

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
« HOUARI BOUMEDIENNE »

17/83

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

eca

Département de l'Electronique



en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur en électronique

SUJET

C.A.O

*Commande par Microprocesseur
d'un Coordinatographe*

Présenté par :

Mme MILOUDI

Etudié par :

Nasr-Eddine BENSARI

Tayeb ELOTREUCH

Juin 1983

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
« HOUARI BOUMEDIENNE »

»O«

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Département de l'Electronique



PROJET DE FIN D'ETUDES

»O«

en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur en électronique

SUJET

C.A.O

*Commande par Microprocesseur
d'un Coordinatographe*

Présenté par :

Mme MILOUDI

Etudié par :

Nasr - Eddine BENSARI

Tayeb ELOTREUCH

Juin 1983

-R E M E R C I E M E N T S-

Ce present travail a été réalisé à l'Institut National en Informatique de Oued-Smar .

Nous remercions Monsieur D. BEKKOUCHE ; Directeur général de l' I.N.I , pour nous avoir accueillis dans son institut .

NOUS exprimons notre profonde gratitude à Monsieur et Madame " MILOUDI " , qui nous ont guidé tout le long de notre travail .

NOUS adressons également nos remerciements à tous ceux qui ont eu l'amabilité de nous aider de près ou de loin .

- M. FLAMANT : Enseignant à l'USTHE .

- M. Z A I M : Enseignant à l'ENPA .

- M. DOUTARD : ENSEIGNANT à l'ENPA .

Pour leurs judicieux conseils et documentations .

En fin , nous ne saurions oublier tout le personnel du Laboratoire Hardware .

II.3.3 -Alimentation avec hachage

CHAPITRE III - LE MICROPROCESSEUR MC 6800

III.1. - Generalites

III.2. - Systeme minimum autour du microprocesseur MC 6800

III.3. - Presentation du MC 6800

III.3.1. Presentation du boitier

III.3.2. Structure interne du MC 6800

III.4. - Interface entrée/sortie

III.4.1. Organisation interne du PIA 6820

III.4.2. Adressage des registres internes duPIA

CHAPITRE IV - COMMANDE D'UN MOTEUR PAS A PAS PAR MICROPROCESSEUR

IV.1. - Generalites

IV.2. - Commande par microprocesseur

IV.2.1. Commande des phases

IV.2.2. Commande BANG-BANG

IV.3. - Choix du mode d'excitation des phases

IV.3.1. Commande double phase

IV.3.2. Calcul de frequence

IV.3.3. Determination de la frequence maximale de demarrage

CHAPITRE V - ETUDE PRATIQUE DE L'INTERFACE

V.1. - Carte logique

V.1.1. Circuit d'adressage du PIA MC 6800

V.1.2. Logique de commande des buffers

V.1.3.

V.2. - Carte de puissance

V.2.1. Schema d'alimentation

V.2.2. Calcul des elements du circuit d'une phase

VI

CHAPITRE VI - PROGRAMMATION

VI.1. Introduction

VI.2. Presentation fonctionnelle de l'EXOCISER

VI.3. Commentaires

INTRODUCTION

CONCLUSION

ANNEXE I

ANNEXE II

BIBLIOGRAPHIE

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

De nos jours l'ordinateur est devenu un outil indispensable dans de nombreux domaines de la conception, du développement et de la fabrication de nouveaux produits.

L'expression " CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR " ou C.A.O est une application de l'informatique et de l'electronique qui permet d'élaborer grâce à la puissance de calcul de l'ordinateur les éléments définissant l'objet à concevoir et que le premier objectif de la CAO est d'adopter des outils dans les domaines difficiles à formaliser.

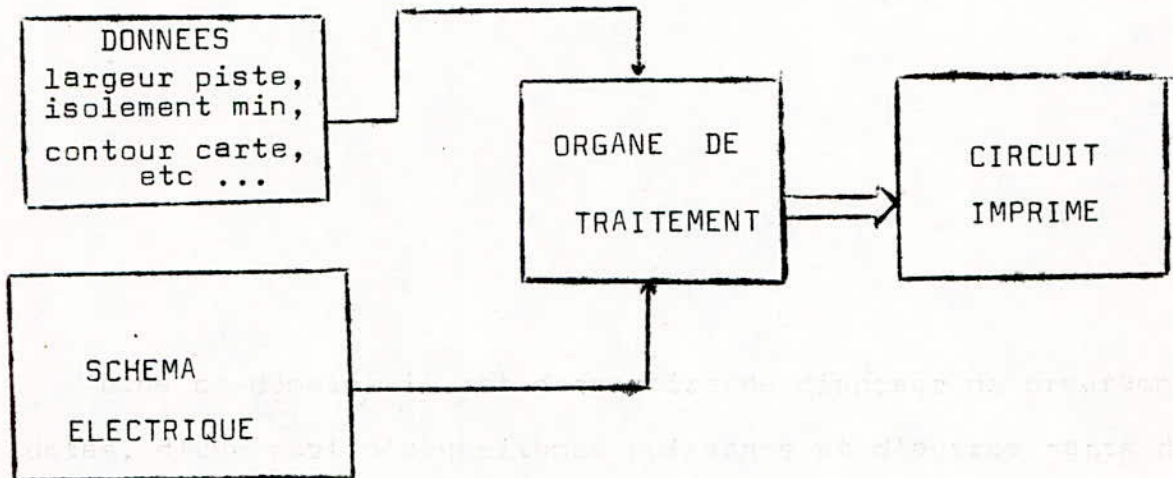
Dans cette optique, la machine manipule les données afin d'aboutir à une forme achevé de conception et traduit sous forme de dessins et d'images les données nécessaires à la réalisation de cet objet. Généralement une installation typique d'un systeme CAO est composée :

- _ d'un mini-ordinateur; il assure la mémorisation, le classement et le traitement des informations.
- _ d'une console de visualisation ou d'une table traçante permettant de concrétiser les resultats sous forme graphique.
- _ de logiciels liés à l'application envisagée.

S'il existe un domaine où la visualisation graphique tient une place importante c'est bien celui de la CAO en electronique, qu'il s'agisse d'implanter des cartes de circuits imprimés, de simuler des circuits analogiques ou logiques ou de concevoir des masques de circuits intégrés.

Dans ce domaine il est nécessaire de disposer de programmes dotés, d'une part d'algorithmes puissants et d'autres parts de phases interactives qui permettent à l'utilisateur de contrôler et de modifier certains résultats partiels.

Concevoir un circuit imprimé, c'est passer d'un schéma électrique fourni par l'utilisateur à une carte imprimée où les composants choisis sont placés d'une manière bien déterminée, permettant ainsi un tracé des liaisons électriques en respectant certaines contraintes technologiques.



Le tracé automatique du circuit imprimé nécessite :

- _ une préparation des données (introduction, vérification, codification etc...).
- _ une partie conception de la plaquette (placement, tracé, etc, ...).

But de l'automatisation du coordinatographe :

Le coordinatographe est une table permettant de dessiner les circuits simple ou double faces sur film grattable.

La réalisation des circuits imprimés se faisait manuellement, il fallait donc beaucoup de temps pour passer d'un schéma de principe au plan d'implantation et de tracé.

Le coût en temps et en argent s'accroissait avec la complexité et la taille des circuits.

Reduire le prix et les details de cette phase de conception est alors d'une plus grande importance.

Une telle automatisation aura pour objectif :

- _ une reduction des coûts.
- _une reduction des temps de fabrication.
- _ une augmentation de la qualité des circuits.

EXPOSE DU SUJET :

Il s'agit de concevoir une interface permettant de recevoir les informations du microprocesseur pour les convertir en courants de puissance suffisante pour actionner le moteur pas à pas. du microprocesseur

PRESENTATION DU SUJET :

La commande de la position de l'aiguille du coordinatographe suivant une ordonnée n'est autre que la commande du moteur pas à pas.

Le coordinatographe permet le tracé des segments verticaux et horizontaux sur ordre du microprocesseur .

A cet effet, il doit être équipé de deux moteurs pas à pas .

Ces deux moteurs doivent piloter le traceur X-Y en position de façon coordonnée. Un troisième moteur de type linéaire est par permettant de gratter le film du circuit imprimé.

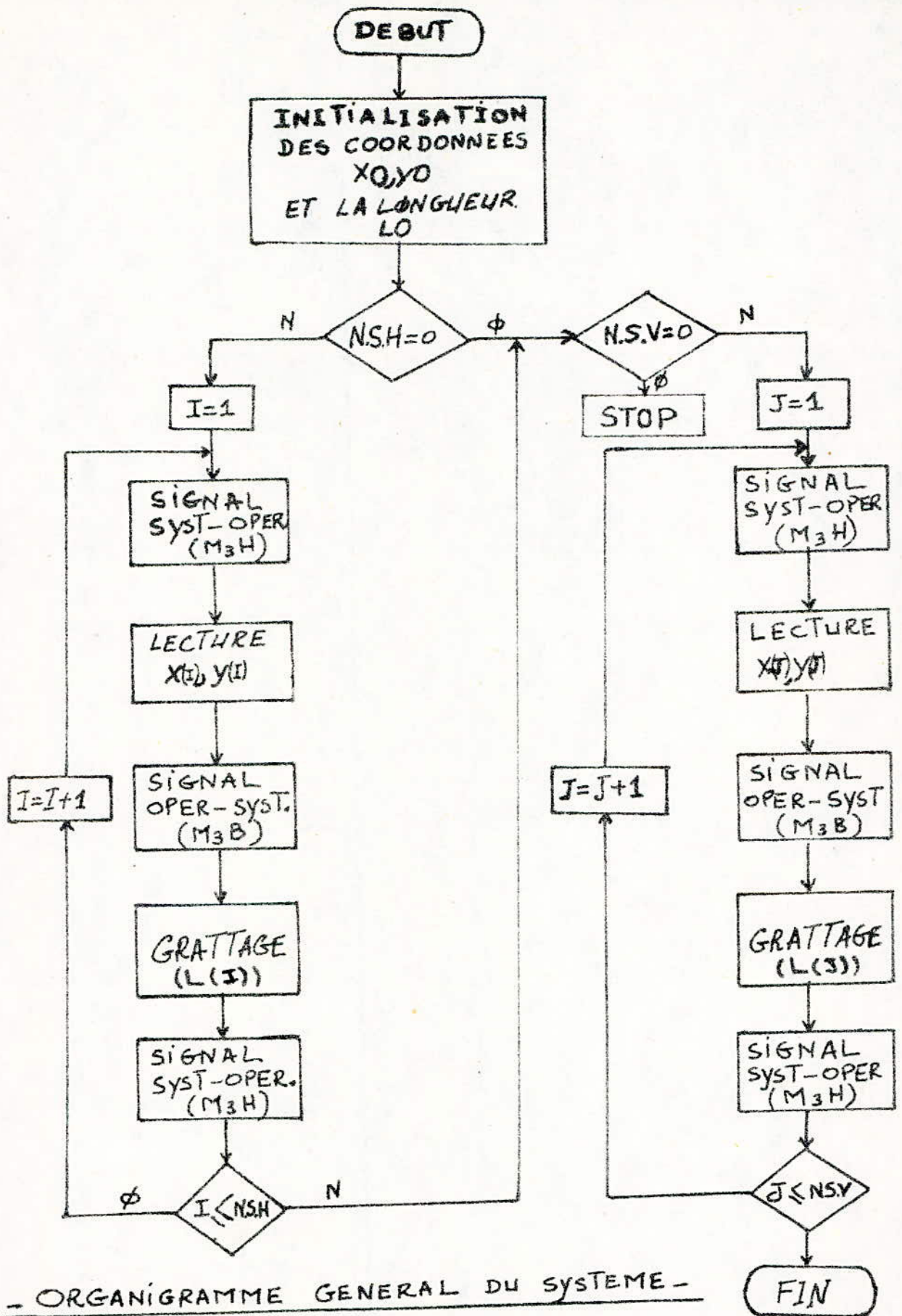
La commande de ce dernier moteur sera réalisée de manière semi-automatique c'est à dire que le moteur ne se met en marche qu'après avoir reçu un signal de l'opérateur et sur ordre du microprocesseur (voir organigramme suivant).

Ce système quoique simple à réaliser n'est pas tout à fait pratique car l'opérateur doit à chaque opération de grattage contrôler et déclencher l'exécution de l'opération suivante. Le système C.A.O des circuits imprimés comprend essentiellement :

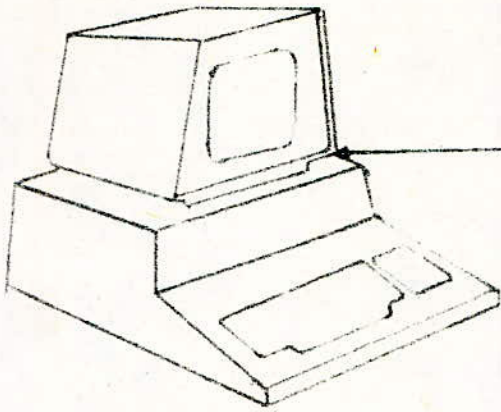
- Micro-ordinateur DEC LSI11
- Une carte U.C à base du MC 6800
- Une interface microprocesseur - coordinatographe
- Un coordinatographe

Le travail effectué est principalement développé en quatre grandes parties :

- La description des trois types de moteurs pas à pas, la conception de leurs alimentations .
- L'étude de la commande position-vitesse par microprocesseur
- L'étude de l'interface sa conception théorique et sa réalisation.
- L'élaboration du logiciel développé pour la carte : on donnera à titre d'exemple un programme qui consiste à faire tourner le moteur de 200 pas (1 tour) dans un sens puis 200 pas dans l'autre sens et ainsi de suite .



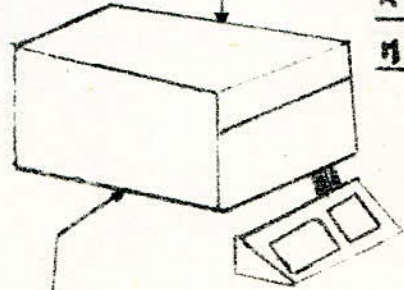
- ORGANIGRAMME GENERAL DU SYSTEME -



DEC LSI 11

MICROPROCESSEUR

A BASE
MC 6800

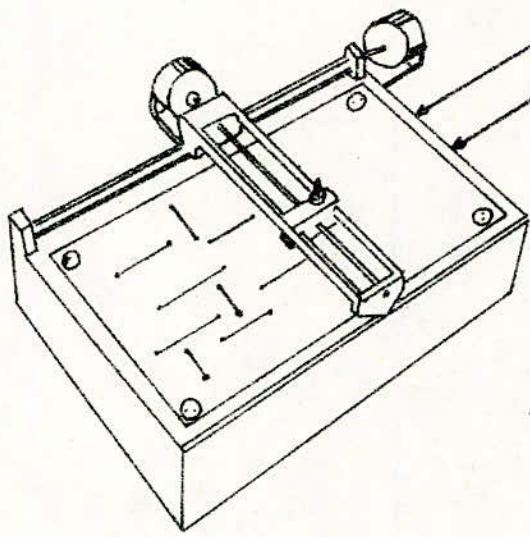


CARTE
LOGIQUE

ETAGE de
POISSANCE



PUPITRE
DE
CONTRÔLE



COORDINATOGRAPHE

C H A P I T R E : I

DESCRIPTION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR PAS A PAS :

I-1 DEFINITION :

Un moteur pas á pas est un transducteur permettant une conversion d'énergie et d'information électro-mécanique. Son alimentation est du type électrique digital ou impulsionnel. Son mouvement de rotation ou de translation, est de type incremental continu.

I-2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

Le moteur pas á pas est de caractère synchrone pour satisfaire les impératifs d'une conversion d'information fiable. A toute impulsion d'alimentation doit correspondre une avance élémentaire (rotation ou translation) constante, dite pas. Un nombre déterminé d'impulsions entraîne un nombre correspondant de pas. De plus , la succession d'impulsions á une fréquence déterminée permet d'imposer une vitesse de rotation (ou de translation) pratiquement constante. C'est le contrôle de ces deux fonctions position-vitesse qui permet d'assurer une conversion d'information. Le ~~pas~~ moteur pas á pas assure cette conversion sans introduire d'erreurs cumulatives.

Le fonctionnement du moteur dépend du mode d'excitation des phases. Il peut être alimenté, soit par une seule phase (mode simple phase), soit par deux phases en même temps (mode double phase) ou par combinaison de ces deux modes d'excitation. Il peut être utilisé sans asservissement.

I-3 DIFFERENTS TYPES DE MOTEURS PAS A PAS:

Le moteur pas à pas est basé sur le principe d'un moteur synchrone. La partie fixe ou stator possède un nombre de bobines ou d'enroulements régulièrement disposés sur son périmètre. La partie tournante ou rotor dépend du type de moteur.

Il ya deux types de base de moteur pas à pas:

I-3.1 MOTEURS PAS A PAS A AIMANT PERMANENT:

Ils fonctionnent par la réaction entre un champ électromagnétique et un aimant permanent. Le stator possède un certain nombre de bobines alimentées l'une après l'autre en créant un champ tournant de manière discontinue. Le rotor consiste en un aimant permanent et se positionne de telle façon que le moment magnétique de l'aimant s'aligne sur le champ tournant.

I-3.2 MOTEURS PAS A PAS A RELUCTANCE VARIABLE:

Ils fonctionnent par la réaction entre un champ électromagnétique et un rotor en matériau magnétique doux. Le rotor est un noyau de fer doux dont la réluctance magnétique radiale n'est pas constante suivant tous les angles appelés dents. Ces dents s'aligneront sur le pôle du stator le plus proche, quelle que soit sa polarité, afin que la réluctance soit minimale.

I-3.3 MOTEURS PAS A PAS HYBRIDES:

Certains moteurs pas à pas, dits hybrides, utilisent simultanément les deux effets précédents afin d'obtenir un couple moteur plus grand et plus important .

I-4 DESCRIPTION DES MOTEURS PAS A PAS:

On se limite à donner quelques définitions au lieu de décrire les caractéristiques et les performances des moteurs pas à pas avec les termes techniques conventionnels.

I-4.1 CARACTERISTIQUES STATIQUES :

Elles concernent le moteur au repos et sont dépendantes de la construction mécanique du moteur .

a) Résolution : est l'angle de pas en degré ou le nombre de pas par tour. Le pas est l'angle de rotation du moteur lorsque au moins l'un des enroulements du stator est excité . Cette caractéristique de construction dépend de la séquence d'alimentation et de la forme du rotor .

b) Couple statique : est le couple qu'on peut appliquer au moteur arrêté mais alimenté sans provoquer de rotation. C'est aussi le couple de rappel du rotor écarté de sa position d'équilibre lorsque les enroulements du moteur sont alimentés en courant continu.

c) Couple de maintien : est le couple qu'on peut appliquer au moteur arrêté et non alimenté sans provoquer de rotation . Il est disponible sur l'axe du moteur excité de façon statique .

d) Paramètres électriques :

Un moteur pas à pas est caractérisé par un nombre de paramètres géométriques liés à son mouvement et à son alimentation .

On définit les principaux symboles suivants :

- θ_p : pas angulaire géométrique ou avance incrémental élémentaire
- N_p : nombre de pas par tour , est défini par la relation suivante:

$$N_p = \frac{2 \pi}{\theta_p}$$

- m : nombre de phases .
- Zs : nombre de dents statoriques .
- Zr : nombre de dents rotoriques .
- θ_s : pas angulaire statorique , défini par :

$$\theta_s = \frac{2 \pi}{Z_s}$$

- θ_r : pas angulaire rotorique , défini par :

$$\theta_r = \frac{2 \pi}{Z_r}$$

- θ : position angulaire rotorique relative à une origine arbitraire
- f : fréquence d'alimentation électrique associée à une phase.
- Fp : fréquence géométrique correspondant au nombre de pas par seconde donnée par : $F_p = m \times f$
- w : vitesse de rotation angulaire du rotor, elle s'écrit :

$$w = \frac{d\theta}{dt} = \frac{2 \pi \cdot F_p}{N_p}$$

I- 4.2 CARACTERISTIQUES DYNAMIQUES :

La rotation du moteur dépend du mode d'excitation des phases par l'alimentation . La commande des commutations se fait par des impulsions dont la fréquence est liée au nombre de pas par tour .

a) Fréquence maximale de démarrage : est la fréquence maximale des pas à laquelle le moteur peut démarrer sans perte de pas. Lorsque une impulsion se présente au moteur au repos, le rotor se met en marche progressivement et avance d'un pas ; il ne s'arrête pas immédiatement à sa nouvelle position d'équilibre mais oscille pendant un bref délai autour de cette dernière comme montre les figures I.1 et I.2 .

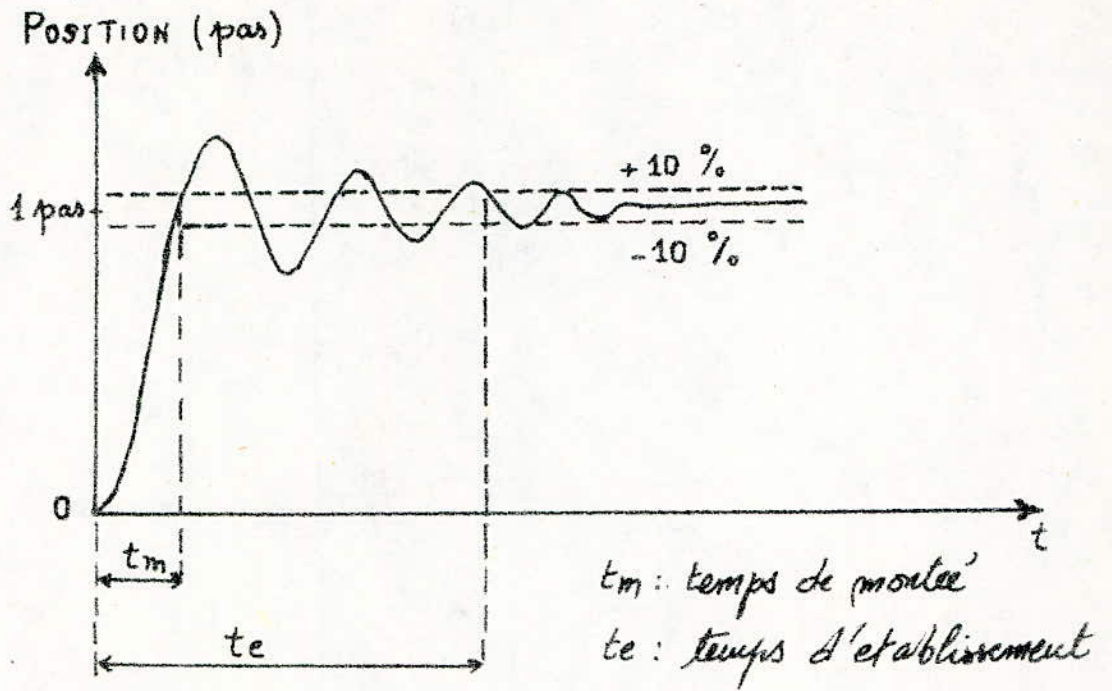


fig-1A - Temps de réponse d'un pas.

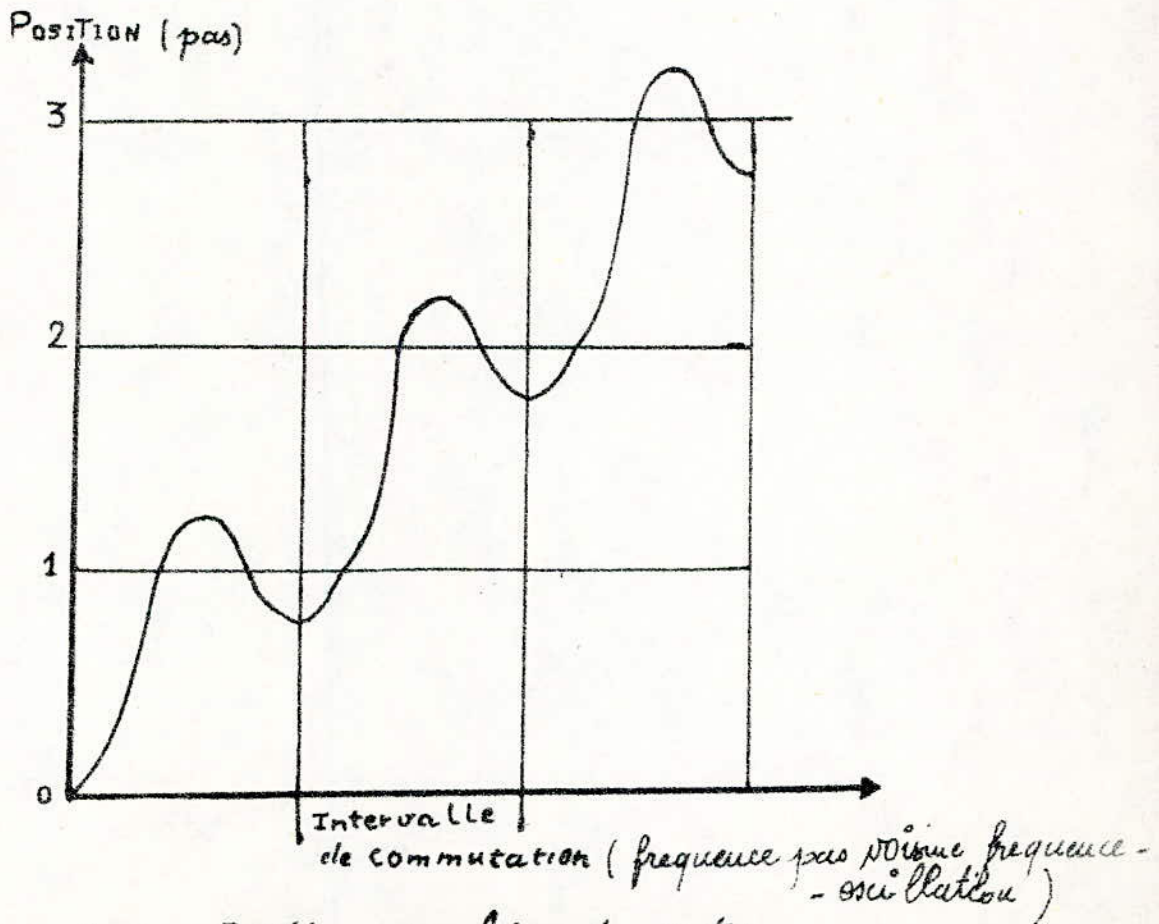


fig-1B - Position angulaire du rotor.

b) Frequence maximale reversible : est le nombre maximal d'impulsions par seconde qui peuvent être appliquées à un moteur d'une manière aléatoire (sens directe ou indirect) et qui se traduiront par des pas synchronisés avec ces impulsions .

c) Temps d'etablissement : est le temps necessaire à etablir avec une bande d'erreur donnée ; lors d'un pas decrit par la fig.I.1. L'erreur est prise à $\pm 10 \%$. Ce temps est repéré par t_e (temps d'etablissement) . Il est fonction de l'inertie et des frottements du systeme moteur ainsi que du schema d'alimentation .

d) Temps de montée : est le temps necessaire pour passer d'une position d'equilibre à une autre . Il est repéré par t_m , il est egalement limité par l'inertie les frottements et par le schema d'alimentation . Le temps d'etablissement et le temps de montée sont des facteurs importants pour le moteur ; si le depassement ou l'ondulation de position sont tolerés, on peut reduire le temps de montée; mais en revanche ,s'il y a une contrainte sur le depassement, le temps de montée sera sacrifié.

e) Couple maximal dynamique : est le couple maximal qui peut être recueilli sur l'arbre du moteur lorsque les enroulements sont excités les uns après les autres.

f) Couple du demarrage et couple d'entrainement : est le couple maximal disponible sur l'axe d'un moteur lors du demarrage (lors de l'entrainement) à une frequence donnée sans perte de pas;

g) Survitesse (zone de survitesse) : est definie comme la zone d'utilisation dont la frequence est superieur à la frequence maximale de demarrage .

Le moteur pas à pas y reste en synchronisme avec la commande , soit dans le sens direct, soit dans le sens inverse. Il ne peut ni s'arrêter, ni demarrer, ni changer le sens de rotation pour une fréquence des impulsions comprise dans cette zone .

Pour atteindre la survitesse , la fréquence des impulsions doit être accélérée progressivement, mais dans un temps extrêmement court depuis un point situé en dessous de la fréquence maximale de démarrage . En cas de perte de synchronisme dans cette zone, le moteur pas à pas s'arrête et ne se remettra en rotation que lorsque la fréquence des impulsions est ramenée . La vitesse d'entraînement est aussi souvent utilisée dans ce sens. Il faut remarquer que plus la fréquence augmente, moins le temps d'établissement du courant dans les phases est négligeable devant le temps d'excitation des phases du fait que le moteur constitue vis à vis des circuits, une charge inductive .

I -4.3 CARACTERISTIQUES COUPLE-VITESSE :

La variation du couple en fonction de la vitesse est la caractéristique la plus importante pour le choix d'un moteur pas à pas. Le diagramme de la figure I.3; permet de caractériser les performances limites couple-vitesse .

Il emporte en ordonnée le couple résistant et en abscisse la fréquence d'alimentation. A très basse fréquence ou lors d'un arrêt, le mouvement du moteur pas à pas est caractérisé par un phénomène d'oscillation amorties. Pour une fréquence d'un ordre de grandeur comparable à la fréquence d'oscillation, il peut se produire une instabilité dynamique (zone 2) .

Dans les zones (1) et (3) , le moteur pas à pas peut démarrer et s'arrêter sur un pas sans pertes de synchronisme . La frontière entre les zones (3) et (4) représente la fréquence limite de démarrage où d'arrêt du système . Le moteur peut atteindre la zone (4) à condition de démarrer dans la zone(3)n et accélérer avec une rampe de fréquence adaptée , compte tenu de l'application envisagée . La zone (5) est interdite pour le moteur .

I -4.4 COMPARAISON DES CARACTERISTIQUES EXTERNES:

Le moteur pas à pas à réluctance variable offre le principal avantage de la simplicité sur les variantes avec aimant permanent.

_ Le moteur à aimant permanent ou électromagnétique convient pour un faible nombre de pas par tour compris généralement entre 2 et 24 . Son rendement est élevé.

_ Le moteur à réluctance variable convient pour un nombre de pas par tour compris entre 12 et 72 environ. Il permet des niveaux de fréquences élevées, Il est généralement plus stable que les moteurs à réluctance ~~potentiées~~ (hybrides); en revanche son rendement est moindre et d'autant plus mauvais quand la puissance est faible.

_ Le moteur hybride ou réluctant polarisé convient pour un nombre de pas par tour élevé, compris généralement entre 24 et 400. Son rendement est généralement bon. Il présente une stabilité dynamique moins bonne que celle du moteur à réluctance variable.

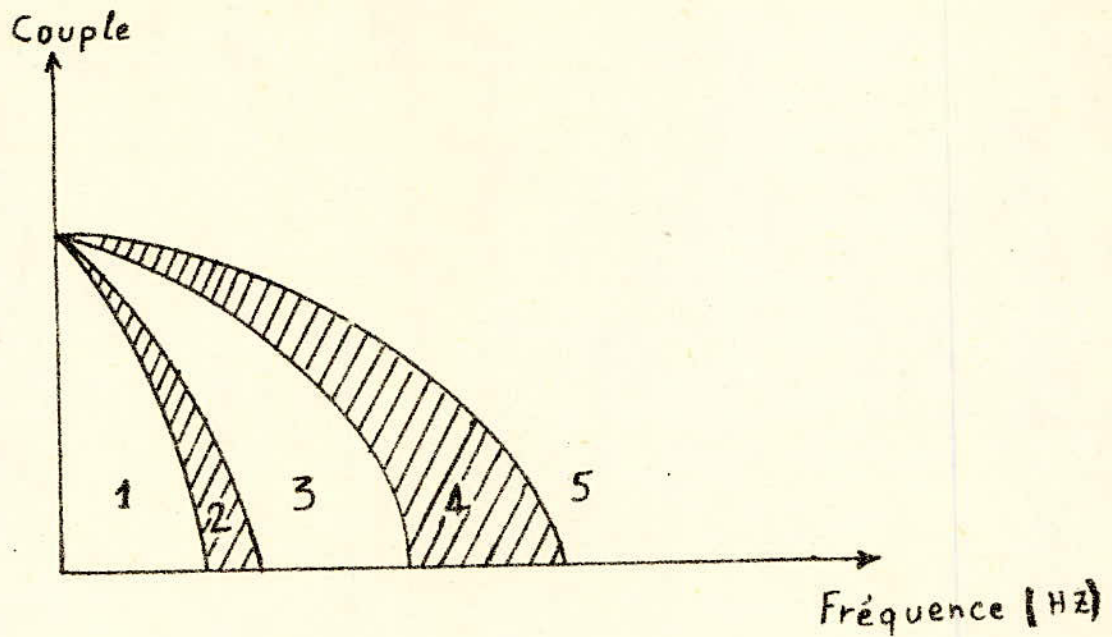


fig-I.3 Caractéristiques Couple-vitesse.

Etats	Potentiels des extrémités des enroulements.			
	A	A'	B	B'
A	+U	0	+U	0
B	0	+U	+U	0
C	0	+U	0	+U
D	+U	0	0	+U
A	+U	0	+U	0

fig-I.4 - Les Commutations successives des phases.

I -5 EQUATIONS CARACTERISTIQUES DES MOTEURS PAS A PAS:

On presentra trois modeles de moteurs pas à pas tetra-phases avec equations mecaniques , electriques et leurs performances .

I -5.1 Moteur pas à pas à aimant permanent :

D'après le schema de principe de la figure(I.5.1),le modele presente:

- _ Un stator à quatre phases .
- _ Un rotor à deux pôles .

Les quatre bobines sont fortement couplées deux à deux par un circuit magnetique commun . Le rotor possede huit positons stables selon la combinaison des courants Ia,Ib et Ic,Id dans les differents phases pour un angle de pas $K\pi/4$;K entier .

a- L'equation mecanique s'ecrit :

$$J\ddot{\theta} + D\dot{\theta} + Cr + K(Ic - Id)\sin(\theta - \pi/4) + K(Ia - Ib)\sin(\theta + \pi/4)=0$$

Avec:

- J : moment d'inertie de l'ensemble .
- D : coefficient de frottement visqueux .
- Cr: ensemble des couples resistants .
- K : constante deproportionnalité entre le couple et I .
- θ : position angulaire du rotor .

b- Les equations electriques sont en nombre de quatre de la forme:

$$U_{cc} = RIa + M \frac{dIa}{dt} + K\theta \cdot \sin(\theta + \pi/4) .$$

Avec:

- L : coefficient d'auto-induction d'une phase .
- M : coefficient d'inductance mutuelle entre deux phases.
- R : resistance totale d'un circuit d'alimentation d'une phase.
- U_{cc}: tension d'alimentation .

c- La constante de temps electrique :

Le courant dans une phase s'ecrit :

$$I(t) = \frac{U_{cc}}{R} (1 - \exp(-tR/L)) , T=L/R$$

Le temps de rotor a un angle pas angulaire de ...

Ce type de moteur possède un grand pas angulaire d'où la vitesse est faible, ce qui déduit que $T=L/R$ est négligeable, on a :

$$I(t) = U_{cc}/R$$

d- Position angulaire à l'origine :

L'équation mécanique se réduit à :

$$J\ddot{\theta} = C_{max} = K \cdot I \quad ; \quad K : \text{nombre d'Ampere par tour.}$$

D'où

$$\theta = KU_{cc} \cdot t^2 / 2RJ = \frac{KU_{cc} \cdot t^2}{2RJ}$$

I 5.2 Moteur pas à pas à reluctance variable :

Prenons l'exemple d'un moteur tetra-phasé (fig. I.5.2°)

On se contente de ne pas tenir compte des effets de saturation et des courants de Foucault et de l'hysteresis. Le moteur qu'on étudie possède huit plots au stator et six dents au rotor dont l'angle de pas est de 15° degrés ou 24 pas par tour.

a- L'équation mécanique est :

$$J\ddot{\theta} + D\dot{\theta} + C_c = C_m$$

Ici on néglige le couple de frottement sec du moteur et le couple

moteur C_m s'écrit : $C_m = C_m(\theta, I)$, $C_m = \frac{dW}{dt} = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \frac{dL_{ij}}{dt} I_i \cdot I_j$

Avec :

J : inertie total du rotor et de la charge .

D : coefficient d'amortissement.

C_m : couple moteur.

C_c : couple de la charge.

θ : position angulaire du rotor.

b- L'equation electrique est :

$$U_i = R_i \cdot I_i + \frac{d}{dt} (\Phi_i) \quad ; \quad (i = a, b, c, d)$$

Φ_i : flux total dans une phase

$$\Phi_i = L \cdot I \quad \text{et} \quad L = L(\theta)$$

N.B : Les L_{ij} sont des inductances mutuelles entre les bobines i et j . ($L_{ij} = L_{ji}$) et L_{ii} sont des inductances propres des bobinages i .

On aura donc :

$$U = \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \\ V_d \end{bmatrix} \quad ; \quad R = \begin{bmatrix} R_a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_d \end{bmatrix}$$

$$I = \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ I_d \end{bmatrix} \quad ; \quad L = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} & L_{14} \\ L_{21} & L_{22} & L_{23} & L_{24} \\ L_{31} & L_{32} & L_{33} & L_{34} \\ L_{41} & L_{42} & L_{43} & L_{44} \end{bmatrix}$$

L'equation electrique s'ecrit alors :

$$U = R \cdot I + \frac{dL}{d\theta} I \cdot \frac{d\theta}{dt} + L \frac{dI}{dt}$$

c- La constante de temps electrique : Pour un moteur à reluctance variable, la constante de temps electrique n'est plus negligeable car le moteur est generalement à petit pas angulaire (moins de 15°).

Le courant dans une phase s'ecrit :

$$I(t) = \frac{U_{cc}}{R} (1 - \exp (-t.R/L))$$

d- Position angulaire à l'origine :

Si on néglige, les coefficients de frottement et le couple résistant on obtient :

$$J\ddot{\theta} = k I = k \frac{U_{cc}}{R} (1 - \exp(-tR/L))$$

d'où
$$\theta = k \cdot \frac{U_{cc}}{R \cdot J} \left(\frac{R \cdot t^3}{6 \cdot L} - \frac{R^2 \cdot t^4}{24 \cdot L \cdot L} \right)$$

avec
$$\exp(-Rt/L) = 1 - \frac{R}{L}t + \dots + \dots$$

I -5.3 Moteur pas à pas hybride (reluctant polarisé) :

Il est constitué d'un stator dont le circuit magnétique possède des pôles dentés, il est le support de deux phases à quatre bobines en série. Le rotor comprend deux structures dentées régulièrement décalées l'une par rapport à l'autre d'un demi-pas dentaire. Elles sont fixées de part et d'autre d'un aimant permanent magnétisé axialement. L'ensemble du flux créé par la bobine se referme dans l'entrefer sans traverser l'aimant.

a- Equation électrique : Elle s'écrit pour une phase

$$U_i = R_i \cdot I_i + \frac{d\phi_i}{dt}$$

$$\phi_i = \sum_{j=1}^N L_{ij} \cdot I_j$$

d'où
$$U_i = R_i I_i + \sum_{j=1}^N L_{ij} \frac{dI_j}{dt} + I_j \frac{dL_{ij}}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt}$$

b- Equation mécanique :

$$J \ddot{\theta} = C_f - C_m$$

Avec:

- C_m : couple électromécanique
- C_f : couple de frottement ;

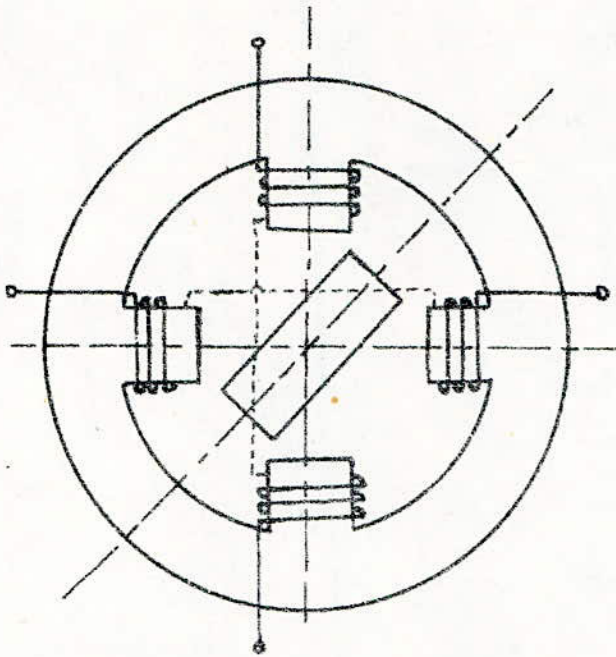


FIG 1.5 MOTEUR PAS A PAS
A AIMANT PERMANENT.

FIG :1.6 MOTEUR PAS A PAS
A RELUCTANCE VARIABLE

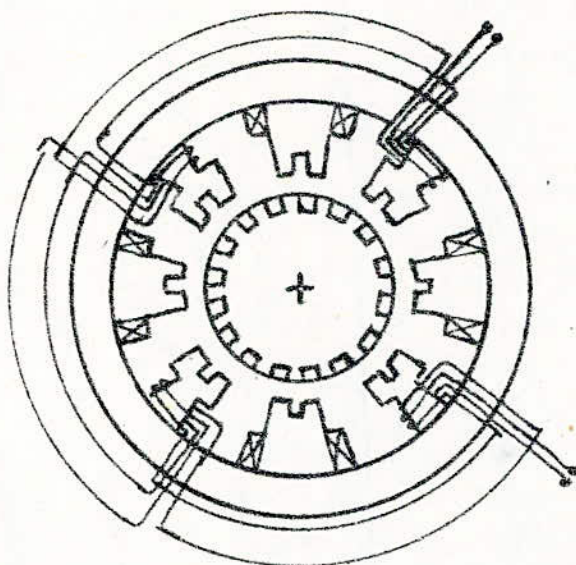
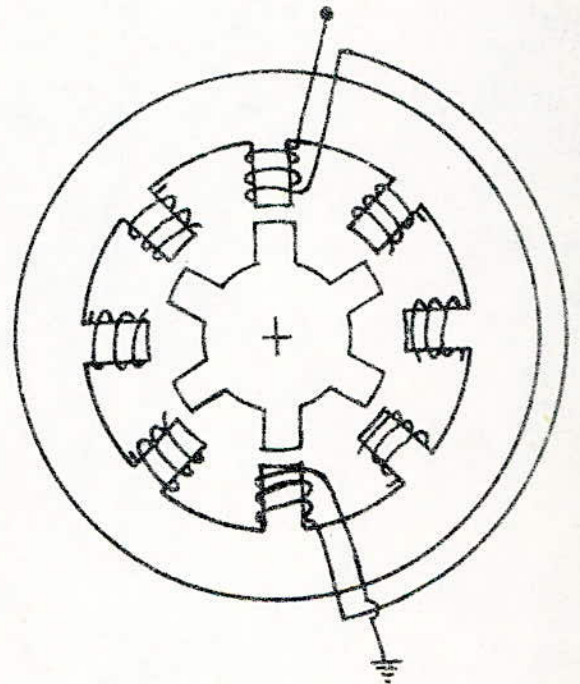


FIG :1.7 MOTEUR PAS A PAS
HYBRIDE (RELUCTANT POLARISE)

CHAPITRE : II

LES ALIMENTATIONS DES MOTEURS PAS A PAS

II - 1 LE BUT DE L'ALIMENTATION :

L'alimentation a pour but d'assurer une amplification de la commande de façon à assurer la circulation du courant dans les différentes phases . De façon classique, l'alimentation se compose d'une source de tension continue d'un transistor assurant l'enclenchement et la coupure de la source (regimes bloques et saturés) et d'un circuit d'extinction comprenant une diode intervenant lors de la coupure du courant .

II - 2 LES AMELIORATIONS PAR L'ALIMENTATION :

La limitation de fréquence est essentiellement liée à la diminution du courant moyen, par suite de l'accroissement de l'importance, relative à la durée du pas, de la constante de temps d'établissement du courant (fig : II.1).

Toute amélioration par biais de l'alimentation a pour but d'accroître la tension aux bornes de la phase en fonction de la fréquence, et généralement d'une source de tension en une source de courant .

Des moyens permettent d'y parvenir, on recourt à :

- une source de tension à deux niveaux
- une alimentation proportionnelle à la fréquence
- une alimentation avec hachage .

Remarque : le courant dans une phase s'écrit généralement :

$$I(t) = \frac{U_{cc}}{R} \left(1 - e^{-t \cdot R/L} \right) ;$$

où $T = \frac{L}{R}$

$T =$ constante de temps apparente.

II -2.1 Cas de l'utilisation des diodes :

Aux moments de l'excitation et la desexcitation d'une phase d'un moteur pas à pas ; il ya création d'une f.e.m induite ($L \frac{di}{dt}$) Pour evacuer les courants ainsi créés et protéger les transistors, on utilise des diodes de protction . Ces diodes sont montées sur les phases ou sur les transistors (fig.II.1) .

Ces diodes ont un effet moderateur du caractère oscillatoire de la reponse du systeme mecanique .

II -2.2 Cas d'une resistance en serie avec la phase :

On introduit une resistance R_{ex} en serie avec la phase du moteur, pour diminuer la constante de temps $T=L/R$ et par ce fait on diminue le temps de reponse d'un pas du moteur .

$$T=L/R \quad \text{et} \quad T=L/(R+R_{ex}) \quad \text{avec} \quad T' < T .$$

II -2.3 Cas de la surtension au demarrage :

La surtension est obtenue en introduisant une resistance R_s ou une diode Zener en parallèle avec la phase(fig.II.3); afin d'accroitre le courant et le couple(extinction) . On augmente ainsi la frequence de demarrage et d'arrêt .

II 3 LES DIFFERENTS TYPES D'ALIMENTATION :

Il existe trois types d'alimentation.

II -3.1 Alimentation par une source proportionnelle à la frequence:

Cette technique utilise de façon classique des transistors en regimes bloqué et saturé dont la source est proportionnelle à la frequence . On garantit un couple pratiquement constant .

Ainsi on amelioré la frequence maximale de demarrage et la stabilité dynamique (pour plus de details voir carte de puissance).

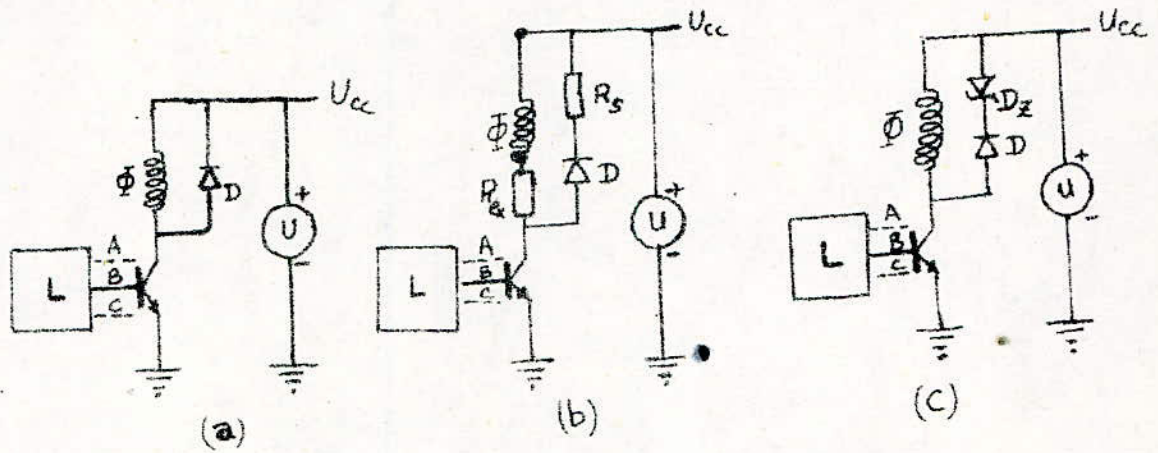


fig-II.1 Les améliorations par l'alimentation

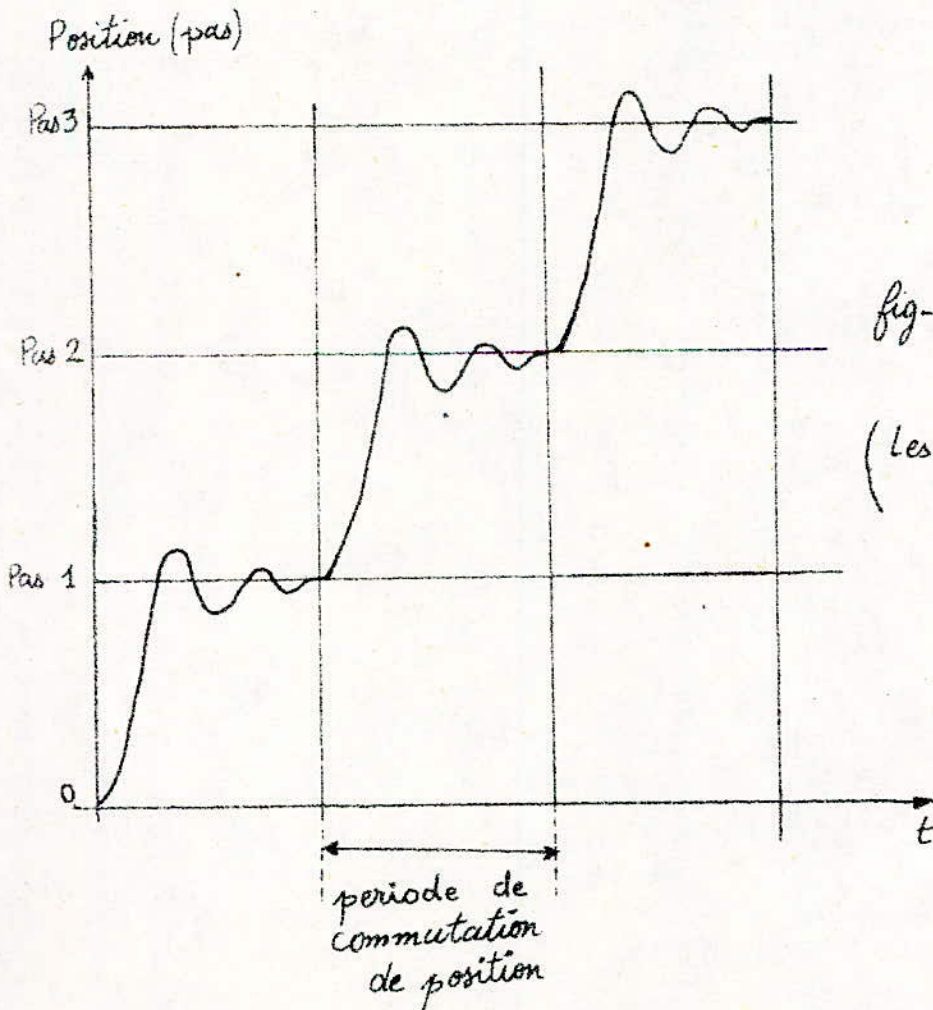
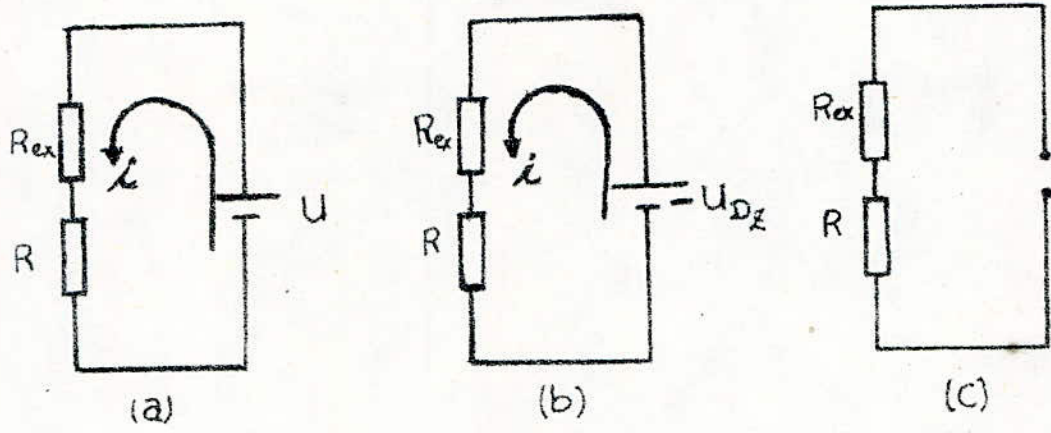


fig-II.2. Position angulaire du rotor.

(Les oscillations sont amorties avant le pas suivant)



Circuit d'extinction. Circuit de recuperation. Circuit au repos.

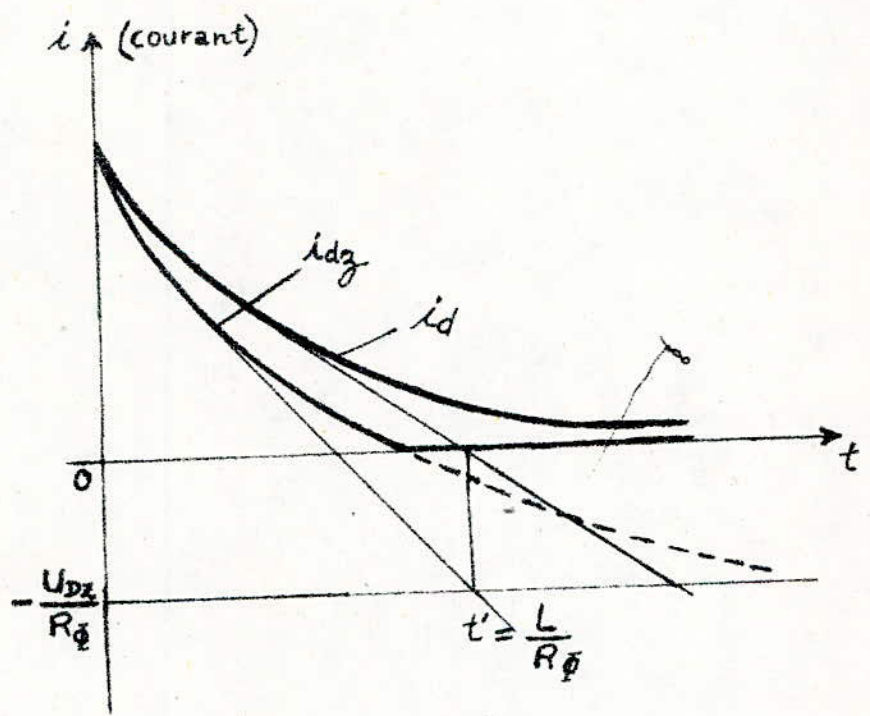


fig. II.3. Surtension lors du demarrage

II -3.2 Alimentation à deux niveaux :

Cette technique d'alimentation consiste à commuter le niveau de tension U_1 au niveau de tension U_0 dès que le courant nominal I_n est atteint. On applique une tension U_0 aux bornes d'une phase celle-ci fait apparaître un courant qui s'établit avec une constante de temps caractérisée par la valeur moyenne de l'inductance au cours du mouvement. L'application d'une tension nettement plus élevée U_1 conduit à une nouvelle exponentielle de courant, de pente proportionnelle à U_1 . La source U_0 assure alors le maintien du courant d'où la constante de temps apparente d'établissement du courant est relativement égale à T et $T' = T.U_0/U_1$, (fig.II.4.b).

N.B: Le courant nominal de commutation est défini par la relation suivante : $I_n = U_0/R$; R : résistance d'une phase .

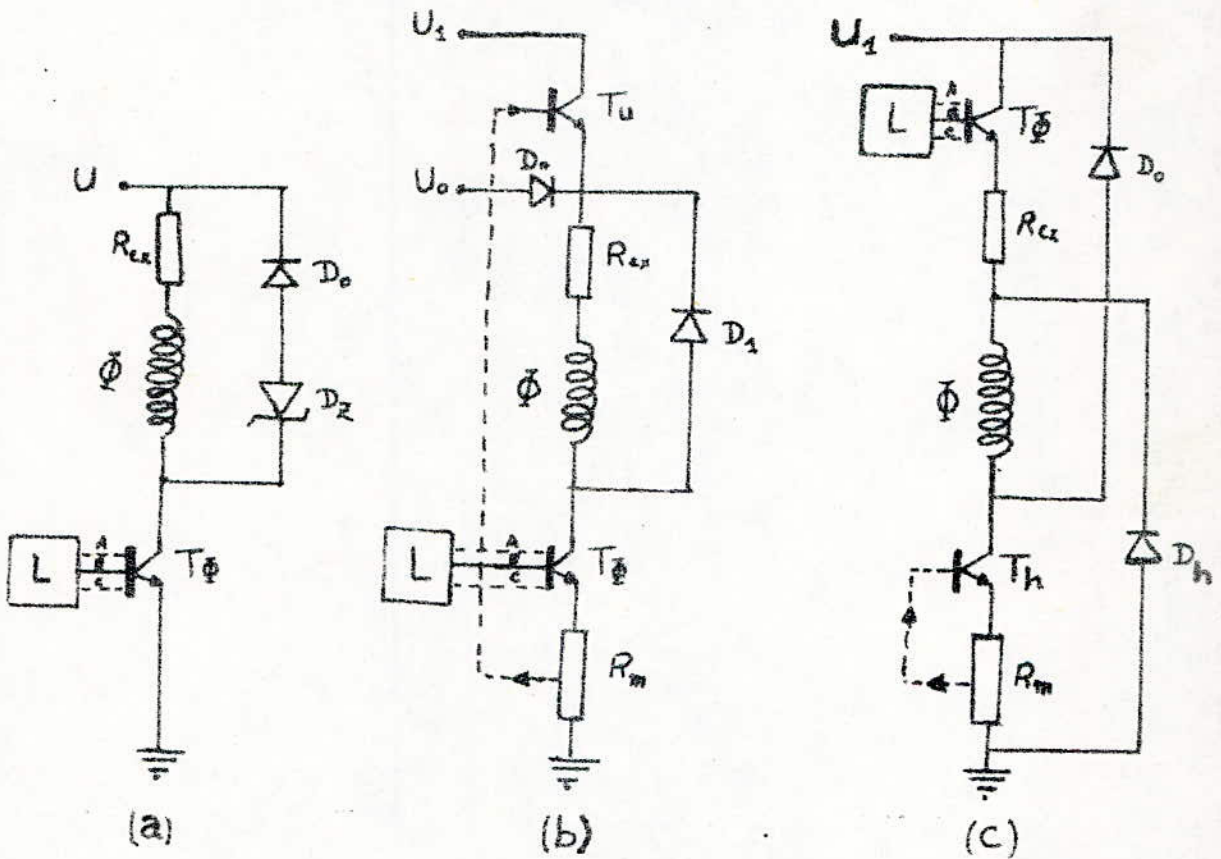
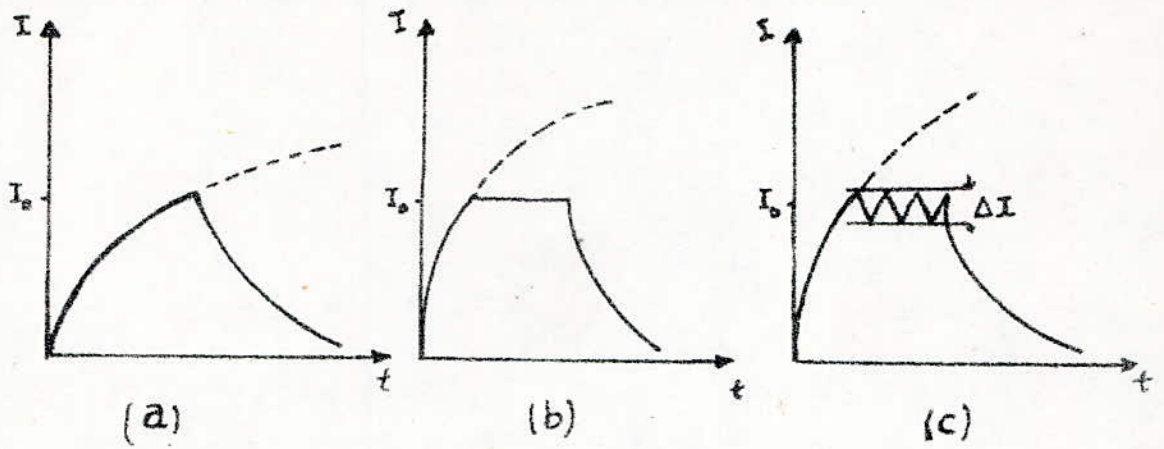
II -3.3 Alimentation avec hachage :

Principe : L'alimentation par un hacheur recourt à un niveau de tension élevée, de façon à satisfaire la relation suivante :

$$I_1 = U_1/R \gg I_n .$$

Dès que le courant de phase I_n passe à $(I_n + dI)$, la phase correspondante est coupée et placée en régime d'extinction. Lorsque le courant atteint $(I_n - dI)$, la source est à nouveau branchée sur la phase. On obtient ainsi un courant oscillant entre deux limites; quand la fréquence devient très élevée, la source ne peut plus atteindre le niveau $(I_n + dI)$, d'après la figure II.4.c .

Une telle alimentation nécessite un dispositif de mesure du courant. La constante de temps apparente d'établissement du courant est approximativement réduite dans le rapport avec une alimentation U_0 ; $T'' = T.U_0/U_1 = T.R/U_1.I_n$.



- (a) Alimentation par une source Proportionnelle à la fréquence
 (b) Alimentation à deux niveaux
 (c) Alimentation avec hacheur

fig - II.4 - Schemas d'alimentation -

CHAPITRE : III

LE MICROPROCESSEUR MC 6800

III- 1 GENERALITES :

Un micro-ordinateur à base 6800 se compose d'un certain nombre d'organes capable d'exécuter les instructions du programme.

- Unité arithmétique et logique et l'unité de commande capable de mettre en oeuvre le ou les organes adéquats pour exécuter un programme .

-Mémoire qui servira à emmagasiner les données du programme et les resultats intermediaires et finaux.

-Organes d'entrée d'informations capable de recevoir le programme.

-Organes de sortie d'informations capables de transmettre les resultats aux peripheriques (.

III - 2 SYSTEME MINIMUM AUTOUR DU MICROPROCESSEUR MC 6800 DE

MOTOROLA :

Le microprocesseur MC 6800 s'entoure d'une famille de circuits spécialement étudiés :

- Unité centrale de traitement (MPU) MC6800

-Une mémoire vive (RAM)

- Une mémoire morte (ROM)

- Un circuit d'adaptation d'interface peripherique PIA MC 6820 .

- Un bus de données

- Un bus d'adresses

- Un bus de commande

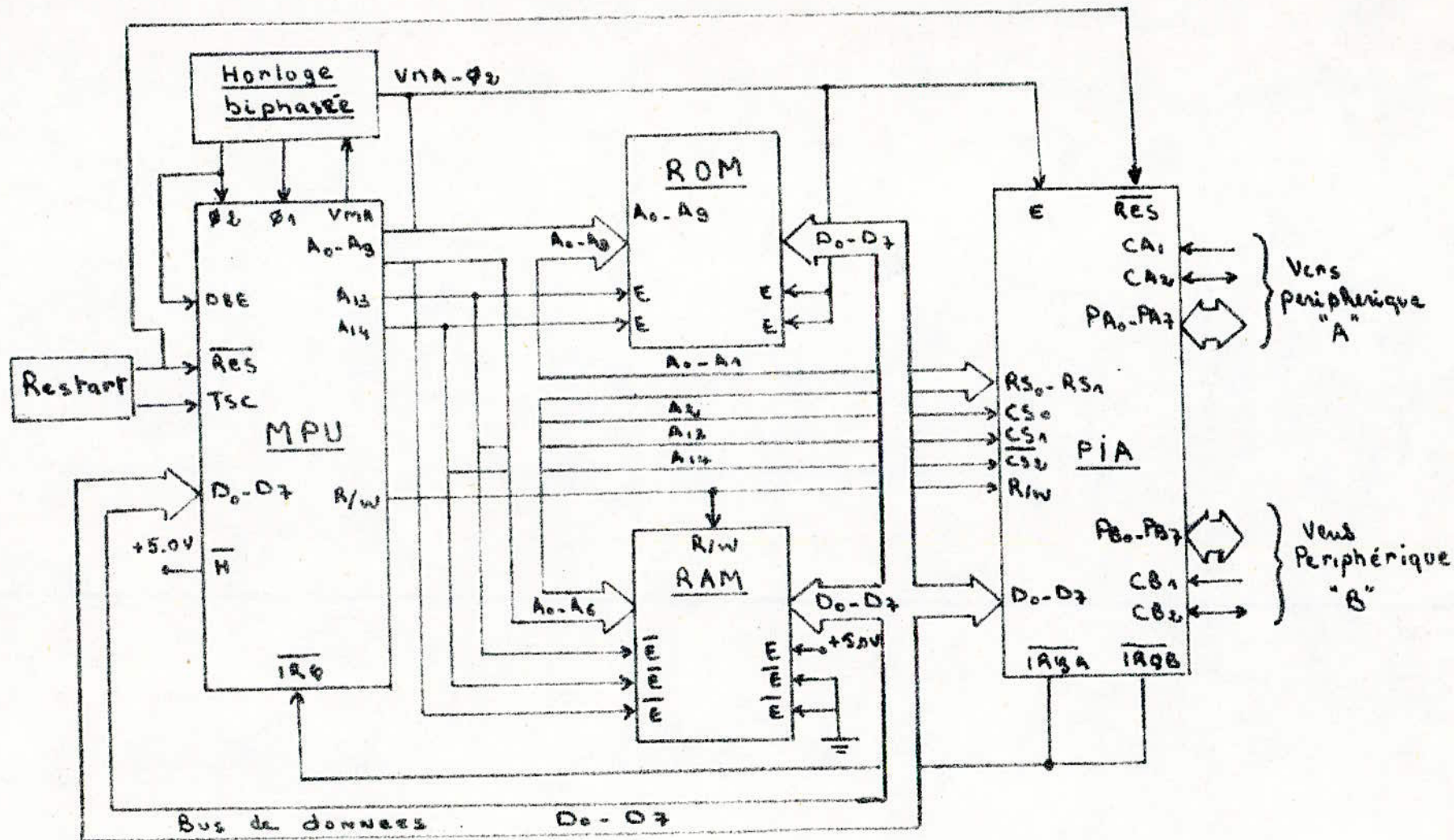
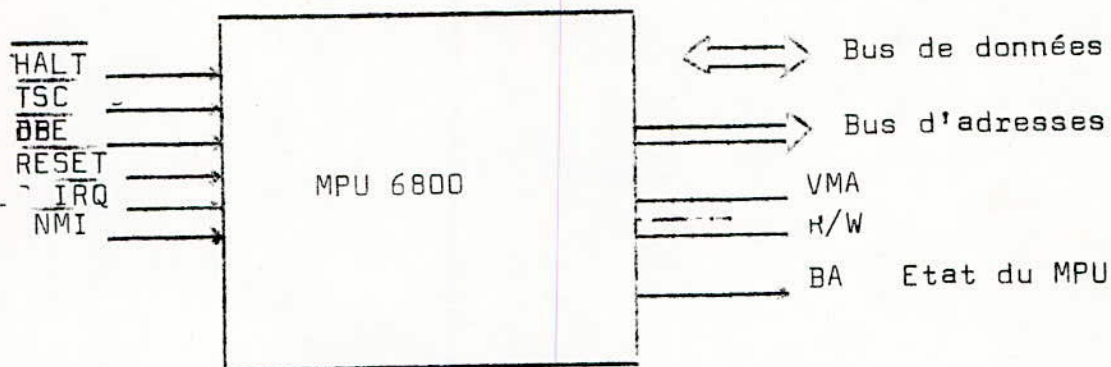


FIG : 3.1 SCHEMA MINIMUM AUTOUR DU MICROPROCESSEUR MC 6800

III - 3 PRESENTATION DU MC6800 :



III - 3.1 Présentation du boîtier : Le microprocesseur MC6800 est un composant monolithique à 40 broches, il est caractérisé par :

- un Bus de données de 8 bits (un octet)
- un Bus d'adresses de 16 bits (64 Koctets)
- un jeu d'instructions au nombre de 72.
- 6 modes d'adressage : direct, relatif, immédiat, indexé, étendu et implicite .
- possibilité d'interruptions : interruptions vectorisées ($\overline{\text{IRQ}}$, NMI)
- horloge fonctionnant jusqu'à 1 Mhz .
- possibilité d'accès direct à la mémoire
- alimentation 5 Vcc
- technologie en N-MOS.

III -3.2 Structure interne du MC 6800 : Le motorola 6800 comprend :

- a) Deux accumulateurs (A et B) : Ce sont des registres à 8 bits où se rangent les données intermédiaires en cours de traitement . Il peuvent également servir de registre à décalage .
- b) Un registre à décalage : Il permet de décaler d'un bit le contenu d'un mot, vers la gauche ou vers la droite .

- c) Un registre d'indexage : Il facilite l'adressage de la memoire.
 - d) Un pointeur de pile : (Stack pointer) c'est un registre à 16 bits qui contient l'adresse indiquant la première case vide située au somm. ⁺ de la pile .
- La pile se compose d'un nombre quelconque de mots en memoire RAM elle permet la mémorisation temporaire et la restitution d'informations .
- e) Un compteur ordinal : Il contient l'adresse de l'instruction suivante qui doit être exécutée .
 - f) Un registre des indicateurs d'etat .
 - g) Un multiplexeur .
 - h) Un registre d'instructions : C'est dans ce registre qu'est mémorisé chaque instruction pendant le temps nécessaire à son exécution .
 - i) Une unité de contrôle : Elle assure le séquençement des instructions .
 - j) Un décodeur : Il permet le décodage des bits de l'instruction .
 - k) Des bus internes : Ces bus font communiquer les différents éléments du microprocesseur .

III - 4 _ INTERFACE ENTREE/SORTIE :

Le microprocesseur ne peut pas communiquer directement avec l'exterieur (télétype, table traçante, etc...), un cicuit d'interface est nécessaire entre le microprocesseur et le périphérique ; il etablira alors une compatibilité entre les entrées/sorties du microprocesseur et les périphériques .

III - 4.1 Organisation interne du P.I.A 6820 (Peripheral ^{rique} interface adapter) :

Ce circuit se présente sous la forme d'un boîtier DIL à 40 broches alimentés sous une tension de 5 Vcc . Il réalise l'interfaçage en mode parallèle .

Le PIA est composé de deux parties presque identiques mais tout à fait distinctes, l'une de l'autre.

Chacune de ces parties est formée de trois registres que le MPU peut adresser en écriture ou en lecture.

a) Registre de sortie (ORA et ORB) : Ce registre permet de mémoriser les données en sortie lors d'une écriture . A la même adresse, on peut lire les données présentes en entrée, mais elles devront être mémorisées à l'extérieur .

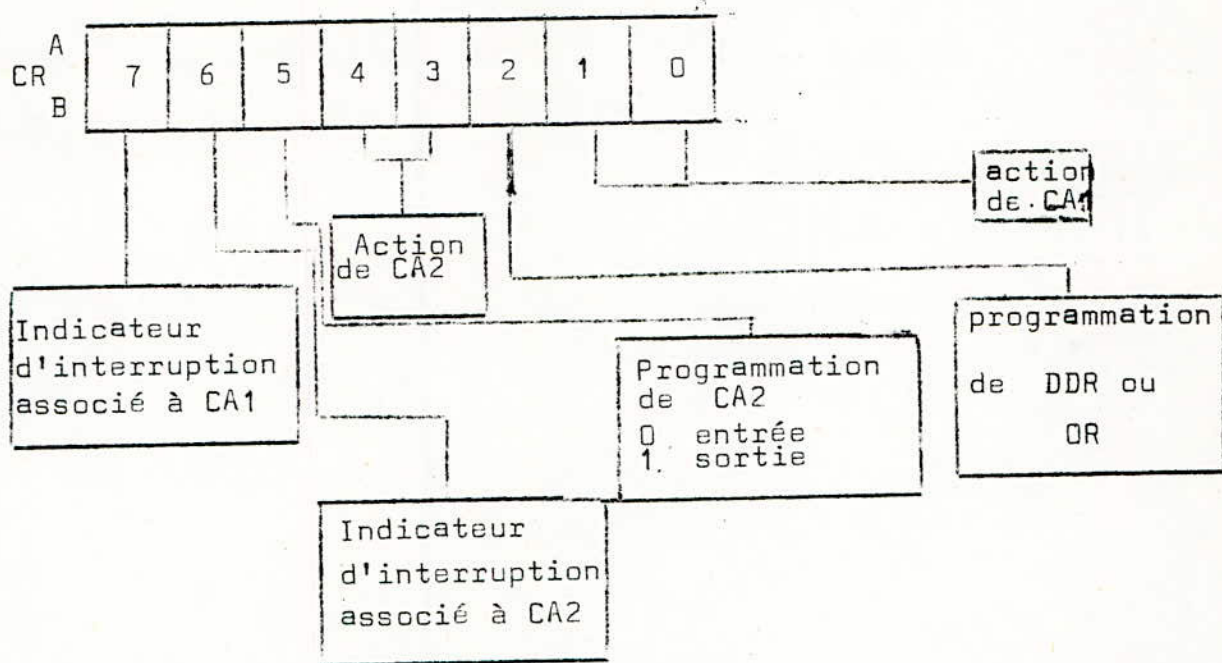
b) Registre de direction des données (DDRA et DDRB) :

Chacune des lignes des deux Ports PA0 - PA7 et PB0 - PB7 peut être individuellement programmée comme entrée ou sortie c'est par le contenu du registre DDR que l'on peut décider qu'une ligne puisse être utilisée comme sortie ou entrée .

Lorsqu'un "0" est écrit dans le bit i du registre DDR la ligne i du port en question est programmée en entrée .

Lorsqu'un "1" est écrit dans le bit i du registre DDR, la ligne i de ce port est programmée en sortie .

c) Registre de contrôle (CRA et CRB) : contient les paramètres de fonctionnement des ports A et B .



Le bit-2 du registre de contrôle permettait de se positionner soit sur le registre DDR soit sur le registre OR .

Le rôle des autres bits permettent quant à eux de generer les interruptions .

III - 4.2 Adressage des registres internes du PIA par RS0 et RS1:

Les quatre combinaisons de ces deux bits adressent les registres internes, les deux autres registres du PIA sont adressés directement Ce sont les registres de contrôle (CRA et CRB).

L'adressage peut se résumer dans le tableau suivant :

RS1	RS0	CRA-2	CRB -2	Registre selectionné
0	0	0	-	DDRA
0	0	1	-	ORA et interface
0	1	-	-	CRA
1	0	-	0	DDRB
1	0	-	1	ORB et interface
1	1	-	-	CRB

CHAPITRE : IV

COMMANDE D'UN MOTEUR PAS A PAS PAR MICROPROCESSEUR

IV - 1 GENERALITES :

La commande assure la commutation des phases du moteur selon une séquence spécifique et un rythme adapté à la charge et au régime de fonctionnement .

On peut distinguer quatre régimes de fonctionnement du moteur :

- Le démarrage.
- Le régime permanent.
- Le freinage.
- L'arrêt.

Afin d'améliorer la commande, il est nécessaire d'étudier le comportement du moteur vis à vis de la commande :

- L'asservissement de la commande par capteur de position permet de gérer automatiquement une rampe de démarrage adaptée à la charge. Elle permet également un contrôle dynamique de la position et empêche pratiquement une perte de synchronisme .
- La génération des rampes d'accélération et de décélération adaptables à la charge .
- La suppression des oscillations à l'arrêt par commutation des phases . Cette technique consiste à imposer un freinage avant l'arrivée en position d'équilibre stable .

La méthode la plus élégante de faire commander un moteur et permettant de meilleures performances et une plus grande souplesse est de commander le moteur par microprocesseur .

IV - 2 COMMANDE PAR MICROPROCESSEUR₁:

Pour commander un moteur, on utilisera un microprocesseur, il suffit donc de réaliser une interface "Microprocesseur-moteur et d'écrire un programme permettant de :

- régler la fréquence des impulsions de commande afin de modifier la vitesse du moteur .
- inverser le sens de rotation
- réaliser la commutation des phases
- réaliser l'accélération et la décélération .

IV - 2.1 COMMANDE DES PHASES :

On distingue deux modes d'excitation des phases :

a) Mode simple phase : la commutation se fait sur une seule phase parmi d'autres c'est à dire qu'il y a une et seulement une phase qui est alimentée à la fois .

L'ordre d'excitation des phases dépend du sens de rotation.

Le diagramme temporel de ce mode est illustré sur la fig:IV.2

b) Mode double phases : la commutation se fait entre deux phases voisines (fig : IV.5)

Le rotor prend une position intermédiaire entre deux pôles.

Cette commande possède un avantage par rapport au simple phase

- Couple important
- Faible dépassement du rotor par rapport à sa position stable.
- Continuité du flux
- La fréquence du moteur augmente par rapport au simple phase.

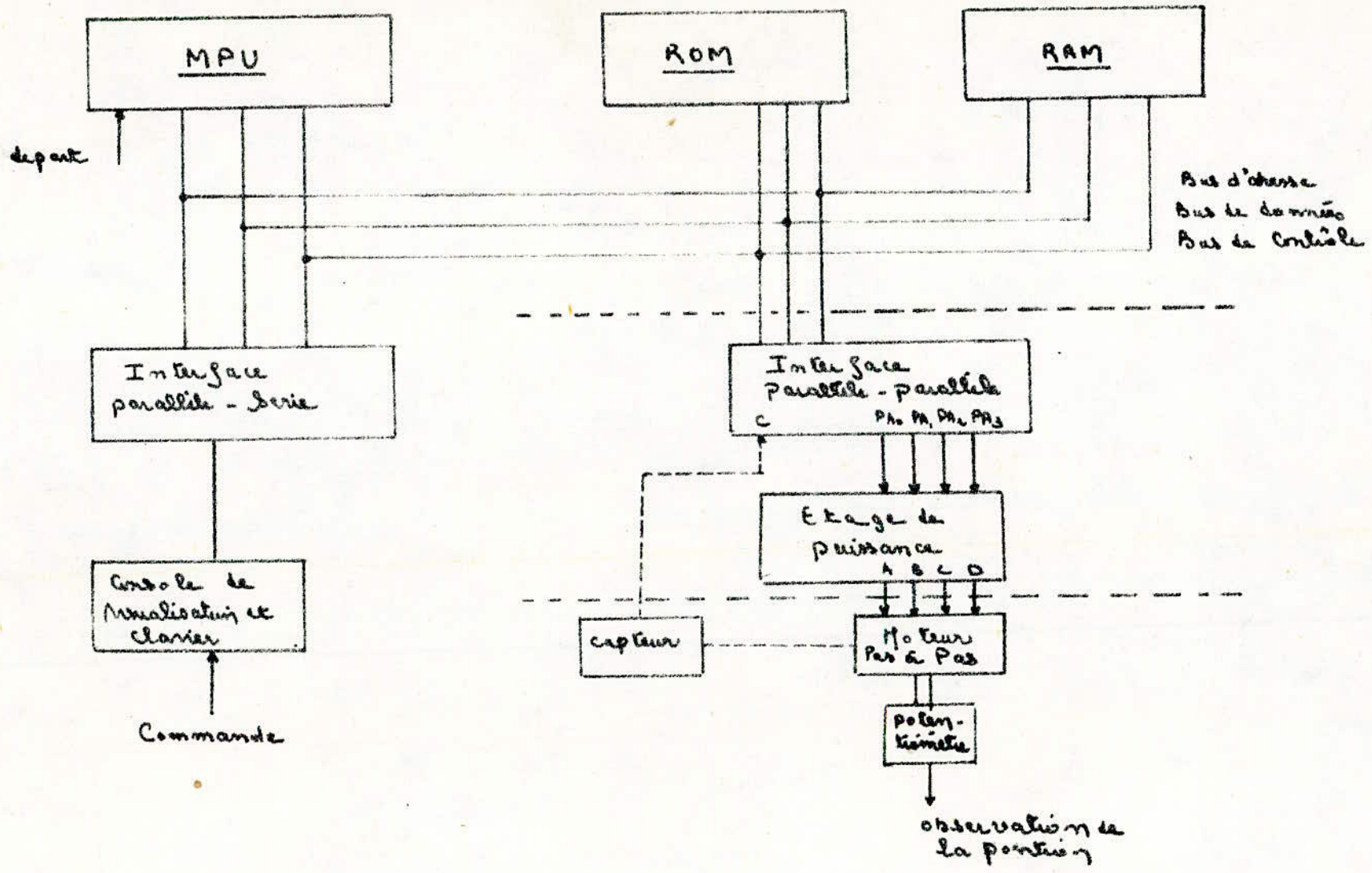


FIG : 4.4 SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA COMMANDE

IV - 2.2 COMMANDE BANG-BANG :

On a vu dans le chapitre I, que pour une impulsion de commande le rotor se met en marche progressivement en oscillant autour de sa position d'équilibre .

Le programme Bang-Bang a été implanté pour permettre l'étude d'une avance rapide sans dépassement et avec arrêt sur chaque pas .

Ce programme nécessite trois temps de temporisation T1 , T2 et T3.

(voir organigramme fig.IV.4) .

1° temps (accélération) : La phase est alimentée pendant le temps nécessaire T1 à la mise en rotation du moteur .

2° temps (freinage) : Avant que le rotor n'atteigne sa nouvelle position d'équilibre, il sera freiné pendant T2 de la manière suivante :

Pendant que la phase est alimentée , elle sera coupée; la phase correspondant à la position précédente est réalimentée pour donner un couple négatif .

3° temps (établissement) : Le courant de la phase alimentée au premier temps est remis, ce qui maintient le nouvel état d'équilibre pendant T3 .

IV - 3 CHOIX DU MODE D'EXCITATION DES PHASES :

On choisira la configuration de commutation double phases car elle présente un avantage par rapport au mode simple phase.

La fonction d'excitation des phases est traduite par le tableau suivant :

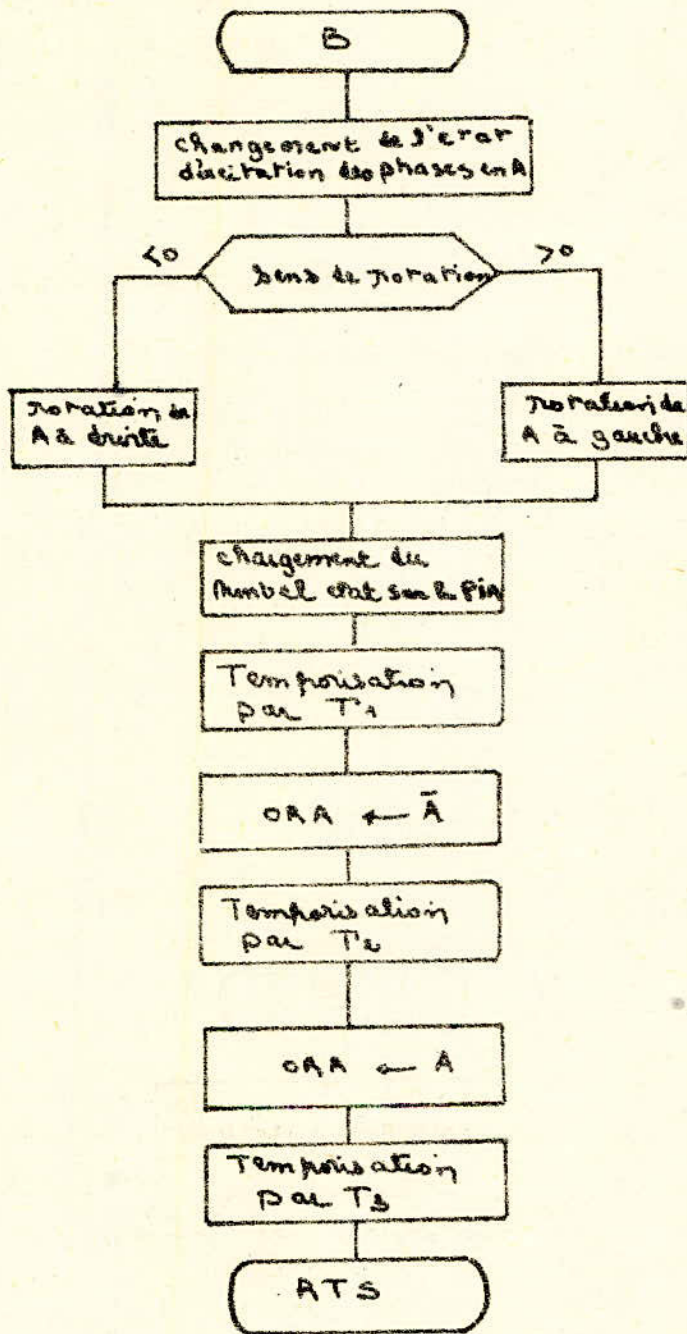


Fig: IV4 ORGANIGRAMME DU "PROGRAMME BANG-BANG"

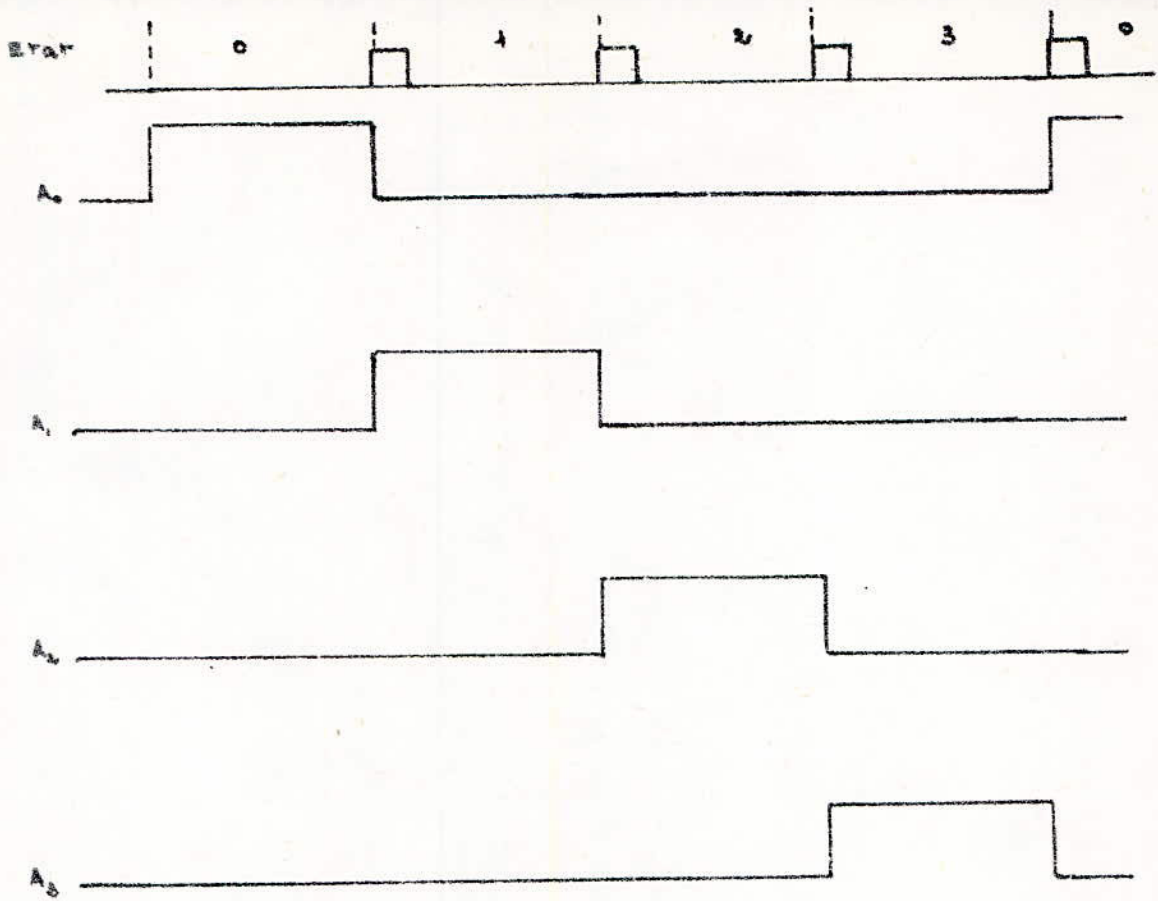


FIG. 4.10 CHRONOGRAMME SIMPLE PHASE

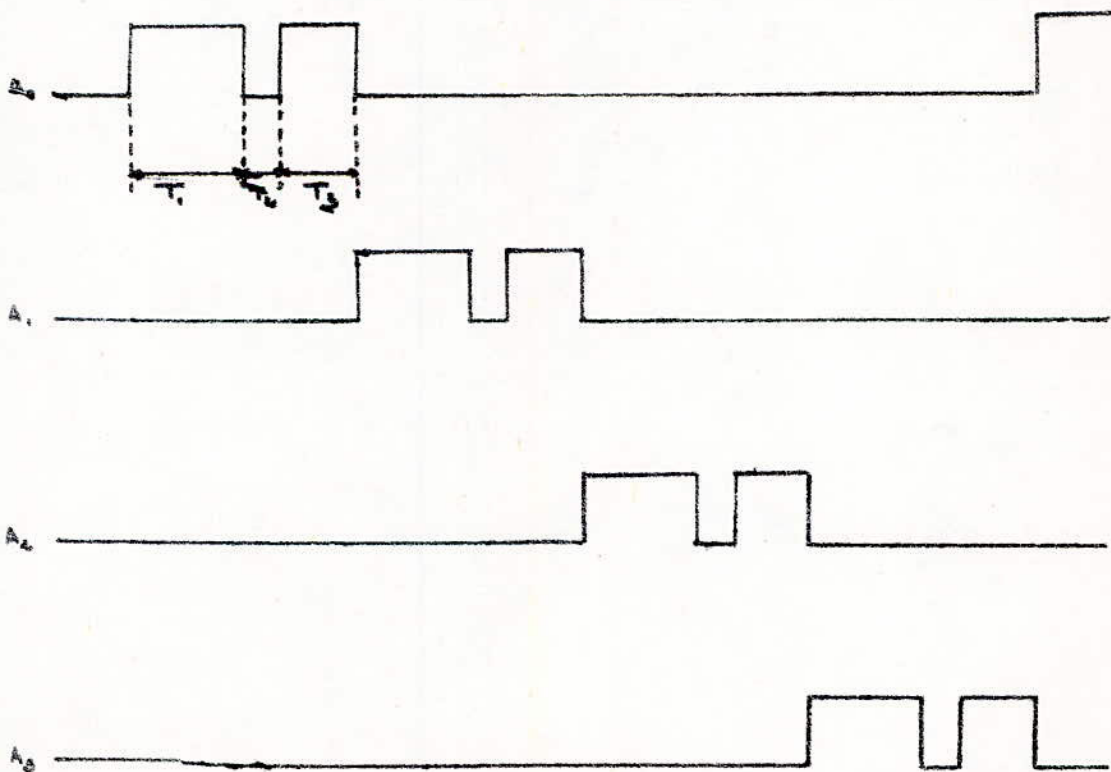


FIG. 4.13 CHRONOGRAMME SIMPLE PHASE AVEC FREINAGE

Sens de rotation	phase D	phase C	phase B	phase A	etat
↑	0	1	1	0	0
↑	0	0	1	1	1
↑	1	0	0	1	2
↑	1	1	0	0	3
↓	0	1	1	0	4

0 : correspond à la phase non excitée .

1 : correspond à la phase excitée .

Cette fonction sera facilement réalisée à l'aide du décalage arithmétique sur l'accumulateur A du microprocesseur .

L'accumulateur B sera choisi pour contenir un nombre signé, à savoir que le bit de signe b7 indique le sens de rotation ;

b7 = 0 ; sens positif

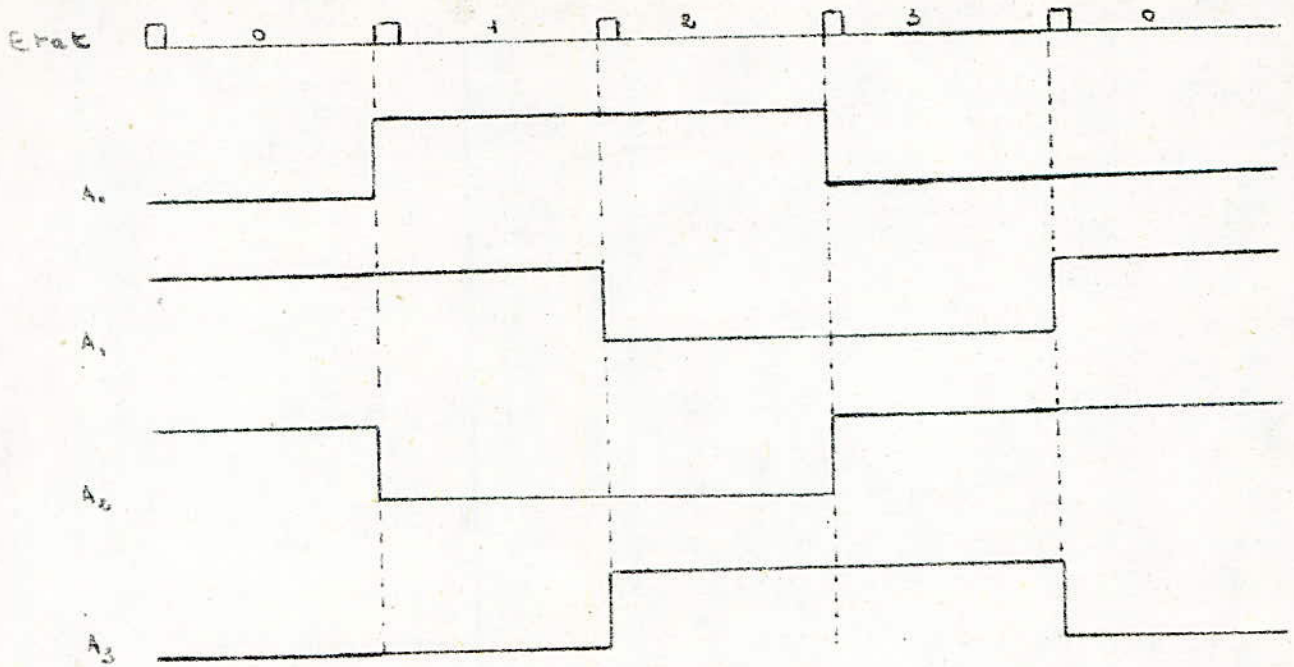
b7 = 1 ; sens négatif

Et que les bits b0 - b6 représentent l'intervalle pendant lequel le nouveau état sera maintenu, celui ci peut varier de 1 à 127. La vitesse la plus élevée correspond à 1 et la vitesse la plus basse à 127 .

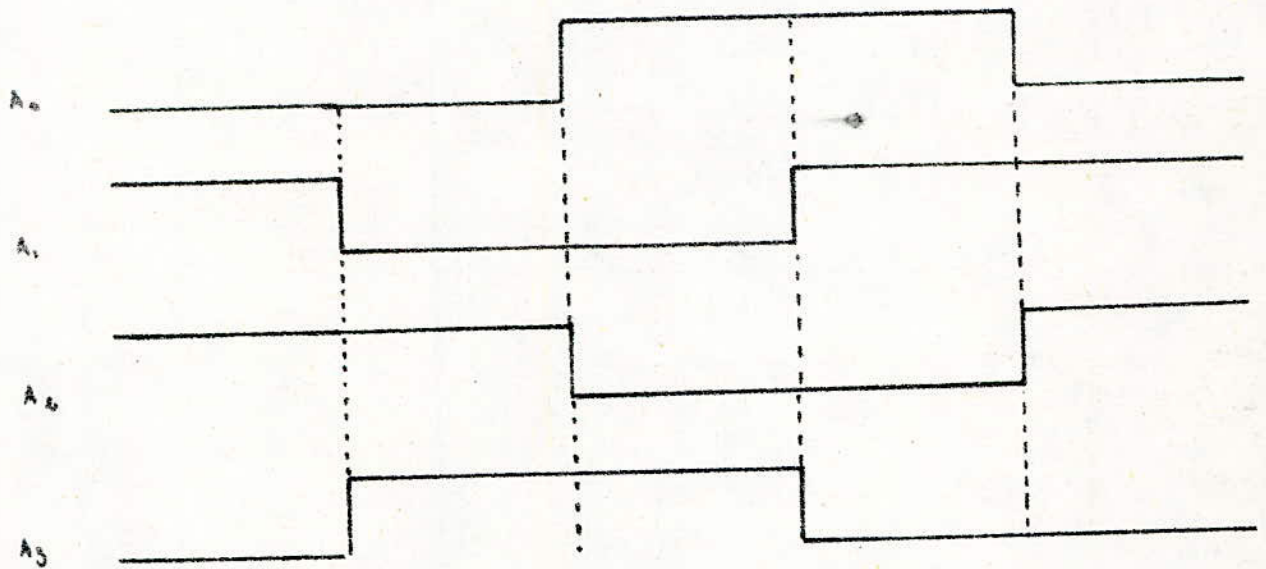
La figure IV.6 montre l'organigramme du sous programme "MARCHE", qui exécute un pas en avant ou en arrière, maintient le nouvel état pendant un intervalle de temps donné et rend le contrôle au programme principal.

I V -2.2 CALCUL DE FREQUENCE :

Il est nécessaire de savoir régler la fréquence à laquelle fonctionnera le moteur .



Sens direct →



Sens retrograde →

FIG: 4.5 CHRONOGRAMME DOUBLE PHASE

Cette fréquence correspondrait à celle des impulsions à l'entrée d'un translateur classique. Cette fréquence sera obtenue d'après le calcul du temps d'exécution des instructions .

Chaque instruction du microprocesseur demande entre 1 et 12 cycles du MPU pour le MC6800 .

Un cycle est défini par :

$$t_{\text{cycle}} = \frac{1}{f_{\text{cl}}}$$

où f_{cl} : correspond à la fréquence de l'horloge du système.

Dans le cas de l'exercice, la fréquence est $f_{\text{cl}} = 1 \text{ Mhz}$.

On obtient donc $t_{\text{cycle}} = 1 \text{ Micro-seconde}$

Nous trouvons sur la fig IV.6 les cycles du MPU pour chaque opération .

Le sous programme "MARCHE" demande pour son exécution complète un temps égale à :

$$t_{\text{marche}} = (67 + (B) (6Y + 8)) \times t_{\text{cycle}}$$

(B) : contenu de l'accumulateur B en decimal.

(Y) : base de temps de temporisation.

On fixera la base de temps à une valeur constante

$$(Y) = 10 (\neq 0A) .$$

et on fera varier le contenu de l'accumulateur de 1 à 127.

$$f_{\max} = \frac{1}{135} \times 10^6 = 7,4 \text{ Khz}$$

$$f_{\min} = \frac{1}{67 + 68 \times 427} \times 10^6 = 114 \text{ hz}$$

On aura donc une fréquence comprise entre 114 hz et 7,4 Khz.

Remarque : pour avoir une gamme plus large , il suffit de varier le contenu de (Y) .

Application : Determinons le contenu de l'accumulateur B (B) pour une fréquence voisine de 600 hz.

Après calcul on trouve:

$$(B) = 23,52$$

Calculons la fréquence du moteur pour:

$$(B) = 23 \quad (\text{§ } 17)$$

$$f = 6,13 \text{ Khz.}$$

IV - 2.3 DETERMINATION DE LA FREQUENCE MAXIMALE DE DEMARRAGE DU MOTEUR :

La fréquence maximale du moteur pendant le démarrage sera déterminée de la manière suivante : on fait tourner le moteur pour une fréquence donnée ,si le moteur démarre bien, on réexecute le même programme avec une fréquence plus élevée jusqu'à ce que le moteur ne suive plus la commande .

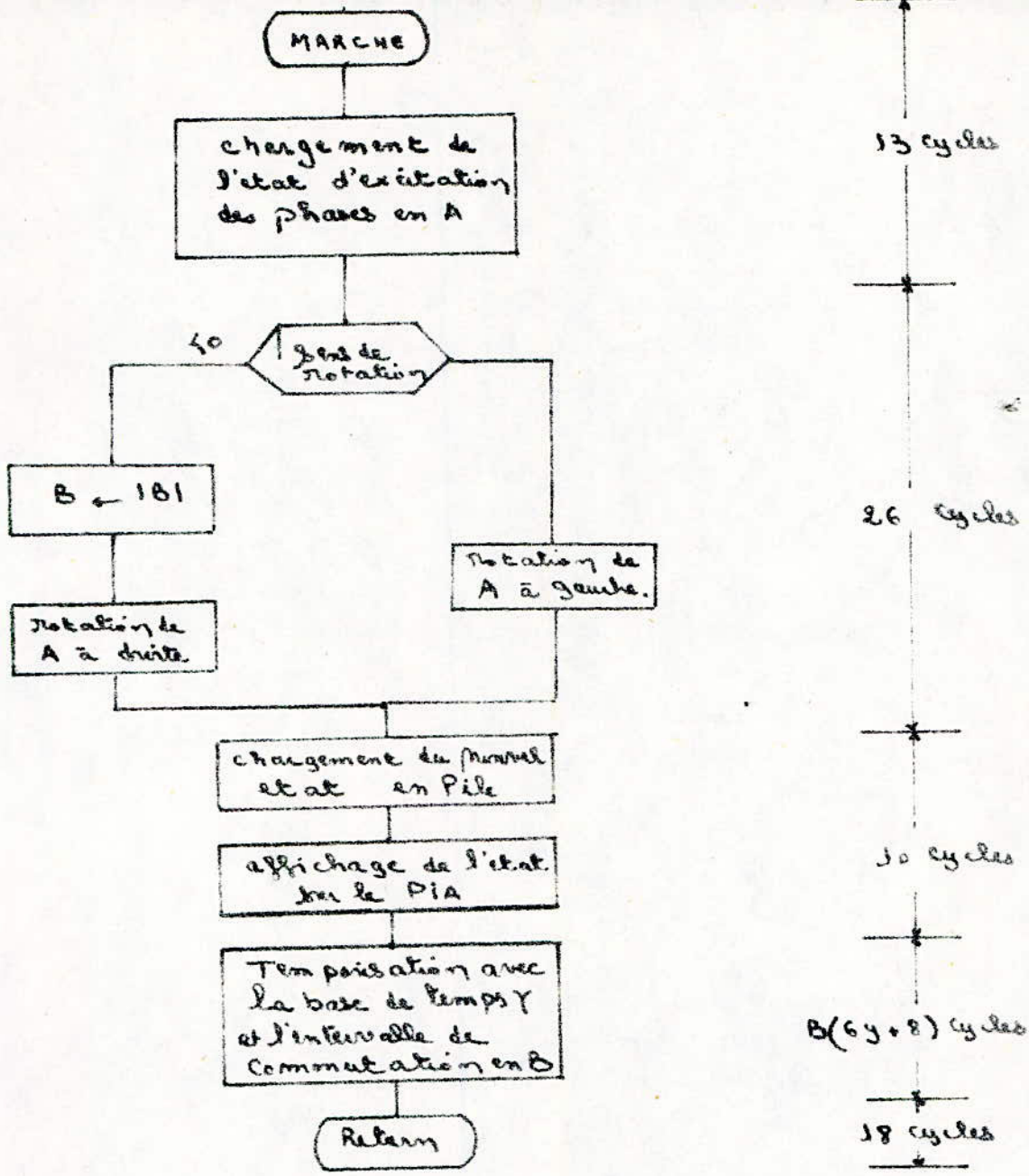


Fig. VI.6 Organigramme du sous-programme "Marche"

C H A P I T R E : V

ETUDE PRATIQUE DE L'INTERFACE

V - 1. CARTE LOGIQUE :

V - 1.1 CIRCUIT D'ADRESSAGE DU P.I.A MC6800/

Pour selectionner un P.I.A, il faut que les lignes de selection (Chip select) CS0, CS1, CS2 soient respectivement aux niveaux logiques 1, 1 et 0 . Par ailleurs le PIA occupe 4 adresses -meoires donc deux lignes d'adressage RS0 et RS1 .

La carte logique comprend deux PIA 6820, l'un sera programmé en sortie et aura pour rôle de transmettre à l'etage de puissance les séquences d'excitation des phases .

L'autre en entrée et permettra de recevoir des informations provenant des capteurs de position ou de l'operateur .

A partir de là, on peut concevoir un circuit d'adressage des PIA qui fera valider ceux-ci à certaines adresses qu 'on fixera et qui permettra de communiquer avec les périphériques.

Ceux ci seront évidemment différentes des adresses reservées à l'utilisateur;

V - 1.1 CIRCUIT D'ADRESSAGE DU P.I.A MC6800/
- - Dans ce cas , on choisira :

-Un PIA Programmé en sortie à l'adresse D804- D807 .

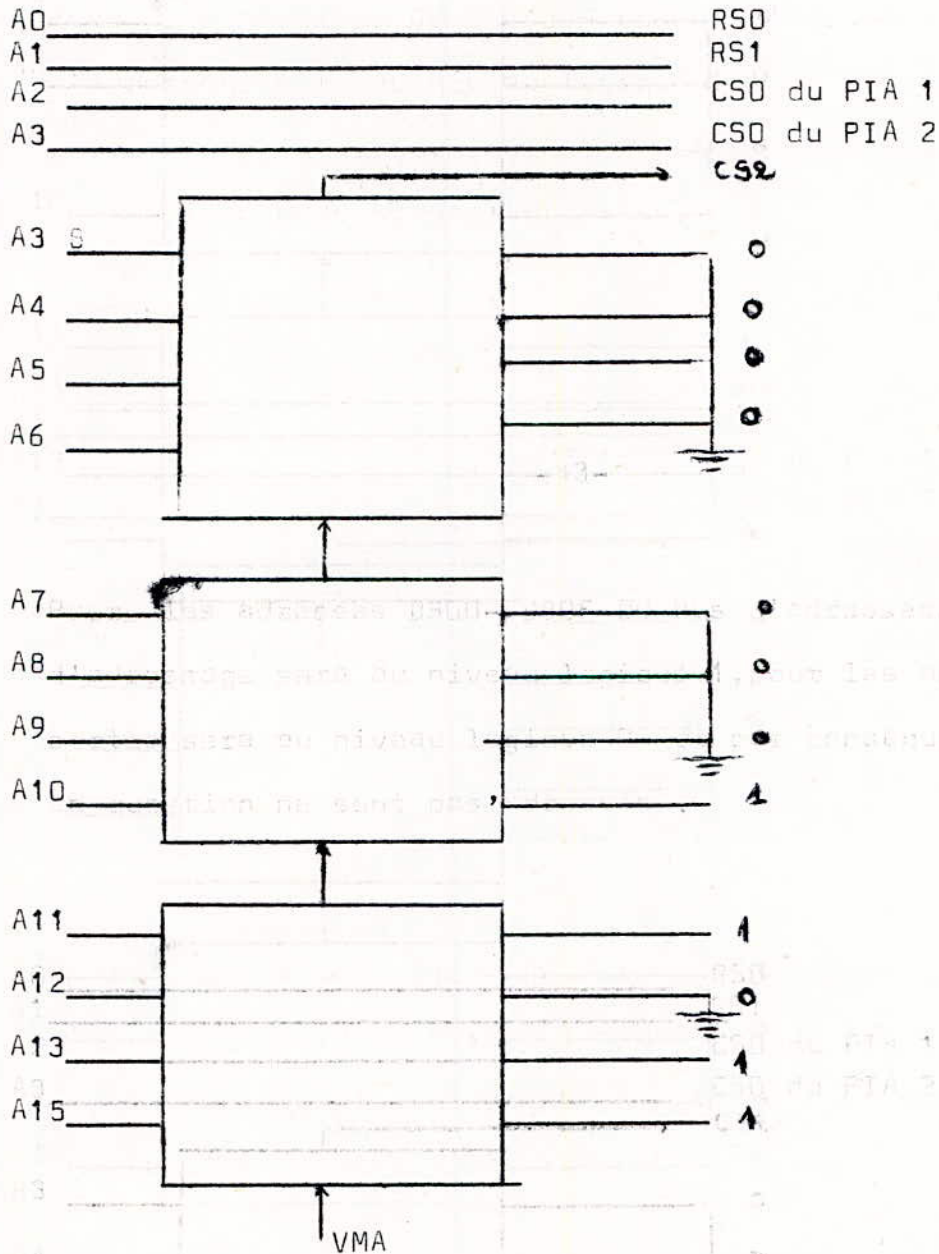
-Un PIA programmé en entrée à l'adresse D808 - D80B.

Pour cela nous utiliserons soit des comparateurs soit des deco-
deurs qui realiseront un tel circuit .

Soit un circuit d'adressage constitué de 3 comparateurs à 4 bits montés en cascade, les entrées des comparateurs seront connectées aux adresses A4 jusqu'a A15 du bus d'adresses.

L'autre en entrée et permettra de recevoir des informations

Pour les adresses D800- D80F DU bus d'adresses, la sortie du circuit d'adressage sera au niveau logique 1, pour les autres adresses la sortie sera au niveau logique 0 et par conséquent les deux PIA en question ne sont pas adressés .



Pour les adresses D804 - D807 , $(\overline{CS2})_1 = 0$ et $(CS1)_1 = 1$ et $(CS0)_1 = 1$
le PIA programmé en sortie sera sélectionné .

Pour les adresses D808 - D80B ; $(\overline{CS2})_2 = 0$, $(CS1)_2 = 1$ et $(CS0)_2 = 1$
le PIA programmé en entrée sera sélectionné .

pour les autres adresses aucun PIA n'est sélectionné .

V- 1.2 LOGIQUE DE COMMANDE DES BUFFERS :

Les buffers connectés sur les bus de données servent de tampon entre le microprocesseur et l'extérieur. Les buffers présentent l'avantage, grâce à leur état de haute impédance, de pouvoir assurer une synchronisation entre l'adresse présente sur le bus d'adresses et les données constituant l'information. Pour ce faire, il faut disposer d'une logique de commande des buffers MC8T26 de sorte que lorsque l'adresse est présente pour un cycle donné , le transfert de données puisse s'effectuer dans un sens, ou dans l'autre .

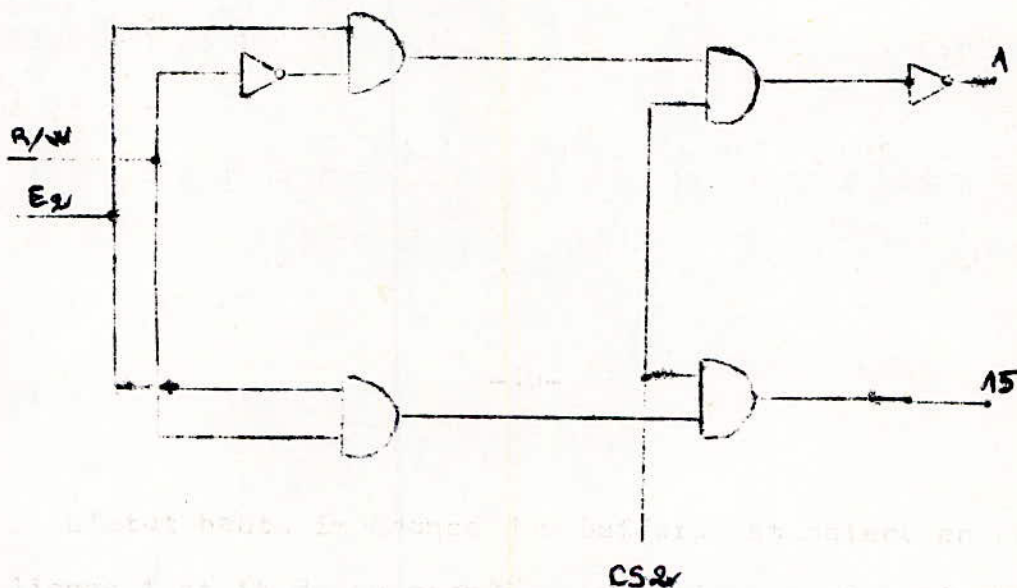
Le transfert se fait lorsque $VMA=1$ et lorsque le signal d'activation des échanges du MPU, $E2=1$ et suivant l'état R/W .
Le transfert des données se fait dans un sens ou dans l'autre .

Dans le cas contraire les buffers doivent être à l'état de haute impédance, ce qui reviendrait à déconnecter le MPU du PIA .

CS2	R/W	E2	Ligne 1	Ligne 45	Etat du buffer
	0	0	1	0	Haute impédance
	0	1	0	0	Ecriture
1	1	0	1	0	Haute impédance
	1	1	1	1	Lecture

L'etat haute impédance des buffers est obtenu en portant les lignes 1 et 15 de ce circuit respectivement aux niveaux logiques 1 et 0 .

L'inversion de ces niveaux, c'est à dire les lignes 1 et 15 au niveau respectif 0 et 1 equivaldrait à mettre le buffer en court circuit . Cet etat doit être évité .



Schema de la logique de commande des Buffers

V - 2 CARTE DE PUISSANCE :

V - 2.1 SCHEMA D'ALIMENTATION :

-----'

L' alimentation par une source proportionnelle à la fréquence utilise des transistors en régimes saturé et bloqué . Cette technique garantit un couple pratiquement constant; ainsi on améliore la stabilité dynamique . D'après le schéma retenu (fig : V.3).

Pour le moteur pas à pas hybride utilisé , on alimente les quatre phases du moteur de façon qu'il tourne dans un sens ou dans l'autre à une vitesse réglable; il faut donc un commutateur électronique permettant d'être commandé par un microprocesseur .

Les principales caractéristiques du moteur hybride sont :

- $U_{\phi} = 12 \text{ V}$; U_{ϕ} : tension d'une phase
 - $I_m = 0,7 \text{ A}$; I_m : courant nominal traversant une phase
 - $N_p = 200 \text{ pas/ tour}$; N_p : nombre de pas par tour
 - $\theta_p = 1,8^\circ$; θ_p : angle de pas
 - $N = 4$; N : nombre de phases
 - $L = 23 \text{ mH}$; L : inductance par phase
 - $r = 17,8 \text{ Ohms}$; r : résistance de l'enroulement d'une phase
- Chaque phase est représentée par une résistance totale ($r + R_{e,i}$) et une inductance L_i ; $i = a, b, c, d$ pour la figure V.3 .

On sait que le courant est le paramètre électrique qui détermine le couple et que pour un moteur donné deux causes limitent la valeur maximale du courant ; la saturation des masses magnétiques et l'échauffement.

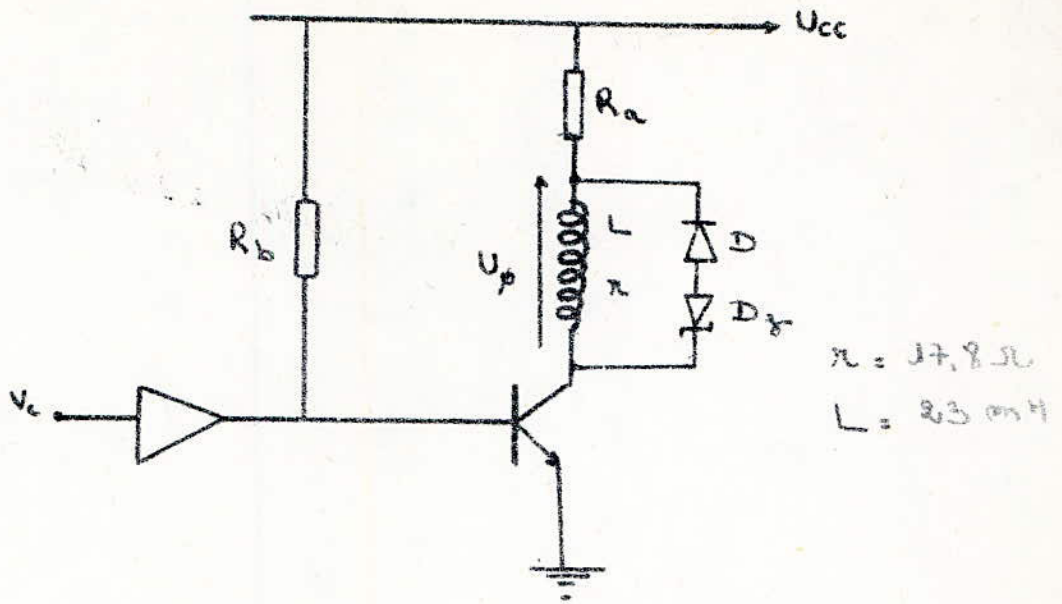


fig.V-1 Schema electrique pour une phase

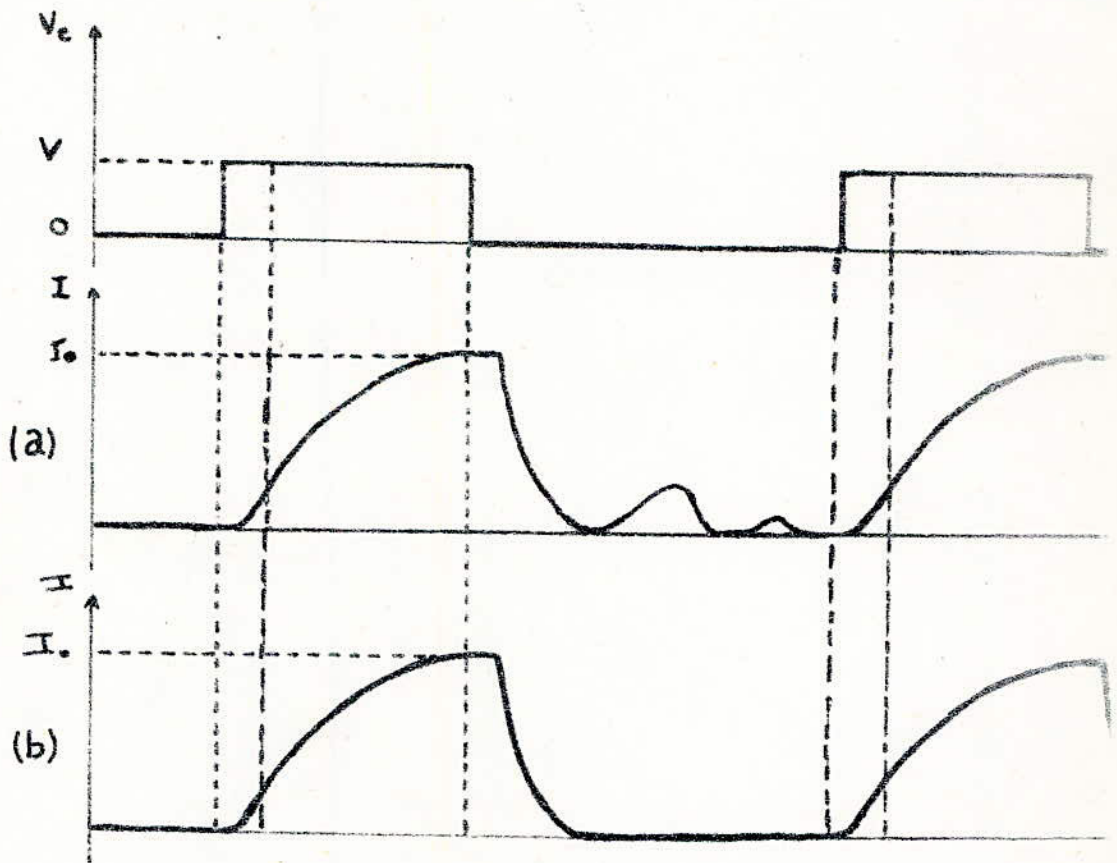


fig.V-2 . Courant dans une phase

(a) sans la diode Zener.

(b) avec la diode Zener.

Pour avoir un couple maximum avec une puissance moyenne donnée il faut que le courant dans chaque phase atteigne sa valeur finale immédiatement après la commutation.

La constante de temps électrique lors de l'extinction $\frac{L_i}{R_i}$ peut être réduite avec une compensation de R_i .

La diode Zener peut être mise en service afin de stabiliser le niveau de tension du bobinage. Les transistors de puissance T_{ra} , T_{rb} , T_{rc} , T_{rd} sont polarisés par les résistances R_b et attaqués respectivement à la base dont l'entrée est compatible avec la logique T.T.L.

Remarque : Le niveau logique 1 correspond à la phase excitée. Il est possible d'alimenter plusieurs phases à la fois.

V -2.2 CALCUL DES ELEMENTS DU CIRCUIT D'UNE PHASE :

Pour alimenter la base d'un transistor (TIP 31B), qu'on veut amener au régime de saturation, on utilise une résistance R_b placée entre la base et U_{cc} . Le circuit de compensation (résistance additionnelle) est utilisé pour réduire le temps de réponse dans une phase (fig: V.1)

a) Calcul de la résistance additionnelle R_a :

Lorsque le transistor est saturé ; $V_{ce} \neq 0$

$$U_{cc} = U_{\phi} + R_a \cdot I_c ; I_c = I_m = 0,7A$$

$$R_a = \frac{U_{cc} - U_{\phi}}{I_c}$$

pour $U_{cc} = 15,5 V$ on trouve $R_a \neq 4,7 Ohms$.

b) Calcul de la résistance de polarisation R_b :

Le courant minimal de saturation du transistor est de 12mA ; Il est possible d'alimenter plusieurs phases à la fois.

V -2.2 CALCUL DES ELEMENTS DU CIRCUIT D'UNE PHASE :

on a choisi le courant $I_{b \text{ sat}} = 26 \text{ mA}$

$$R_b = \frac{U_{cc} - V_{be}}{I_{b \text{ sat}}} = 580 \text{ Ohms}$$

c) Rôle des Drivers : le Driver est du type SN7407 T.T.L à collecteur ouvert :

- Tension maximale de sortie : 30 V
- Courant maximum de sortie : 40 mA

Le Driver constitue le circuit d'interface entre la logique de commande et l'étage de puissance.

Son rôle est d'absorber le courant ($I_{rb} + I_{bo}$) lorsque le transistor est bloqué .

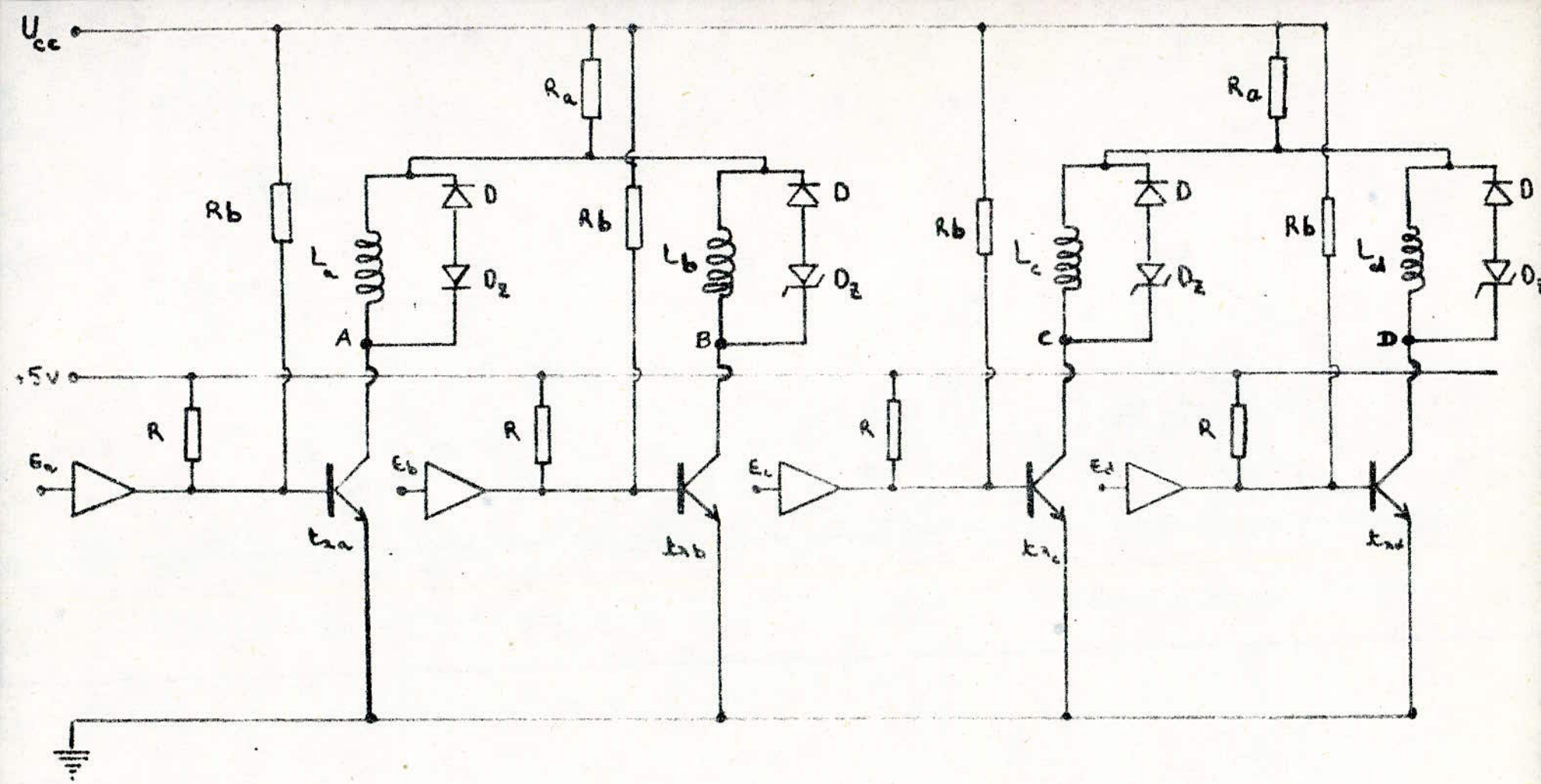


FIG: V.3 ETAGE DE PUISSANCE

CHAPITRE : VI

PROGRAMMATION

VI - 1 INTRODUCTION :

Jusqu'à présent , nous avons vu le système de commande avec le microprocesseur; ceci constitue la partie "HARDWARE " ou matériel. Maintenant pour faire fonctionner le système il faut élaborer la partie " SOFTWARE " ou logiciel.

En effet, pour donner les ordres du microprocesseur, il faut un langage binaire . Chaque opération logique ou arithmétique est codée en un mot binaire appelé instruction et l'ensemble des instructions nécessaires pour faire fonctionner le système constitue un programme. L'écriture du programme se fait en code hexadécimal suivant un langage dit langage assembleur qui consiste à représenter chaque opération par une expression mnémonique .

L'élaboration de notre programme consiste à opérer le transfert de données vers les phases du moteur via l'interface (carte logique et carte de puissance).

VI - PRESENTATION DE L'EXORCISER :

L'exorciser est un micro-ordinateur organisé autour d'un microprocesseur du type MC 6800 de motorola .

Il fournit une aide efficace et économique pour la mise au point des systèmes à microprocesseur à travers ses différents modules

L'exorciser est réalisé au minimum à l'aide des circuits suivants :

- Carte principale dite mère : comprend le famille du microprocesseur MC 6800 (unité centrale, memoires RAM et ROM , PIA etc ...)
- Module EXBUG (moniteur) : permet à l'Exorciser d'excuter un certain nombre de fonctions .
- Carte Floppy Disk
- Carte VISU
- Carte memoire
- Transmission pour imprimante
- Des connecteurs d'entrées/sorties de périphériques permettant une extension de la memoire vive ou morte et la connexion de l'Exorciser à des dispositifs exterieurs.

VI - 3 PROGRAMMATION :

Le principe adopté pour l'elaboration du programme "Marche" est le suivant :

Après intialisation du PIA et de l'etat d'excitation des phases

Suivant le signe du bit-7 du contenu de l'accumulateur B, on procede à faire un decalage arithmetique sur l'accumulateur A contenant l'etat initial, vers la droite (sens direct) ou vers la gauche (sens retrograde). Ensuite on affiche cet état sur le PIA et on fait une temporisation qui consiste à maintenir l'etat pendant un certain temps T determiné par le contenu de l'accumulateur B et la base de temps Y

Donc ce programme peut etre appelé à chaque pas d'execution. En conclusion le programme Marche permet non seulement de commander la position du moteur mais aussi la vitesse à laquelle le moteur tourne .

PAGE 001

00010	07D0			ORG	2000
00020		D806	ORB	EQU	\$D806
00021		D804	ORA	EQU	\$D804
00022		D805	CRA	EQU	\$D805
00030		D807	CRB	EQU	\$D807
00040		0100	PILE	EQU	\$0100

* INITIALISATION DU PIA (PORT A EN SORTIE)

00050	07D0	7F	D807	CLR	CRB
00060	07D3	86	FF	LDA A	=\$FF
00070	07D5	B7	D806	STA A	ORB
00080	07D8	86	04	LDA A	=\$04
00090	07DA	B7	D807	STA A	CRB
00100	07DD	86			

* INITIALISATION DE L'ETAT

00100	07DD	86	06	LDA A	=\$06
00110	07DE	B7	0100	STA A	PILE
00120	07E2	B7	D806	STA A	ORB

* LECTURE DU NOMBRE DE PAS

00130	07E5	C6	97	COMDE	LDA B	=\$97
00140	07E7	CE	00C8		LDX	=\$00C8
00150	07EA	BD	07FE	P1	JSR	MARCHE
00160	07ED	09			DEX	
00170	07EE	26	FA		BNE	P1
00180	07F0	C6	17		LDA B	=\$17
00190	07F2	CE	00C8		LDX	=\$00C8
00200	07F5	BD	07FE	P2	USR	MARCHE
00210	07F8	09			DEX	
00220	07F9	26	FA		BNE	P2
00230	07FB	7E	07E5		JMP	COMDE

* SOUS PROGRAMME " MARCHE "

00240	07FE	B6	0100	MARCHE	LDA A	PILE
00250	0801	5D			TST B	
00260	0802	2A	19		BPL	POS

* SENS POSITIF SI LE BIT B-7 EST A ZERO

* SENS NEGATIF SI LE BIT B-7 EST A "1"

00270	0804	C4	7F	NEG	AND B	=\$7F
00280	0806	47			ASR A	
00290	0807	81	01		CMP A	=\$01
00300	0809	27	0B		BEQ	RO
00310	080B	81	04		CMP A	=\$04
00320	080D	27	03		BEQ	R1
00330	080F	01			NOP	
00340	0810	20	23		BRA	PHASE
00350	0812	86	0C	R1	LDA A	=\$0C
00360	0814	20	1F	RO	BRA	PHASE
00370	0816	86	09		LDA A	=\$09

PAGE 002

```
00380 0818 01      NOP
00390 0819 01      NOP
00400 081A 01      NOP
00410 081B 20 18    BRA    PHASE
```

* SENS POSITIF SI LE BIT B-7 EST A " 0 "

```
00420 081D 01      POS    NOP
00430 081E 48      ASL  A
00440 081F 81 18    CMP  A  = $18
00450 0821 27 0B    BEQ  R2
00460 0823 81 12    CMP  A  == $12
00470 0825 27 03    BEQ  R3
00480 0827 01      NOP
00490 0828 20 0B    BRA    PHASE
00500 082A 86 03    R3    LDA  A  = $03
00510 082C 20 07    BRA    PHASE
00520 082E 86 09    R2    LDA  A  = $09
00530 0830 01      NOP
00540 0831 01      NOP
00550 0832 01      NOP
00560 0833 20 00    BRA    PHASE
```

* AFFICHAGE DE L'ETAT SUR LE PIA

```
00570 0835 B7 0100 PHASE STA A  PILE
00580 0838 B7 D806      STA A  ORB
```

* TEMPORISATION

```
00590 083B 86 0A    TEMPO2 LDA  A  = $0A
00600 083D 4A      TEMPO1 DEC  A
00610 083E 26 FD    BNE  TEMPO1
00620 0840 5A      DEC  B
00630 0841 26 F8    BNE  TEMPO2
00640 0843 39      RTS
```

TOTAL ERRORS 00000

C O N C L U S I O N :

Notre travail comme vous l'avez pu constater a été divisé principalement en deux parties : Etude et réalisation

- L'étude nous a permis de donner beaucoup de détails sur les moteurs pas à pas, leurs alimentations et leurs commandes par microprocesseur.
- La réalisation de la commande par microprocesseur du moteur hybride utilisé a donné des résultats appréciables, néanmoins elle nous a posé quelques difficultés dus au manque d'appareillage en vue d'une modélisation, identification et simulation des paramètres du moteur .

Le système de commande étudié dans ce travail est applicable dans la majorité des commandes des moteurs pas à pas en boucle ouverte ou fermée (capteurs)

Cette conception est économique et permet d'exploiter les multiples possibilités du microprocesseur pour le trace des circuits imprimés (films grattable).

On espère, c'est notre desir le plus cher, avoir donné dans ce projet les éléments essentiels pour une exploitation beaucoup plus efficace.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU COORDINATOGRAPHE

- Encombrement : 720X600X300 mm

Format de travail : 38X35 cm

- Graduation des axes X Y en inch et mm

- Precision : \pm 5 %

Reproductibilité : \pm 2,5 %

- Outils pour traçage des conducteurs :

largeur standard : 0,38 mm ; 0,89 mm ; 1,27 mm et 2,03 mm

Outils pour dessiner les pastilles : 1,27 mm ; 1,78 mm ; 2,36 mm .

- Grille au pas : 2,54

- Pupitre lumineux incorporé : format 380X420 mm.

A N N E X E I :

Moteur pas à pas (hybride)

STEP SYN Serie 103 - 708 - 4

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES :

-Tension aux bornes des enroulements	: 12 Vcc
-Courant nominal par phase	: 0,7 A
-Pas angulaire	: 1,8 °
-Resistance par phase à 25 °C	: 17,8 Ohms
-Inductance par phase	: 23 mH
-Nombre de phases	: 4
-Nombre de pas	: 200 pas/tour

8CARACTERISTIQUES MECANIQUES :

-Couple statique	: 3,9 Kg.cm
-Couple resistif sans excitation	: 0,65 Kg.cm
-Inertie du rotor	: 105 g.cm ²
-Couple nominal à 10 pas/s	: 1,7 Kg.cm
-Poids	: 0,57 Kg
-Diametre de l'arbre	: 6,35 mm
-Longueur du moteur	: 50,8 mm

FORMULAIRE POUR MOTEUR HYBRIDE :

I- Moment d'inertie /J/:

$$J = \frac{m}{8} (D^2 + d^2) \cdot 10^{-6} \text{ Kg.m}^2$$

m: masse en Kg .

d: diamètre interne (mm).

D: diamètre externe (mm).

II- Position angulaire / θ /:

$$\theta = N \cdot \theta_p \cdot \frac{\text{II}}{180} \text{ (rad).}$$

θ_p : angle de pas en degré .

N : nombre de pas .

III- Vitesse angulaire :

$$\dot{\theta} = \theta_p \cdot F \cdot (\text{II}/180) \text{ (rad/S).}$$

F : fréquence d'impulsion .

IV- Couple de démarrage :

$$C_d = C_c + (J_r + J_c) \ddot{\theta}$$

J_r : Inertie du rotor .

J_c : Inertie de la charge .

C_d : Couple de démarrage .

C_c : Couple dû à la charge .

$\ddot{\theta}$: Accélération angulaire en rd/s^2 .

ANNEXE I :

Caracteristiques du transistor TIP 31 B

- $V_{ce \text{ max}} = 80 \text{ V}$
- $V_{cb \text{ max}} = 80 \text{ V}$
- $V_{be \text{ max}} = 5 \text{ V}$
- $I_{c \text{ max}} = 3 \text{ A}$
- $\beta = 20/100$
- $J_j \text{ max} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$
- $P_t \text{ max} = 40 \text{ W}/25^\circ\text{C}$
- $f_{tr} = 3 \text{ Mhz} \text{ (BETA =1)}$
- Boitier : TOP 66
- Brochages L32

A N N E X E : I I

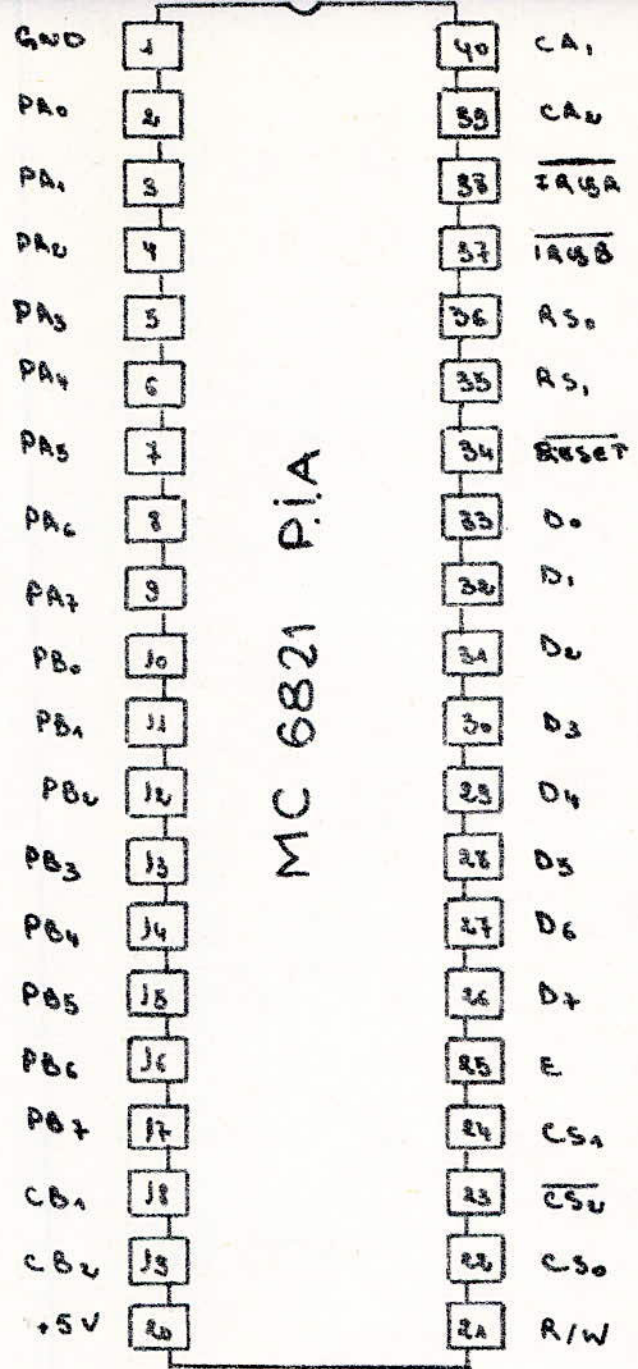
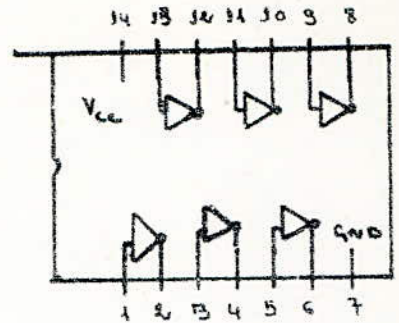
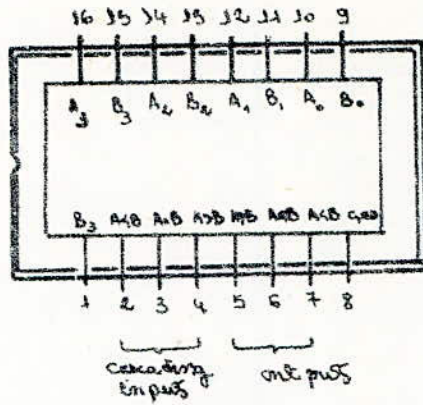
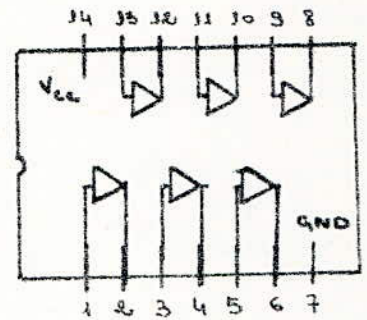
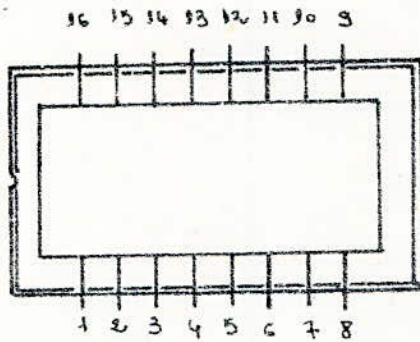


FIG: BROCHAGE DU P.I.A (PERIPHERAL INTERFACE AN)



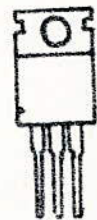
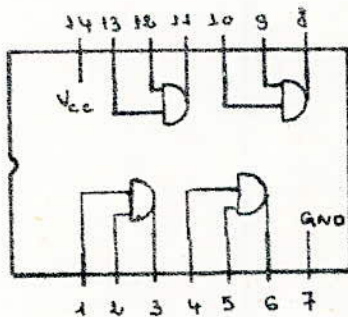
COMPAREUR SN 74LS 85

6 INVERSEURS SN 7404



BUFFERS 3 ETATS MC 8T26

DRIVER SN 7407



4 PORTES AND SN 7408

TIP 31 B TRANSISTOR

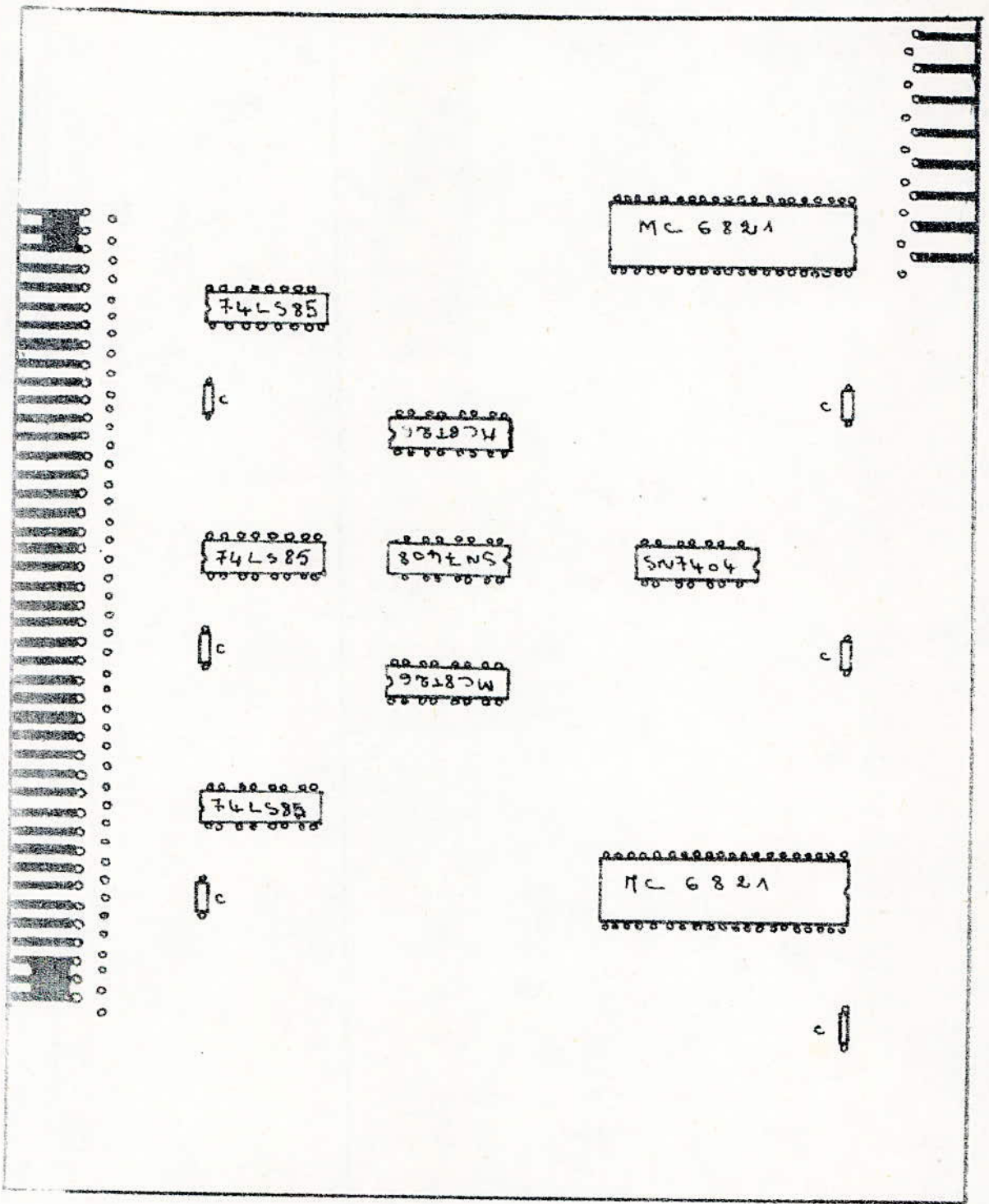
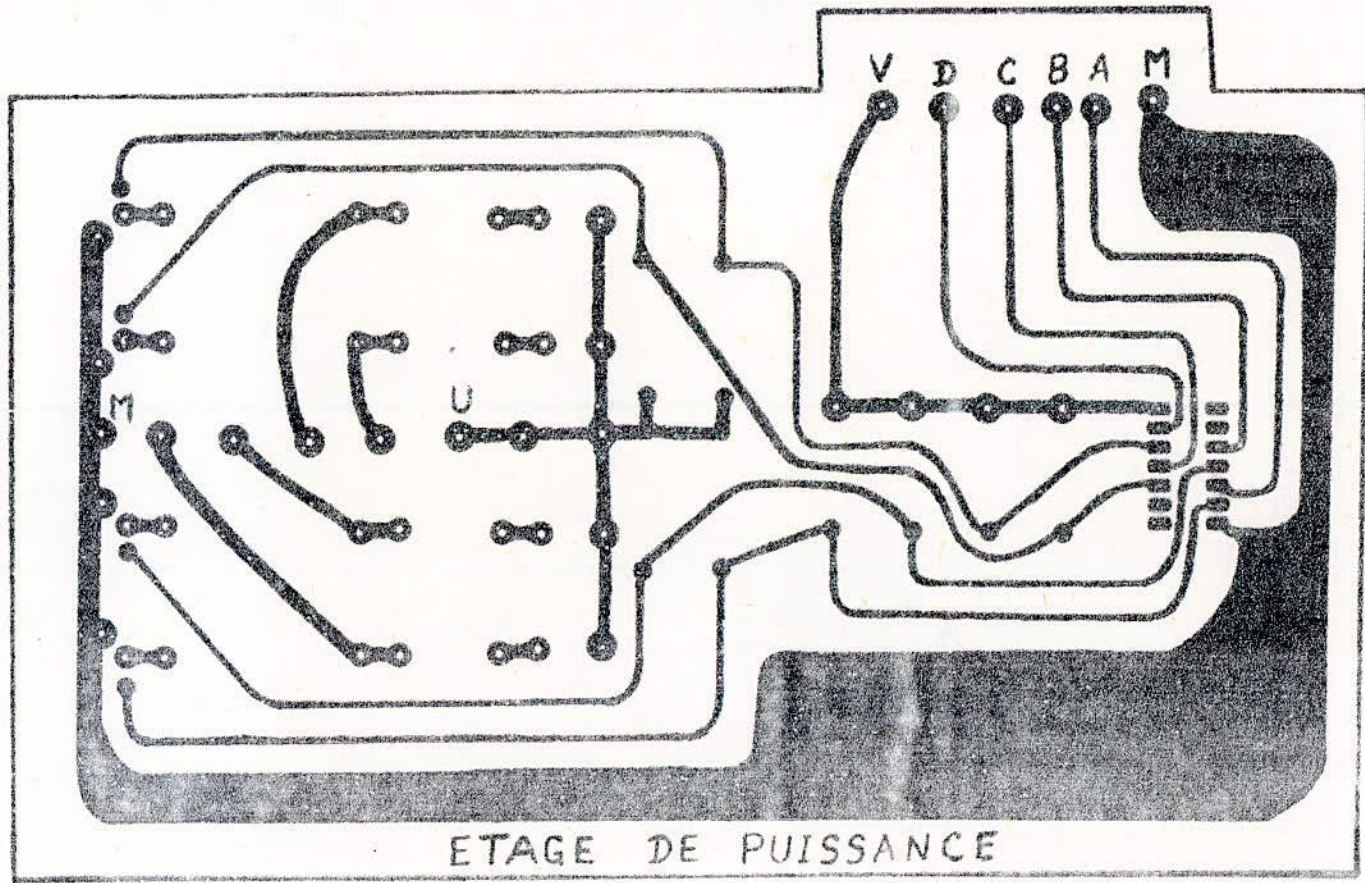


FIG :5 CARTE LOGIQUE



CIRCUIT IMPRIMÉ - (CÔTÉ CUIVRE)

BIBLIOGRAPHIE:

- ^F
(1)- PHAN SON & P.BELLIER
"Rendez -vous avec le microprocesseur"
- (2)- J.P. VABRE -AMARQUE -J.C. PROUIN
"Assemblage et liason de circuits logiques dans les ordinateurs"
- (3)- M.ROBIN
"Interfaces par microprocesseurs"
- (4)- SESCOSEM Edition Thomson- CSF
"Manuel de programmation S.FF 966800."
- (5)- SESCOSEM Edition Thomson - SCSEF .
"Microprocesseurs S.FF-966800 ET circuits associes"
- (6)- M. JUFER (volume) IX)
" Transducteurs electro-mecaniques "
- (7)- R.BRAULT (ETS)
" Electronique pour electrotechniciens "
- (8)- CH. KORSAKISSOK (Edition-Radio)
"Theorie et pratique d'automatisations numeriques"
"Logique des ordinateurs"

REVUES :

- (9)- C. GOELDEL ET M. ABIGNOLI (Automatisme et regulation)
"Banc d'essai pour commande d'un moteur pas à pas"
- (10*)- CH. CATTIN - MORETAZ (Techniques appliquees)
" Les moteurs pas à pas "
- (11)--Micro-systemes N°4. Mars-Avril 1979..
- (12)--MARCEL . JUFER (Automatisme et Regulation)
" Commande et reglage des moteurs pas à pas "

PROJETS DE FIN D'ETUDE :

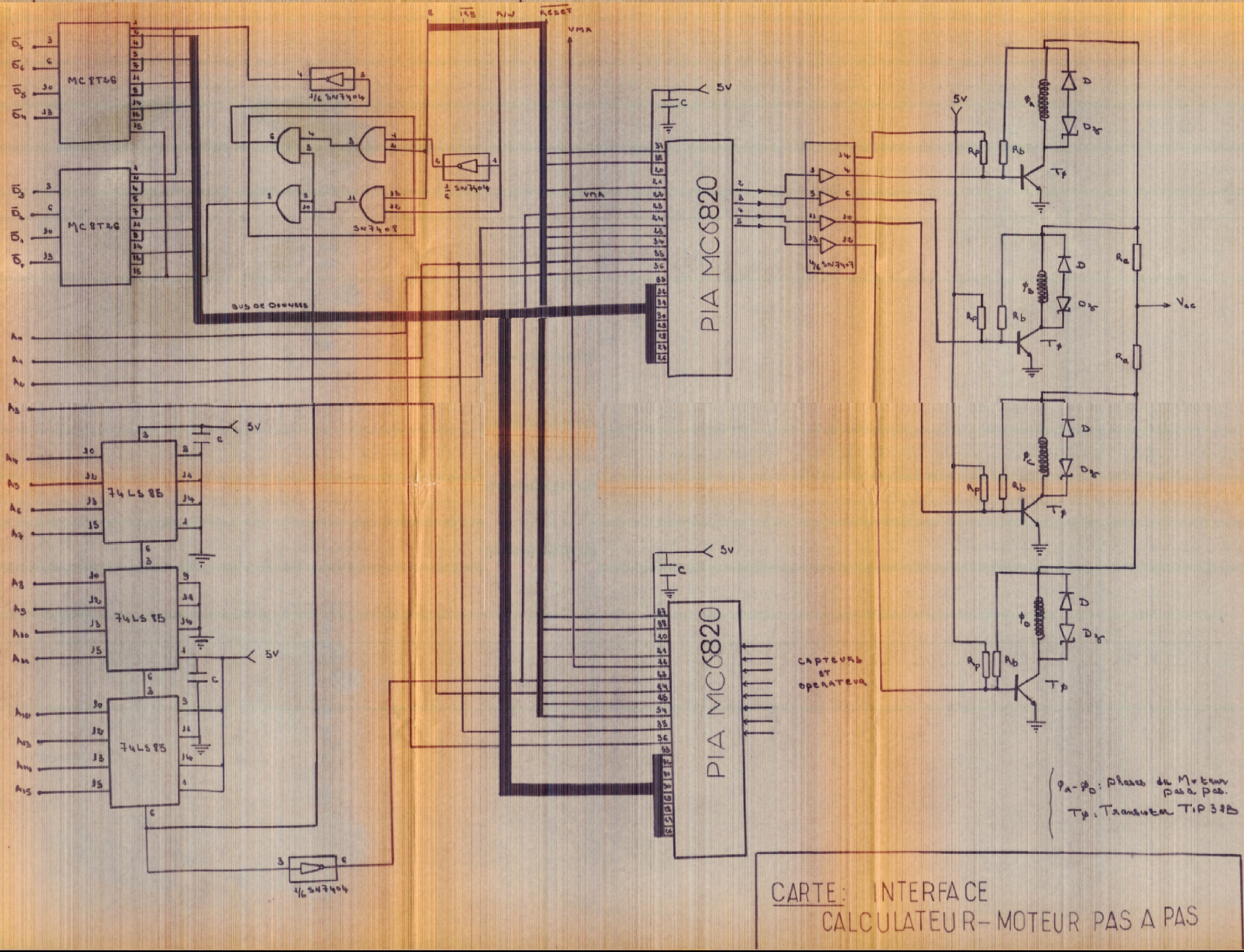
- (13)- Commande automatique et séquentielle de plusieurs moteurs pas à pas.
Tome 1 et 2 (Conception et Réalisation) , (Juin 79).
- (14)- Modélisation et Commande d'un moteur pas à pas .
ENITA "Bordj--El-bahri" (1979).
- (15)- Modélisation et Commande d'un moteur pas à pas par microprocesseur.
Thèse Docteur-Ingenieur (1977) Nancy.
- (16)- Procédure de mise au point de systèmes à microprocesseurs sur
le Tektronix 802A (Juin 81).

MANUELS :

- (17)- DATA-BOOK T.T.L
- (18)- MEK 6800 D2 Manuel
- (19)- EXORCISER Manuel

CATALOGUES :

- (20)- Micro-moteurs Division Automatismes S.F.M.I Crouzet 80/81...
- (21)- Moore Reed ; Stepping Motors ;; England



CARTE: INTERFACE
CALCULATEUR-MOTEUR PAS A PAS