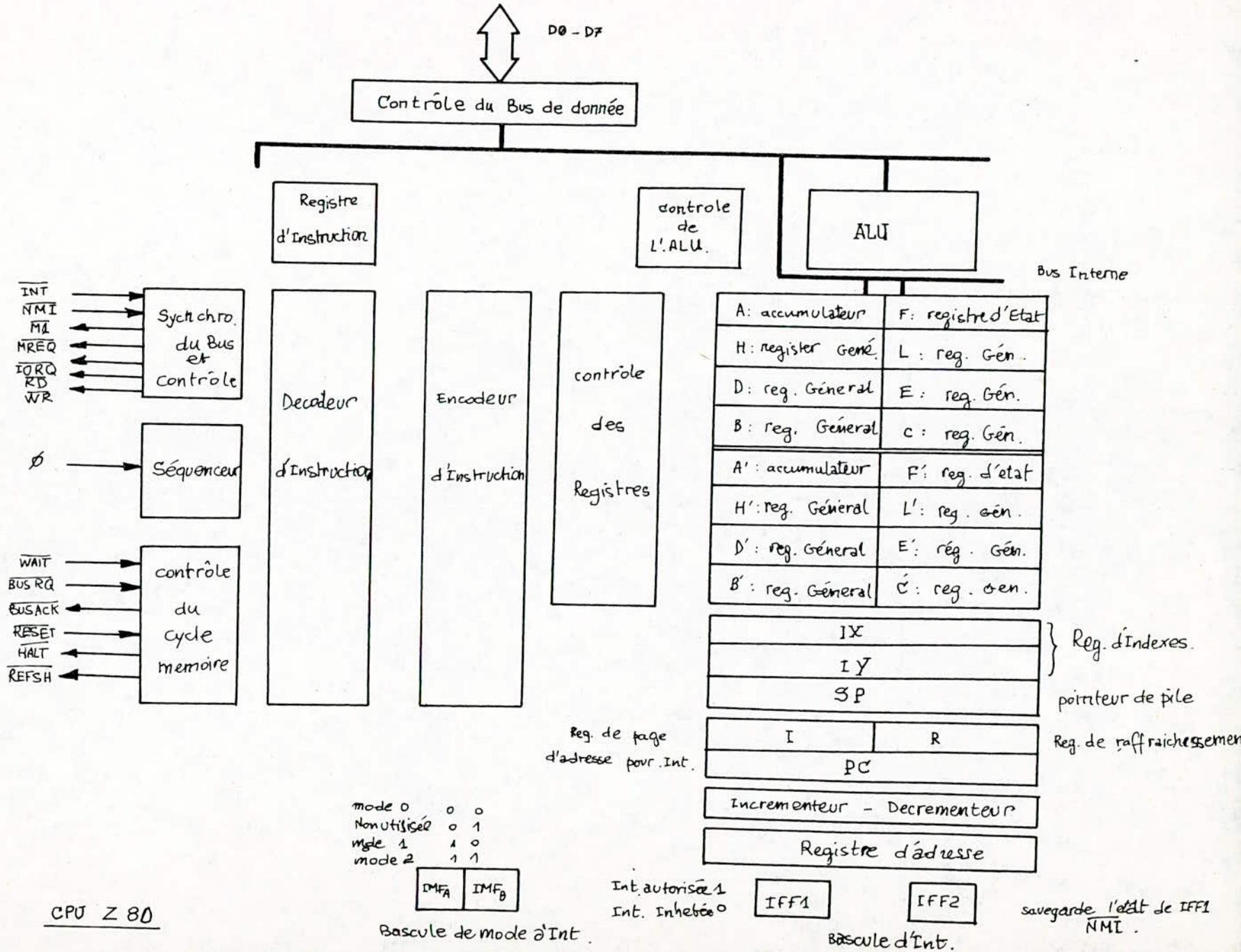
2 °/ Adressage :

Le Z80-CPU a 16 lignes physiques de sorties d'adresses, référencées A0 à A 15.

Cela signifie qu'il peut accéder directement à 2^{16} soit 65 536 emplacements de stockage séparés .

L'eprom (TMS 2 532) que nous utilisons, (avec ses 4 096 emplacements physiques); ainsi que la RAM (TMS 4 045) (avec ses 1 024 emplacements physiques) nous permettent de faire un adressage linéaire ou partielle. L'adressage partielle est largement suffisant grace à la caractéristique du CPU-Z80

Fig. e - Architecture Interne du Z80 - CPU -



Ainsi, nous élaborons un plan d'adressage des espaces adressables, en prenant soin d'attribuer l'adresse la plus basse à l'EPROM, conformément à la (fig.f).

2.1/ Plan d'adressage :

2.1.1/ Adressage des mémoires :

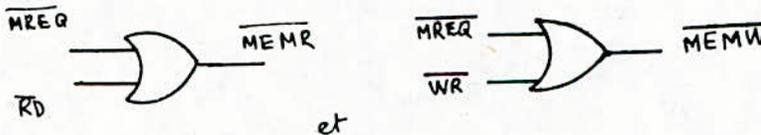
Nous découpons l'espace adressable en zones mémoires en prévoyant des extensions possibles comme suit (Voir Fig.f)

Le circuit logique nécessaire pour former cet adressage est à base du décodeur le 74 LS 42 (fig.g)

Il y a ainsi par câblage deux niveaux de sélection par cellule mémoire (ROM ou RAM) :

- Sélection du boîtier (poids forts d'adresse).
- Sélection dans le boîtier (poids faibles d'adresse).

Trois lignes de sorties du microprocesseur Z80, \overline{MEMR} , \overline{RD} et \overline{WR} , servent à produire les commandes référencées \overline{MEMR} et \overline{MEMW} :



* \overline{MEMR} : (Memory Read) et le signal de sélection de mémoire fonctionnent ensemble pour autoriser les sorties de données de la ROM ou la RAM.

* \overline{MEMW} : (Memory Write) et le signal de sélection de mémoire fonctionnent ensemble pour autoriser l'entrée (écriture) des données dans la RAM.

.../...

Adressage des mémoires

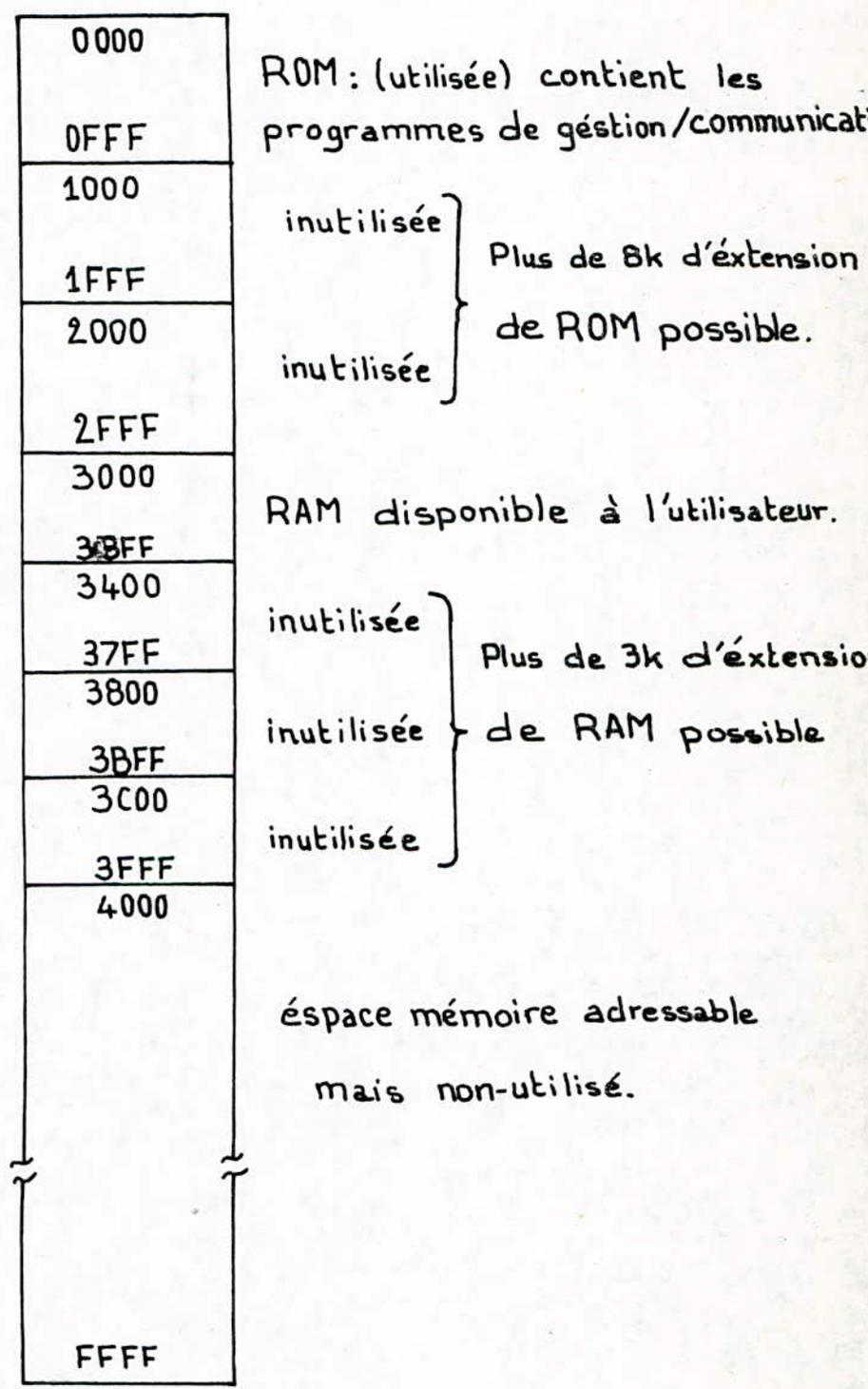


Fig.f

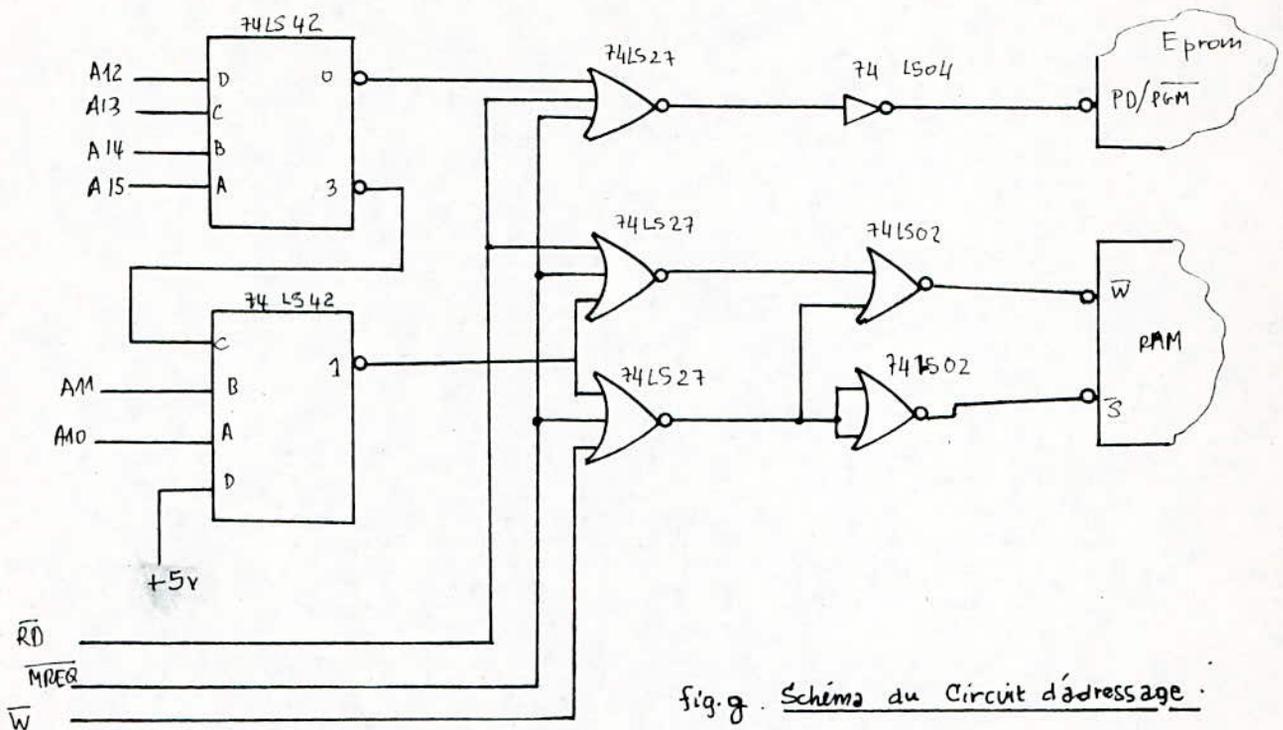


fig. g. Schéma du Circuit d'adressage

Remarque : ce circuit est conforme à celui que nous avons établi dans la carte réellement (voir schéma de la carte de commande en annexe.)

2.1.2/ Adressage des coupleurs parallèles et séries ;

Vu que le Z80-CPU possède la propriété d'adresser les mémoires différemment des portes d'entrée-sortie, nous convenons de superposer leurs adresses, avec les mémoires, dans une basse zone de l'espaces adressables :

Un circuit de décodage, classique permet la sélection du PIO ou l'ACIA, en mode de commande ou de données (fig. h)

Nous choisissons comme adresse :

- Adressage du PIO :

- 0088 registre de données port A
- 0089 registre de données port B
- 008A registre de commandes port A
- 008B registre de commandes port B.

Que l'on résume par : 0 . 0 . 1000 . 10xx

- Adressage de l'ACIA :

OUT	{	008D ; registre de commandes
		008F ; registre de données émises
IN	{	008D ; registre d'état
		008F ; registre de données reçues.

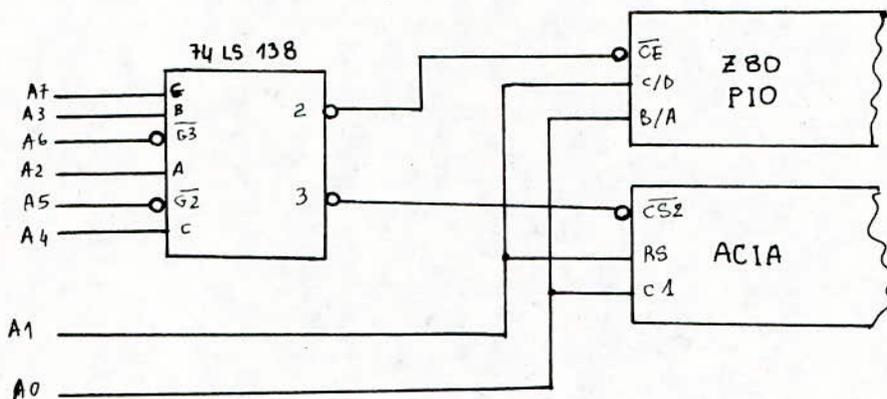


Fig. h

3 - Les Mémoires :

* L'eprom TMS2532 JL :

Cette eeprom (erasable programm. ROM) possède une capacité mémoire de 4 096 x octets adressable. Elle est alimentée par une unique source de + 5V. Elle est compatible TTL, à opération statique. Son temps d'accès maximal est de 450 ns. (brochage voir annexe). [13]. Elle contiendra l'ensemble du programme de gestion et de commande du système.

* La RAM statique TMS40L45NL :

C'est une RAM de 1024 x 4 organisatio, c'est à dire qu'elle adresse un kilo de demi-octets ou byte, nous devons donc lui adjoindre un deuxième RAM statique identique adressée de la même façon et en même temps ; pour former un mot de 8 bits (un octete).

Une unique source d'alimentation de + 5V à $\pm 10\%$ de tolérance. Elle est à opération statique (pas d'horloge, ni de rafraichissement). Son temps d'accès est de 450 ns (brochage voir annexe). [13]
Cette RAM contiendra les données spécifiques et (transitoires) lors d'une commande de saisie ou tracé.

C'est un circuit d'E/S parallele programmable, il comporte essentiellement:

- Deux ports d'E/S de 8 bits, que l'on note PA et PB, munit chacun d'eux, de deux lignes de controle (ou HANDSHAKING). (FIG.1b)

- Un tampon de 8 bits et une logique de contrôle pour les échanges avec le Z80.

- Une logique de contrôle d'interruptions.

Chacun des deux ports d'E/S est organisé suivant le schéma de la fig.1b) ; il comporte six registres, avec une logique de dialogue :

- un registre d'entrée à 8 bits.
- un registre de sortie à 8 bits.
- un registre de contrôle de mode à 2 bits.
- un registre de masque à 8 bits.
- un registre de sélection de direction entrée ou sortie à 8 bits.
- un registre de contrôle de masque à 2 bits.

* PROGRAMMATION DU Z80-PIO:

Il possède 4 modes de programmations:

Les trois premiers modes necessitent deux mots par port, (pour programmer un port [5]).

- Ces mots sont:

* Mots de modes control :

Sélectionne le mot de mode

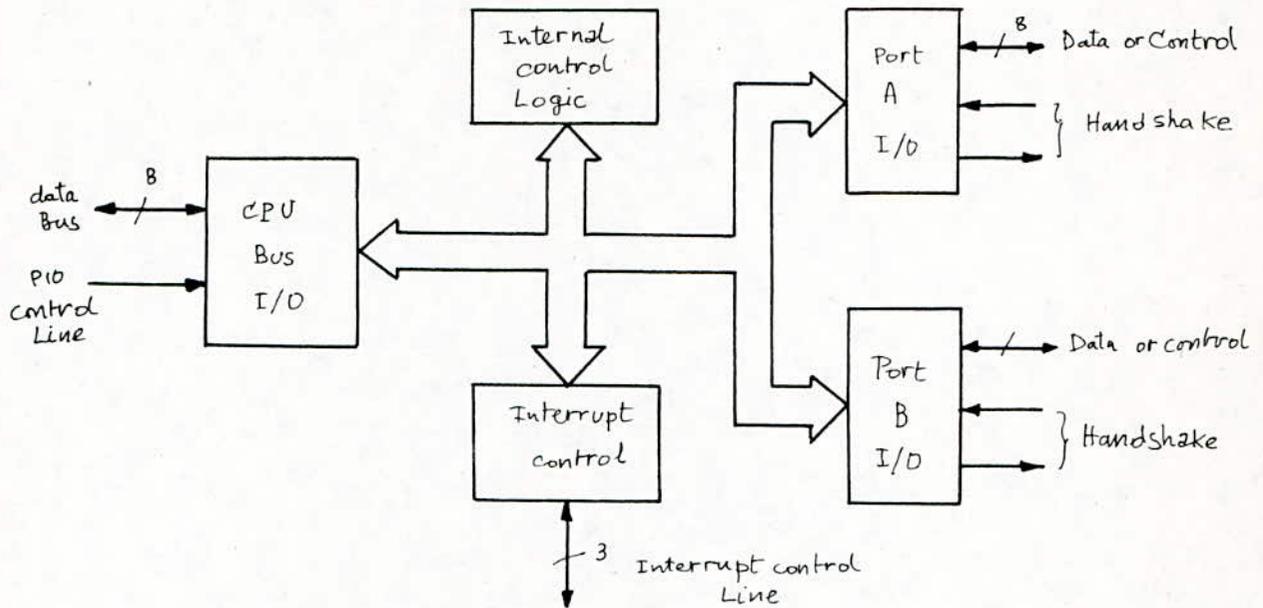
du registre commande.

Z80-PIO _{mode}	INTERRUPTIONS
MODE 0	SORTIE AVEC HANDSHAKING
MODE 1	ENTRÉE AVEC HANDSHAKING
MODE 2	E/S BIDIRECTIONNEL avec HANDSHAK.
MODE 3	LIGNES ASSIGNÉES INDIVIDUELLEMENT (commande)

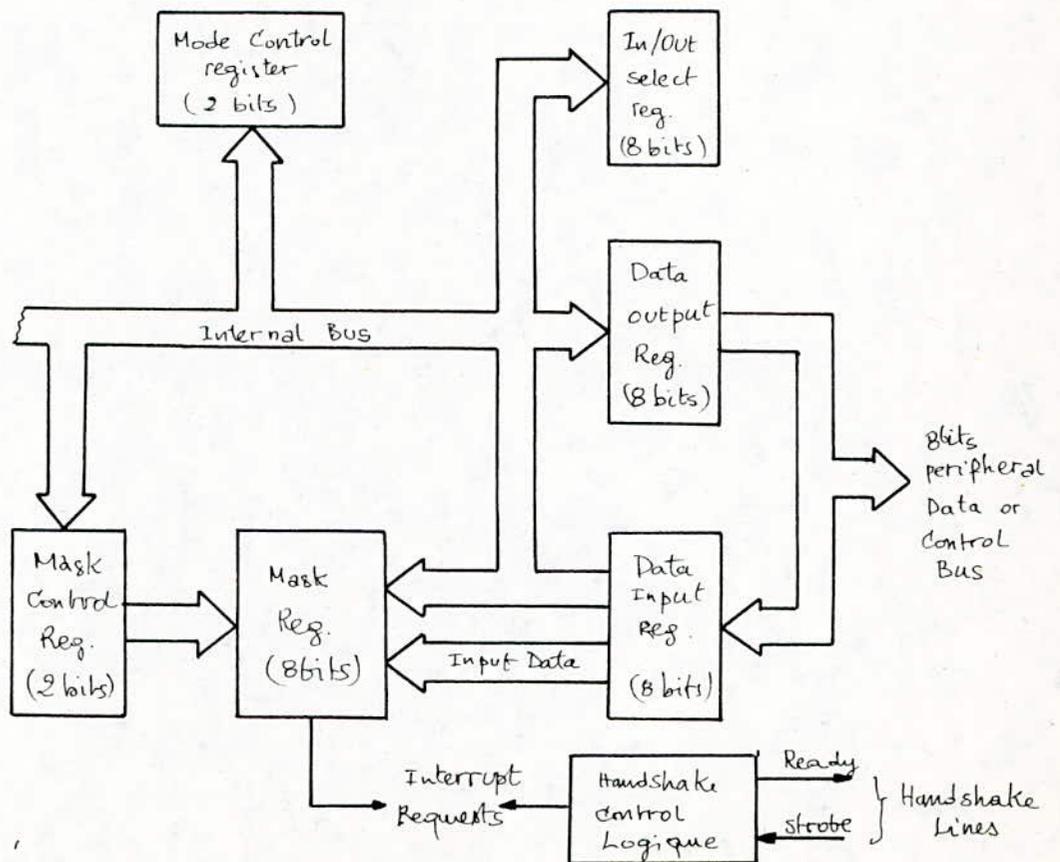
* Mot de mode du vecteur d'interruption:

Lorsqu'une interruption est autorisée, le PIO procure le vecteur d'interruption correspondant.

Dans le mode 0,1, et 2 avec HANDSHAKING, la fin du signal STROBE (STB) provoque l'activation de la ligne de demande d'interruption INT vers le Z80-CPU.

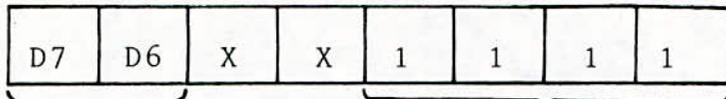


Figia Architecture Interne (Block Diagramme)



Figib Organisation d'un Port

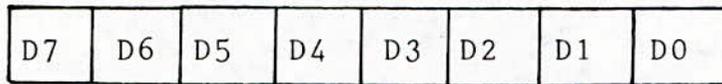
Nous donnons les différents registres du Z80-CPU avec le jeu de possibilités de programmation :



décodage des modes

indique le mot de mode au registre de commande :
0, 1, 2, 3

Mot de mode de commande



Indiquent le mot de contrôle des interruptions

D4 = 0 pas de mot de masque

D4 = 1 il existe un mot de masque

D5 = 0 active au niveau bas

D5 = 1 active au niveau haut

D6 = 0 interruption active pour une fonction "OR"

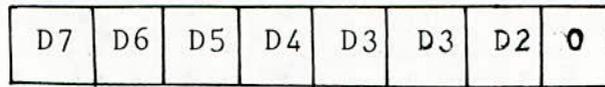
D6 = 1 " " " " " " " " "AND"

D7 = 0 interruption inhibée

D7 = 1 interruption validée

Mot de contrôle d'interruption

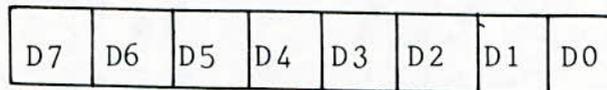
Registre du vecteur d'interruption



Indique la présence d'un vecteur d'Int.

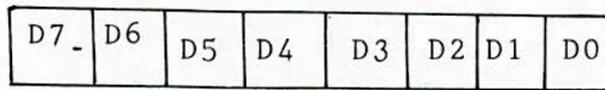
Vecteur d'interruption utilisé

Registre du masque de control



MB0-MB7 représente les bits du masque

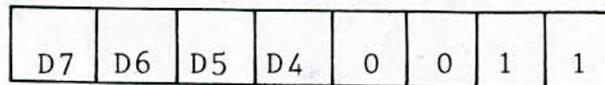
Registre de control des E/S



0: Indique que la ligne correspondant est en sortie

1: Indique que la ligne est en entrée

Registre de validation de l'interruption



Identifie le mot qui inhibe l'interruption

Non spécifiés;

0: Interruption inhibée

1; Interruption validée

5/ L'INTERFACE SERIE PROGRAMMABLE : ACIA

Il permet la conversion parallele-serie et l'inverse, nécessaire pour notre communication à partir du calculateur à l'aide de la RS232C.

L'ACIA MC 6850 est spécialement conçu pour le MC 6800. Il permet une communication serie asynchrone .

Il peut travailler jusqu'à une fréquence de 1Mhz, sa vitesse de transmission peut atteindre 500 Kbit/seconde. Il peut commander un modem.

Cet interface possède tous les signaux nécessaire pour entreprendre une communication serie RS232C, une simple programmation lui permet de comprendre l'ensemble du protocole de cet standard. [10] (Brochage voir annexe).

* Architecture interne :

L'ACIA possède quatre registres internes :

- Un registre de commande.
- Un registre d'état .
- Un registre de données en emission.
- Un registre de données en reception .

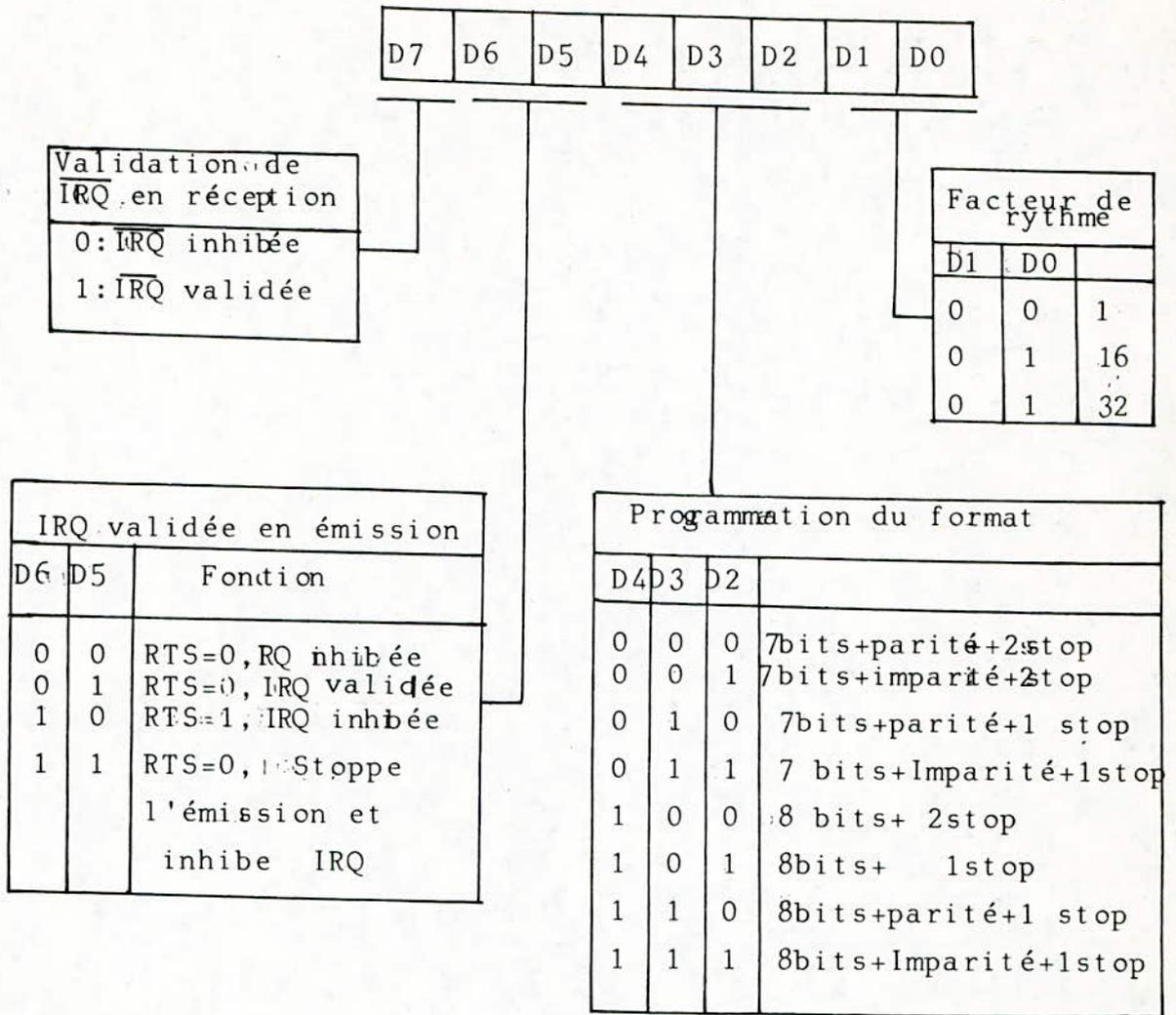
On peut adresser chaque registre en mode ecriture ou lecture à l'aide de l'entrée RS : "Registre Select".

Mode	RS	Registre selectionné
Ecriture	0	Registre commande
	1	Registre emmission
Lecture	0	Registre d'état
	1	Registre réception

* Programmation de l'ACIA:

Au préalable, il faut réinitialiser l'interface et cela, en écrivant un mot dit " Master Reset ".

Puis, on programme le mot de commande ci-dessous :



Registre d'état:

Ce registre ne peut être que lu, indiquant ainsi si un transfert de données est possible, s'il y a des erreurs ou des interruptions.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
IRQ	PE	OVRN	FE	$\overline{\text{CTS}}$	$\overline{\text{DCD}}$	TxDRE	RxDRE

- .RxDRE: registre de réception plein.
- .TxDRE: registre d'émission vide.
- . $\overline{\text{DCD}}$: data carrier detect, utilisé en MODEM.
- .FE : erreur de format.
- .OVRN: : erreur d'écrasement.

- .PE : erreur de parité.
- .IRQ : bit d'état (demande d'interruption) .
- .CTS : Clear to send, utilisé avec modem .

IV / LA COMMUNICATION SERIE PAR RS232-C:

La RS232-C édictée par l'organisation internationale CCITT V24 . C'est la technique de transmission la plus ancienne.

Cependant ,grace à l'expansion de la peri-informatique la standardisation des moyens de communications devenait indispensable.

1* TYPES DE LIAISONS:

La transmission serie peut se faire selon trois types de mode :

- MODE SIMPLEX:un seul sens de transmission est possible.

-MODE HALF DUPLEX:les deux sens de transmission sont possibles,mais en alternance.

-MODE FULL DUPLEX: les deux sens de transmission sont possibles à la fois

Le protocole serie de la RS232-C prévoit la possibilité d'une transmission synchrone ou asynchrone .

Afin de permettre une transmission du flot de caractères, au fur et à mesure que ceux ci arrivent il est nécessaire d'opter pour une transmission asynchrone.

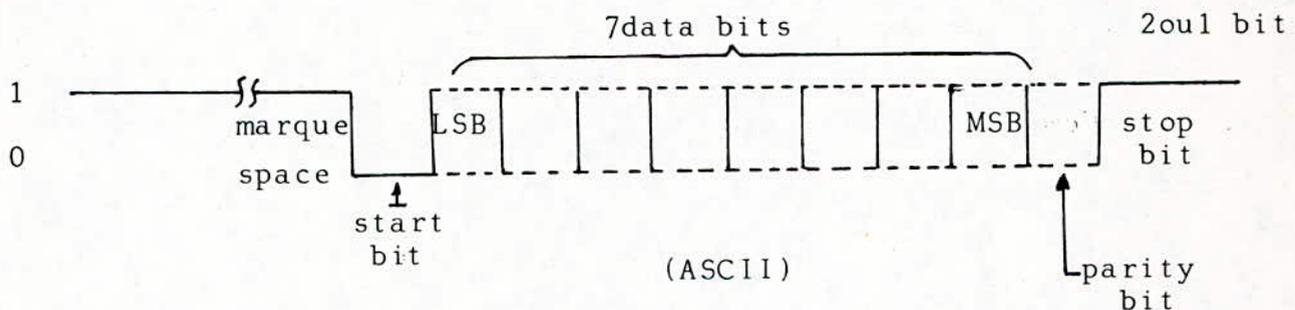
A/ PROTOCOLE DE LA TRANSMISSION SERIE ASYNCHRONE PAR RS232-C:

Le message est constitué par une séquence de caractères, chacun codé sur plusieurs bits.

Il faut convenir entre le récepteur et l'émetteur d'une procédure permettant d'identifier le début et la fin d'un caractère, sa parité (en cas d'erreur) le début et la fin d'un message (flot de caractères).

Entre deux caractères, l'émetteur (Talker) envoie un signal de récepteur : état de marquage (mark space), habituellement c'est le niveau haut.

Une synchronisation particulière, et propre à chaque caractère de l'information est nécessaire pour l'identifier. Ceci nous oblige à cadrer, d'un côté (début) par un bit de start et de l'autre (fin) par un ou 2 bits d'arrêt. Un bit de parité sera nécessaire pour la détection d'éventuelles erreurs de transmissions (fig) cidessous. [5][7].



Exemple de Protocole de la transmission asynchrone

B) La RS232C

B.1) Description mécanique :

Le standard RS232C est basé sur deux types de configurations DTE (équipement terminal de données) et DCE (équipement de transmission de données).

L'option DTE inclue le connecteur mâle et le câble, que l'on relie au terminal de transmission de donnée. L'option DCE inclue le connecteur femelle et le câble, que l'on relie où l'équipement de données. [7][6].

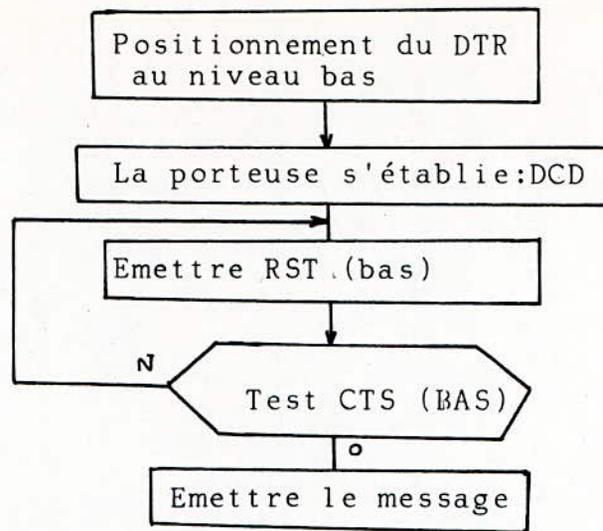
Ceci assure une transmission correcte des signaux.

Les huit signaux parmi 25 de la RS232C que l'on utilise sont :

Broche	Désignation	Mnémon.	Observation
1	Masse	-	Masse
2	Emission de données	T X D	Ligne de données DTE vers DCE.
3	Réception de données	R X D	Ligne de données DCE vers DTE.
4	Autorisation en vue d'émettre	$\overline{R T S}$	Mis à 1 par DTE lorsqu'il désire émettre DCE répond en établissant la liaison.
5	Prêts à émettre	\overline{CTS}	Mis à 1 par DTE lorsque la liaison est établie.
7	Masse logique	-	Masse logique
8	Détection de porteuse	\overline{DCD}	Mis à 1 par DCE lorsqu'il détecte la porteuse
20	Prêt à émettre	$\overline{D T R}$	Mis à 1 par DCE pour en établir la DCD

B.2) Interactions des signaux de commande de la RS232C :

Nous résumons cette interactions par cette organigramme :



B.3) Description électrique :

Les circuits d'interface RS232C nécessitent du plus ou moins 12 V pour leur fonctionnement.

L'interface RS232C

Ainsi trois types fondamentaux de circuits intégrés sont utilisés pour construire des interfaces série.

* 1er type : qui est le convertisseur de niveaux qui transforme les signaux TTL en niveaux RS-232C (RS-422A ou RS-423A).

* 2eme type : l'émetteur-recepteur : effectue la conversion parallèle-série nécessaire pour émettre, et la conversion série-parallèle nécessaire pour recevoir un flot de bit série.

* 3eme types : générateur de fréquence de bit : fournit aux émetteurs-recepteurs des signaux d'horloger à des fréquences normalisées et précises (voir explications ultérieures).

Convertisseur de niveaux :

On utilise les convertisseurs pour RS 232C : Brochage :(Annexe)

Les entrées des portes du 1488 sont compatibles TTL et les sorties sont compatibles RS-232C, (il exige une alimentation positive de tension comprise entre +9 et +15 volts et une tension d'alim. négative comprise entre -9 et -15 volts pour être conforme aux spécifications de signal de la RS-232C.

NB : (bien qu'il soit compatible TTL, il n'exige pas d'Alim. de 5 volts). En pratique, il faudra **connecter un condens.** (de 330 pf) à la sortie de chaque porte du 1488 : pour satisfaire aux exigences de la vitesse de variation de signal de 30 volts de RS-232C.

Le 1489 nous offre 4 ports inverseuses ; les entrées sont compatibles RS-232-C, tandis que les sorties délivrent des niveaux TTL : ce boîtier nécessite une tension d'Aliment. de + 5 volts bien qu'il reçoit des signaux de ± 15 volts. Chaque porte du 1489 a un nœud de commande de réponse : cette broche peut être laissée ouverte pour un fonctionnement en RS-232-C, où reliée à une source de tension extérieure pour modifier les caractéristiques de seuil d'entrée.

B.4) Boucle de courant : (fig. b)

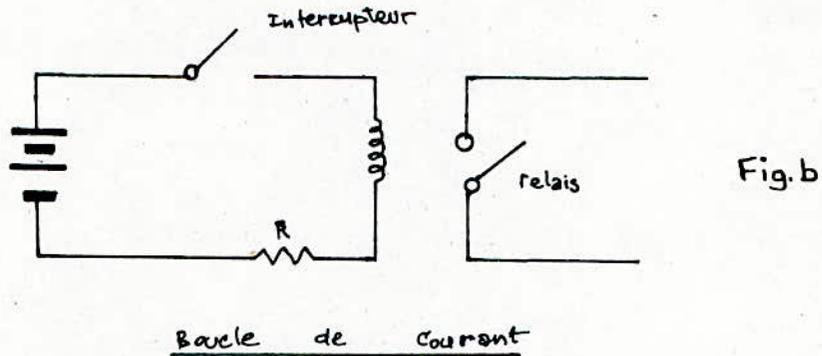
Lorsque l'interrupteur est ouvert, il ne passe pas de courant et le relais est donc ouvert.

Cette condition à courant nul est considérée comme un "0" logique.

Lorsque l'interrupteur est fermé, un courant circule dans la boucle.

.../...

Ce courant ferme le relais, ce qui représente un "1" logique .



B.5) Vitesse de transmission du flot de données :

Elle représente la fréquence de bits à laquelle fonctionne l'interface de communication.

Pour une liaison asynchrone par RS-232-C les fréquences des bits normalisées sont données en bauds (bits/seconde).

50	150	2 400
75	300	3 600
110	600	4 800
134,5	1 200	9 600

V) Horloges :

1) Horloge monophasée du système :

Elle délivre la fréquence nécessaire pour séquencer les différentes opérations sous contrôles du CPU.

Un montage d'oscillateur piloté par un quartz stable en fréquence, permettra générer le signal de 1 MHz monophasé (fig. C)

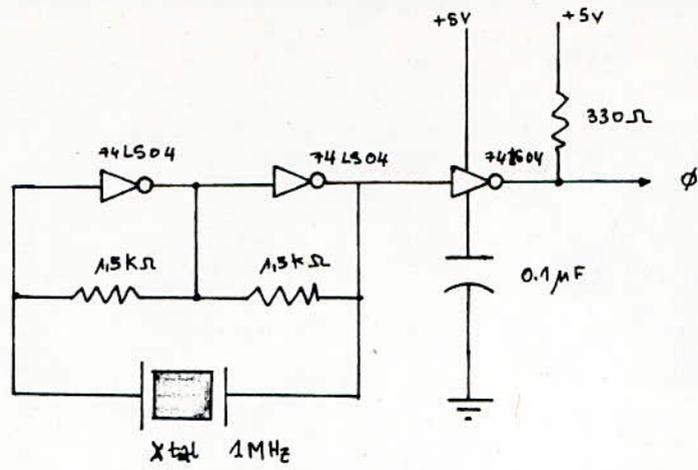


Fig. c

2) Horloge de cadence des bit : (baud rate)

Nous proposons un montage à la fois simple et classique :

À partir du circuit CMOS (IC 4001-CD) (porte NOR), nous obtenons le signal nécessaire par le montage suivant : (fig.d)

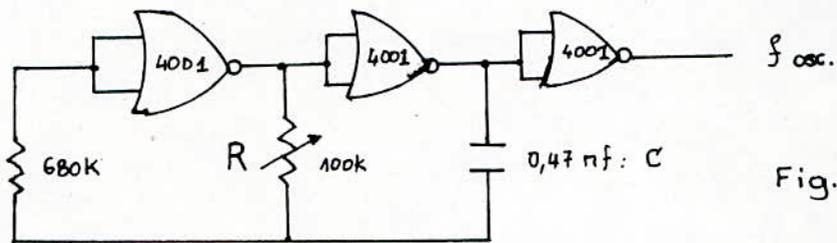


Fig. d

La fréquence délivrée, est donnée par :

$$f_{osc} = \frac{1}{2,2 RC}$$

La plage de variation de fréquence allant de 7, KHZ à 57 KHZ, est suffisante pour englober l'ensemble des rythmes de bauds normalisés après divisions.

Une communication correcte avec le télextronix 4054 à 300 bauds, nous oblige à ajuster la fréquence de cet oscillateur à 19,2 KHZ une division par 64 dans le programme d'initialisation de l'ACIA nécessaire.

$$f_{osc} = (\text{facteur multiplicatif}) \times (\text{rythme de baud}).$$

N.E : Le schéma globale de la carte réalisée, est donné en ANNEXE.

VI) L'analyseur logique 7 D02 de TEKTRONIX comme outil de développement :

Cette appareil, nous a permis de suivre le bon fonctionnement (ou la défaillance) de l'ensemble des signaux nécessaires du Z80 - CPU ;

Le 7 D02 de tektronix est un appareil programmable et interactif. Il offre une mémoire d'acquisition de 256 positions.

L'acquisition de données à partir du système sous test se fait sur 28 voies organisées comme suit :

- un bus de 16 lignes d'adresses.
- un bus de 8 lignes de données.
- quatre lignes de contrôls.

Il possède, aussi l'option **timing**, qui nous permet la représentation temporelle, ou en table d'états en (Hexa, binaire, octal, ASCII)

ASCII : American standard code for information, interchange.

/// CHAPITRE (VI)

///) PROGRAMME DE GESTION

1) INTRODUCTION:

Comme toute interface à base de microprocesseur, notre carte nécessitera une programmation spécifique, qui tiendra compte de son architecture et de la fonction désirée.

Faisant l'intermédiaire entre le calculateur et le système électro-mécanique, cette carte doit posséder une certaine souplesse d'utilisation.

Ainsi notre programme de gestion devra comporter un "operating system" ou mode opératoire qui permet un dialogue simplifié avec l'utilisateur.

Il permet à ce dernier d'avoir accès aux sous-programmes correspondant à ses besoins (commandes de saisie ou de tracé).

Lors de l'élaboration de la carte, de divers programmes progressifs ont été essayés pour vérifier son bon fonctionnement.

Nous en retenons le programme de communication série qui fut établi, pour permettre d'effectuer divers opérations logiques arithmétiques et de commandes directement en code objet.

II/ CONVENTION DU PROGRAMME DE COMMUNICATION SERIE

Pour rendre notre communication serie pratique, nous convenons d'etablir un type de protocole (convention), ainsi après établissement des différents signaux de la communication serie RS 232 C on aura :

-Un signe "\$ " sur écran ,émis par l'interface ,indiquant que celui-ci est prêt.

-L'utilisateur dispose ,alors de 1Koctets de R.A.M. disponible à partir de l'adresse 3000.

-L'utilisateur doit obligatoirement terminer ces programmes par une instruction de saut inconditionnel à l'adresse L2 , sinon un reset hard ou soft devient nécessaire .

-La reprogrammation du coupleur serie (A.C.I.A)n'est plus possible.

-L'utilisateur dispose de quatre commandes possibles; l'une d'elle sera choisie ,et sera suivie par l'adresse et la donnée.

Commandes possibles :

{ I....Input
O....Output
G....Go (Execut)
R....Reset



Commande

Adresse

Data(donnée)

-Les erreurs de séquencement d'une commande ou de transmission sont immédiatement signalées par l'apparition du message "ERROR" sur écran.

-En mode "INPUT" ,l'utilisateur doit attendre le signe "D" avant d'envoyer sa donnée.

-Un autre signe "\$"apparaîtra sur écran ,immédiatement après exécution correcte d'une instruction.

L'organigramme régissant cette communication serie est donné ci-après.(fig.b)

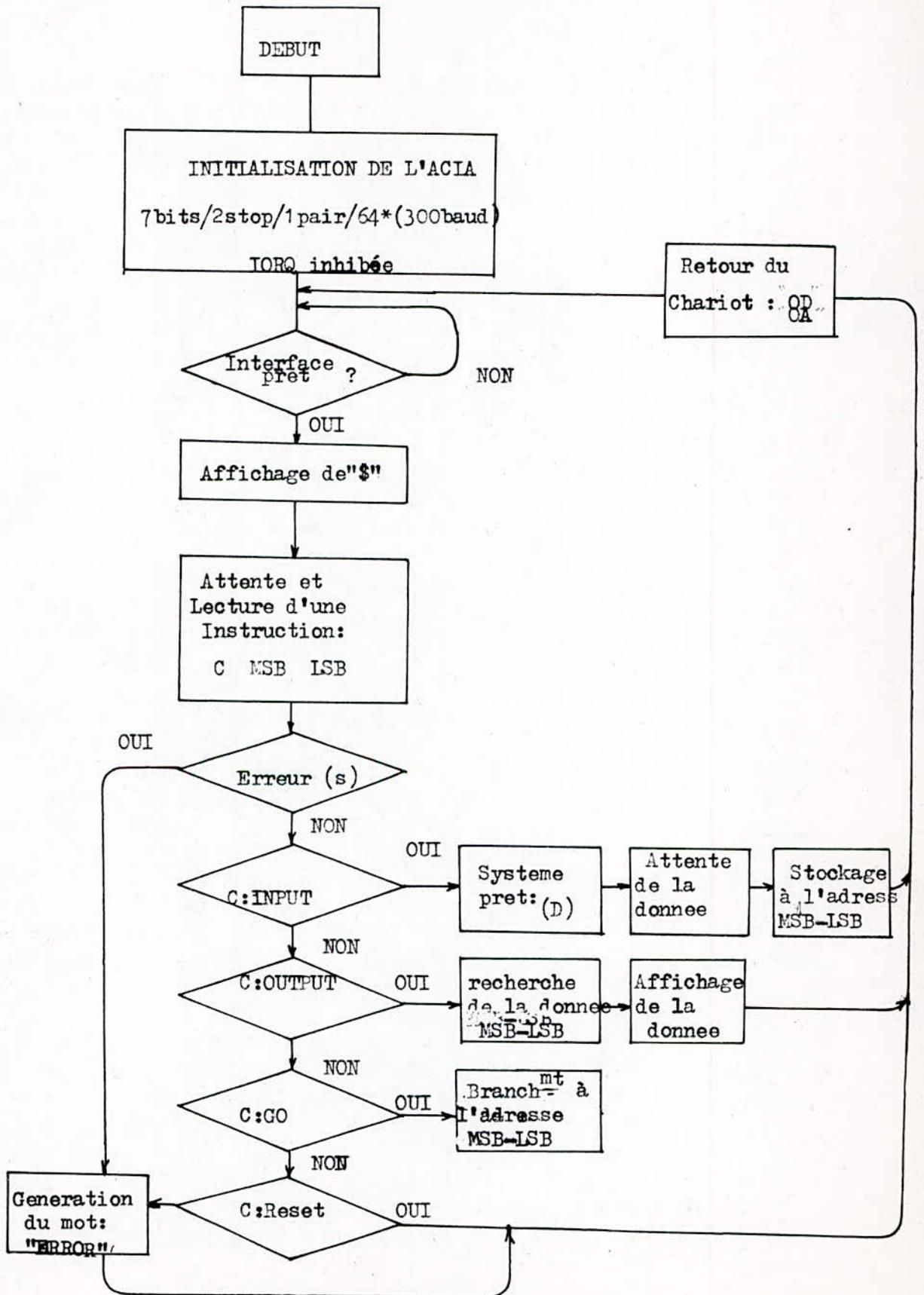


Fig. b

BISK.L;1

```

JP,L1          SAUTER LES ADRESSES DES E/S, ET VECTEURS D'INTERRUPTIONS
L1 LDA,03
   OUT(8D),A   MASTER RESET "ACIA INITIALISE:7 BITS/2 BITS STOP/PAIR/X 64
   LDA,02
   OUT(8D),A
L2 INA,(8D)    EMISSION POSSIBLE
   AND 02
   JPZ,L2
   LDA,0D      RETOUR DU CHARIOT
   OUT(8F),A
11 INA,(8D)
   AND,02
   JPZ,11
   LDA,0A      SAUTER UNE LIGNE.
   OUT(8F),A
12 INA,(8D)
   AND,02
   JPZ,12
   LDA,24      AFFICHAGE DU SIGNE "#".
   OUT(8F),A
L3 INA,(8D)    RECEPTION POSSIBLE.
   AND,01
   JPZ,L3
   INA,(8F)    LECTURE DU 1er CARACTERE "0".
   SUB 30
   LDC,A
   INA,(8D)
   AND 70      ERREURS DE TRANSMISSION.
   JP NZ,L4
L5 INA,(8D)    RECEPTION POSSIBLE.
   AND,01
   JPZ,L5
   INA,(8F0)   LECTURE DU 2eme CARACTERE "MSB".
   SUB 30      CONVERSION ASCII/HEXA.
   LDH,A
   INA,(8D)    ERREURS DE TRANSMISSION.
   AND 70
   JP NZ,L4
   INA,(8D)    RECEPTION POSSIBLE.
   AND,01
   JPZ,L6
   INA,(8F)    LECTURE DU 3eme CARACTERE "LSB".
   SUB 30
   LDL,A
   INA,(8D)
   AND 70      ERREURS DE TRANSMISSION.
   JP NZ,L4
   LDA,C
   CP,2B       COMMANDE C=Input? "I".
   JPZ,L7
   CP,31       COMMANDE C=Output? "O".
   JPZ,L8
   CP,29       COMMANDE C=GO ? "G".
    
```

```

JPZ,L9
CP,34      COMMANDE C=Reset ? "R".
JPZ,0000
JP,L4     FAUSSE COMMANDE.

L4 INA,(8D) SOUS-PROGRAMME "ERROR".
AND 02
JPZ,L4
LDA,45    EMISSION "E".
OUT(8F),A

L10 INA,(8D)
AND 02
JP,L10
LDA,52    EMISSION "R".
OUT(8F),A

L11 INA,(8D)
AND 02
JPZ,L11
LDA,52    EMISSION "R".
OUT(8F),A

L12 INA,(8D)
AND 02
JPZ,L12
LDA,4F    EMISSION "D".
OUT(8F),A

L13 INA,98D0
AND 02
JPZ,L13
LDA,52    EMISSION "R".
OUT(8F),A
JP,L2

L9 JP,(HL) SOUS-PROGRAMME "EXECUT";BRANCHEMENT A L'ADRESSE MSB LSB
SOUS-PROGRAMME OUTPUT
EMISSION POSSIBLE

L8 INA,(8D)
AND 02
JPZ,L8
LDA,(HL)  A (MSB,LSB) DONNEE
ADD 30    CONVERSION HEXA/ASCII
OUT(8F),A EMISSION DE LA DONNEE.
JP,L2    SOUS-PROGRAMME INPUT

L7 INA,(8D)
AND 02
JPZ,L7
LDA,44    ATTENTE DE LA DONNEE.
OUT(8F),A

11 INA,(8D)
AND 01
JPZ,11
INA,(8F)  LECTURE DE LA DONNEE.
SUB 30    CONVERSION ASCII/HEXA.
LD(HL),A
JP,L2

```

IV/ CONVENTIONS POUR LE PROGRAMME DE GESTION :

A) Mode de tracé :

* Une fois le système initialisé, et la communication établie, l'opérateur pourra aisément commander le dispositif traceur, à partir du clavier (du ^{cal}culateur) /

Il lui suffira d'envoyer l'ensemble de ces instructions /

- angle de direction - - - - - en degrés (de 0° à 360°)
- Pen up/down - - - - - * 0 up
- Rayon d'avance - - (mm). * 1 down

Ainsi "l'information graphique" élémentaire est définie pour ce système.

* Une commande peut contenir plusieurs informations graphiques élémentaires. (correspondant à la capacité mémoire RAM disponible).

* Le message de commande devra se terminer par le signe \$.

* Le signe \$ amorcera l'exécution de la commande.

B) Mode de digitalisation : (saisie)

* La digitalisation peut s'effectuer pendant l'exécution d'une commande de tracé.

* L'opérateur dispose de 4 boutons (poussoir) de commande :

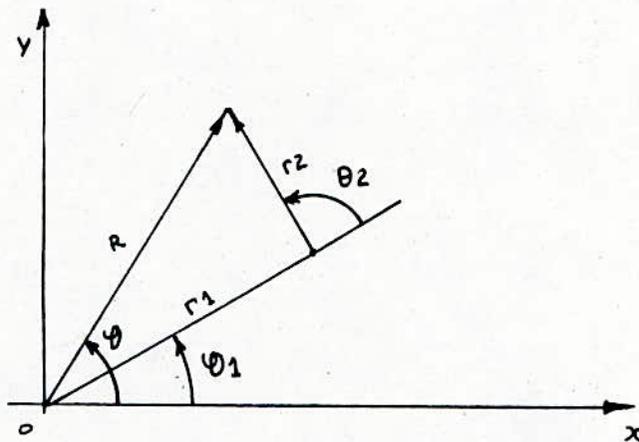
- Bouton "D" amorce le mode de digitalisation
- M1 : commande de direction Θ
- M2 : commande d'avance R
- V : Commande de validation du (ou des) point(s).

R, Θ : Les modes de tracé et de saisie, s'effectuent en coordonnées relatives.

Une conversion ASCII/ hexa pour une commande en mode de tracé, en mode , ou hexa/ASCII ne commande en mode de saisie, est donc nécessaire.

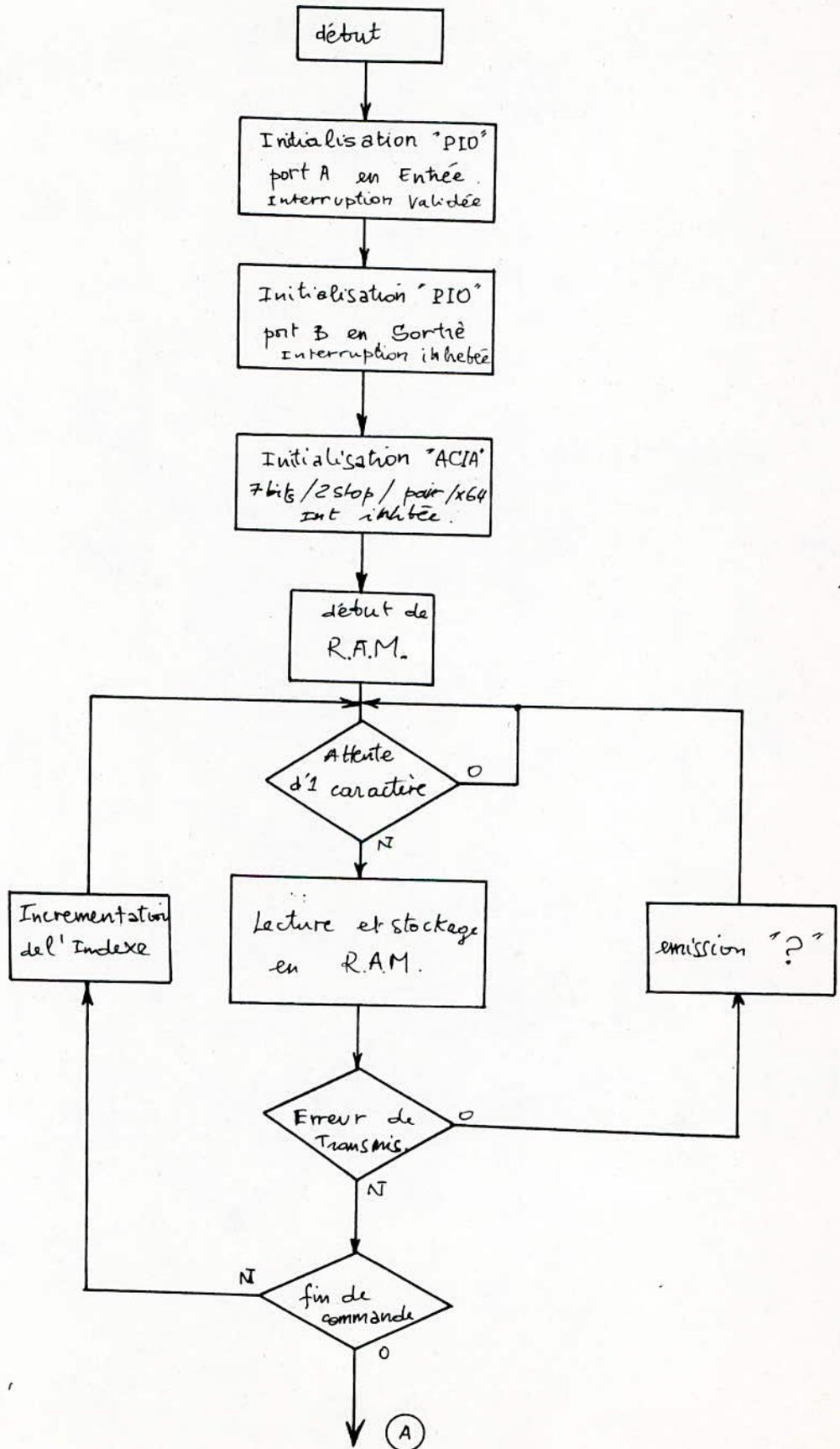
- * Joindre un programme en langage evoluer pour convertir les coordonées relatifs en coordonées polaires : fig a

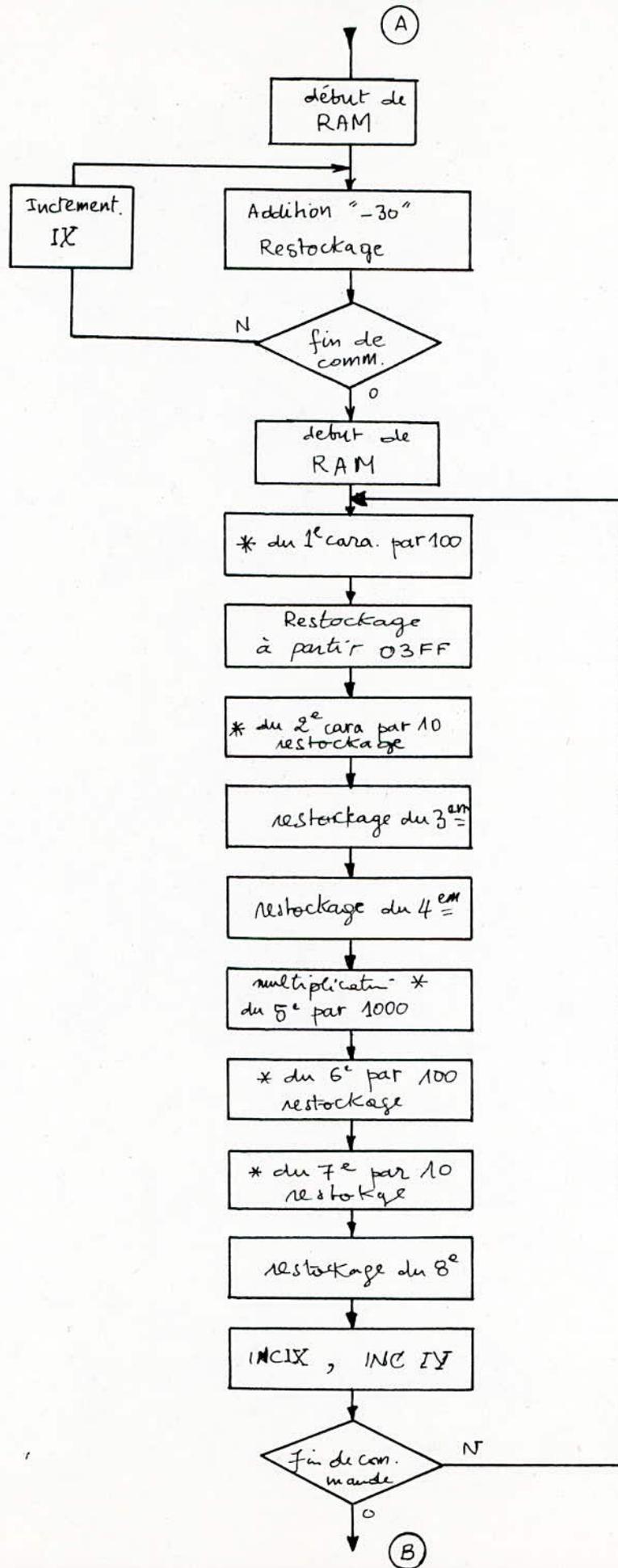
Exemple pour deux déplacements $(r_1, \theta_1); (r_2, \theta_2)$:

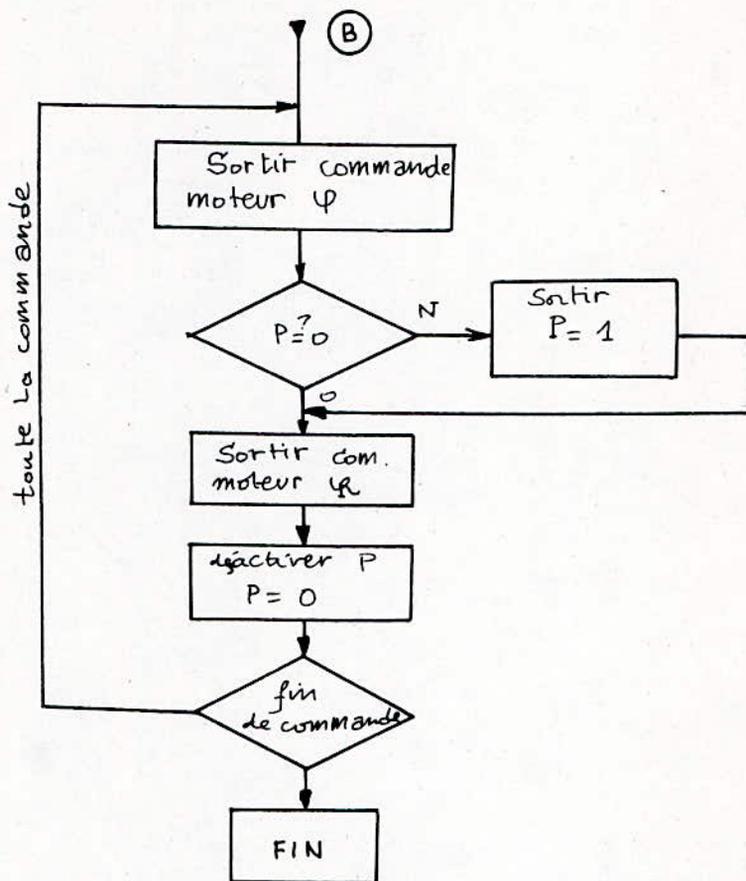


$$R = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 + 2 r_1 r_2 \cos(\theta_2)}$$

$$\theta = \theta_1 + \arcsin \sqrt{\frac{r_2 \sin(\theta_2)}{R}}$$

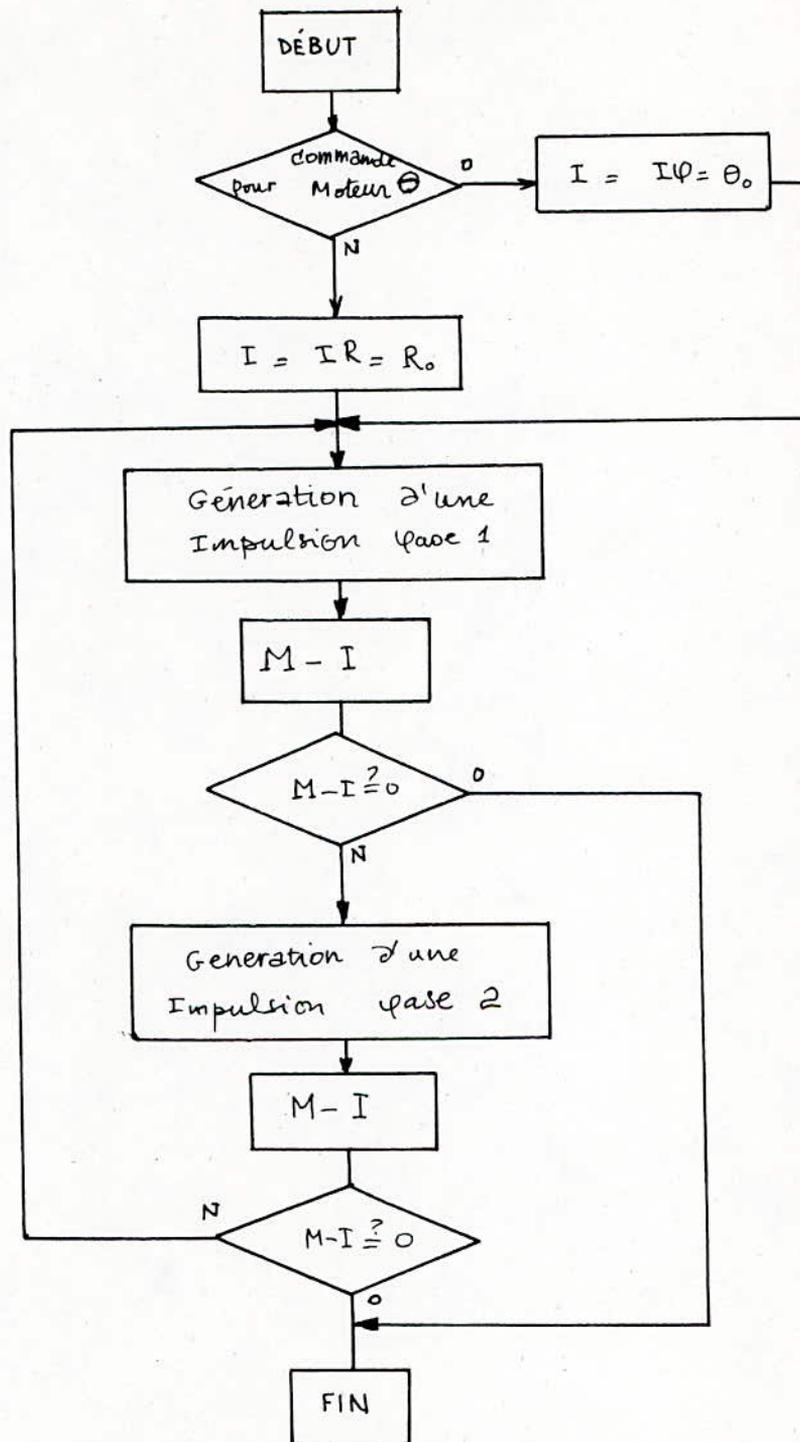






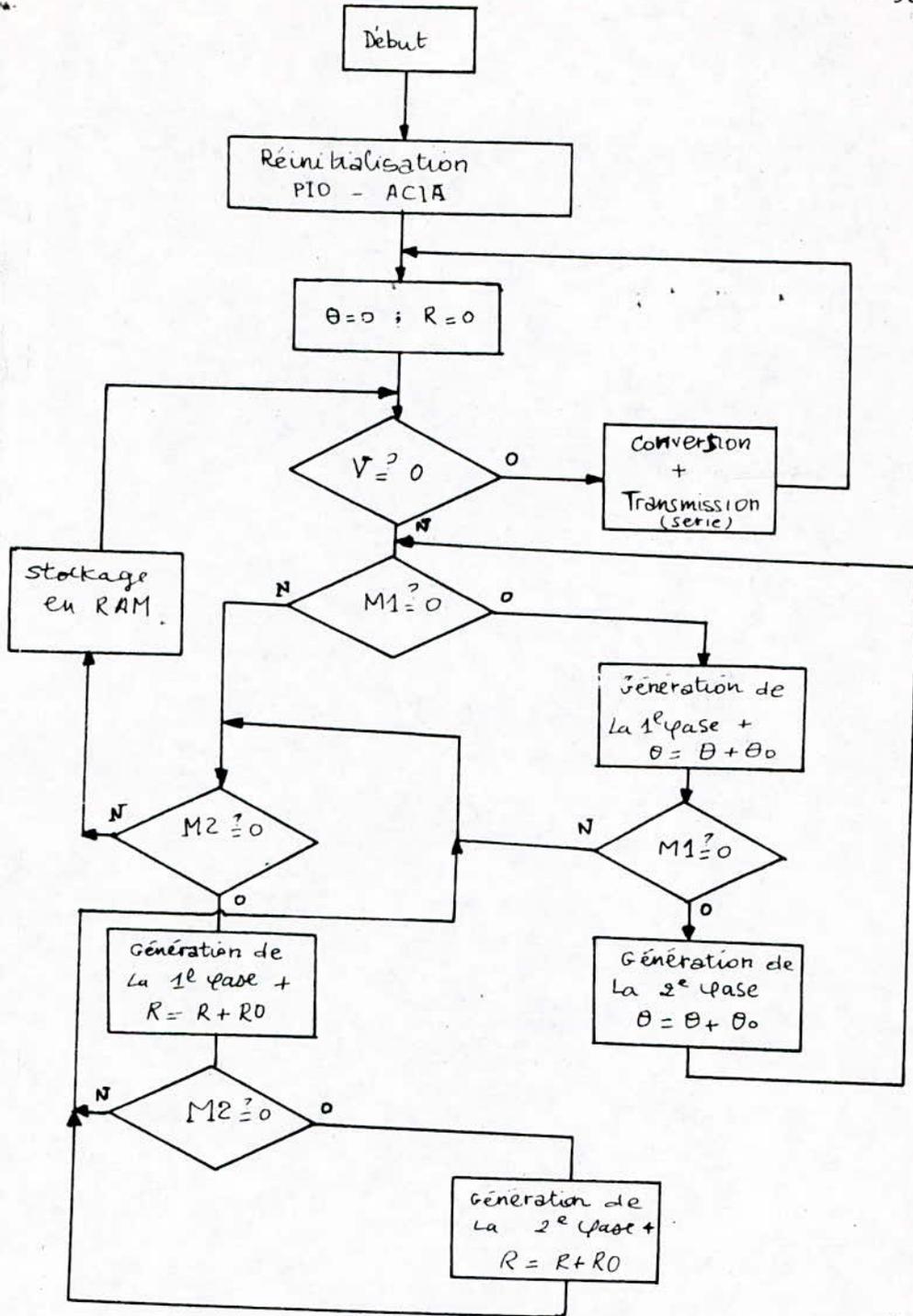
- ORGANIGRAMME DE GESTION -

TRACE / SAISIE



commande d'un Moteur pas à pas à 2 phases.

M : Nombre de pas à exécuter - θ_0, R_0 : pas respectifs.



Organigramme Sous Interruption :

Validation de "D", MODE DIGITALISATION

V/ PROGRAMME PRINCIPAL DE GESTION

```

0000 JP,L1      debut de la ram
0008 jp,L1     vecteur d'interruption.
L1 LDA,08
   OUT(8A),A
   LDA,4F
   OUT(8A),A   Initialisation du PIO
   LDA,87
   OUT(8A),A
   LDA,0F
   OUT(8B),A
   LDA,07
   OUT(8B)
   LDA,03
   OUT(8D),A   Initialisation de l'ACIA.
   LDA,02
   OUT(8D),A
   LD IX,30000
L2 INA,(8F)
   AND 01
   JPZ,L2     Lecture des données.
   INA,(8D)
   LD(IX),A
   INA,(8D)
   AND 70
   JP NZ,L3
   LDA,(IX)
   CP 24     FIN DE LA COMMANDE "a".
   JP Z,L4
   INC IX
   JP ,L2
L3 INA(8D)
   AND 02
   JP Z,L3
   LDA,63
   OUT(8F),A   ERREURS de transm.
   JP,L4
   LD IX,3000
   LDA,DC     CONVERSION ASCII/HEXA + (-30)
   ADD(IX+0)
   LD(IX),A
   INC IX
   JPC,L5
   LD(83FE),IX  RESTOCKAGE DE LA 2eme MOITIE DE LA RAM
   LD IX,3000
   LD IY,31FF
L16 LDB,64     X100 DU 1er ET RESTOCKAGE
    LDA,00
    LDC,(IX)
    LDD,08
    RRC
L7 JP NC,L6

```

```

      ADD,B
L6   RRA
      RRC
      DECD
      JP NZ,L7
      LD(IY),A
      LD(IY+1),C
      LDB,0A
      LDA,00      X10 DU Same ET RESTOCKAGE
      LDD,08
      RRC
L9   JP NC,L9
      ADD,B
L8   RRA
      RRC
      DEC D
      JP NZ,L9
      LD (IY+2),A
      LD (IY+3),C
      LDA,(IX+2)   RESTOCK. DU Same
      LD (IY+4),A
      LDA,(IX+3)   RESTOCK. DU Same
      LD(IY+5),A
      LD(HL),03E0
      LD(BC),(HL)
      LD(HL),0000
      LDB,10
      LDE,(IX+4)  X1000 DU Same.
      LDD,00
      RRE
L11  JP NC,L10
      ADD HL,BC
      RRD
L10  RRE
      DEC B
      JP NZ,L11
      LD (IY+6),H
      LD(IY+7),L
      LD (IY+8),D
      LD (IY+9),E
      LDB,64
      LDA,00      X100 DU Same
      LDC ,(IX+5)
      LDD,08
      RRC
L13  JP NC,L12
      ADD B
      RRA
L12  RRC
      DEC D
      JP NZ,L13
      LD (IY+A),A
      LD (IY+B),C

```

```

LDB,0A
LDA,08 X 10 DU 7eme
LDC,(IX+6)
LDD,08
RRC
L15 JF NC,L14
ADDB
L14 RRA
RRC
DEC D
JF NZ,L15
LD (IY+0),A
LD(IY+0),C
LD(IX+7) RESTOCKAGE DU 8eme
LD (IY+E),A
LD BC,03FE
LD(03FA),IX
LD HL,03FA
AND A
SBC HL,BC
INC IX
INC IY FIN DE LA COMMANDE
JF NZ,L16
AND A
LDH,(IY)
LDL,(IY+1)
LDB,(IY+2)
LDC,(IY+3)
LDD,00
LDE,(IY+4)
ADD HL,BC
ADD HL,DE RECONSTITUTION DE E
ADD HL,DE
LD(IX),HL
LDA,(IY+5)
LD (IX+2),A RECONSTITUTION DE F
AND A
LDA,00
LDH,(IY+A)
LD L,(IY+B)
LD B,(IY+C)
LD C,(IY+D)
LD D,00 RECONSTITUTION DE R
LDE,(IY+E)
ADD HL,BC
JF NC,L17
ADD,01
L17 ADD HL,DE
LD (IX+3),HL
JF NC,L18
ADD ,01
L18 ADD (IY+7)
LD (IX+5),A

```

```

LDA,00
ADC (IX+6)
LD(IX+6),A
LD IX,3000
L22 LD L,(IX+0)
LD H,(IX+1)
LD B,00
LDC,0
JR,L19
LDA,(IX+2)
CP 00
JP Z,L20
LDA ,20
OUT (89),A
L20 LDL,(IX+3)
LDH,(IX+4)
LDC,(IX+5)
JR ,L21
LDA,10
OUT (89),A
LD BC,33FE
LD (33FE),IX
LD HL,33FA
AND A
SBC HL,BC
INC IX
JP NZ,L22
JP,0000

```

COMMANDE MOTEUR1 [0]

P=1

COMMANDE MOTEUR2 [R]

P=0

FIN DE LA COMMANDE.

S/P	MOTEUR 0
-----	----------

```

L19 LOD,07
LDE,70
11 LDA,01
OUT (89),A
DEC DE
JP NZ,11
SBC HL,BC
JP Z,12
LOD,07
LDE,70
13 LDA,02
OUT (89),A

```

GENERATION DE LA 1ere PHASE DE 150 ms.

AND A

```

DEC DE          GENERATION DE LA 2eme phase de 100 ms
JP NZ,13
AND A
SBC HL,80
JP NZ,L19
12 RET

```

OK POUR COMMANDER LE MOTEUR M2

```

L21 LDD ,07
LDE,70
11 LDA,04          GENERATION DE LA 1ere PHASE
OUT(89),A
DEC DE
JPNZ,11
JR,L22
LDA,B
CP,00
JP NZ,12
LDA,C
CP,00
JP NZ,12          ?
LDA,H              M-R0=0
CP,00
JP NZ,12
LDA,L
CP,00
JP Z,14
12 LDD,07
LDE,70
13 LDA,08          GENERATION DE LA 2eme PHASE
OUT(89),A
DEC DE
JP NZ,13
JR,L22
LDA,B
CP,00
JP NZ,11          ?
LDA,C              M-R0=0
CP,00
JP NZ,11
LDA,H
CP,00
JP NZ,11
LDA,L
CP,00
JP,NZ 11
L4 RET
L22 AND A
SBC HL,DE          RESULTAT

```

```

JP P,L1
LDA,(IX+3)
ADD 10
SUB E
LDL,A
LDA,(IX+4)
ADD 0F
LDH,A
LDA,(IX+5)
SUB 01
JPP,L1
ADD 0F
SUB 01
LDC,A
LDA,(IX+6)
SUB 01
JP P,L1
ADD 0F
SUB 01
LDB,A
L1 RET

```

DC ML

B	C	H	L
			R
=	R	C	H
	L		

S/P POUR M-RO

PROGRAMME LORS D'UNE INTERRUPTION EN
MODE DE "SAISIE"

```

LI 01          INHIBER D'AUTRES INTERRUPTION
    LDA,08
    OUT (8A0),A
    LDA,4F
    OUT (8A),A          INITIALISATION DU PIO:
                        PORT B EN SORTIE AVEC MECT. D'INTERR.

    LDA,87
    OUT (8A),A
    LDA,0F
    OUT (8B),A          INITIALISATION PORT A EN ENTREE.
    LDA,07
    OUT (8B),A
    LDA,03
    OUT (8D),A          MASTER RESET
                        INITIALISATION DE L'ADIA
                        7bits/2atops/pair/x 64/interr. inhibee.

    LDA,02
    OUT (8D),A
L8  LD IX,01FF
    LDB,00          e=0 (PAS DE M1)
    LDC,00          R=0 (PAS DE M2)
L11 LD (83FE),IX
    INA(88),A
    AND 01
    JP Z,L1          V=0?
    INA (88),A
    AND 02
    JP NZ,L2          M1=0 ?
L5  LDD ,07
    LDE,70
L3  LDA,01
    OUT (89),A
    DEC DE
    JP NZ,L3          GENERATION D'UNE IMPULSION POUR LA
                        1ere PHASE DU MOTEUR M1 DE 150ms

    LDA,B
    ADD 0          INCREMENTATION DU PAS
    LDB,A
    INA (89),A
    AND 02
    JP NZ, L4          M1=0?
    LDD,07
    LDE ,70
L1  LDA,02
    OUT (89),A          GENERATION D'UNE IMPULSION DE LA 2eme
                        PHASE POUR M1 DE 150 ms

    DEC DE
    JP NZ,L4
    LDA,B
    ADD,0          INCREMENTER LE PAS
    LDB,A
    JP,L5

```

```

L2 INA(88),A      M2=00
  AND 04
  JP NZ,L6
  LDD,07          GENERATION D'UNE IMPULSION
                  DE LA 1ere PHASE DU MOTEUR M2 DE 150 ms

  LDE ,70
L7 LDA,04
  OUT(89),A
  DEC DE
  JP NZ,L7
  LDA,C
  ADD,R          INCREMENTATION DU PAS
  LDC,A
  INA(88),A
  AND 04        M2=00
  JP NZ,L2
  LDD,07
  LDE ,70
  LDA,06
L8 OUT (89),A    GENERATION D'UNE IMPULSION DE LA 2eme
                  PHASE DU MOTEUR M2 DE 150 ms

  DEC DE
  JP NZ,L8
  LDA,C
  ADD,R          INCREMENTATION DU PAS
  LDC,A
  JP,L8
L6 LDA,B
  LD (IX+0),A   STOCKAGE DE RAM
  LDA,C
  LD (IX+1),A
  INC IX
  JP ,L11
L2 LD IY,01FF
L10 INA,(8D)    TRANSMISSION SERIE POSSIBLE
  AND 02
  JP Z,L2
  LDA ,(IY+0)
  ADD 30        TRANSMISSION DE LA 1ere DONNEE e
  OUT (8F),A
  INA (8D)
  AND 02
  JP Z,L2      TRANSMISSION D'UNE VIRGULE ","
  LDA ,02
  OUT (8F),A
  INA ,(8D)
  AND 02
  JP Z,L2      TRANSMISSION DE LA 2eme DONNEE R
  LDA (IY+1)
  ADD 30
  OUT (8F),A
  LD DE,IY
  LD HL,(00FE)  FIN DE LA COMMANDE M

```

AND A
SBC HL,BC
JP Z,L8
INC IY
L9 INA ,(DD)
AND 02
JP Z ,L9
LDA ,00
OUT (0F),A
JP ,L10

RETOUR DU CHARIOT A LA LIGNE

>>>>>>>...END...<<<<<<<

V/ CONCLUSION :

Divers programmes de gésions peuvent être élaborés pour la carte que nous venons de réaliser .

Selon la programmation associée ; on obtient alors, diverses fonctions telles que :

- Communication avec un calculateur: ceci permettra un dialogue interactif, ainsi qu'une possibilité de simulation.
- Commande de dispositifs.
- Ou la combinaison des deux .

Remarquons que notre carte comporte: 16 lignes physiques(en parallèle) en sortie du PIO dont les 8 premières (Port B) délivrent une intensité de 1,5mA sous 5,5V ce qui procure de large possibilités d'utilisation .

Notre carte possède également la possibilité d'extension RAM (plus de 3K) et de ROM (plus de 8K); (disponible avec circuit d'adressage déjà existant).

En utilisant, une transmission série asynchrone et standard RS. 232-C, cette carte ,possède de grandes possibilités de compatibilité avec divers autres calculateurs.

 ONCLUSION

CONCLUSION :

L'objectif de notre sujet était l'étude de conception d'un nouveau système d'entrée-sortie graphique en péri-informatique, ainsi que la réalisation de la commande électronique.

Le système proposé, a permis de répondre aux exigences d'encombrement réduit, maniabilité et format non limité.

Un ensemble de solutions mécaniques, permettant d'augmenter les performances de ce système, (que nous avons convenu d'appeler "Tortue"), ont été développées.

Par conception théorique, nous avons opté pour un système à base de moteurs pas à pas (P.P.P). Ces dernières, confèrent une bonne précision et efficacité, comme réponse à une commande électronique à partir d'un système informatique.

La méthode choisie, permettant ce type de commande, consiste à utiliser une carte d'interface de commande à base de microprocesseur.

Cette méthode nous a amené à concevoir et réaliser une carte de commande à base du CPU-280.

Un ensemble de programme de gestion de la carte et de communication avec le calculateur numérique, ont été ainsi développés.

Ces programmes écrits en langage machine permettent des commandes à des temps d'exécution très faibles.

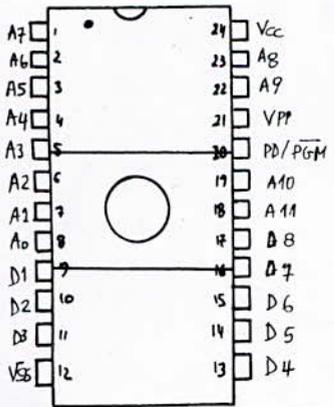
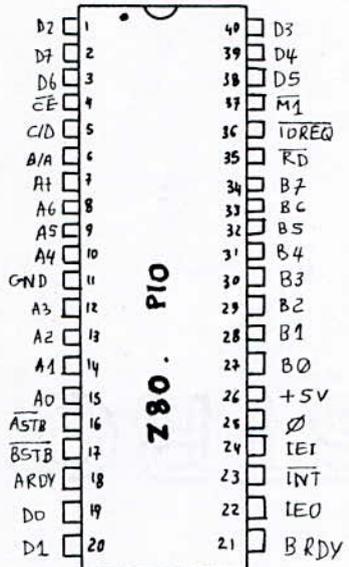
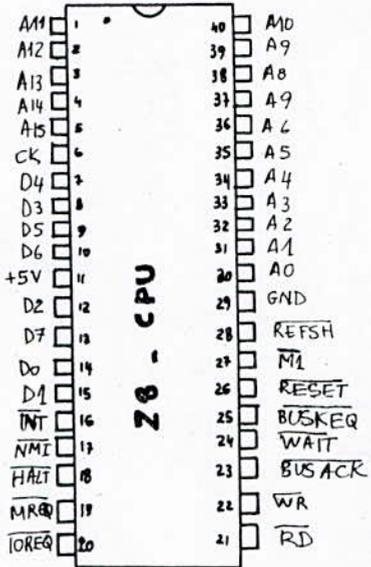
Ainsi, nous avons établie une base théorique et pratique qui pourra permettre :

- La construction mécanique de ce nouveau dispositif de traceur, d'une part.
- D'insérer au coupleur parallèle PIO l'ensemble

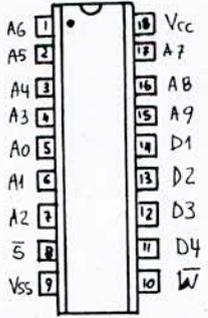
"partie-puissance-moteurs"

Ceci contribuera de façon pratique à étudier la qualité du tracé, en apportant d'éventuelles solutions à différents niveaux (mécanique, hard, soft) ; Des applications dans des domaines tel que : le graphisme, permettront alors, la mise en évidence des qualités de ce système.

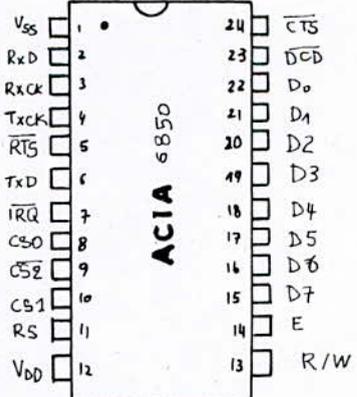
 NNEXE

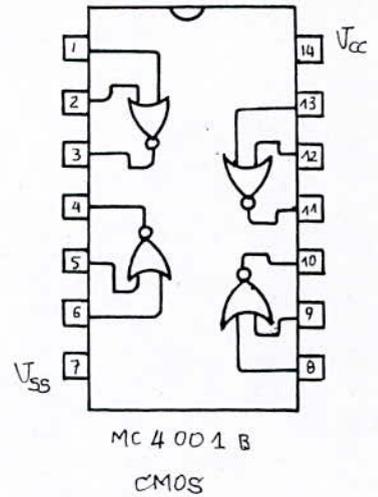
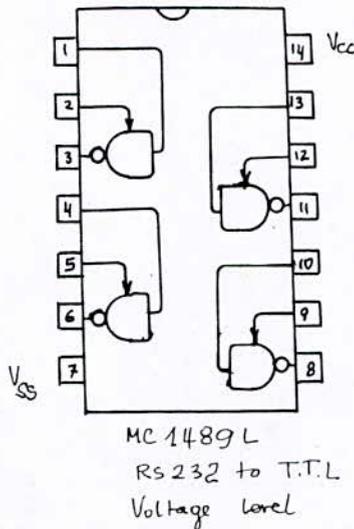
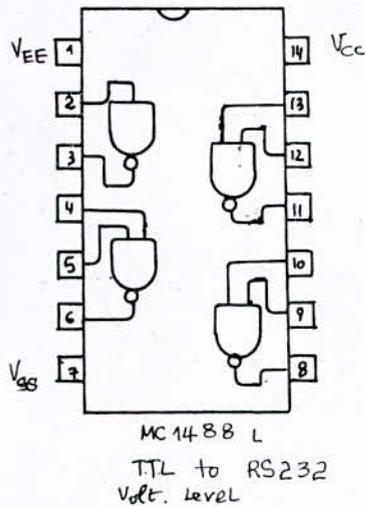
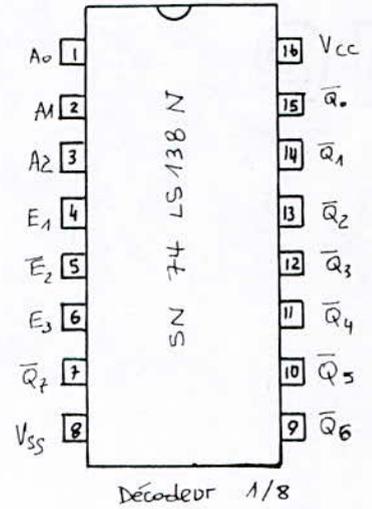
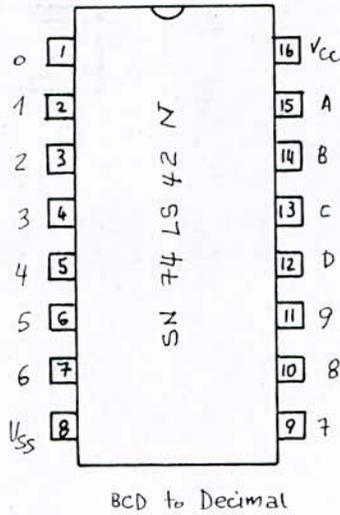
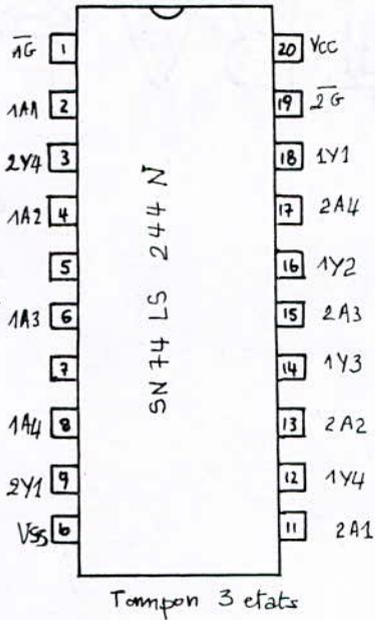
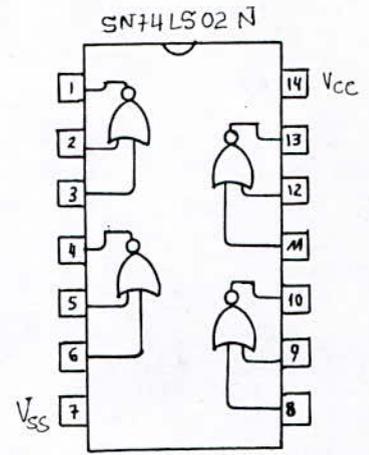
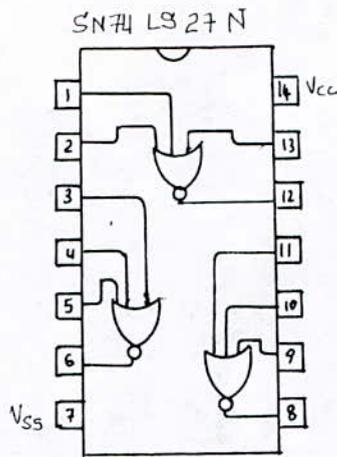
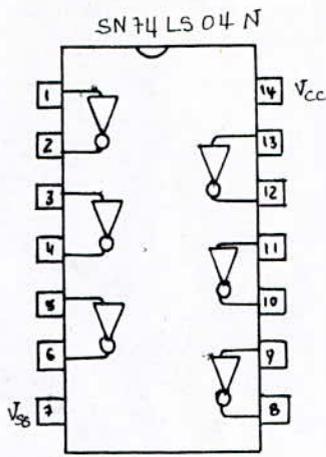


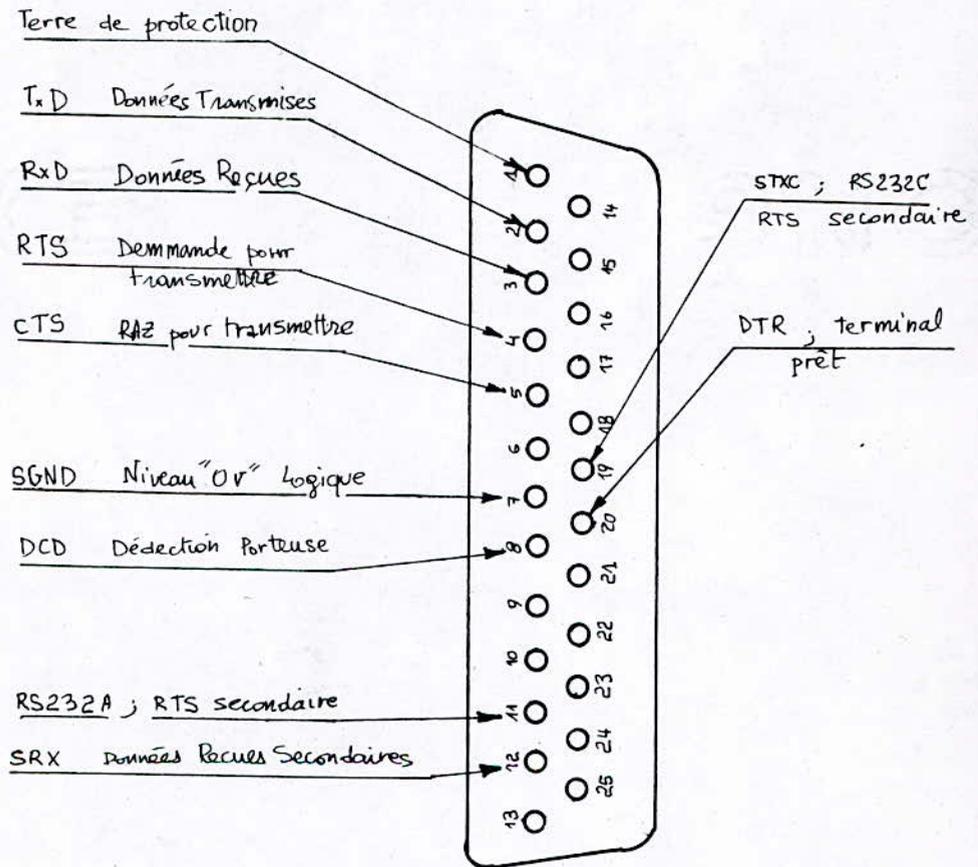
TMS 2532



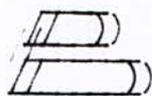
TMS 40L45JL







Connecteur RS 232 C
 (Principaux Signaux du TEKTRONIX 4045A)



IBLIOGRAPHIE

1) Couvrages Théoriques et Techniques :

- [1] : M. DELANVILLE : "Mécanique Théorique et appliquée"
H. DUBOIS : Technor de la grave
- [2] : A. CHEVALIER : "Guide du dessinateur Industriel"
Edition Technique.
- [3] : J.L. VULDY : "Graphisme à 3D"
Editions Eyrolles, 1983.
- [4] : A. JUTAR : "Les robots industrielles et leurs
G.L. IEGHOCIS : applications"
(Centre d'actualisation scientifique et technique :
CAST, ISA LYON, 1984.
- [5] : J.W. COFFRON : "Application du Z80"
Edition Sybex, 1984.
- [6] : L. CLEMENT : "Système à microprocesseurs et circuits
associés".
Edition Cabay, 1983.
- [7] : STEVE LEIDSON : "Interfacing"
- [8] : T. ROBIN : "Technique d'interfaçage"
Edition. DUNOD.
- [9] : ROBERT FRANCOIS : "Z80: Manuel Technique"
JFL, 1981.
- [10] : M. AUBIAUX : "L'emploi des microprocesseurs".
Edition Masson, 1982.
- [11] : R. DELSOL : "Circuits intégrés et Technique Numérique"
Editions cepandues, Toulouse 1974.
- [12] : Components data Book 83/84
Zilog (pioneering the Microword).
- [13] : T.J.S. Data Book 77/78
Thésés de Docteur :
- [14] : Myuro Miyamoto : "Modélisation et commande Optimale
d'un moteur pas à pas par microprocesseur"
I.N.P. Lorraine, 1979.
- [15] : R.A. HALLER : "Contribution à la modélisation et à
l'identification d'un moteur pas à pas
hybride et son alimentation".
I.N.P. Lorraine, 1981.

Thésés de Magister

- [16] : Bachir Boudraa : "Adaptation de l'Apple-plus à l'infogra-
phie de haute-Gamme"
E.N.P. ALGER, 1985.

.../...

Thésés d'Ingénieur :

- [17] : R.AIT SAADI / H.MAYOUF : "Etude d'interfaces de communication (RS232, GPIB) ; Mise au point d'une chaîne d'acquisition de données"
E.N.P ALGER, Juin 1986.
- [18] : R.OUSSAID / M.HABBOUNE : "Etude et mise en œuvre de l'Analyseur logique 7D02 de Tektronix"
E.N.P ALGER, Janvier 1985.

Symposium :

- [19] : "Les moteurs pas à pas et leurs applications organisé par I.F.N.S.E.M C.N.R.S NANCY, 1979
- [20] : Stepping Motors and systems.
University of Leeds, 1979

Publications :

- [21] : W.Sprong : "The control of robot manipulators with Bounded Input"
IEEE: (Transaction on automatic Control) P.483
- [22] : W.Sprong : "Général solution of robust tracking problem in 2 degrés of freedom control system"
IEEE (transaction on automatique control) P.552
- [23] : G.Goldel et M.Abignolo "Un banc d'essai d'un moteur pas à pas" mesure-régulation - Automatique Novembre 1985.
- [24] : A.LUSTRAC : "Carte d'alimentation en courant pour moteur pas à pas".
Février 1986. **Électronique Applications**
- [25] : P.PAYET -BURIN "Commande d'un moteur pas à pas par circuit intégré".
Électronique applications
Novembre 1985.
- [26] : Documents S.F.M.I.