

N° d'ordre : 415

50376  
1987  
295

50376  
1987  
295

# THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE FLANDRES ARTOIS

pour obtenir le titre de

**DOCTEUR INGENIEUR**

par

**DUMON Pascal**

**Ingénieur HEI**

## **SUR LA CONDUITE D'UN ENTRAINEMENT D'ASCENSEUR PAR MACHINE ASYNCHRONES ET ONDULEUR A TRANSISTORS**

Soutenue le 6 Novembre 1987 devant le jury

MM.	J.F.	RIALLAND	Président
	G.	MANESSE	Rapporteur
	M.	GRANDPIERRE	Examineur
	J.P.	HAUTIER	Examineur
	C.	MAIZIERES	Examineur
	J.	EVIN	Invité

## A V A N T   P R O P O S

\* \* \* \*

Ce travail est le fruit d'une étroite collaboration entre le Laboratoire de Systèmes Electromécaniques de l'Université des Sciences et Techniques de LILLE FLANDRES-ARTOIS, dirigé par Monsieur le Professeur MAIZIERES, que je remercie pour l'excellent accueil qu'il m'a réservé, et la Société AUTINOR présidée par Monsieur EVIN, à qui j'adresse ma plus profonde reconnaissance.

J'exprime ici mes plus vifs remerciements à Monsieur MANESSE, Maître de Conférences à l'Université, pour les nombreux conseils qu'il m'a prodigués, pour son soutien et pour l'enthousiasme qu'il communique à toute l'équipe du laboratoire.

Monsieur RIALLAND, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers de PARIS, a accepté de présider ce Jury. Qu'il trouve ici l'assurance de mes plus sincères remerciements.

Je remercie Monsieur GRANDPIERRE, Maître de Conférences à l'E.N.S.E.E.I.H.T. de TOULOUSE pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter à mon travail en participant à ce jury.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur HAUTIER, Maître-Assistant à l'Ecole des Mines de DOUAI, pour sa collaboration et la qualité de son enseignement.

Je tiens à remercier Monsieur MARY, responsable du Bureau d'Etudes de la Société LOGILIFT, ainsi que l'ensemble des Techniciens Messieurs FOURMAULT, CORNARD, GRUSON, TERRIER, MIXTE, EDLING, BONAMI pour les conseils qu'ils m'ont apportés.

Mes remerciements vont aussi vers Messieurs LEDEE, LIENART et SEURE, collègues de travail pour leur collaboration.

Je remercie Monsieur FRANCHAUD, Technicien du Laboratoire de Systèmes Electromécaniques de l'U.S.T.L. FLANDRES-ARTOIS pour son aide technique et sa disponibilité.

Mes remerciements vont également à Madame SLAWINSKI et à Monsieur HOUZE qui ont contribué à la réalisation matérielle de ce document.

## SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	1
CHAP 1 :BLOCS DE CONVERSION STATIQUES	4
<u>1 Décomposition fonctionnelle</u>	5
<u>2 L'onduleur</u>	8
2-1 Principe et montage	8
2-2 Graphe de commande  PC 2	9
2-3 Graphe de fonctionnement  PC 1	11
2-4 Défaut de commande	13
2-5 Formes d'ondes	17
<u>3 Le hacheur</u>	18
3-1 Principe et montage	18
3-2 Graphe de commande  PC'2	19
3-3 Graphe de fonctionnement  PC'1	21
<u>4 Structure de freinage</u>	22
4-1 Principe et montage	22
4-2 Graphe de commande  PC''2	23
4-3 Graphe de fonctionnement	24
CHAP 2 :MODELISATION DU MOTEUR ET DE SA CHARGE	25
<u>1 Introduction</u>	25
<u>2 Moteur</u>	29
2-1 Mise en équation	29
2-2 Identification	33
<u>3 Charge</u>	37
3-1 Mise en équation	37
3-2 Identification	37
3-21 Inertie du banc d'essais	37
3-22 Couple de freinage	39

	Page
CHAP 3 :CONCEPTION DU CONTROLE ELOIGNE	43
<u>1 Définition d'une stratégie de régulation</u>	43
1-1 Position du problème	43
1-2 Stratégie de positionnement	44
1-3 Régulation de vitesse	48
1-4 Régulation de tension	53
<u>2 Réponse calculée de l'ensemble</u>	56
<u>3 Programmation structurée</u>	57
CHAP 4 :REALISATION ET RESULTATS	63
<u>1 Présentation</u>	63
<u>2 Organisation matérielle</u>	65
2-1 Architecture	65
2-2 Capteurs	70
2-21 Intensité	70
2-22 Tension continue	71
2-23 Vitesse et position	73
2-3 Mise en oeuvre	74
<u>3 Organisation logicielle</u>	75
3-1 Principes	75
3-2 Mise en oeuvre	82
<u>4 Caractéristiques du système</u>	87
CONCLUSION GENERALE	91
ANNEXES	
1 - Formes d'ondes	A1
2 - Modulation de largeur d'impulsions	A18
3 - Programme de simulation	A24
4 - Programme de l'application	A35
5 - Dossier C.A.O	A46
6 - Programme d'autotest	A55
7 - Description du dispositif	A65
BIBLIOGRAPHIE	B1



## INTRODUCTION

L'évolution des technologies oblige les industriels à remettre constamment en cause les techniques qu'ils emploient. Les ascenseuristes ne font pas exception à cette règle. Si la manoeuvre d'ascenseur a subi il y a quelques années sa métamorphose avec l'avènement des microprocesseurs il n'en est pas de même pour le dispositif d'entraînement qui attend encore sa grande mutation./5/

Ce travail, qui décrit la mise en oeuvre d'une nouvelle structure de conversion pour l'alimentation de l'actionneur, tente de poser quelques jalons pour profiter des progrès technologiques accomplis par les composants de puissance.

La gestion d'un ascenseur par un ou plusieurs microprocesseurs présente en effet de nombreux avantages dont nous citons ici les plus appréciés.

- La miniaturisation des équipements grâce à la disparition des armoires à relais encombrantes remplacées par quelques cartes, dont les composants font appel à ces technologies éprouvées et efficaces.

- L'optimisation du trafic, rendue possible par le traitement des paramètres mécaniques de la cabine (vitesse, position) pour choisir une stratégie préférentielle de prise en compte des ordres palier et cabine.

- L'accroissement de la sécurité par exemple en cas d'incendie où la priorité est donnée aux pompiers et où les niveaux en feu ne sont plus desservis pour des raisons évidentes.

- L'assistance au dépannage et à la maintenance car le microprocesseur est en outre capable de renseigner le Personnel d'entretien sur les différentes défauts survenus depuis la dernière maintenance ou précédant l'incident ayant provoqué la mise hors service de l'équipement.

- La versatilité des installations, qui peuvent être personnalisées dans chaque cas particulier par le monteur selon le contexte d'utilisation de l'ascenseur (bureau, hôpital, habitations, etc...).

Toutefois une manoeuvre, aussi sophistiquée soit elle, réclame toujours des parties opératives souples et fiables pour le système d'entraînement de l'ascenseur. C'est la raison pour laquelle nous proposons l'étude de l'insertion dans un entraînement de 17 KW à moteur asynchrone d'un convertisseur de fréquence indirect comportant un redresseur non contrôlé, un hacheur et un onduleur à transistors.

Ce nouveau dispositif devra respecter les normes en vigueur à ce jour, mais aussi celles qui apparaîtront dans les années à venir et qui porteront notamment sur la pollution du réseau EDF (courant de démarrage et harmoniques gênants).

La résolution, que nous proposons, de ce problème de conception comporte les trois étapes d'analyse du problème, d'exploitation de l'analyse et enfin de concrétisation. Elle est développée en faisant appel le plus souvent possible aux outils informatiques mis à notre disposition.

L'analyse du problème, basée sur la méthode D.E.S.I.G.N. /6 / fait apparaître toutes les parties opératives de la commande composant la chaîne de conversion. Elle nous conduit à proposer un modèle mathématique pour chacune des parties opératives de cette chaîne.

Nous exploitons ensuite ces modèles afin de concevoir puis d'optimiser les blocs de contrôle rapprochés et éloignés en vue d'une meilleure exploitation des possibilités du convertisseur. Une étape préalable d'identification est nécessaire pour introduire dans ces modèles les paramètres physiques du banc d'essais. La simulation numérique du comportement du convertisseur complet donne accès à l'ensemble de toutes les grandeurs électromécaniques (courants, tensions, couple, vitesse) lors des essais successifs de différents algorithmes de contrôle.

Ces simulations vont permettre également de déterminer la conduite à tenir lorsqu'un transistor de l'onduleur n'est plus commandé. L'absence de commande est détectée et une procédure de minimisation de la surcharge des autres composants de puissance est proposée. Le modèle numérique sert enfin à mettre au point les algorithmes de contrôle pour les différentes boucles de régulation (courant, tension, vitesse, position) du contrôle éloigné.

L'étape de concrétisation reprend chacun des points vus précédemment et développe les moyens de réaliser les commandes choisies. La réalisation des cartes de commande est faite à l'aide d'un outil de C.A.O. tandis que le programme implanté sur le microprocesseur est mis au point sur un système de développement en langage évolué (Pascal). Le logiciel assure en outre la communication entre les cartes de commande et le manipulateur par l'intermédiaire d'un terminal, ceci pour rendre possible la mise au point, sur le site, de l'équipement. Il convient en effet de simuler les ordres de la manoeuvre sur le banc d'essais, d'assurer les réglages sur chaque site d'installation du produit industrialisé, de réaliser à la demande un enregistrement de l'évolution temporelle de certaines variables et enfin d'ajuster sur place les paramètres des régulations.

L'analyse du problème est traitée dans les deux premiers chapitres de notre travail, le chapitre 3 porte plus particulièrement sur l'exploitation des modèles de simulation, tandis que le chapitre 4 décrit la réalisation pratique de la maquette correspondant aux choix technologiques effectués.

## CHAPITRE 1

### BLOCS DE CONVERSION STATIQUES

Avant de détailler précisément le fonctionnement et le contrôle des blocs de conversion statiques nous présentons le convertisseur dans son intégralité.

Le convertisseur, décrit ici, réalise l'interface entre une source continue issue d'un redresseur non contrôlé, alimenté par le secteur EDF, et un moteur asynchrone d'entraînement d'ascenseur. Ce moteur, soumis à des conditions de fonctionnement assez rudes, est fabriqué pour supporter 240 démarrages à l'heure et ceux-ci à vide nécessitent un courant de 200 A qui n'atteint sa valeur stable qu'après une seconde. Le convertisseur a donc pour principal objectif de réduire ce courant d'appel afin de minimiser les nuisances provoquées dans cet intervalle de temps transitoire assez fréquent.



Cette présentation basée sur la méthode D.E.S.I.G.N.\* introduit un découpage entre les différents sous-systèmes formant l'ensemble que nous décrivons. Chaque fois que nous le pourrons, nous utiliserons les appellations et les notations utilisées dans cette représentation. La "réentrance" de la méthode de description permet d'analyser des systèmes complexes en établissant une hiérarchie entre les blocs, de plus si l'un des blocs fonctionnels doit changer de nature il est facile de retrouver les modules affectés car les interconnexions entre blocs sont parfaitement définies.

## 1 - DECOMPOSITION FONCTIONNELLE

Le système de conversion indirect est composé d'un hacheur, d'un onduleur et d'un dispositif de freinage (fig. 1.1. et 1.2) le premier (P'C1) ajuste la tension, le second (PC1) crée un système triphasé de tensions et le troisième (P''C1) absorbe l'énergie restituée par le moteur lors du freinage.

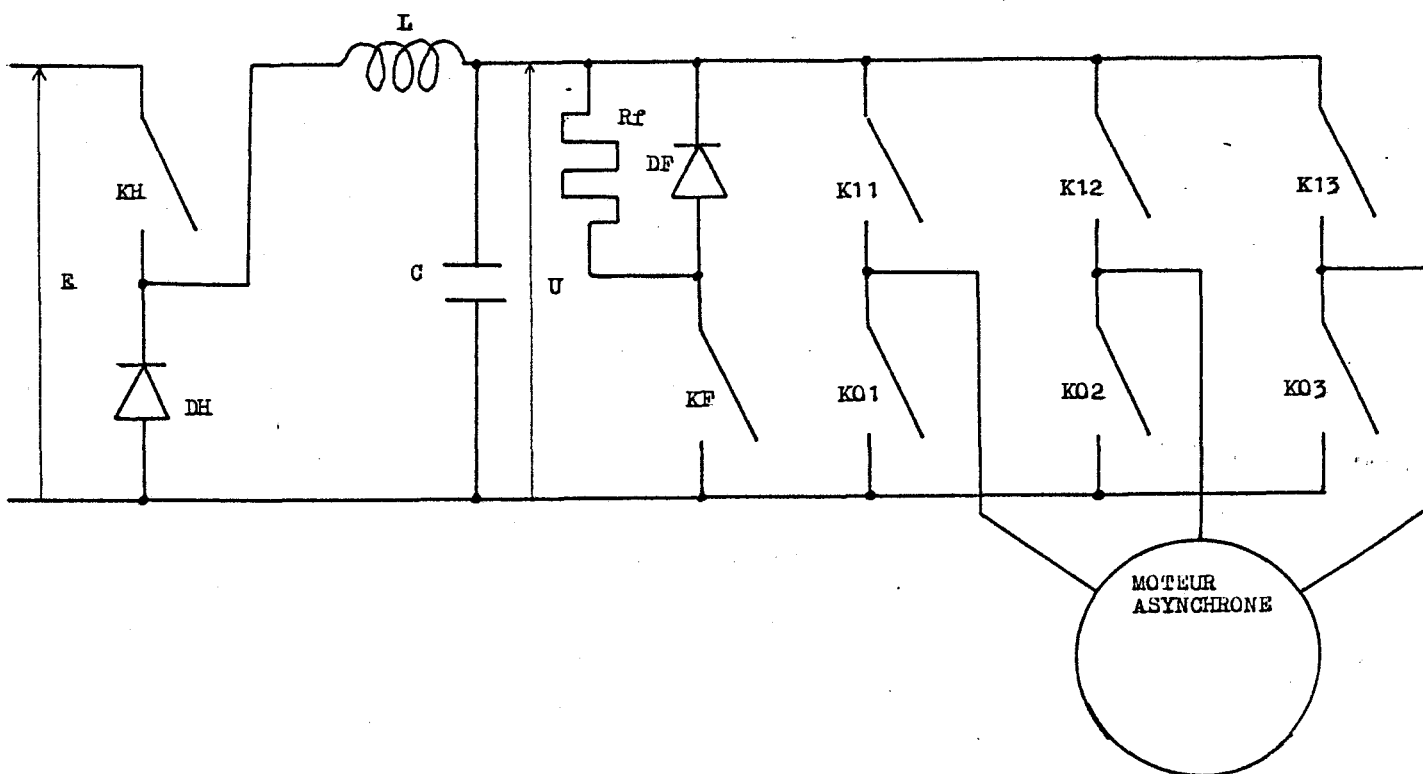


Figure 1.1. Montage de puissance

\* Description Et Simulation de Systèmes d'Interrupteurs par Graphes Normalisés

L'architecture fonctionnelle, représentée sur la figure 1.2, comprend tout le dispositif. L'axe de puissance, qui supporte les parties opératives élémentaires (PO1, P'O1, P''O1), se divise en deux car le hacheur est irréversible. Les parties de commande sont, elles, portées par les trois axes de contrôle, un par convertisseur.

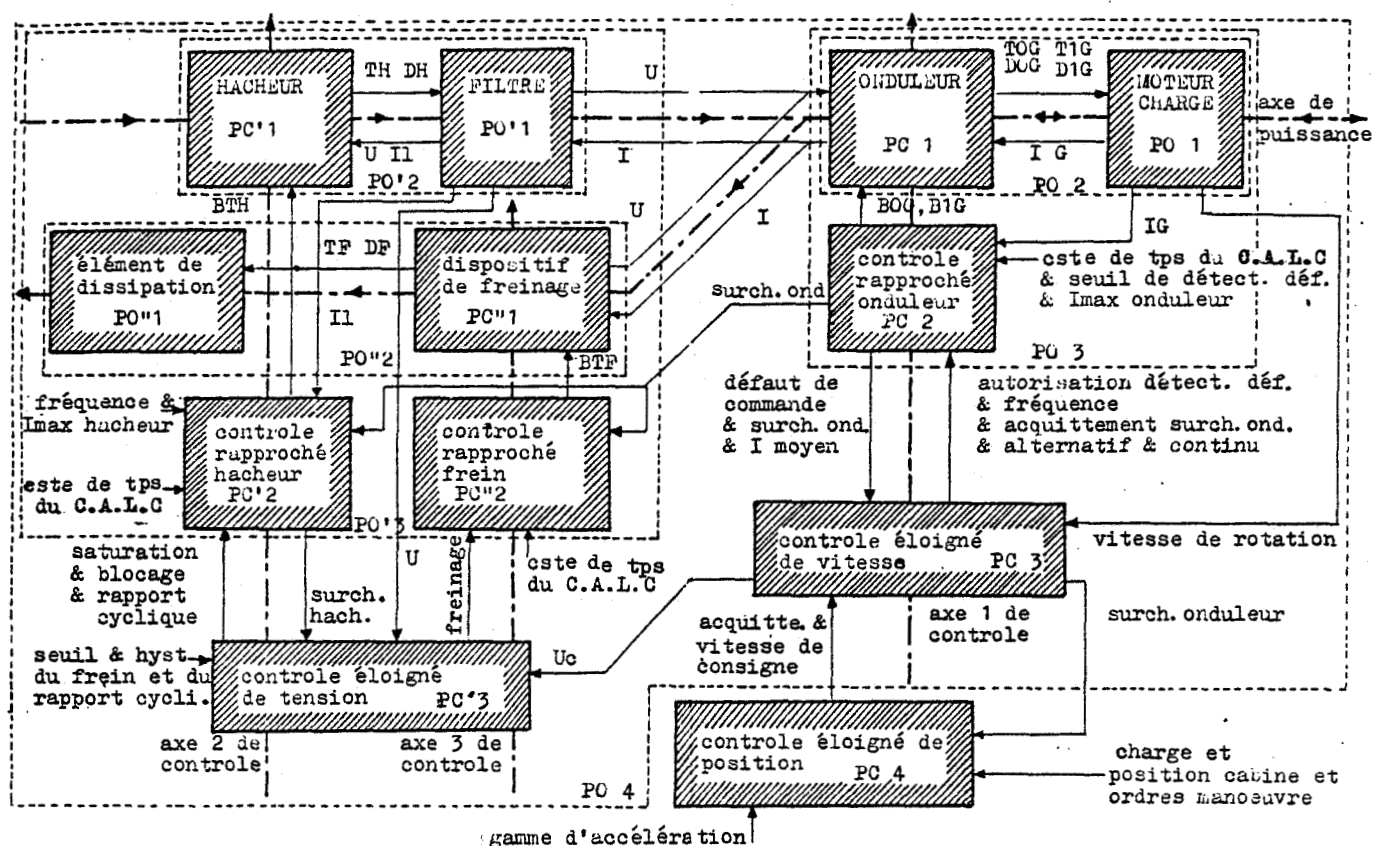


Figure 1.2. Architecture fonctionnelle

L'asservissement de position (PC4) élabore la vitesse de consigne à donner au moteur en fonction de la position de la cabine, des ordres de la manoeuvre d'ascenseur et de l'accélération choisie. Cette dernière s'obtient à partir de la mesure de la charge en cabine et de la gamme d'accélération autorisées.

Le bloc PC3 assure d'une part la régulation de vitesse, en prenant en compte une image des courants délivrés par l'onduleur, et d'autre part la cohérence entre les consignes de fréquence et de tension respectivement transmises au contrôle rapproché de l'onduleur (PC2) et à la régulation de tension (P'C3).



Les contraintes technologiques des parties opératives interviennent dans les blocs de contrôle rapprochés (PC2, P'C2, P''C2). Si un défaut apparaît dans le fonctionnement du convertisseur le bloc de contrôle rapproché doit appliquer immédiatement la procédure prévue à cet effet puis doit en avertir le contrôle éloigné concerné.

La décomposition fonctionnelle réalisée ici s'accompagne d'une classification des variables selon leur nature (variables indépendantes ou variables d'état) pour chacun des blocs envisagés (tableau 1.1). Ce tableau résume les relations d'inclusion entre les blocs.

				VARIABLES INDEPENDANTES	VARIABLES D' ETAT
PO 4	PO 3	PO 2	PO 1		vitesse de rotation et courants
			PC 1		états binaires des 6 transistors et 6 diodes de l'onduleur
		PC 2		temps de récupération du C.A.L.C intensité maximum onduleur seuil de détection des défauts	surcharge onduleur, courant moyen, bases des 6 transistors BOG et B1G, défaut de commande
		PC 3		consigne de courant I <sub>c</sub>	tension de consigne U <sub>c</sub> , fréquence, acquittement, alternatif, continu, sens de rotation, autorisation de détection des défauts et surch.ond.
	PO'3	PO' 2	PO' 1		tension U et courant inductance I <sub>l</sub>
			PC' 1		états binaires de TH et DH
		PC' 2		fréquence et Intensité maximum du hacheur, temps de récupération du C.A.L.C	
		PO' 2	PO' 1		
			PC' 1		états binaires de TF et DF
		PC' 2		temps de récupération du C.A.L.C	commande de base de TF
	PC' 3			seuil et hystérésis du frein seuil et hystérésis du hacheur	saturation, blocage, rapport cyclique, freinage
	PC 4			ordres manoeuvre, charge et position cabine, gamme d'accélération.	vitesse de consigne positive ou négative et acquittement surcharge

Tableau 1.1. Classification

Chaque graphe de commande possède sa propre variable de temps, le tableau 1.2 précise les notations utilisées, et les intervalles d'évolution de ces temps.

Partie commande	PC 2	PC 3	PC'2	PC''2	PC'3
temps local	to	tr	th	tf	tt
intervalle	0, To	0, Tr	0, Th	0, Tf	0, Tt

Tableau 1.2. Variables de temps

## 2 - L'ONDULEUR (PO3)

### 2.1. PRINCIPE ET MONTAGE

L'onduleur convertit la tension continue délivrée par le hacheur en un système de tensions triphasé. Il se compose de trois bras identiques un par phase, chacun d'entre eux est constitué de deux interrupteurs bidirectionnels réalisés avec un transistor, une diode montée en inverse et un circuit de protection.

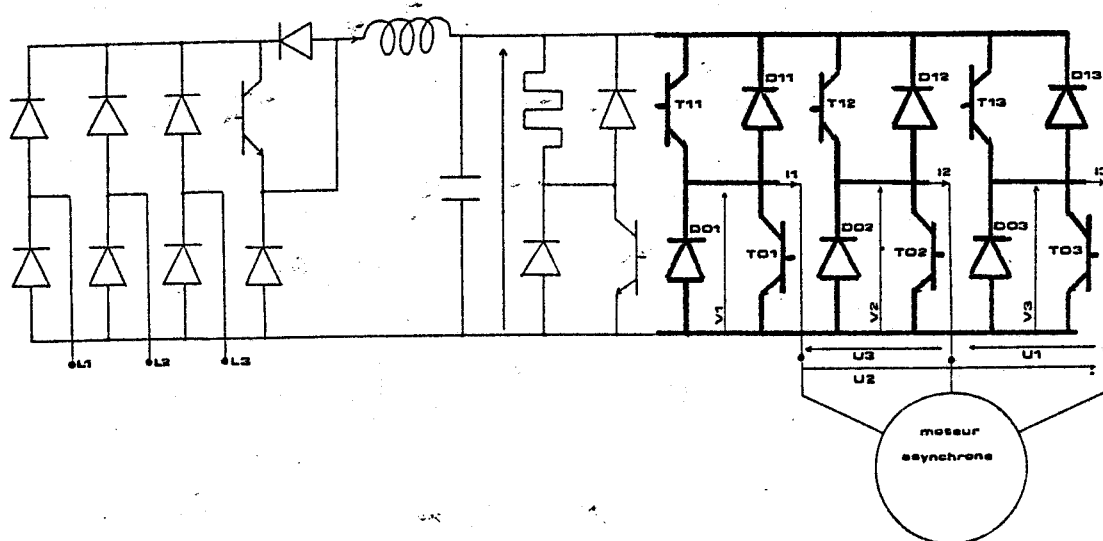


Figure 1.3. Montage

Nous modélisons les blocs PC1 et PC2 à l'aide de trois graphes respectivement de fonctionnement et de commande, un par bras d'onduleur, ces graphes évoluent simultanément. L'indice G désigne le numéro du bras, les opérations sur cet indice se font modulo 3.



## 2.2. GRAPHE DE COMMANDE (PC2)

Le graphe de commande fait appel à la fonction de commande  $C(\theta)$  définie entre 0 et  $2\pi$  qui est le motif unique de commande pour tous les transistors de l'onduleur au déphasage près.

Le système de tensions en sortie d'onduleur est triphasé, en effectuant les déphasages appropriés, de ce motif de commande que nous avons choisi avec  $C(\theta)$  égale à 1 entre 0 et  $2\pi/3$  et nulle entre  $\pi$  et  $2\pi$ .

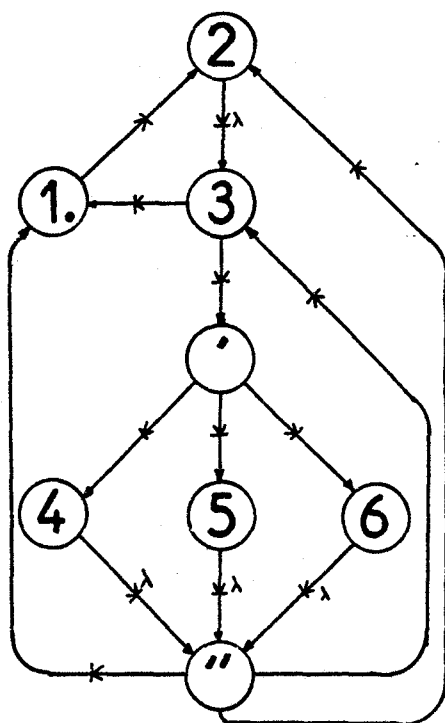
Il existe un grand nombre d'autres stratégies pour la commande de l'onduleur nous citerons ici la commande de type complémentaire /10/, pour laquelle nous avons toujours, pour un bras G, un des deux interrupteurs commandés. Cette méthode permet d'éviter la déconnexion du bras, en commandant sans cesse le transistor monté en parallèle inverse avec la diode conductrice. Le courant peut ainsi s'annuler puis changer de signe sans affecter la forme d'onde en tension désirée. Ce dernier point, très important, permet d'envisager un ensemble de motifs indépendants du maintien en conduction de la diode.

Les termes M.L.I. ou P.W.M.\* regroupent un ensemble de stratégies qui assurent simultanément la variation de tension et de fréquence. Les lois de commande peuvent être élaborées "in situ" : modulation engendrée, ou lue dans une table : modulation calculée, méthode plus coûteuse et plus encombrante mais beaucoup plus fiable. Mathys propose une classification des différents types de commande selon la nature et la forme d'onde de la porteuse ou de la modulante ou enfin selon la méthode employée pour les comparer /15/. En annexe 2 nous présentons les résultats d'un calcul de modulation, les tables ainsi obtenues produisent, lors d'essais sur un moteur asynchrone alimenté par un onduleur constitué de T.E.C.\*\* , des formes d'onde en courant très satisfaisantes.

Le graphe de commande d'un bras de l'onduleur (fig. 1.4) est un réseau de Pétri de sept étapes. Le tableau donne pour chacune d'entre elles les actions et les réceptivités.

\* : Modulation de Largeur d'Impulsion ou Pulse Width Modulation

\*\* : Transistors à effet de champs ou Field Effect Transistor.



```

#####
# PC 2 ACTIONS
#####
#
# A1:surcharge onduleur & B1(G) = B0(G) = 0
#
# A2:to = 0 & choix forme d'onde & K = 0
#
# A3:to = increment temps ,K = K +1
#
# A4:B1(G)=1 & B0(G)=0
#
# A5:B1(G)=0 & B0(G)=0
#
# A6:B1(G)=0 & B0(G)=1
#
#####
# PC 2 TRANSITIONS
#####
#
# T12:acquittement & detection surcharge
#
# T31:detection surcharge & (to - (K-1)*definition * To / 2 PI
#           - constante de temps du C.A.L.C ) ≠ 0
#
# T3':to - K*definition * To / 2 PI ≠ 0 (K naturel)
#
# T'4:C(to * 2.PI.Fo + phase(G)) & [default(G) ET detection default]
#
# T'5: C(to * 2.PI.Fo + phase(G)) & C(to * 2.PI.Fo + phase(G)+PI)
#
# T'6:C(to * 2.PI.Fo + phase(G)+ PI) &[default(G) & detection default]
#
# T'1:detection surcharge & (to - K *definition * To / 2 PI
#           - constante de temps du C.A.L.C ) ≠ 0
#
# T'2: to - To ≠ 0
#
# T'3: to - To < 0
#
#####

```

Figure 1.4. Graphe de commande d'un bras d'onduleur

La fonction phase prend pour G égal à 1, 2 ou 3 respectivement les valeurs 0,  $2\pi/3$  et  $4\pi/3$ .

L'étape initiale (1) est aussi l'étape où se placera le pointeur si l'intensité qui circule dans les bras de l'onduleur est supérieure au courant maximum admissible par les transistors. Pour quitter cette étape il faut simultanément que le courant soit redevenu normal et qu'une demande d'acquittement provienne du bloc de contrôle (PC4).

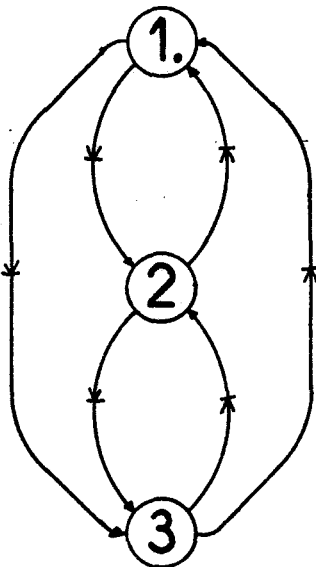
Le temps local de ce graphe est ensuite initialisé à zéro. Ceci se renouvelle à chaque période de l'onduleur puis en fonction de la fréquence nous faisons le choix de la forme d'onde. L'étape 3 voit évoluer le temps, nous la quittons pour scruter la table des commandes. Nous consultons celle-ci, construite avec une définition angulaire constante, chaque fois que le quantum angulaire est atteint. La commande des transistors lue dans la table ne sera effective que si aucun défaut n'est détecté alors qu'il y a eu demande de recherche de défaut.

Nous avons laissé la possibilité au bloc de contrôle éloigné d'autoriser ou non cette détection de défaut car certaines périodes transitoires comme le début d'une phase de démarrage ou de freinage provoquerait systématiquement l'apparition d'un défaut compte tenu de la sensibilité du dispositif de détection.

Les réceptivités  $T_{11}$  et  $T_{31}$  ne sont validées en cas de surcharge que si le temps écoulé depuis le dernier changement de commande est supérieur à la constante de temps du circuit d'aide à la commutation. Avant ce délai le changement de commande risque de détériorer le transistor que l'on cherchait à protéger.

### 2.3. GRAPHE DE FONCTIONNEMENT (PC1)

Le graphe de fonctionnement est un réseau de Pétri de trois étapes (fig. 1.5). L'étape 1 pendant laquelle aucun élément ne conduit puis les étapes 2 et 3 pour lesquelles respectivement l'interrupteur  $K1G$  ou  $K0G$  conduit.



```
#####
# PC 1 ACTIONS #####
#
# A1:V (G) = indeterminee
#
# A2:V (G) = U ( K1(G) conducteur )
#
# A3:V (G) = 0 ( K0(G) conducteur )
#
#####
# PC 1 TRANSITIONS #####
#
# T12: un courant nul ET [ (B1(G)=1)
# OU (Pf(G+1)=2 ET U(G+2)>0)
# OU (Pf(G+1)=3 ET U(G+2)>U) ]
# OU 3 courants nuls
# ET [ (B1(G)=1 ET [ ( B0(G+1)=1
# OU B0(G+2)=1
# OU U(G+2) = -2 Vd
# OU U(G+1) = 2 Vd ] )
# OU (U-U(G+2)=2 Vd)
# OU (B1(G+2)=1 ET U(G+2) = -2 Vd)
# OU (B1(G+1)=1 ET U(G+2) = 2 Vd)
# OU (U+U(G+1)=2 Vd) ]
#
# T13: un courant nul ET [ (B0(G)=1)
# OU (Pf(G+1)=3 ET U(G+2)<0)
# OU (Pf(G+1)=2 ET U(G+2)<-U) ]
# OU 3 courants nuls
# ET [ (B0(G)=1 ET [ ( B1(G+1)=1
# OU B1(G+2)=1
# OU U(G+2) = -2 Vd
# OU U(G+1) = 2 Vd ] )
# OU (U+U(G+2)=2 Vd)
# OU (B0(G+2)=1 ET U(G+2) = 2 Vd)
# OU (B0(G+1)=1 ET U(G+2) = -2 Vd)
# OU (U-U(G+1)=2 Vd) ]
#
# T21: (I(G) < 0 ) OU (I(G) > 0 ET B1(G) = 0 )
#
# T23: (B0(G) = 1 ) OU (I(G) > 0 ET B1(G) = 0 )
#
# T31: (I(G) > 0 ) OU (I(G) < 0 ET B0(G) = 0 )
#
# T23: (B1(G) = 1 ) OU (I(G) < 0 ET B0(G) = 0 )
#
#####
```

Figure 1.5. Graphe de fonctionnement d'un bras d'onduleur

Le potentiel  $V(G)$  est celui de la phase G le commun étant pris sur la borne négative de l'alimentation. Si l'un des interrupteurs  $K1(G)$  ou  $K0(G)$  est conducteur ce potentiel est imposé par la source sinon il est fixé par le moteur.

Les réceptivités permettant de sortir de l'étape 1 sont complexes nous détaillons ici l'élaboration de  $T12$  lorsque tous les courants sont nuls. Quatre cas (fig. 1.6) peuvent se présenter pour le rétablissement du courant ( $V_d$  est la plus grande tension  $V_{ak}$  des diodes bloquées) :

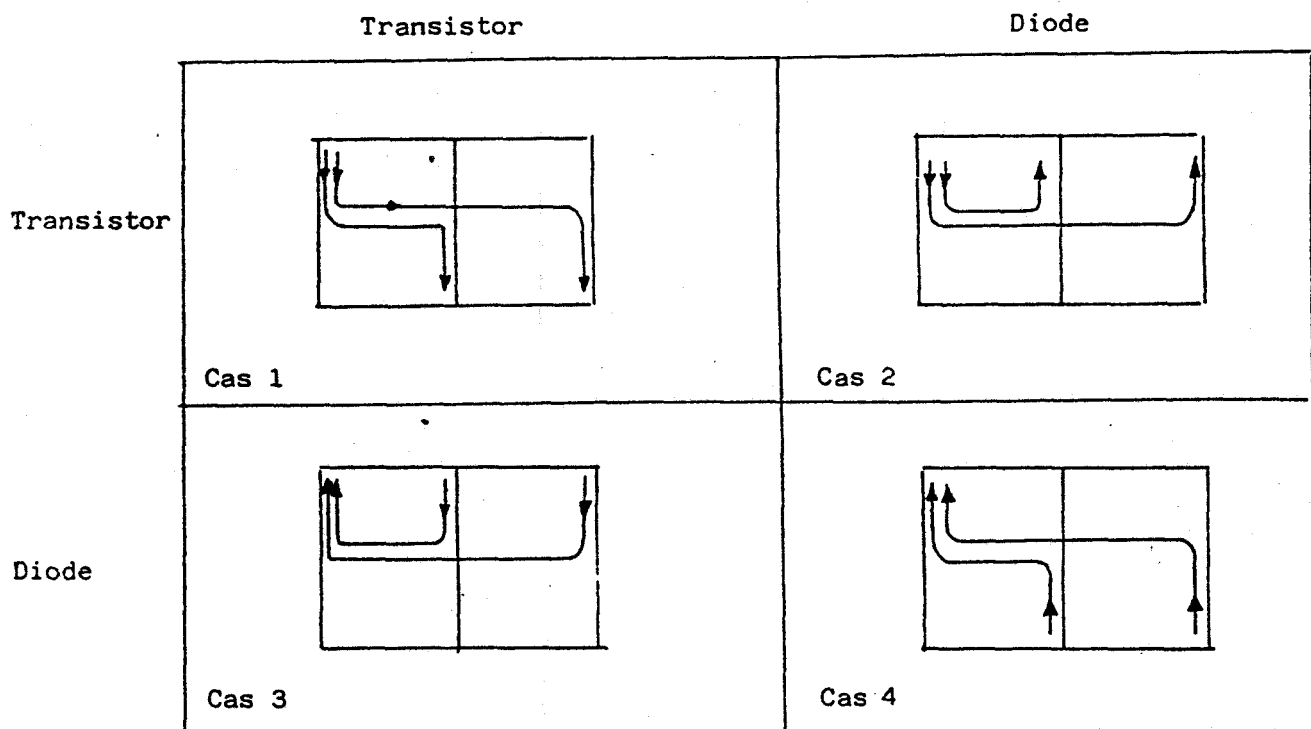


Figure 1.6. Calcul de  $T12$

Cas 1 : par deux transistors si

$$(B1(G) = 1 \text{ et } [B0(G+1) = 1 \text{ ou } B0(G+2) = 1])$$

Cas 2 : par un transistor du bras et une diode d'un bras adjacent si

$$(B1(G) = 1 \text{ et } [U(G+2) = -2V_d \text{ ou } U(G+1) = 2V_d])$$

Cas 3 : par une diode du bras et un transistor d'un bras adjacent si

$$(B1(G+2) = 1 \text{ et } U(G+2) = -2V_d) \text{ ou } (B1(G+1) = 1 \text{ et } U(G+2) = 2V_d)$$



Cas 4 : par deux diodes si

$$(U-U(G+2) = 2V_d) \text{ ou } (U+U(G+1) = 2V_d)$$

Lorsqu'un seul courant est nul les réceptivités prennent en compte les valeurs des pointeurs des graphes de fonctionnement voisins :  $P_f(G)$ . La condition T21 traduit l'extinction naturelle de  $K1(G)$  tandis que T23 permet d'assurer la continuité du courant par la diode de  $K0(G)$  lorsque l'on cesse de commander  $K1(G)$ .

#### 2.4. DEFAUT DE COMMANDE

La symétrie permettant de décrire la commande individuellement pour chaque bras est rompue lorsqu'un défaut de commande apparaît. Afin de connaître quel est l'état de la commande sur tout le convertisseur nous introduisons le graphe de situations de la commande (fig. 1.7).

A l'intérieur des cercles de ce graphe nous retrouvons les appellations des transistors commandés. Les séquences à un, deux puis trois transistors commandés simultanément sont rangées sur trois cercles concentriques.

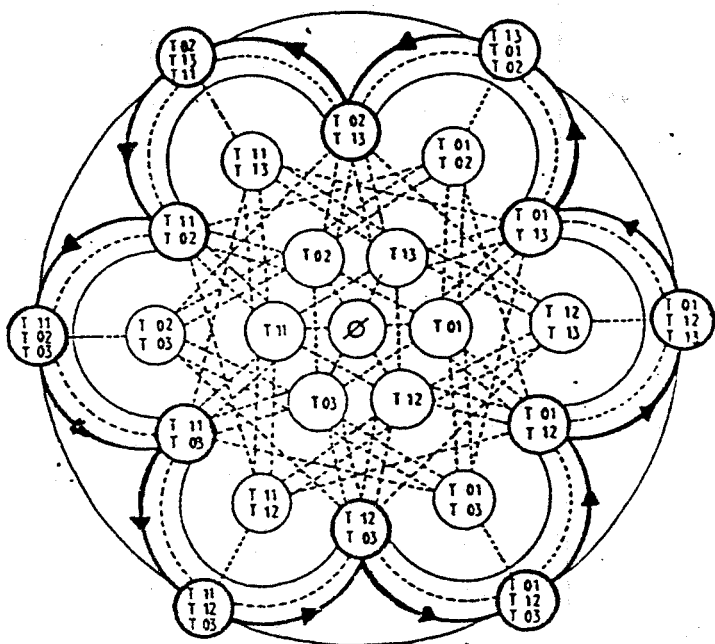
Le graphe des situations de la commande permet de décrire aisément la perturbation du cycle de commande lorsqu'un transistor cesse d'être actionné. La figure 1.7a représente (traits forts) la succession des commandes pour un motif composé d'un seul créneau de 0 à un angle compris strictement entre  $2\pi/3$  et  $\pi$ . La valeur de cet angle définira le temps passé dans chacune des étapes. Pour un angle inférieur à  $5\pi/6$ , commande dite à 150 degrés, le pointeur restera plus longtemps dans les étapes du cercle intérieur, tandis que si cet angle est supérieur à  $5\pi/6$  le temps passé dans les étapes du cercle extérieur sera plus important. La déformation du cycle lorsque les bases des transistors T11 ou T01 ne sont plus commandées est représentée sur les figures 1.7b et 1.7c.

Une simulation numérique de l'ensemble onduleur et moteur asynchrone basée sur les graphes de commande et de fonctionnement permet de connaître la détérioration des grandeurs électriques ; courants et tensions ainsi que les grandeurs mécaniques ; couple et vitesse / 8 /.

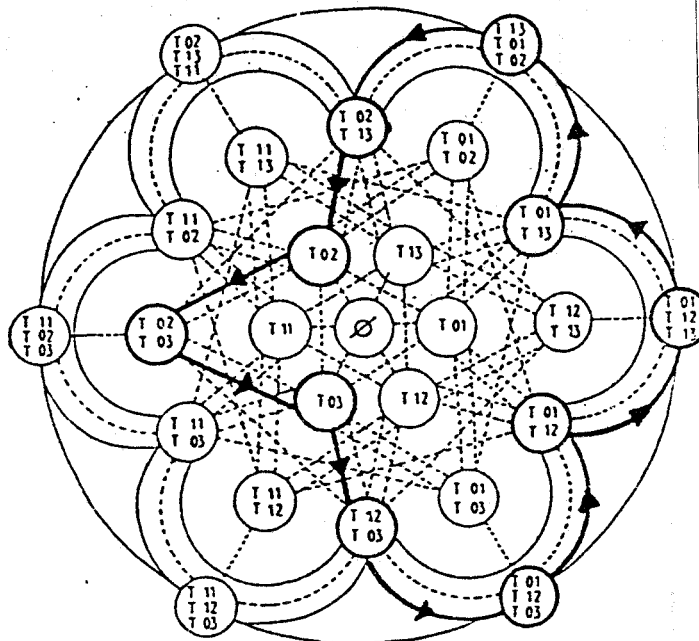


Figure 1.7.

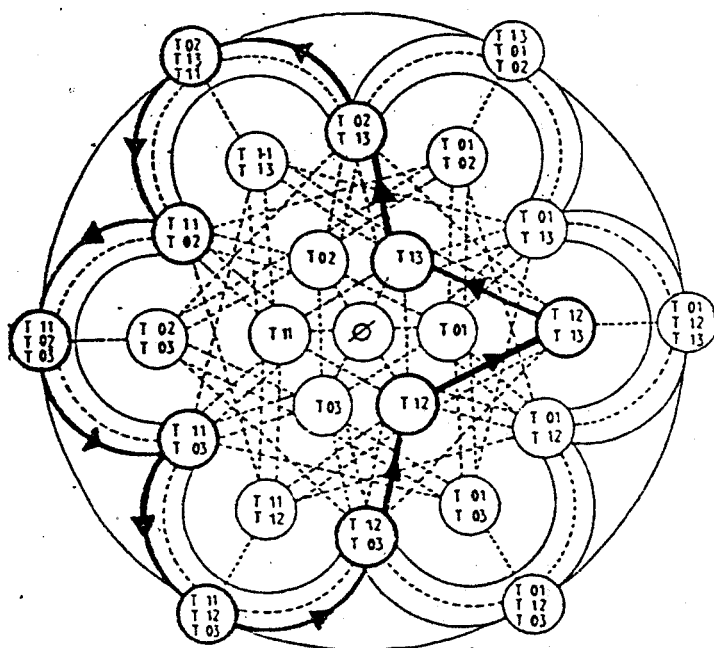
GRAPHES DES SITUATIONS DE  
LA COMMANDE



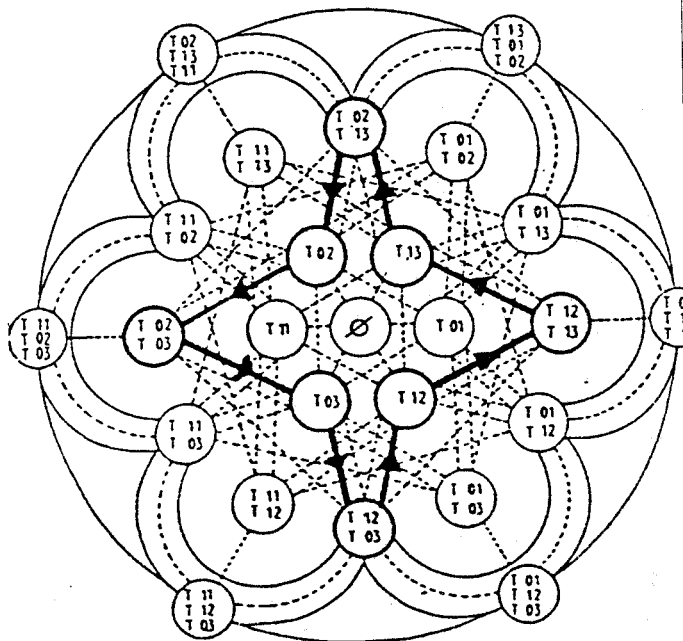
1.7.a Commande normale



1.7.b Défaut sur B11



1.7.c Défaut sur B01



1.7.d Inhibition du bras

L'absence de commande sur un transistor du bras G provoque d'une part la disparition d'une alternance du courant  $I_g$  et d'autre part l'établissement d'une composante continue dans les courants des autres bras (fig. 1.8).

Le couple moteur, en fonctionnement normal, oscille à une fréquence six fois supérieure à celle de l'onduleur car les harmoniques 5 et 7 sont très importants dans ce type de commande. L'harmonique 5 tournant à une vitesse  $5\omega$  dans le sens inverse et l'harmonique 7 tournant à une vitesse  $7\omega$  dans le sens direct sont perçus par le rotor du moteur dont la vitesse de rotation est  $\omega$  à une fréquence identique égale à  $6\omega$ . Elles se conjuguent pour créer cette ondulation d'ordre 6 sur le couple.

Lorsque le défaut apparaît, le courant continu circulant dans le stator du moteur est à l'origine de l'ondulation de fréquence  $\omega$  du couple, pour réduire l'amplitude de cette ondulation nous proposons de cesser de commander le second transistor du bras défaillant.

Cette stratégie supprime la composante continue des courants, et réduit donc la surcharge des composants de puissance, mais provoque une oscillation de fréquence  $2\omega$  du couple due à la puissance fluctuante inhérente à l'alimentation monophasée du moteur. Les variations de vitesse étant notablement réduites nous adopterons cette stratégie.

Afin de minimiser le temps de surcharge des transistors nous avons conçu un dispositif permettant de détecter l'absence d'une alternance sur les courants de sortie de l'onduleur, il devra en cas de défaut inhiber les commandes de base des transistors du bras défectueux.

Le nouveau séquençement des étapes de commande, présenté sur la figure 1.6d, retrouve une certaine symétrie. Il faut noter que cette méthode permet de terminer la course commencée mais en aucun cas un redémarrage. L'apparition de ce défaut est signalée au bloc de contrôle éloigné qui pourra adapter la forme d'onde à la nouvelle configuration de l'onduleur.

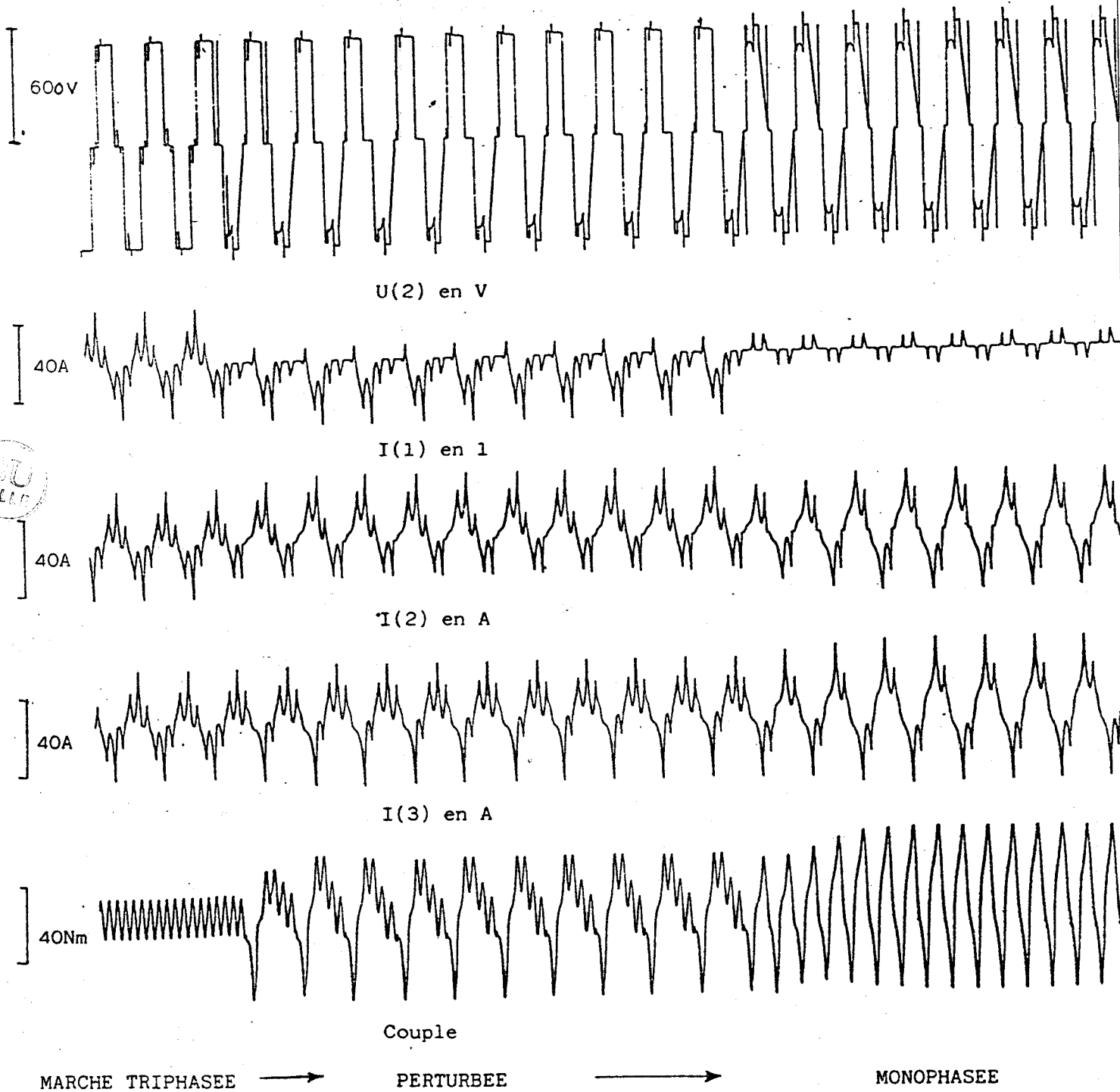


Figure 1.8. Perturbation des grandeurs électromécaniques



## 2.5. FORMES D'ONDES

Nous avons vu auparavant que toutes les commandes des transistors de l'onduleur sont issues d'un même motif de commande. Or ce motif comporte un certain degré de liberté dans l'intervalle  $]\frac{2\pi}{3}, \pi[$ , si nous plaçons dans cet intervalle des impulsions, elles apparaissent de part et d'autre du créneau central des tensions en sortie d'onduleur. Ces impulsions latérales modifient considérablement le contenu harmonique des tensions, elles permettent en augmentant leur nombre, de repousser aussi loin que l'on veut les premiers harmoniques gênants, toutefois en contre partie une fréquence critique et ses multiples apparaissent plus loin dans le spectre. Ces raies s'installent autour des fréquences multiples de  $4 N F_0$  où  $N$  et  $F_0$  désignent respectivement le nombre d'impulsions latérales et la fréquence de l'onduleur. /2/

Afin de ne pas augmenter la fréquence des commutations, qui est l'origine des pertes par échauffement des composants, le nombre d'impulsions est réduit au fur et à mesure que la fréquence de l'onduleur augmente. Les différentes tables sont donc calculées pour ne pas introduire de déphasage dans les tensions en sortie de l'onduleur lors du passage d'une table à la suivante.

La difficulté majeure posée par la mise en oeuvre de ce procédé est le calcul du motif générateur car le choix du critère de qualité d'une forme d'onde est empirique. Le calcul analytique des angles de commutation est rendu impossible par la présence d'équations transcendantes.

Les méthodes numériques proposées par Patel et Hoft n'assurent pas la convergence vers la solution, et le cas échéant n'amènent pas obligatoirement la solution optimale. Nous avons donc choisi une méthode inspirée par l'exploitation faite des résultats. Puisque les formes d'ondes seront définies dans une table selon un incrément d'angle il suffit de balayer toutes les possibilités qui sont donc dénombrables, et de choisir le meilleur motif. Cette méthode comme toutes les méthodes systématiques nécessite un temps de calcul considérable mais assure le résultat optimum avec la discrétisation choisie. /1/ /7/

Le choix de cette discrétisation est un compromis entre les améliorations apportées sur les formes d'ondes et l'ampleur des calculs qui en découle. Illustrons cette remarque à l'aide de quelques chiffres. Si nous désirons calculer une forme d'onde à quatre impulsions latérales pour les trois discrétisation 2, 1 puis 0.5 degrés les nombres d'itérations respectifs sont successivement multipliés par vingt (1001, 23751 et 455126).

Nous présentons dans l'annexe 1 la formulation du problème et les méthodes du gradient et d'exploration systématique.

### 3 - LE HACHEUR

#### 3.1. PRINCIPE ET MONTAGE

le hacheur du type série ou dévolteur a pour rôle d'ajuster la valeur de la tension continue alimentant l'onduleur. Il se compose d'un transistor  $T_H$  assisté d'un circuit d'aide à la commutation et d'une diode de roue libre  $D_H$ . Il intervient entre le montage redresseur non contrôlé et le filtre (fig. 1.9). Son rapport cyclique est déterminé par le bloc PC'3.

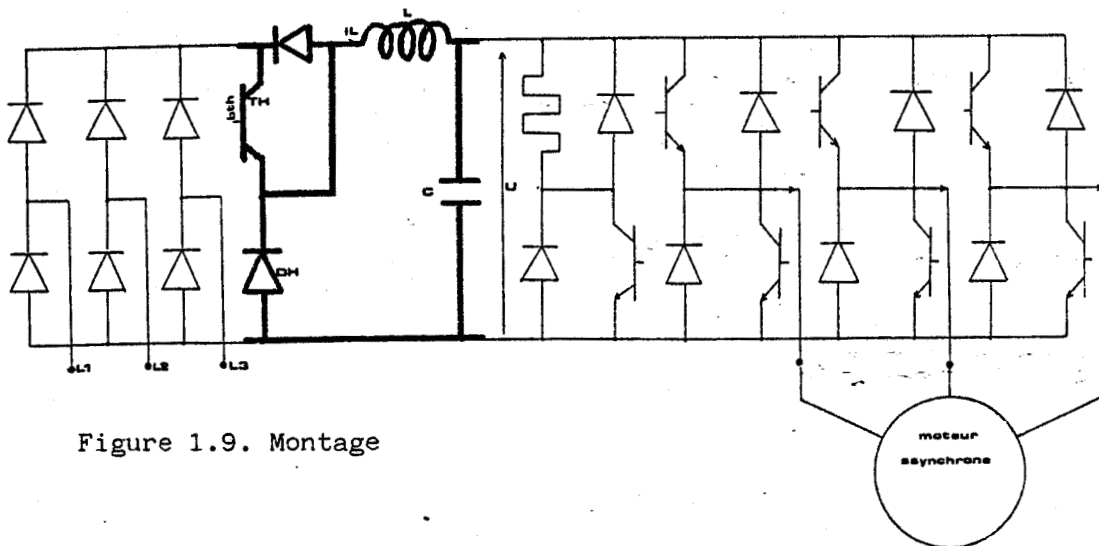


Figure 1.9. Montage

### 3.2. GRAPHE DE COMMANDE [PC'2]

Le graphe de commande est un réseau de Pétri à quatre étapes (fig. 1.10). Le tableau donne pour chacune d'entre elles les actions et les réceptivités.

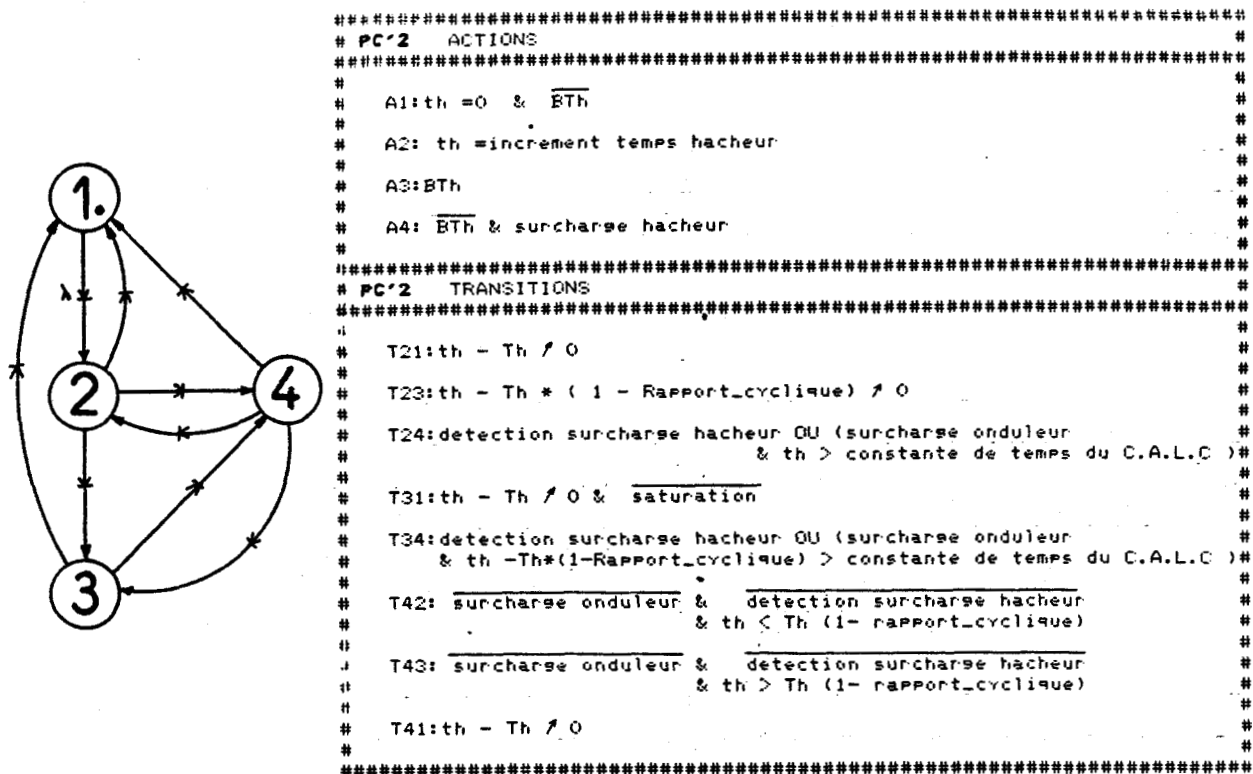


Figure 1.10. Graphe de commande du hacheur

Dans l'étape initiale (1) le temps et la commande de base du transistor BTH sont initialisés à zéro. Nous attendons ensuite dans l'étape 2 que le temps local th atteigne la valeur (1-Rapport cyclique)xTH. (tableau 1-2)

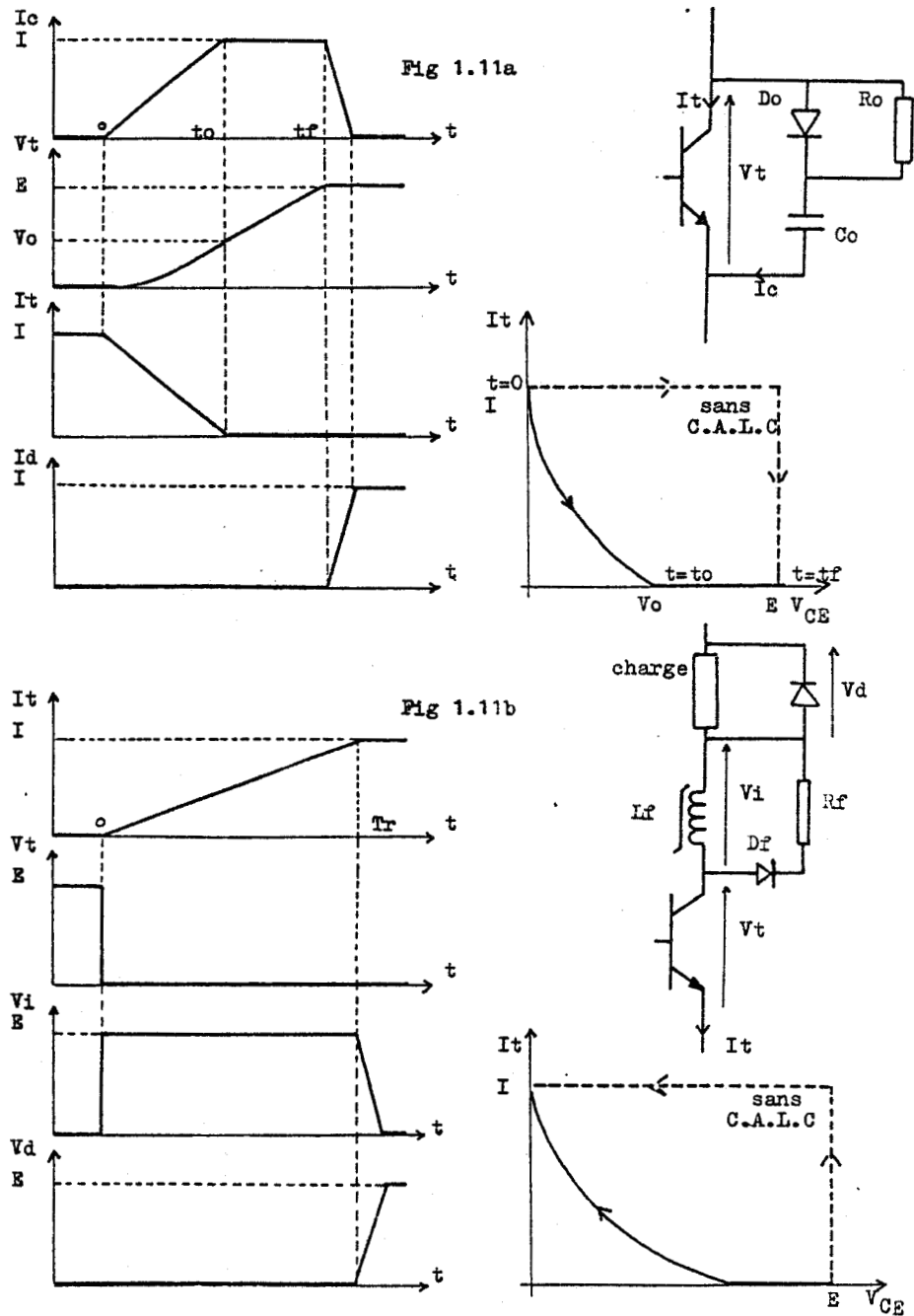
Puis dans l'étape 3 le transistor est commandé. Lorsque la période du hacheur Th est écoulée nous quittons cette étape.

Si le courant de sortie du hacheur devient supérieur au courant admissible par le transistor la réceptivité vers l'étape 4 est validée et le bloc de contrôle éloigné en est averti.

L'ordre de blocage total se traduit par un rapport cyclique supérieur à 1. Alors la réceptivité T23 n'est plus validée et le temps th est réinitialisé grâce à la réceptivité T21.

Dans le cas de la saturation où le transistor est constamment commandé le temps  $t_h$  n'est pas remis à zéro tant que le bloc de contrôle éloigné ne décide de reprendre une commande normale du hacheur.

Nous prenons soin de ne pas appliquer de commandes trop brèves aux transistors du convertisseur car ils sont munis de circuits d'aide à la commutation (C.A.L.C.). Ceux-ci augmentent le temps de commutation, mais améliorent nettement les conditions de travail du transistor en concentrant sur eux la puissance à dissiper (fig. 1.11). Le rôle essentiel du C.A.L.C. est de réduire le produit tension courant lors de la commutation./11/



A l'ouverture, l'inductance de la charge, maintient le courant dans le transistor. En l'absence de circuit d'aide la diode de roue libre dérive le courant que le transistor refuse et la tension Vce est maximum. On place donc un réseau de protection (Co,Do,Ro) pour dériver ce courant, le condensateur Co se charge progressivement, la tension Vce croit donc lentement puis lorsque cette charge est terminée la diode de roue libre entre en conduction. Le condensateur se décharge à l'amorçage suivant.

Dans le cas de la fermeture, il peut se produire des surintensités pour diverses raisons : capacités parasites de la charge, décharge du réseau de protection à l'ouverture etc... Nous plaçons donc un réseau d'aide à la fermeture composé d'une inductance saturable (Lf) limitant la variation de courant pendant le temps de commutation, d'une diode (Df) rapide et d'une résistance (Rf) pour dissiper l'énergie emmagasinée dans Lf lors du blocage du transistor ainsi le courant ne peut croître que si Vce diminue. Les valeurs de Rf, Co, Ro se calculent en fonction des caractéristiques du transistor /9 /.

### 3.3. GRAPHE DE FONCTIONNEMENT[PC'1]

Le graphe de fonctionnement est un réseau de Pétri de trois étapes (fig. 1.12) chacune d'entre elles représente un état différent des semiconducteurs du hacheur.

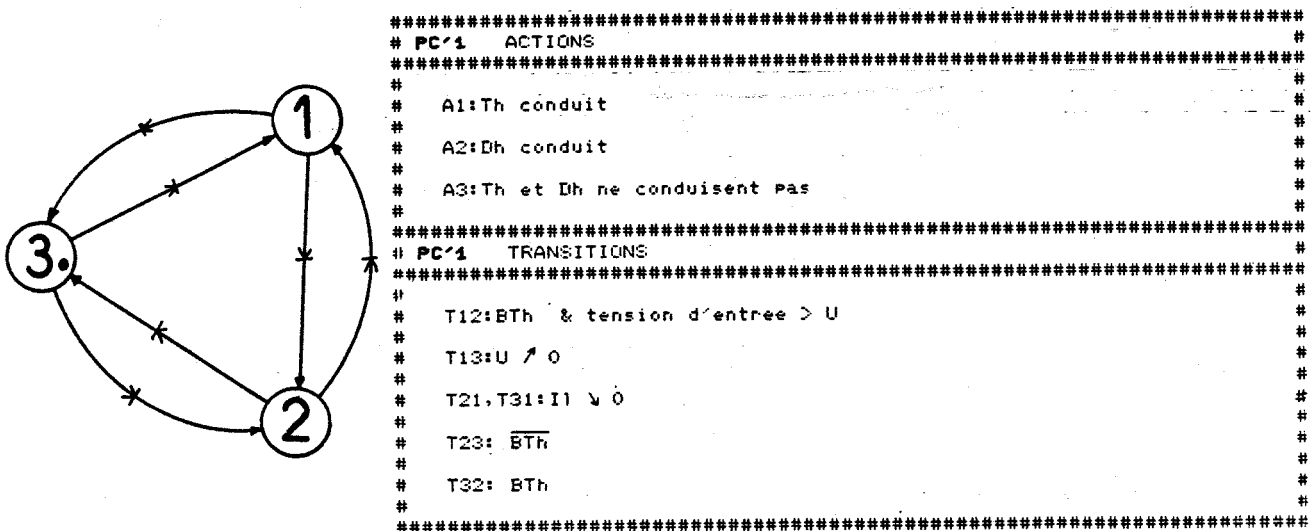


Fig 1.12. Graphe de fonctionnement

L'évolution du pointeur de ce graphe tient compte des variations du courant de l'inductance de lissage de la partie opérative PO'1 et de la tension continue en sortie du filtre.

#### 4 - LA STRUCTURE DE FREINAGE

##### 4.1. PRINCIPE ET MONTAGE

Puisque le hacheur est irréversible nous plaçons en aval de l'onduleur un dispositif capable de dissiper l'énergie, emmagasinée sous forme cinétique, et renvoyée par le moteur pendant la phase de freinage.

Ce dispositif est très simplement constitué d'un transistor TF et de son circuit de protection, d'une résistance RF de dissipation et d'une diode de roue libre DF.

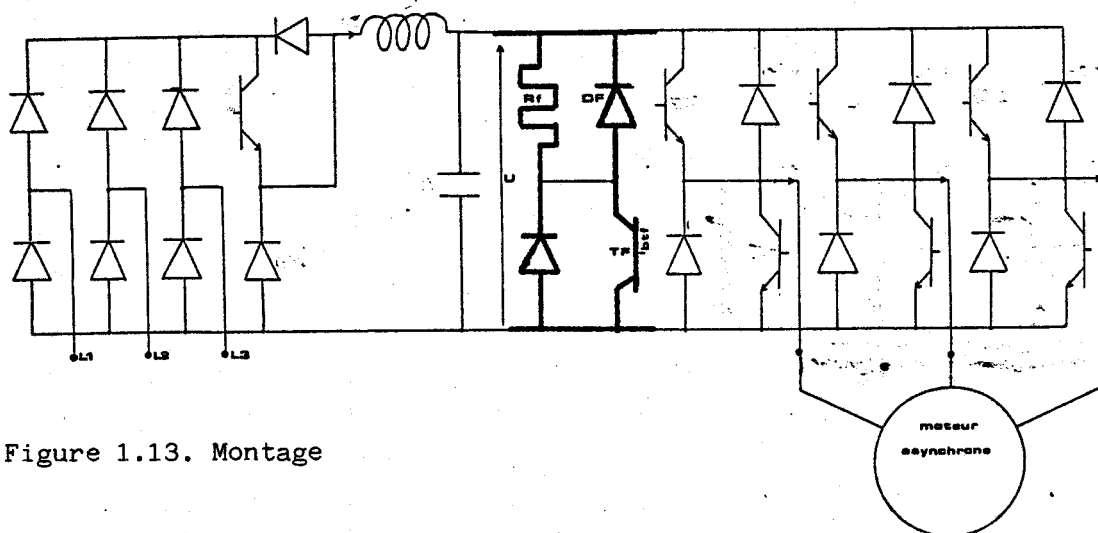


Figure 1.13. Montage

Nous pouvons, dans le cas du banc d'essais où toutes les pièces mobiles sont en rotation calculer l'énergie cinétique en appliquant la formule classique :

$$E_c = (J * \Omega^2) / 2 \text{ en Joules}$$

où J est l'inertie totale du banc d'essais en  $\text{kg.m}^2$

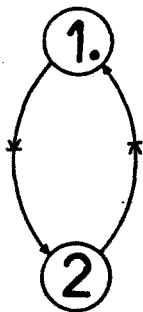
et  $\Omega$  la vitesse de rotation du moteur en  $\text{rd/sec}$ .

Le résultat obtenu de 13 KJ est considérable, ce qui signifie que si le freinage doit s'opérer en trois secondes la puissance dissipée par la résistance est de 4 KW.

La modélisation de ce dispositif est faite à partir de deux graphes : commande et fonctionnement.

#### 4.2. GRAPHE DE COMMANDE

Le graphe de commande est un réseau simple de Pétri de deux étapes (figure 1.14).



```

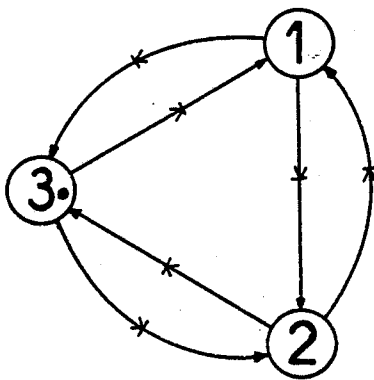
#####
# PC'2 ACTIONS
#####
#
# A1: BTf & tf = 0
#
# A2: BTf & tf = increment de temps
#
#####
# PC'2 TRANSITIONS
#####
#
# T12: freinage & surcharge onduleur
#
# T21: freinage OU (surcharge onduleur
#      & tf > constante de temps du C.A.L.C)
#
#####
  
```

Figure 1.14. Graphe de commande du dispositif de freinage

Dans l'étape initiale (1) le temps et la commande de base du transistor BTf sont initialisés à zéro. L'ordre de freinage provient du bloc de contrôle éloigné PC'3 et provoque la transition vers l'étape 2 si la surcharge onduleur n'est pas signalée. Le retour dans la phase d'attente s'effectue soit à la disparition de l'ordre de freinage ou sur une surcharge de l'onduleur après avoir maintenu la commande du transistor jusqu'à ce que le circuit d'aide à la commutation soit chargé.

### 4.3. GRAPHE DE FONCTIONNEMENT

Le graphe de fonctionnement est un réseau de Pétri de trois étapes (figure 1.15), chacune d'entre elle représente un état différent des semiconducteurs du dispositif de freinage. Le tableau associé regroupe l'ensemble des actions et transitions de ce graphe.



```

#####
# PC*1  ACTIONS
#####
#
#   A1:Tf conduit
#
#   A2:Df conduit
#
#   A3:Tf et Df ne conduisent pas
#
#####
# PC*1  TRANSITIONS
#####
#
#   T12:BTf
#
#   T13:U / 0
#
#   T21:I1 \ 0
#
#   T23: BTf
#
#   T31: I1 \ 0
#
#   T32: BTf
#
#####
  
```

Figure 1.15. Graphe de fonctionnement



## CHAPITRE 2

### MODELISATION DU MOTEUR ET SA CHARGE

#### 1 - INTRODUCTION

Dans cette brève introduction, nous énumérons les dispositifs d'entraînement actuellement utilisés, nous analysons pour chacun d'entre eux les avantages, les inconvénients et les conséquences sur la fabrication des moteurs dits d'ascenseurs./16/

Les conditions de fonctionnement du moteur d'entraînement d'ascenseur sont particulièrement difficiles. Les démarrages fréquents (jusqu'à 240/heure) doivent être rapides et les freinages aussi courts que possible. Le couple entraînant ou résistant qu'on lui oppose peut varier pendant le déplacement. De plus, le fonctionnement doit être silencieux.

Il existe actuellement quatre grandes familles de dispositifs d'entraînement : les moteurs asynchrones à une ou deux vitesses, les moteurs asynchrones contrôlés par thyristors et les moteurs à courant continu contrôlés par Ward Léonard./14/

Pour des vitesses inférieures à 0.80m/s le moteur à une vitesse est suffisant. Alimenté par le réseau alternatif, il démarre sur sa caractéristique naturelle, l'accélération est comprise entre 0.5 et 0.7 m/s<sup>2</sup>. A environ 20 centimètres du but l'alimentation est coupée et un frein électromécanique assure le ralentissement. La décélération est alors de l'ordre de 1.55m/s<sup>2</sup>.

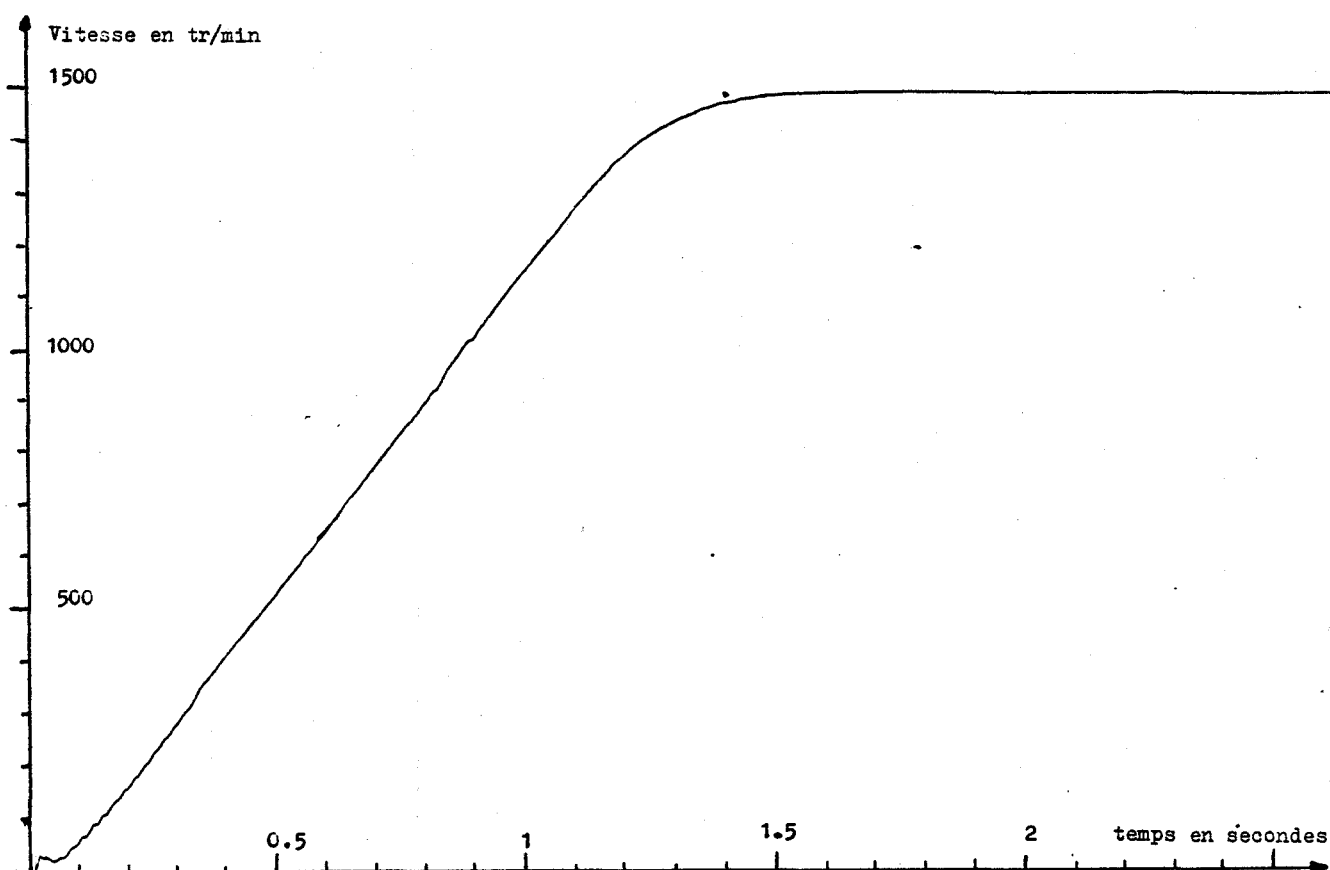


Figure 2.1. Démarrage du moteur à vide

La figure 2.1. nous montre la constance du couple lors d'une phase de démarrage, puisque la vitesse croît linéairement jusqu'à 1300 tr/min. L'accélération d'un appareil de vitesse nominale égale à 0.8m/s, entraîné par ce moteur serait de 0.66 m/s<sup>2</sup>.

Le type de moteur, généralement utilisé, est à double cage. Cette construction particulière imaginée par Boucherot, comporte une cage extérieure de démarrage et une cage intérieure de travail reliées ou non. La complémentarité de ces deux cages procure au moteur un couple important quelle que soit sa vitesse, tout en conservant un courant de démarrage inférieur à quatre fois le courant nominal.

Si la vitesse nominale de l'ascenseur est inférieure à 1,2m/s, un moteur à deux vitesses est utilisé. Il comporte un enroulement statorique grande vitesse (GV) généralement à deux paires de pôles et un enroulement petite vitesse (PV) à 6, 8, 10 ou 12 paires de pôles. Le démarrage s'effectue directement sur l'enroulement GV, l'accélération est proche de  $0.8\text{m/s}^2$ . Pour le ralentissement le passage GV-PV, souvent bruyant, ne doit pas provoquer de secousses désagréables.

Tant que la vitesse de la machine est supérieure à la vitesse synchrone de l'enroulement PV son fonctionnement est celui d'une génératrice, qui renvoie de la puissance active sur le réseau mais absorbe de la puissance réactive.

Pour des vitesses nominales inférieures à 2 m/s, nous pouvons envisager le contrôle de la vitesse du moteur asynchrone par un convertisseur statique. L'action sur la fréquence d'alimentation ou sur le glissement du moteur permet de faire varier la vitesse de façon continue /19/ /20/. La solution actuellement retenue par les constructeurs est de diminuer la tension d'alimentation à l'aide d'un gradateur à thyristors en vue d'augmenter le glissement. Ce procédé, utilisable lorsque le couple de charge croît très vite avec la vitesse, augmente considérablement les échauffements et entraîne un déclassement du moteur.

L'accélération s'opère en diminuant progressivement l'angle de retard à l'amorçage des thyristors et le ralentissement est réalisé soit par injection de courant continu dans le stator, soit par inversion de deux phases (contre courant) ou enfin par un frein extérieur à courant de Foucault monté sur l'arbre rapide. Les valeurs d'accélération et de décélération sont généralement comprises entre  $0.8$  et  $1\text{ m/s}^2$  et sont parfaitement contrôlées.

La précision d'arrêt excellente, les accélération et décélération constantes confèrent un grand confort à l'appareil équipé de ce dispositif.

Le système à courant continu Ward Léonard s'utilise lorsque la vitesse nominale est comprise entre 2 et 20 m/s et plus. Ce dispositif qualifié d'idéal pour le confort et la précision d'arrêt est très coûteux puisqu'il se compose de trois machines : un groupe tournant moteur asynchrone - génératrice Léonard plus le moteur de traction proprement dit, à excitation indépendante.

Lorsque la vitesse est trop élevée, le moteur porte lui-même la poulie entraînant les câbles. La vitesse de rotation est très inférieure à celle des moteurs précédents (environ 100 tr/min). Ce dispositif sans engrenages ou "GEARLESS", volumineux et lourd, mis en oeuvre par les américains, évite l'emploi du treuil qui au dessus d'une vitesse critique provoque des vibrations.

Actuellement, les constructeurs de dispositifs d'entraînement travaillent pour augmenter la limite d'utilisation des moteurs asynchrones contrôlés, afin d'éviter l'utilisation du dispositif Ward Léonard, moins robuste, de faible rendement et de consommation supérieure. Il est à noter que les ascenseuristes ne se placent pas dans la tendance générale actuelle qui est d'utiliser en traction le moteur synchrone de préférence au moteur asynchrone.

Les machines utilisées pour ces différents dispositifs ont été étudiées spécialement pour réduire les nuisances dues au bruit :

- L'induction dans les armatures est plus faible que pour les séries normales.

- L'inclinaison et la profondeur des encoches du rotor sont calculées pour minimiser les interférences entre les champs magnétiques statorique et rotorique.

- La ventilation est supprimée lorsque cela est possible, sinon les pâles du ventilateur sont spécialement étudiées.

- L'emploi des roulements à billes ou à rouleaux est prohibé et les arbres sont guidés par des paliers présentant des rainures pour permettre la circulation d'huile.

Les mises en équation et identification du moteur et de la charge des paragraphes suivants ont été réalisées pour permettre la simulation numérique de l'ensemble du banc d'essais.

## 2 - MOTEUR

### 2.1 MISE EN EQUATION

Si nous négligeons la saturation du circuit magnétique ainsi que les pertes par hystérésis et courants de Foucault, et si nous supposons la répartition du flux sinusoïdale nous pouvons écrire l'équation de fonctionnement du moteur.

$$[V] = [R] \cdot [I] + \delta [L \cdot I] / \delta t \quad (2.1)$$

ou

$${}^t[V] = [V_1, V_2, V_3, 0, 0, 0] \text{ avec } V_j: \text{tension de la phase statorique } j$$

$${}^t[I] = [I_{s1}, I_{s2}, I_{s3}, I_{r1}, I_{r2}, I_{r3}] \text{ } I_{sj} \text{ et } I_{rj} \text{ sont les courants statoriques et rotoriques}$$

$$[R] = \begin{bmatrix} R_s & [033] \\ [033] & R_r \end{bmatrix} \quad (*) \text{ } R_s \text{ et } R_r \text{ sont les résistances d'une phase du stator et du rotor}$$

$$[L] = \begin{bmatrix} [L_s] & [M] \\ [M] & [L_r] \end{bmatrix}$$

$$[L_s] = \begin{bmatrix} l_s & M_s & M_s \\ M_s & l_s & M_s \\ M_s & M_s & l_s \end{bmatrix} \quad , l_s \text{ et } M_s \text{ inductance et mutuelle statoriques}$$

$$[L_r] = \begin{bmatrix} l_r & M_r & M_r \\ M_r & l_r & M_r \\ M_r & M_r & l_r \end{bmatrix} \quad , l_r \text{ et } M_r \text{ inductance et mutuelle rotoriques}$$

$$[M] = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & M_3 \\ M_3 & M_1 & M_2 \\ M_2 & M_3 & M_1 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} \text{avec } M_1 &= M_{rs} \cos(p\theta) \\ M_2 &= M_{rs} \cos(p\theta + 2\pi/3) \\ M_3 &= M_{rs} \cos(p\theta - 2\pi/3) \end{aligned}$$

$M_{rs}$  est la mutuelle inductance maximale entre une phase statorique et une phase rotorique.

$\theta$  est l'angle de rotation du rotor

$p$  le nombre de paires de pôles.

(\*)  $[I_{dn}]$  est la matrice identité d'ordre  $n$

$[O_{nm}]$  est la matrice nulle de  $n$  lignes et  $m$  colonnes.

Pour diminuer le temps de résolution de cette équation, nous pouvons la simplifier à l'aide du formalisme de Park, qui a montré / 4/ l'équivalence physique entre les champs tournants produits par un enroulement triphasé et diphasé. Nous pouvons considérer, pour les calculs, une machine fictive à stator triphasé et rotor diphasé. La transformation est réalisée avec la matrice [T] définie ainsi :

$$[T] = \begin{bmatrix} [id3] \\ [033] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [033] \\ [Tr] \end{bmatrix} \quad \text{ou} \quad [Tr] = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ \cos p\theta & \cos (p\theta+2\pi/3) & \cos (p\theta-2\pi/3) \\ \sin p\theta & \sin (p\theta+2\pi/3) & \sin (p\theta-2\pi/3) \end{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$$

Pour préserver les valeurs de couple et de puissance la matrice de transformation doit être orthogonale :

$${}^t[T] = [T]^{-1}$$

Nous pouvons donc appliquer la transformation à l'équation de fonctionnement :

$$[T] [V] = [T] [R] [I] + [I] d[L] [I]/dt \quad (2.2)$$

En notant que  $[T] [V] = [V]$

$$\text{et } [T] [R] [I] = [R] [T] [I]$$

puisque la matrice [R] est diagonale.

Avec les vecteurs [Ip] et [Lp] définis par les relations suivantes :

$$[Ip] = [T] [I]$$

$$\text{et } [Lp] = [T] [L] [T]^{-1}$$

nous obtenons

$${}^t[Ip] = (Is1, Is2, Is3, Io, Id, Iq)$$

ou Io, Id et Iq sont les courants de Park.

$$\text{et } [Lp] = \begin{bmatrix} [Ls] & [Mp] \\ {}^t[Mp] & [Lrp] \end{bmatrix}$$

avec

$$[Lrp] = \begin{bmatrix} 1r+2Mr & 0 & 0 \\ 0 & Lr & 0 \\ 0 & 0 & Lr \end{bmatrix}, \quad (Lr = 1r-Mr, \text{ inductance cyclique du rotor})$$

et

$$[M_p] = M/2 \begin{vmatrix} 0 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & \sqrt{3} \\ 0 & -1 & -\sqrt{3} \end{vmatrix}, (M = \sqrt{3}/2 \text{ Mrs, mutuelle inductance cyclique})$$

L'équation de fonctionnement devient :

$$[V] = [R] [I_p] + p \frac{d}{dt} [A] [L_p] [I_p] + [L_p] \frac{d}{dt} [I_p] \quad (2.3)$$

avec

$$[A] = \begin{bmatrix} [044][042] \\ [024][Ar] \end{bmatrix} \text{ telle que } p \frac{d}{dt} [A] = [T] [\dot{T}]^{-1}$$

et

$$[Ar] = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Puisque le courant  $I_0$  est nul nous pouvons réduire le rang du système d'une unité en supprimant pour toutes les matrices de l'équation les troisièmes ligne et colonne.

Pour chaque mode d'alimentation, nous conservons la même équation (2.3) mais les constantes et les variables seront adaptées. Dans la suite de ce développement nous considérons que le moteur est couplé en étoile. Les paramètres (colonne 1) utilisés dans la formulation suivante doivent être remplacés par les grandeurs des colonnes 2 et 3 suivant le type de moteur à simuler.

Paramètre	Rotor bobiné	Rotor à cage
Rr	Rr	Rr/Lr
Lr	Lr	1
Ml	M	1
M	M	$M^2/Lr$
Id	Id	Lr Id/M
Iq	Iq	Lr Iq/M

Si l'alimentation du moteur est triphasée, la somme des courants étant nulle le rang du système diminue d'une unité.

Nous avons :

$${}^t[V] = [U_1, U_2, 0, 0], (U_j : \text{tension composée})$$

$${}^t[I] = [I_1, I_2, I_d, I_q], (I_j : \text{courant en ligne})$$



$$[R] = \begin{bmatrix} R_s[C] & [022] \\ [022] & R_r[Id2] \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad [C] = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ -2 & -1 \end{bmatrix}$$

$$[A] = \begin{bmatrix} [022] & [022] \\ [022] & [Ar] \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad [M] = \sqrt{3}/2 \begin{bmatrix} \sqrt{3} & 0 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$$[L] = \begin{bmatrix} L_s[C] & M[M'] \\ M1[M] & L_r[Id2] \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad [M'] = \sqrt{3}/2 \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ -\sqrt{3} & -1 \end{bmatrix}$$

Si le courant de la phase g est nul le rang du système diminue d'une unité et les paramètres de l'équation de fonctionnement deviennent :

$${}^t[V] = [U_g, 0, 0], \quad (U_g : \text{tension composée de la phase g})$$

$${}^t[I] = [I_{g+1}, I_D, I_Q],$$

les courants  $I_{g+1}$  et  $I_{g+2}$  sont égaux et opposés, et  $I_D$ ,  $I_Q$  sont obtenus par une rotation d'angle :  $(g-1).2\pi/3$  effectuée sur les courants de Park  $I_d$  et  $I_q$ ,

$$[R] = \begin{bmatrix} 2R_s & [012] \\ [021] & R_r[Id2] \end{bmatrix},$$

$$[A] = \begin{bmatrix} 0 & [012] \\ [021] & [Ar] \end{bmatrix},$$

$$[L] = \begin{bmatrix} 2L_s & 0 & M\sqrt{3} \\ 0 & L_r & 0 \\ M1\sqrt{3} & 0 & L_r \end{bmatrix}.$$

De plus nous avons :

$$U_{g+1} = -R_s I_{g+1} - L_s \dot{I}_{g+1} - \sqrt{3}/2 M (\sqrt{3} \dot{I}_D + \dot{I}_Q)$$

Si les trois courants en ligne sont nuls le système est réduit à sa plus simple expression (ordre 2), les paramètres sont :

$${}^t[V] = [0, 0] \quad {}^t[I] = [I_d, I_q]$$

$$[R] = R_r[Id2] \quad [A] = [Ar] \quad [L] = L_r[Id2]$$

Les tensions induites dans les enroulements statoriques s'écrivent :

$$V_1 = M\sqrt{3} \dot{I}_d$$

$$V_2 = -\sqrt{3} M/2 (\sqrt{3} \dot{I}_d + \dot{I}_q)$$

$$V_3 = -(V_1 + V_2)$$

## 2.2 IDENTIFICATION

L'identification du moteur consiste à déterminer les valeurs des paramètres introduits dans la formulation précédente. Cette détermination s'opère en deux temps, une campagne de mesures puis une phase de calcul afin d'exploiter celle-ci car les paramètres ne sont pas tous directement accessibles comme la résistance statorique mesurée à l'aide d'un montage continu classique. La plupart d'entre eux sont obtenus indirectement, la détermination des paramètres  $L_s$  et  $M^2/L_r$  nécessite deux essais en charge et une évaluation des pertes mécaniques et des pertes fer par un essai à vide. Lors des essais en charge nous mesurons les puissances active ( $P$ ) et réactive ( $Q$ ) consommées par le moteur ainsi que la vitesse afin de calculer le glissement. La résistance et l'inductance statoriques apparentes s'expriment à l'aide des relations suivantes:

$$R_s' = (P - \text{pertes})/3.I_s^2 \quad L_s' = Q/3.\omega.I_s^2 \quad (2.4)$$

Soient  $L_{s1}, L_{s2}, R_{s1}, R_{s2}, g_1$  et  $g_2$  respectivement les inductances, les résistances apparentes statoriques calculées et les valeurs du glissement mesurées pour deux essais en charge:

$$R_{s1} = (P_1 - \text{pertes})/3.I_{s1}^2 \quad L_{s1} = Q_1/3.\omega.I_{s1}^2$$

$$R_{s2} = (P_2 - \text{pertes})/3.I_{s2}^2 \quad L_{s2} = Q_2/3.\omega.I_{s2}^2$$

En effet nous pouvons montrer que / 14/ le schéma équivalent d'une phase du moteur asynchrone après passage à la seule pulsation primaire ( $\omega$ ) est comparable à celui d'un transformateur statique avec secondaire en court-circuit ayant une résistance égale à la résistance secondaire réelle divisée par le glissement du moteur ( $g$ ) (Figure 2.2.). Les équations de ce schéma sont respectivement pour le primaire et le secondaire:

$$\overline{V_s} = R_s.\overline{I_s} + j.L_s.\omega.\overline{I_s} + j.M.\omega.\overline{I_r} \quad (2.5)$$

$$\overline{0} = \overline{I_r}.R_r/g + j.L_r.\omega.\overline{I_r} + j.M.\omega.\overline{I_s} \quad (2.6)$$

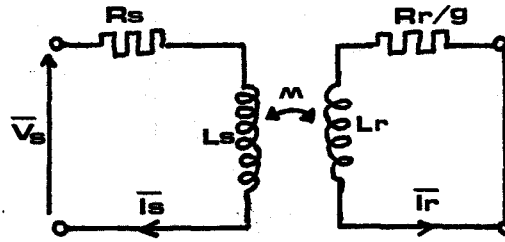


Figure 2.2 Schéma équivalent du moteur asynchrone

Si nous remplaçons le courant secondaire, dans l'équation (2.5) par son expression en fonction du courant primaire, obtenue par l'équation (2.6) nous avons:

$$\begin{aligned} \overline{V_s} = & [R_s + (M^2 \cdot \omega^2 \cdot R_r \cdot g) / (R_r^2 + L_r^2 \cdot \omega^2 \cdot g^2)] \cdot \overline{I_s} \\ & + j \cdot \omega [L_s - (M^2 \cdot \omega^2 \cdot L_r \cdot g^2) / (R_r^2 + L_r^2 \cdot \omega^2 \cdot g^2)] \cdot \overline{I_s} \end{aligned}$$

L'inductance statorique est donnée par l'expression suivante:

$$L_s = \frac{L_{s1} \cdot g_2 \cdot (R_{s2} - R_s) - L_{s2} \cdot g_1 \cdot (R_{s1} - R_s)}{g_2 \cdot (R_{s2} - R_s) - g_1 \cdot (R_{s1} - R_s)} \quad (2.8)$$

La relation (2.8) s'obtient en écrivant l'égalité entre les expressions de la constante de temps rotorique  $T_r$  pour les deux essais:

$$\begin{aligned} T_r = L_r / R_r = & (L_s - L_{s1}) / (g_1 \cdot (R_{s1} - R_s)) \\ = & (L_s - L_{s2}) / (g_2 \cdot (R_{s2} - R_s)) \end{aligned} \quad (2.9)$$

ou

$$(R_{s1} - R_s) = (M^2 \cdot \omega^2 \cdot R_r \cdot g_1) / (R_r^2 + L_r^2 \cdot \omega^2 \cdot g_1^2) \quad (2.10)$$

$$(R_{s2} - R_s) = (M^2 \cdot \omega^2 \cdot R_r \cdot g_2) / (R_r^2 + L_r^2 \cdot \omega^2 \cdot g_2^2) \quad (2.10')$$

$$(L_s - L_{s1}) = (M^2 \cdot \omega^2 \cdot L_r \cdot g_1^2) / (R_r^2 + L_r^2 \cdot \omega^2 \cdot g_1^2) \quad (2.11)$$

$$(L_s - L_{s2}) = (M^2 \cdot \omega^2 \cdot L_r \cdot g_2^2) / (R_r^2 + L_r^2 \cdot \omega^2 \cdot g_2^2) \quad (2.11')$$

Le paramètre  $M^2 / L_r$  se calcule avec les relations (2.11) et (2.11') connaissant  $L_s$ , puisque nous avons:

$$M^2 / L_r = 2 \cdot M^2 / (3 \cdot L_r) \quad \text{et} \quad (2.12)$$

$$M^2 / L_r = (L_s - L_{s1}) (1 + 1 / (\omega^2 \cdot g_1^2 \cdot T_r^2))$$

Les valeurs des paramètres  $R_s$ ,  $L_s$ ,  $M^2/L_r$ ,  $T_r$  sont respectivement :

$$R_s = 0.27\Omega, \quad L_s = 101 \text{ mH} \quad M = 63 \text{ mH} \quad T_r = 5.85s$$

Le modèle de simulation et ses paramètres sont validés lors de la confrontation des courbes calculées et des courbes expérimentales. Sur la figure 2.3 nous pouvons comparer la simulation numérique du démarrage du moteur avec un relevé oscilloscopique, la figure 2.4. nous montre un démarrage lorsque l'on a enlevé le volant d'inertie.

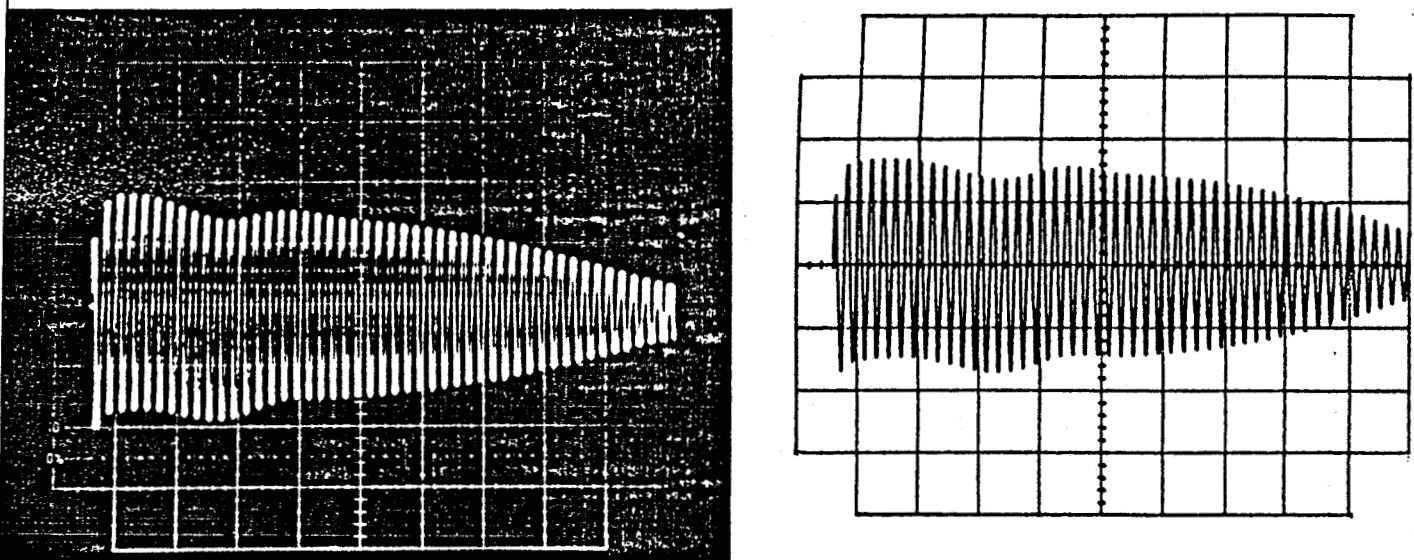


Figure 2.3. Courant de démarrage avec volant d'inertie

- a) expérimental
- b) calculé

Le comportement du moteur est aussi bien simulé en fonctionnement stabilisé, ainsi que le montre le tableau de comparaison suivant :

Couple de charge m.N	Expérience		Simulation	
	Vitesse tr/min	Intensité A	Vitesse tr/min	Intensité A
0	1486	7.9	1485	7.7
24	1461	11.8	1458	12.4
44	1439	16.5	1437	16.4
75	1402	24.4	1406	24.2



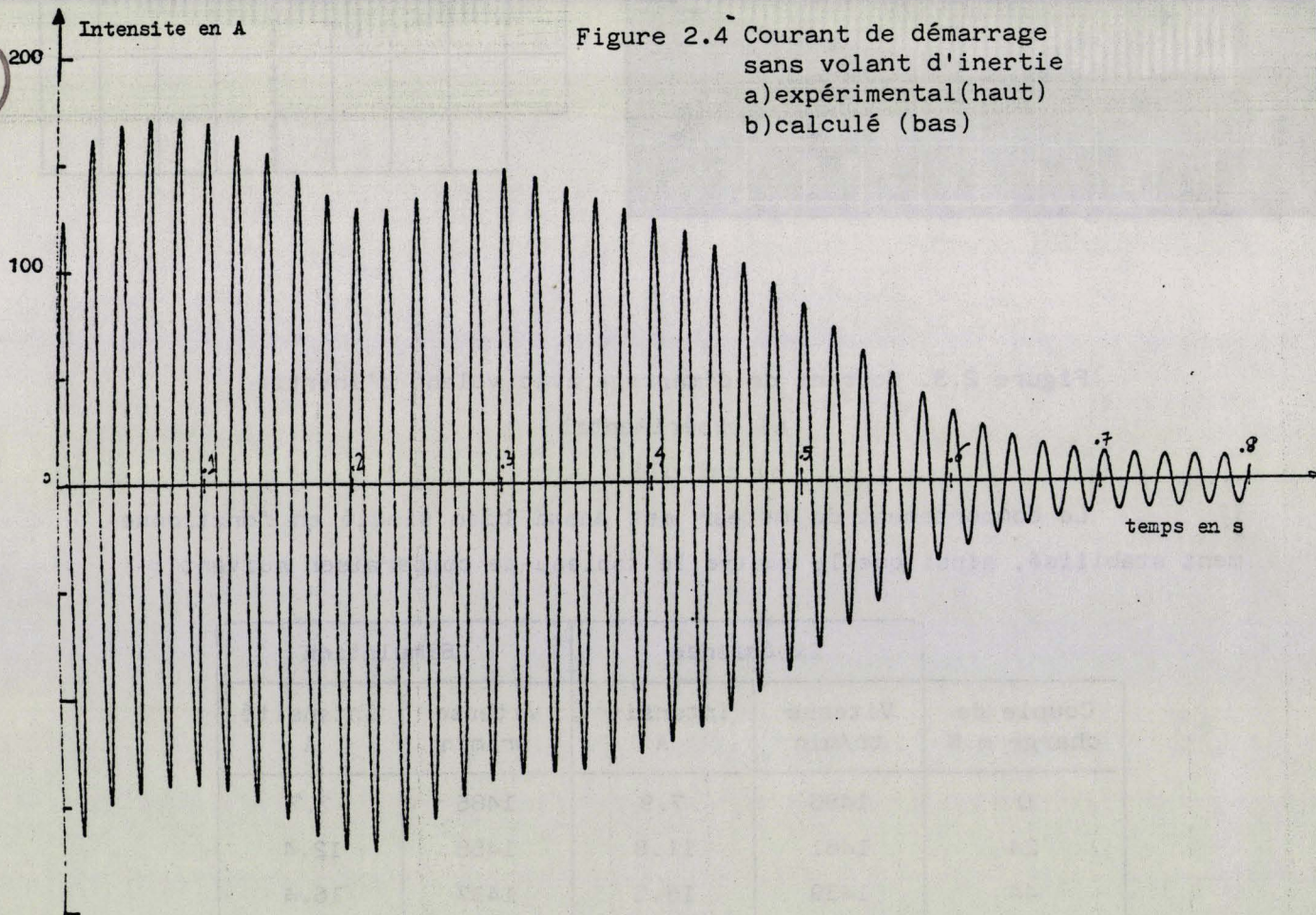
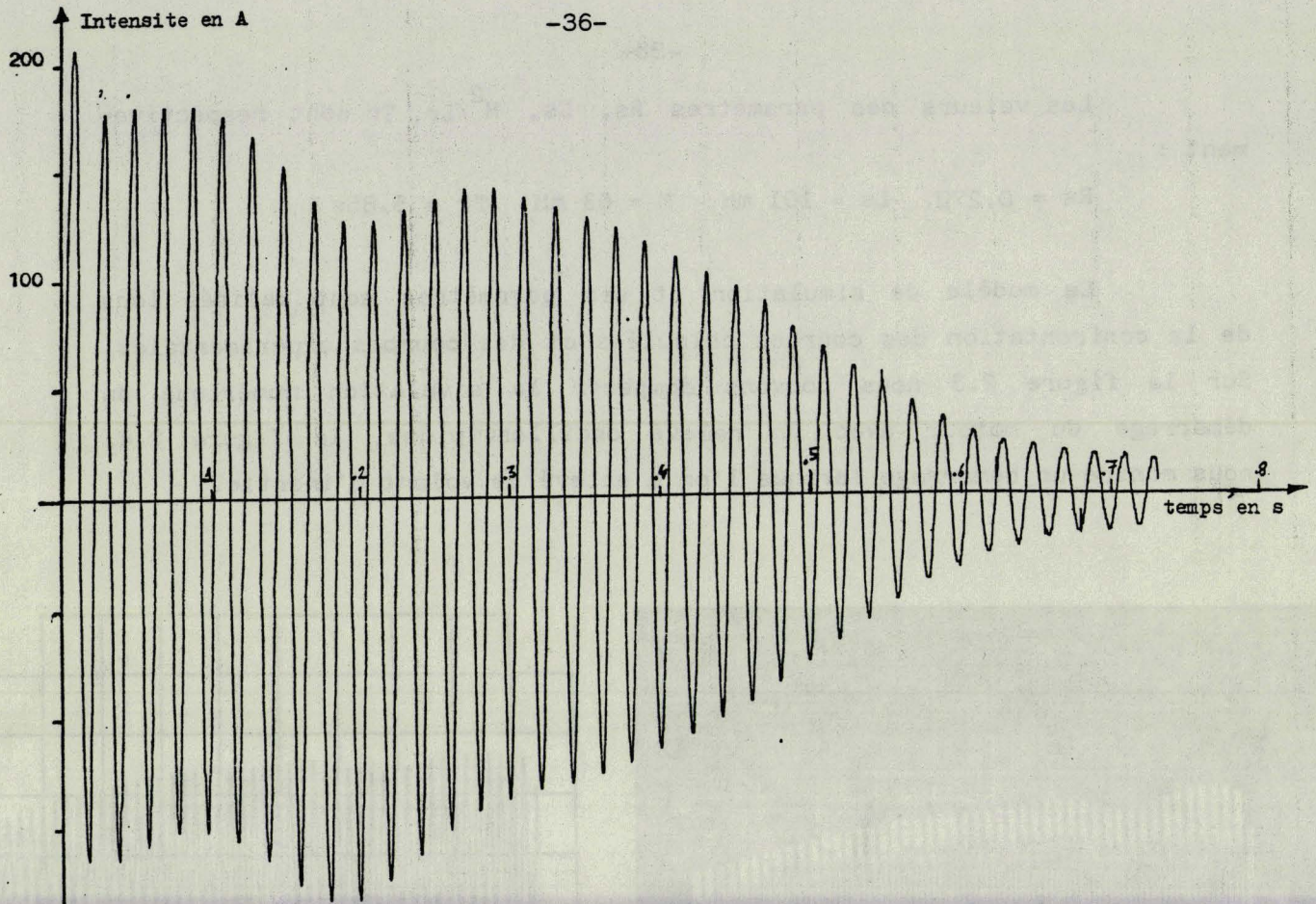


Figure 2.4 Courant de démarrage sans volant d'inertie  
a) expérimental (haut)  
b) calculé (bas)

### 3 - CHARGE

La charge ascenseur sera simulée sur le banc en faisant circuler du courant continu ( $I_c$ ) dans les enroulements statoriques d'un moteur asynchrone accouplé au moteur d'entraînement. Le couple de freinage ainsi obtenu, variable en fonction de la vitesse de rotation, croît très vite avec la vitesse, atteint un maximum pour une vitesse proche de 200 tr/min, puis décroît pour prendre une valeur stable proportionnelle à l'intensité du courant continu.

#### 3.1. MISE EN EQUATION

Le couple de freinage  $C_f$  créé par la circulation du courant continu  $I_c$  dans le stator est un couple antagoniste /3 /, il est trois fois plus intense lorsque le moteur est couplé en étoile.

Pour le couplage étoile .

$$C_f = K_e I_c^2 N / (1 + K_r^2 N^2) \quad (2.13)$$

avec

$$K_e = I M^2 p^2 / (2 R_r)$$

$$K_r = p L_r / R_r$$

$N$  = vitesse de rotation en rd/s.

Le couple de freinage maximum est atteint à une vitesse constante, égale à l'inverse de la constante rotorique  $K_r$ .

#### 3.2. IDENTIFICATION

##### 3.2.1. Inertie du banc d'essais

Pour déterminer l'inertie du banc nous avons réalisé deux essais de ralentissement avec et sans volant d'inertie (figure 2.5.). Si nous considérons que les pertes mécaniques ( $P_m$ ) sont constantes à une vitesse donnée et négligeons le frottement de l'air sur le volant, nous avons pour chacune des courbes de ralentissement l'équation suivante : /12/

$$P_m(N) = J N \dot{N} \quad (2.14)$$

avec  $J$  : l'inertie

$N$  : la vitesse de rotation.

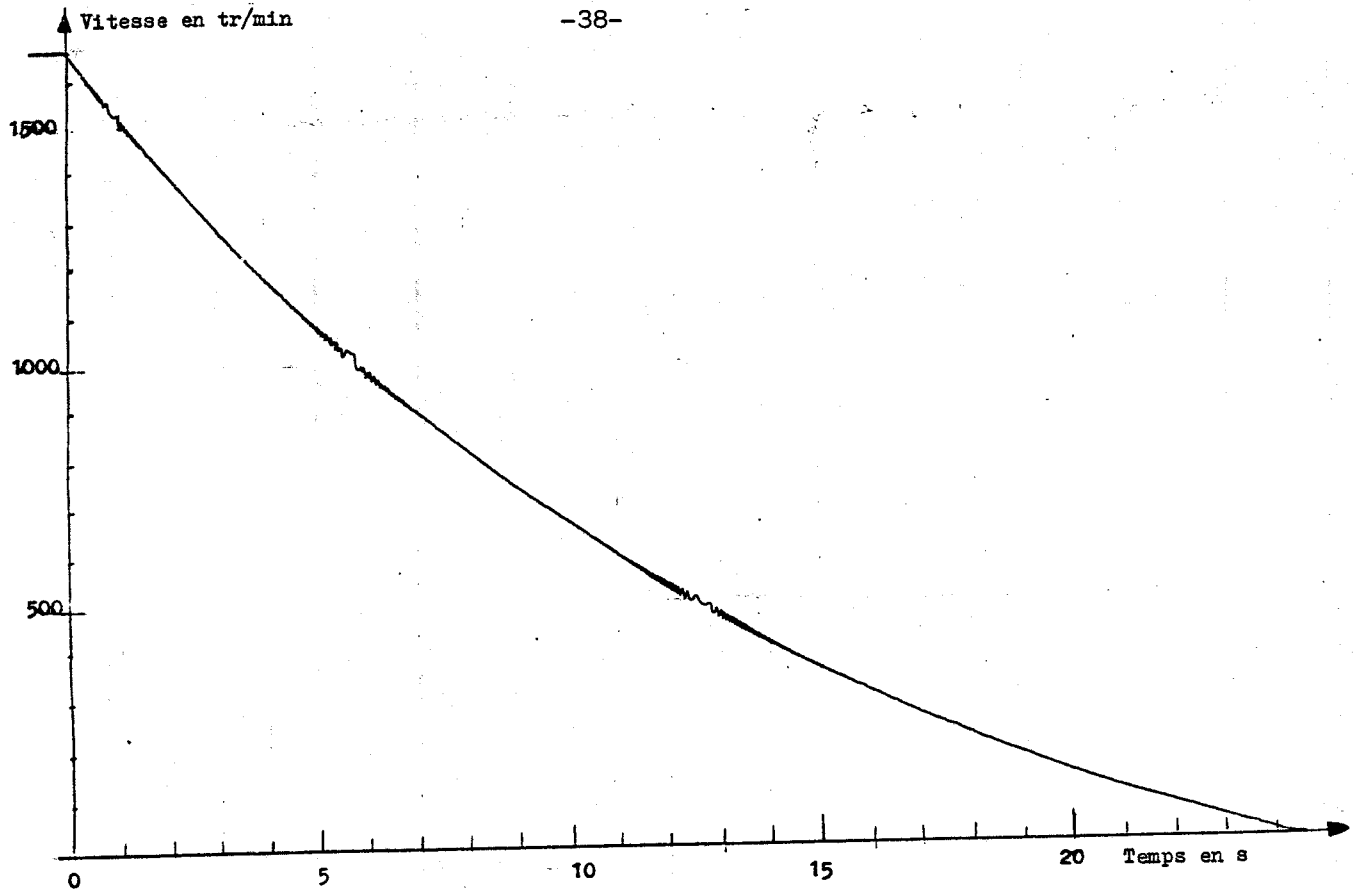
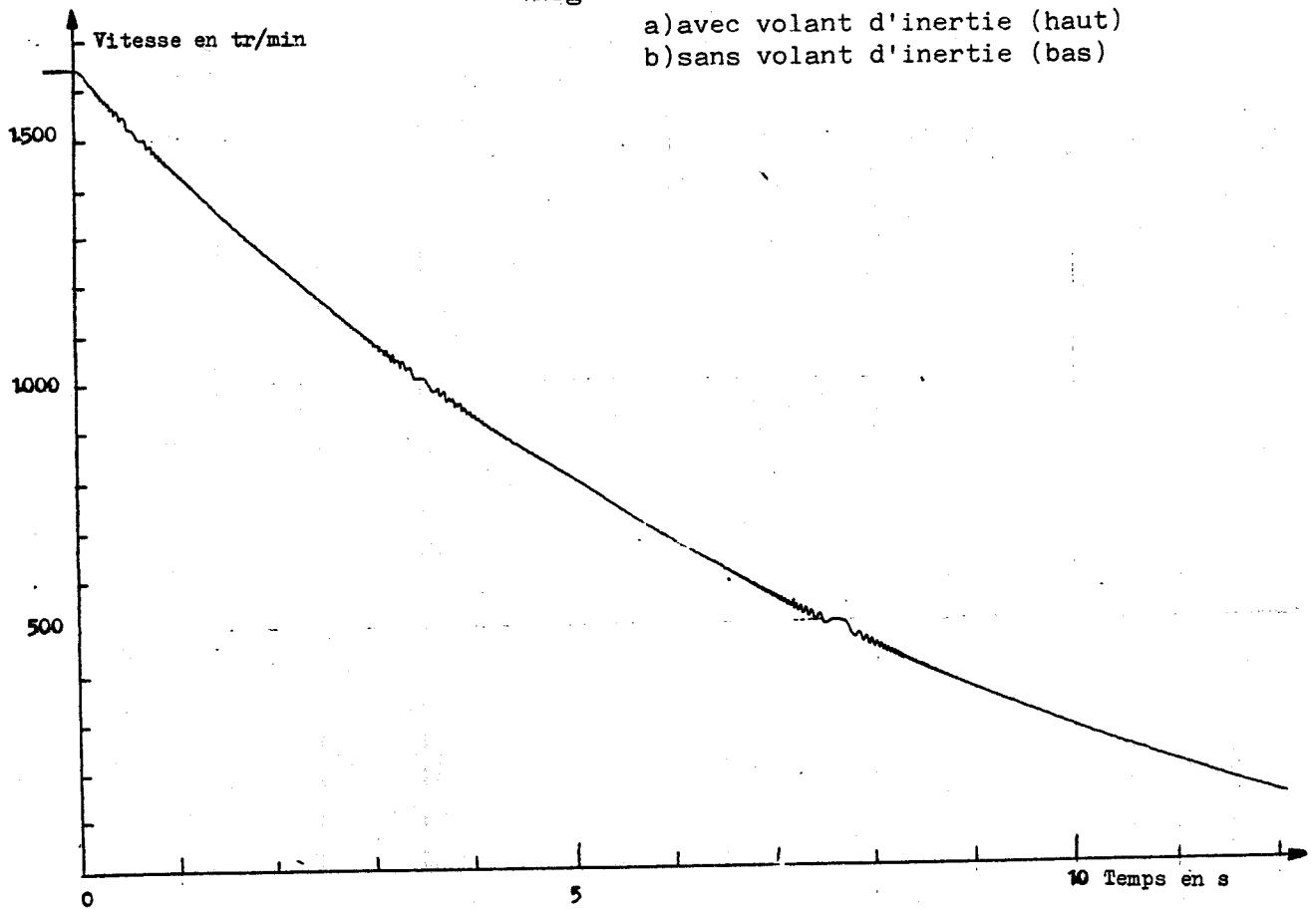


Figure 2.5. Courbes de ralentissement  
a) avec volant d'inertie (haut)  
b) sans volant d'inertie (bas)





Pour deux points de vitesse identique sur les deux courbes de ralentissement le rapport des inerties est égal au rapport des pentes calculées en ces points.

L'inertie du volant se calcule en connaissant ses dimensions géométriques et sa densité à l'aide de la formule donnant l'inertie d'une couronne :

$$I = \pi * H (D^4 - d^4)/32 \quad (m^5) \quad (2.15)$$

où D, d, H sont respectivement les diamètres extérieur et intérieur et la hauteur de la couronne.

Cette méthode est applicable dans tous les cas il suffit de disposer d'un volant d'inertie connue. La précision obtenue est très satisfaisante puisque la dispersion du rapport des pentes nous donne une plage de tolérance très étroite :

Pour le banc

$$J = (1.05 + \text{ou} - 0.01) \text{ kg m}^2$$

avec l'inertie du disque égale à  $0.4 \text{ kg m}^2$

### 3.2.2. Couple de freinage

Afin de déterminer les coefficients  $K_e$  et  $K_i$  du couple de freinage nous avons relevé le réseau des courbes de ralentissement pour un courant continu variant entre 10 et 70 A (figure 2.6.). En négligeant le couple des pertes mécaniques l'équation du mouvement est :

$$J \frac{d\Omega}{dt} + \left( \frac{K_e I_c^2 \Omega}{1 + K_r^2 \Omega^2} \right) = 0 \quad (2.16)$$

Cette équation différentielle du premier ordre peut se résoudre en t, nous obtenons

$$t = K_1 \ln(\Omega) + K_2 \Omega^2 + K_3$$

avec  $K_1 = -J/K_e I_c^2$

$$K_2 = -JK_r^2/2K_e I_c^2$$

$K_3 = \text{constante d'intégration}$

Pour calculer les coefficients  $K_1$ ,  $K_2$  et  $K_3$  nous disposons de n points ; pris sur la courbe de ralentissement pour chacun d'entre eux nous pouvons écrire :

$$E_i = K_1 P_i + K_2 Q_i + K_3 - t_i$$

$$\text{ou } P_i = \ln(Q_i) \text{ et } Q_i = \Omega_i^2$$

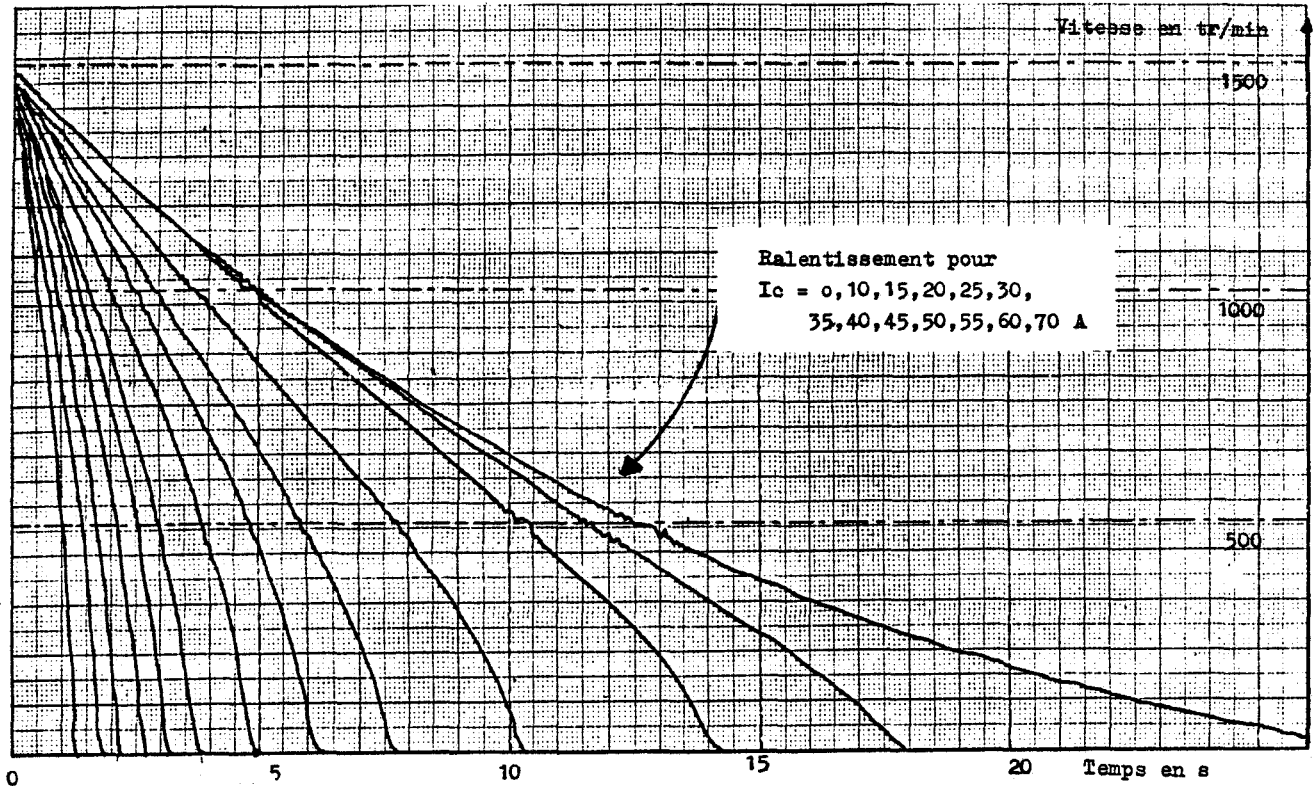


Figure 2.6. Courbes de ralentissement

Le but de la méthode de calcul employée est de minimiser l'erreur quadratique E, somme pour i variant de 1 à N des  $E_i^2$ , nous annulons les dérivées partielles de E par rapport aux  $K_j$ . Le système d'équation à résoudre est le suivant: /13/

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \delta E / \delta K_1 &= K_1 \sum_{i=1}^n P_i^2 + K_2 \sum_{i=1}^n P_i \cdot Q_i + K_3 \sum_{i=1}^n P_i - \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i = 0 \\ \frac{1}{2} \delta E / \delta K_2 &= K_1 \sum_{i=1}^n P_i \cdot Q_i + K_2 \sum_{i=1}^n Q_i^2 + K_3 \sum_{i=1}^n Q_i - \sum_{i=1}^n Q_i \cdot t_i = 0 \\ \frac{1}{2} \delta E / \delta K_3 &= K_1 \sum_{i=1}^n P_i + K_2 \sum_{i=1}^n Q_i + K_3 \cdot N - \sum_{i=1}^n t_i = 0 \end{aligned}$$

Pour chacune des courbes de ralentissement nous obtenons les valeurs de  $K_1, K_2$  et  $K_3$ . Nous calculons ensuite une valeur moyenne de  $K_e$  sur l'ensemble des  $K_1$  obtenu. Puis nous réappliquons la méthode précédente pour calculer  $K_r$  et nous obtenons:

$$K_e = 4.27\ 875\ 10^{-3}$$

$$K_r = 42.189\ 10^{-3}$$

Le calcul des différentes constantes d'intégration K3 nous permet de vérifier la parfaite juxtaposition des courbes expérimentales de ralentissement avec celles obtenues par calcul (figure 2.7). Nous avons représenté l'évolution du couple résistant en fonction de la vitesse de rotation du moteur pour les courants continus de 20, 30, 40, 50 et de 60 A (figure 2.8).

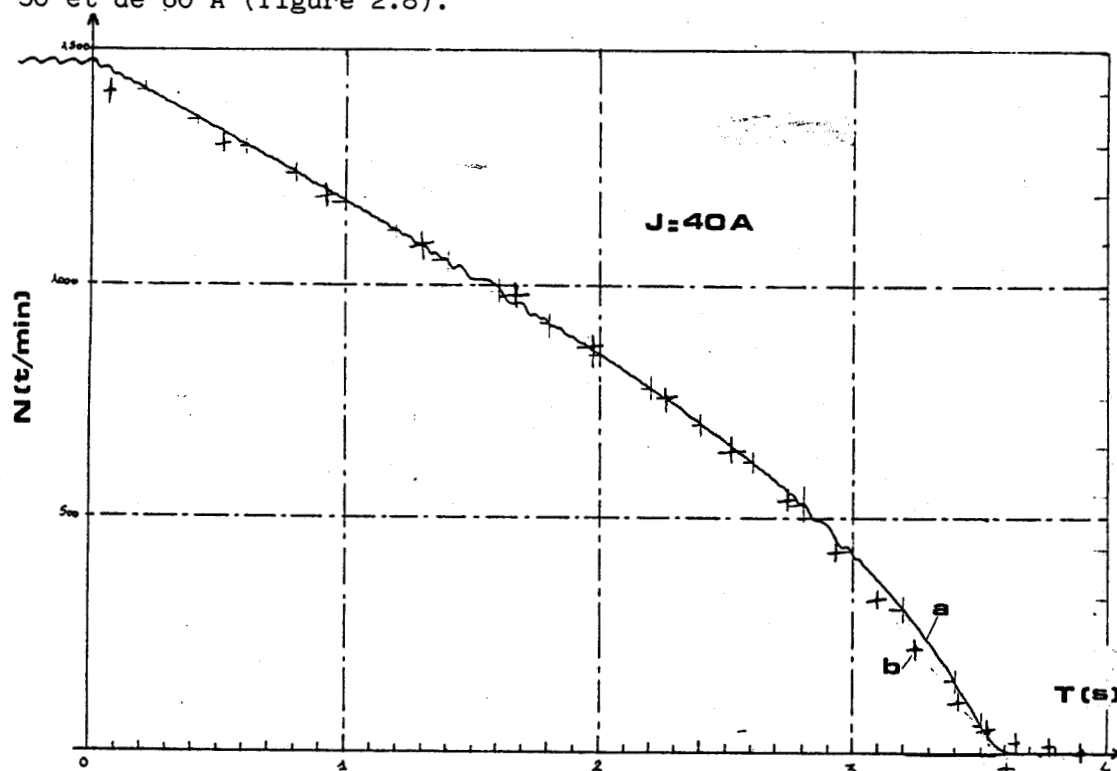


Figure 2.7. Courbe de ralentissement J = 40 A

a) Expérimentation

b) Approximation

Le tableau suivant nous donne les valeurs des constantes K1, K2 et K3 utilisées pour tracer les courbes du couple.

I	K1	K2	K3
60	- 68,1 $10^{-3}$	- 67,6 $10^{-6}$	1,745
50	- 81,1 $10^{-3}$	- 72,2 $10^{-6}$	2,115
40	-153,4 $10^{-3}$	-136,5 $10^{-6}$	3,809
30	-272,7 $10^{-3}$	-226,5 $10^{-6}$	6,533
20	-613,5 $10^{-3}$	-389,3 $10^{-6}$	12,114

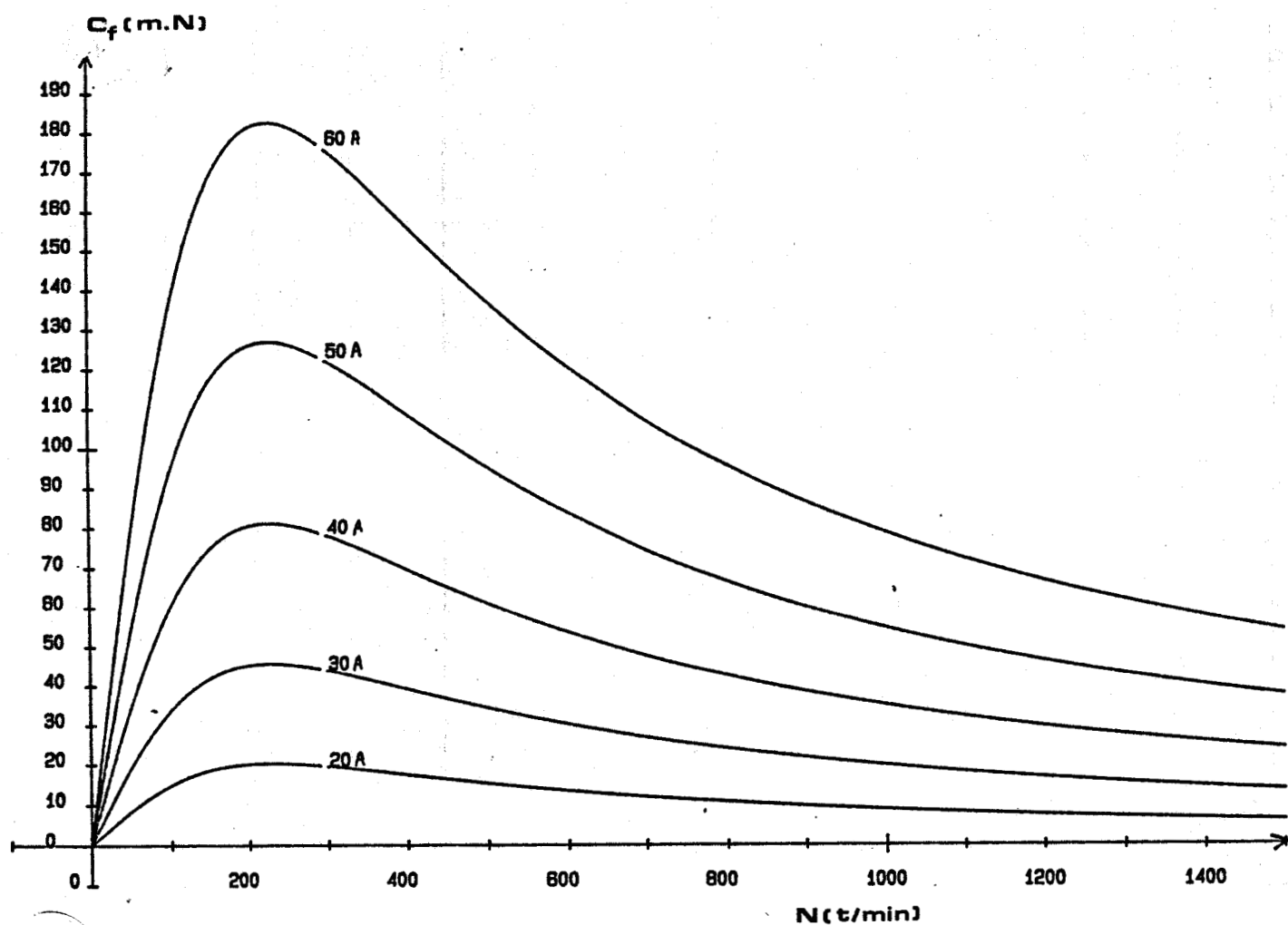


Figure 2.8. Couple résistant en fonction de la vitesse

Notons que nous avons été amenés à éliminer, pour le calcul, les courbes de ralentissement obtenues avec des courants faibles, car pour ces courbes le couple des pertes mécaniques n'est plus négligeable face au couple de freinage (hypothèse rendant le calcul possible).

## CHAPITRE 3

### CONCEPTION DU CONTROLE ELOIGNE

#### 1 - DEFINITION D'UNE STRATEGIE DE REGULATION

##### 1.1. POSITION DU PROBLEME

Dans ce chapitre, nous définissons le rôle de chaque bloc de contrôle éloigné ainsi que la méthode utilisée pour le remplir. Les algorithmes utilisés sont simples et ne nécessitent que des capteurs élémentaires. Ces derniers au nombre de quatre, nous informent sur la valeur de la tension en sortie de hacheur, des courants alimentant le moteur, la vitesse de celui-ci ainsi que la position de la cabine d'ascenseur.

Le cahier des charges comporte deux fonctions essentielles de confort et de sécurité. La première est assurée par les asservissements de vitesse et de position et la seconde par les régulations de tension et de courant.

## 1.2. STRATEGIE DE POSITIONNEMENT

La notion de confort de l'utilisateur est difficile à appréhender à ce stade de la conception toutefois deux aspects de ce confort sont parfaitement quantifiables : la précision d'arrêt et la continuité d'accélération. Pour les autres, non mesurables, nous veillerons à nous donner un ensemble de paramètres qui pourront être ajustés afin d'améliorer les impressions perçues en cabine.

Pour obtenir une précision d'arrêt de quelques millimètres, beaucoup de constructeurs adoptent une vitesse lente bien avant le niveau à atteindre et peuvent ainsi freiner mécaniquement dès que l'appareil est à niveau.

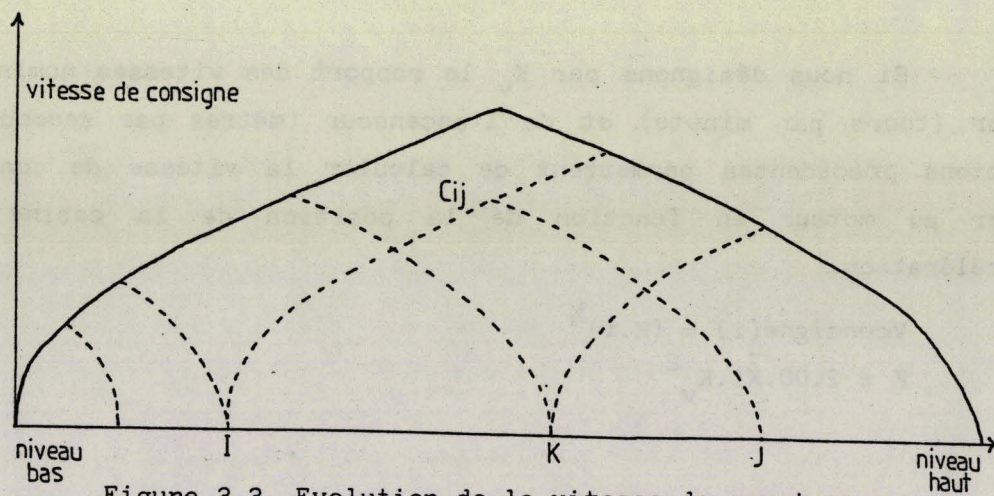
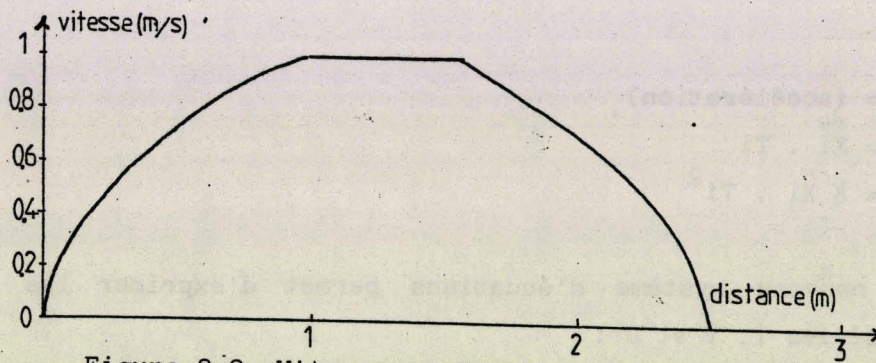
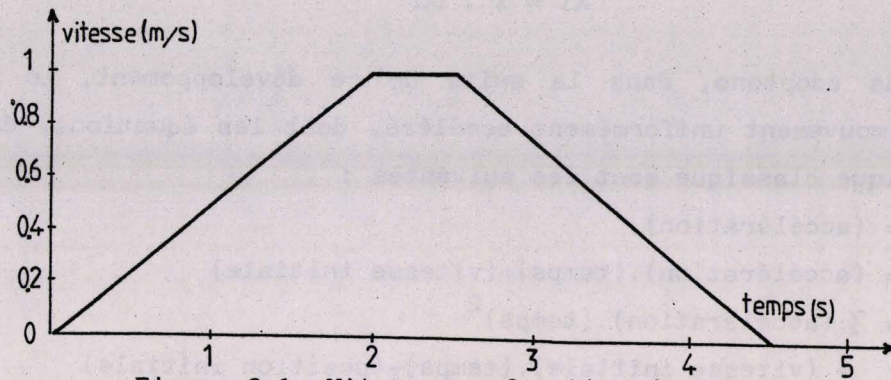
Une telle stratégie accroît considérablement la durée de la course. L'un des objectifs de la régulation est de minimiser cette phase d'accostage et ainsi réduire le temps de trajet. Le second point très important, lui aussi, est la continuité de l'accélération car le déplacement vertical est physiologiquement assez désagréable et peut l'être beaucoup plus si cette accélération subit des discontinuités.

Pendant la phase de démarrage, nous réalisons d'abord une séquence permettant de comparer les résultats d'une pesée dynamique effectuée sur une courte distance pour ensuite adopter une définition spatiale de la vitesse de consigne (figure 3). La figure 3.1. montre l'évolution de la vitesse de consigne dans le cas d'une accélération et d'une décélération constantes, d'une part en fonction du temps et d'autre part en fonction de la position de la cabine (figure 3.2). Il convient maintenant d'établir l'expression de la vitesse de consigne en fonction de la distance parcourue et de l'accélération choisie.

L'information de position, nécessaire à la réalisation de l'asservissement, est élaborée par un module comptant les changements d'état d'un capteur qui génère une impulsion chaque fois que la cabine a parcouru une distance élémentaire  $DO$ . Nous connaissons donc la position de la cabine à plus ou moins  $DO$ . Cette discrétisation nous amène à introduire les séries  $X$ ,  $D$ ,  $V$  et  $T$  qui donnent respectivement les valeurs :

- de la position
- de la durée écoulée entre les positions  $X_{i-1}$  et  $X_i$
- de la vitesse de la cabine au passage à la position  $X_i$
- du temps écoulé entre le démarrage (position initiale) et le passage à la position  $X_i$ .







La série T est une somme partielle de la série D. Si i désigne la valeur donnée par le compteur d'impulsions, la position de la cabine s'écrit :

$$X_i = i \cdot D_0 \quad (3.1)$$

Nous adoptons, dans la suite de ce développement, le modèle physique du mouvement uniformément accéléré, dont les équations, données par la mécanique classique sont les suivantes :

$$\ddot{x} = (\text{accélération}) \quad (3.2)$$

$$\dot{x} = (\text{accélération}) \cdot (\text{temps}) + (\text{vitesse initiale}) \quad (3.3)$$

$$x = \frac{1}{2} (\text{accélération}) \cdot (\text{temps})^2 + (\text{vitesse initiale}) \cdot (\text{temps}) + (\text{position initiale}) \quad (3.4)$$

où x est la position du mobile.

Pour le cas particulier du départ arrêté en un point de position nulle et en appliquant la discrétisation le système d'équation devient :

$$\ddot{X}_i = (\text{accélération}) \quad (3.5)$$

$$\dot{X}_i = \dot{X}_i \cdot T_i \quad (3.6)$$

$$X_i = \frac{1}{2} \ddot{X}_i \cdot T_i^2 \quad (3.7)$$

Ce nouveau système d'équations permet d'exprimer les termes généraux des séries T, V et D :

$$T_i = (2 \cdot i \cdot D_0 / \ddot{X}_i)^{1/2} \quad (3.8)$$

$$V_i = (2 \cdot i \cdot D_0 \cdot \ddot{X}_i)^{1/2} \quad (3.9)$$

$$D_i = (2 \cdot D_0 / \ddot{X}_i)^{1/2} \cdot (i^{1/2} - (i-1)^{1/2}) \quad (3.10)$$

Si nous désignons par  $K_v$  le rapport des vitesses nominales du moteur (tours par minute) et de l'ascenseur (mètres par seconde), les équations précédentes permettent de calculer la vitesse de consigne à donner au moteur en fonction de la position de la cabine et de l'accélération.

$$V_{\text{consigne}}(i) = (K \cdot i)^{1/2} \quad (3.11)$$

avec  $K = 2 \cdot D_0 \cdot \ddot{X}_i \cdot K_v^2 \quad (3.12)$

En pratique le coefficient K est déterminé par une interpolation linéaire entre deux valeurs extrêmes  $K_{\max}$  et  $K_{\min}$  et le résultat d'une pesée dynamique effectuée en début de mouvement.

Les coefficients  $K_{\max}$  et  $K_{\min}$  sont calculés en donnant à l'accélération respectivement une valeur maximale puis minimale pour l'installation considérée.

Donnons pour deux exemples de réalisation, le domaine de variation du coefficient K. Pour une installation de vitesse nominale de un mètre par seconde, l'accélération peut être choisie entre 0.3 et 1  $\text{m/s}^2$  avec un moteur d'entraînement tétrapolaire. Pour deux valeurs de DO nous obtenons :

$$\begin{aligned} \text{DO} = 1.905 \text{ mm} \quad K_{\min} &= 2570 \text{ (tr/min)}^2 \quad K_{\max} = 8570 \text{ (tr/min)}^2 \\ \text{DO} = 0.080 \text{ mm} \quad K_{\min} &= 103 \text{ (tr/min)}^2 \quad K_{\max} = 343 \text{ (tr/min)}^2 \end{aligned}$$

Ces deux valeurs de DO correspondent à la distance parcourue entre deux impulsions de comptage respectivement pour le dispositif utilisé actuellement et le dispositif dont est équipé le banc d'essais.

Dans les deux cas, le choix de l'accélération donne toute son importance à la pesée dynamique. Pour réduire le temps de calcul de la racine carrée donnant la vitesse de consigne (3.11) nous utilisons un algorithme itératif simple dont la convergence est rapide et dont la première approximation est la valeur précédemment calculée.

algorithme:

```
REPEAT
  Un+1 := ½ ( Un + TRUNC ( carré DIV Un ) );
UNTIL ( ABS ( Un+1 - Un ) <= 1 );
```

Cette procédure évite la tabulation des résultats de ce calcul, difficilement envisageable par ailleurs, compte tenu de l'ampleur des variations du coefficient K.

Pendant la phase de décélération, lorsque la moitié de la distance est parcourue, la valeur de l'entier naturel i est calculée comme suit :

$$i = \frac{\text{Destination} - X_i}{D_o}$$

Nous obtenons ainsi la même évolution de vitesse en accélération et en décélération.

Le calcul de vitesse de consigne en fonction de la distance permet en outre de prendre une décision lorsqu'un appel palier survient au cours d'une course. Pour deux niveaux I et J respectivement origine et destination, dès que la pesée est effectuée nous connaissons la courbe C-I-J (figure 3.3) de vitesse de consigne. Si pendant ce trajet, un usager demande un arrêt au niveau K intermédiaire, nous pouvons, connaissant la position de la cabine et des niveaux, calculer la distance restant à parcourir avant d'atteindre ce niveau. Si la vitesse de la cabine est proche de la vitesse de consigne relative à cette distance nous pouvons prendre en compte cet appel et adopter la courbe C-I-K comme nouvelle consigne.

Bien qu'ayant choisi la définition spatiale de la vitesse de consigne, nous sommes amenés à reconsidérer ce choix dans la phase finale du mouvement.

La phase finale du mouvement doit s'opérer à très faible vitesse pour que l'usager ne ressente pas la retombée du frein mécanique. Le temps pour parcourir les derniers millimètres est très long. L'information de position variant peu nous adoptons, là aussi, une définition temporelle de la vitesse de consigne afin de continuer à commander correctement le mouvement.

### 1.3. REGULATION DE VITESSE

Le bloc de contrôle éloigné PC3 assure l'asservissement de la vitesse de rotation du moteur à la vitesse de consigne calculée par le bloc PC4 (figure 1.2). L'algorithme calcule la fréquence de l'onduleur et la tension de consigne pour le module de régulation de tension (PC'3).

La fréquence de l'onduleur, établie de proche en proche est la somme d'une fréquence dite synchrone  $F_s$  et d'une fréquence d'entraînement  $F_e$ . La première se calcule à partir de la vitesse de rotation du moteur et correspond à un fonctionnement à glissement nul./22/

$$F_s = p \cdot v / 60$$

ou  $p$  est le nombre de paires de pôles du moteur  
et  $v$  est la vitesse de rotation en tr/min.

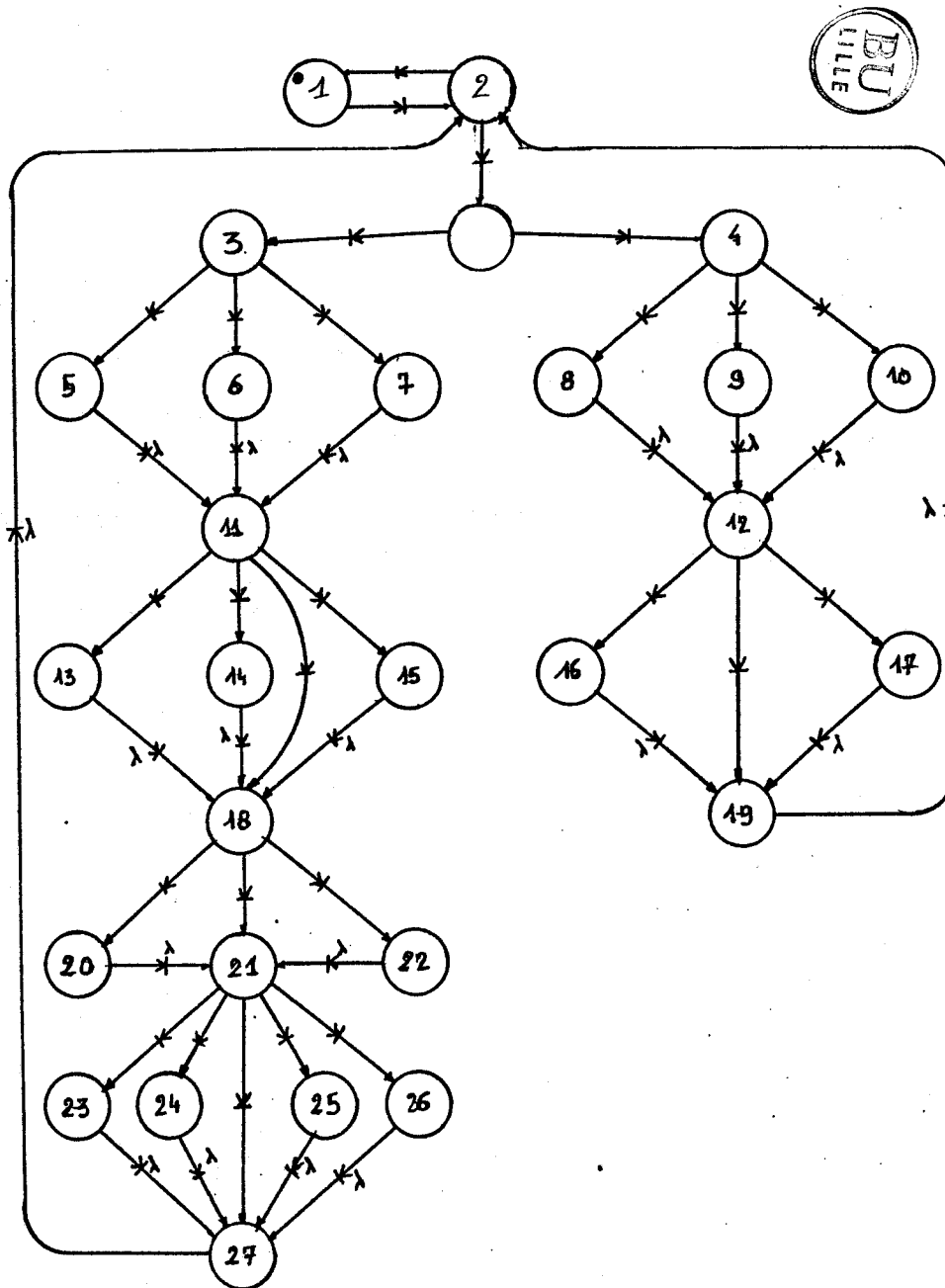
La seconde est le résultat d'une correction cumulée de la régulation. Si la fréquence d'entraînement est positive cela signifie que la charge exerce un couple résistant et inversement si le signe est négatif la charge est entraînant. Rappelons que pour un ascenseur le poids de la cabine à demi-charge est équilibré par un contrepoids, une charge entraînant correspond à une montée à vide, par exemple et un cas de charge résistante pourrait être une descente à vide.

L'évolution de la fréquence d'entraînement est calculée en fonction des mesures de courant et de vitesse du moteur. Le réseau de Pétri de la figure 3.4 analyse l'ensemble des configurations possibles et le tableau qui l'accompagne précise les réceptivités et les actions. Deux branches distinctes apparaissent dans ce graphe, l'une correspond au fonctionnement en alternatif (à gauche) et l'autre au fonctionnement continu (à droite). En effet, l'onduleur a une fréquence minimale d'environ 2Hz, et la fin du freinage est contrôlée par injection de courant continu.

L'étape 1 de la figure 3.4 est l'étape de surcharge, le convertisseur n'est plus commandé, nous la quittons lorsque le signal d'acquiescement est accepté. Nous attendons en 2 l'instant de scrutation de la régulation puis dans les étapes 3 ou 4 selon le mode de fonctionnement adopté, nous calculons l'écart (Ev) existant entre la vitesse du moteur et sa consigne. Dans le fonctionnement normal de l'onduleur, cinq cas peuvent se présenter:

- 1 : la vitesse suit dans une tolérance acceptable la consigne
- 2 : la vitesse se rapproche de la consigne par valeur supérieure
- 3 : la vitesse se rapproche de la consigne par valeur inférieure
- 4 : la vitesse s'éloigne de la consigne par valeur supérieure
- 5 : la vitesse s'éloigne de la consigne par valeur inférieure.

Dans les trois premiers cas, nous passons par l'étape 5 et nous annulons une variable "d" qui traduit le sens de la variation à donner à la fréquence d'entraînement. Dans les cas 4 et 5, nous affectons respectivement les valeurs -1 ou +1 à "d".



```

#####
# PC 3
#####
# ACTIONS
#
# A1: Fo = Fo.min
# A2: tr = increment temps
# A3: alternatif & Ev = Vc-V
# A4: continu & Ev = Vc-V
# A5: d = 0
# A6: d = -1
# A7: d = 1
# A8: d = -1
# A9: d = 1
# A10: d = 0
# A11: Ei = Ic - I
# A12: Ei = Ic - I
# A13: d = -1
# A14: d = 1
# A15: d = 2 d
# A16: d = 2 d
# A17: d = -1
# A18: Fe = Fe + Kfe.d
# A19: Uc = Uc + Kte.d
# A20: Fe = Fe.min
# A21: Fo = Fs + Fe
# A22: Fe = Fe.max
# A23: Fo = Fo.min
# A24: detection default
# A25: detection default
# A26: Fo = Fo.max
# A27: Uc = (Fo^2 + seuil^2)^1/2
#
# TRANSITIONS
#
# T12: acquittement
# T21: surcharge onduleur
# T23: tr - Tr > 0 & surcharge onduleur
# T3: Fe >= 0 OU dFe >= 0 OU Fo > Fo.min
# T4: Fe < 0 & dFe < 0 & Fo = Fo.min
# T35: /Ev/ < seuil ecart vitesse OU Ev décroissant
# T36: Ev < -seuil ecart vitesse & (Ev croissant ou constant)
# T37: Ev > seuil ecart vitesse & (Ev décroissant ou constant)
# T48: Ev > seuil ecart vitesse & (Ev croissant ou constant)
# T49: [Ev < -seuil ecart vitesse & (Ev croissant ou constant)]
# OU [/Ev/ < seuil & Vc < Vc.min]
# T410: [/Ev/ > seuil ecart vitesse & (Ev décroissant)]
# OU [/Ev/ < seuil & Vc >= Vc.min]
# T1113: Ei < -seuil ecart courant & Ei croissant ou constant & Fe >= 0
# T1114: Ei < -seuil ecart courant & Ei croissant ou constant & Fe < 0
# T1115: Ei > seuil ecart courant & Ei croissant ou constant
# T1216: Ei > seuil ecart courant & Ei croissant ou constant
# T1217: Ei < -seuil ecart courant & Ei croissant ou constant
# T1118: /Ei/ < seuil ecart courant OU Ei décroissant
# T1219: /Ei/ < seuil ecart courant OU Ei décroissant
# T1820: Fe < Fe.min
# T1821: Fe >= Fe.min & Fe <= Fe.max
# T1822: Fe > Fe.max
# T2123: Fo < Fo.min
# T2124: Fo - Fdetection default > 0
# T2125: Fo - Fdetection default < 0
# T2126: Fo > Fo.max
# T2127: Fo.min <= Fo <= Fo.max & T2124 & T2125
#####

```

Figure 3.4. Réseau de Pétri de la régulation de vitesse

Dans l'étape 11, nous calculons l'écart entre l'intensité mesurée et la valeur de consigne. Si cet écart est faible ou tend à diminuer, nous passons par l'étape 18 sans modifier  $d$ . Si le courant est en dessous de la consigne ou s'en écarte, nous intensifions la réaction en multipliant  $d$  par 2. Dans le cas contraire si l'écart est négatif, on ne prend plus en compte " $d$ " et nous diminuons la valeur absolue de la fréquence d'entraînement (étapes 13 et 14), si celle-ci tend à s'annuler, la vitesse du moteur se stabilise et le courant diminue notablement.

Nous affectons ensuite un poids à la variation de la fréquence d'entraînement (étape 18) ce gain  $K_{fe}$  est calculé dès que l'estimation de la charge est effectuée, puis nous vérifions que la fréquence d'entraînement n'a pas dépassé ses limites.

Dans l'étape 21, nous calculons  $F_0$ , fréquence à appliquer à l'onduleur. Si celle-ci est suffisamment élevée nous autorisons, si cela n'est pas fait, le fonctionnement du dispositif de protection des transistors. La figure 3.6 est le schéma fonctionnel tel qu'il a été programmé de la régulation.\* Nous multiplions l'écart de vitesse par la différence des variations de vitesse réelle et de consigne pour obtenir de valeur " $d$ ".

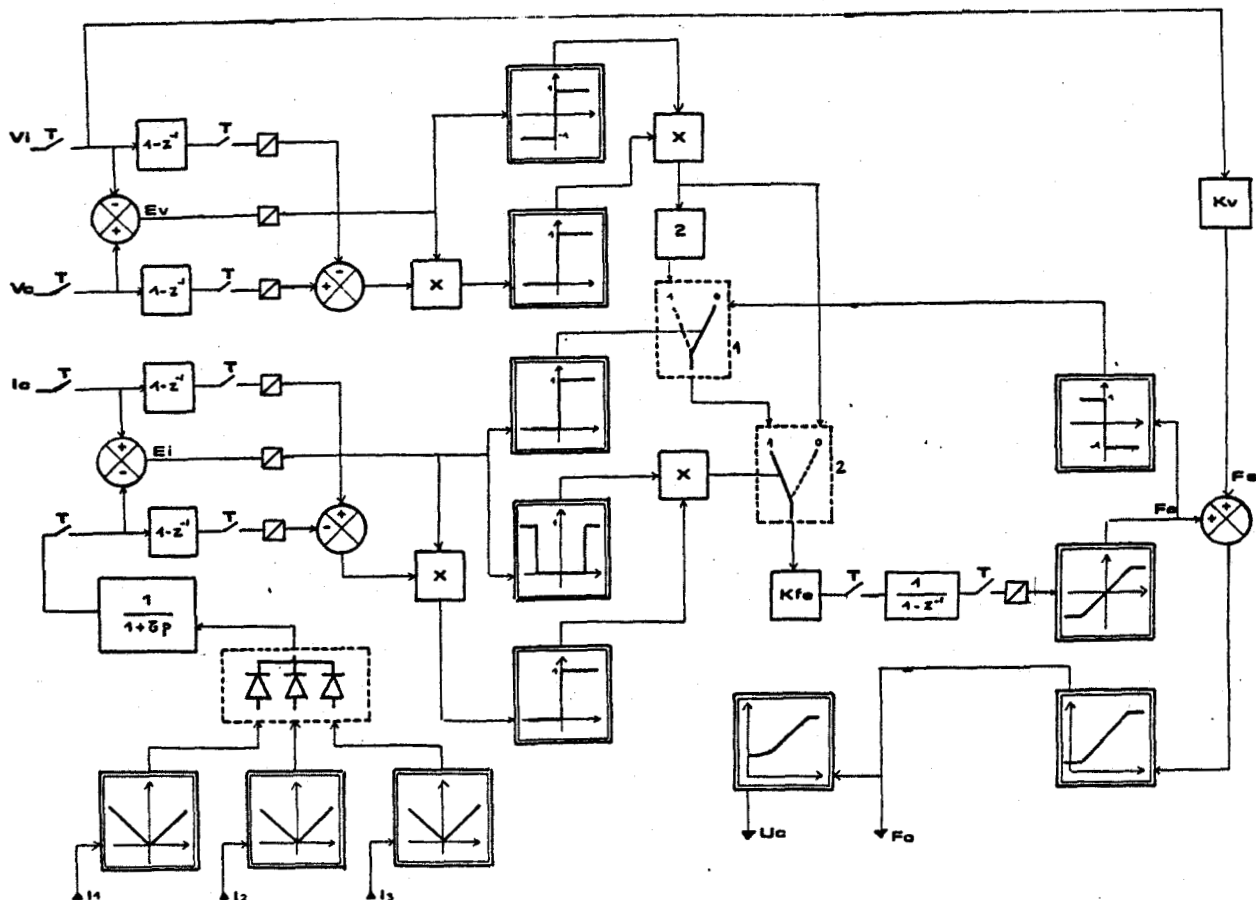


fig 3.6. Schéma fonctionnel

Le même algorithme est utilisé pour l'intensité et les blocs de commutation 1 et 2 réalisent les choix d'amplification ou de suppression de la variation de la fréquence d'entraînement.

Pour que les variations, dans les deux sens, de la fréquence de l'onduleur ne provoquent des changements de motifs fréquents et inutiles, le bloc PC2 de contrôle rapproché de l'onduleur introduit un cycle d'hystérésis pour chacune de ces transitions (figure 3.5).

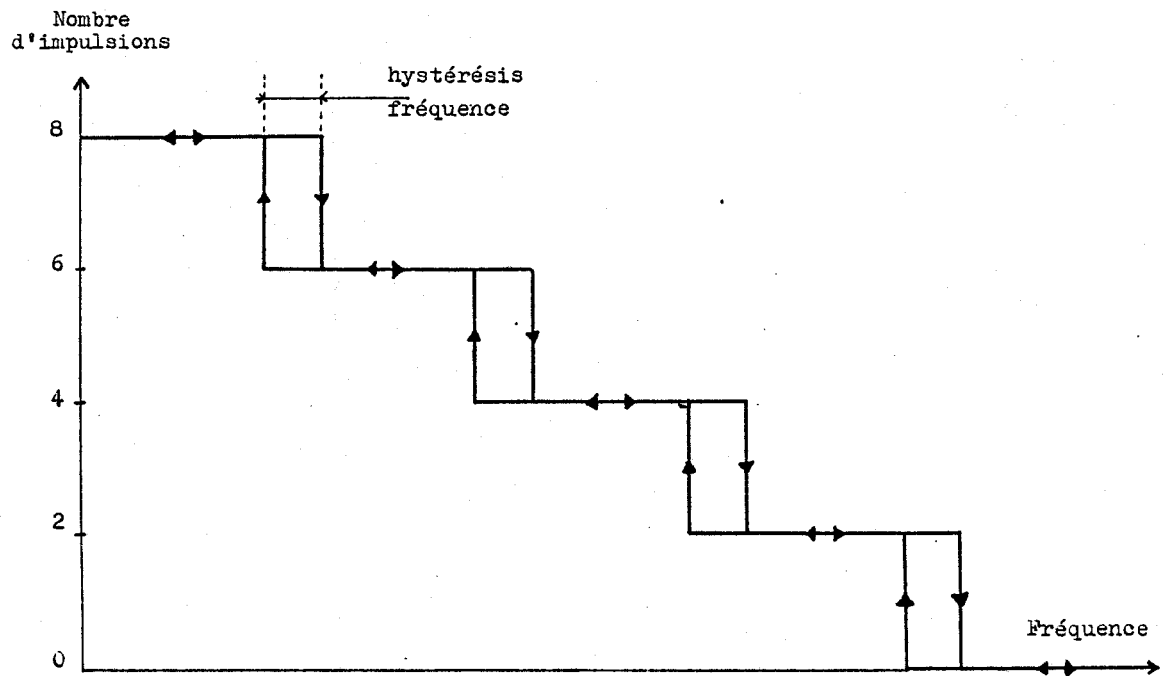


Figure 3.5. Choix de la forme d'onde

La dernière opération est le calcul de la tension de consigne correspondant à la fréquence appliquée. Afin de ne pas saturer la machine, nous devons faire varier l'amplitude de la tension proportionnellement à la variation de fréquence. Le rapport  $u/f$  maintenu constant, nous disposons d'un couple constant dans toute la plage de vitesse. Toutefois, pour les faibles valeurs de fréquence l'influence des résistances statoriques augmentant il est nécessaire d'accroître la tension d'alimentation (figure 3.7) suivant la loi

$$U_c = K \sqrt{F_o^2 + \text{seuil tension}^2}$$

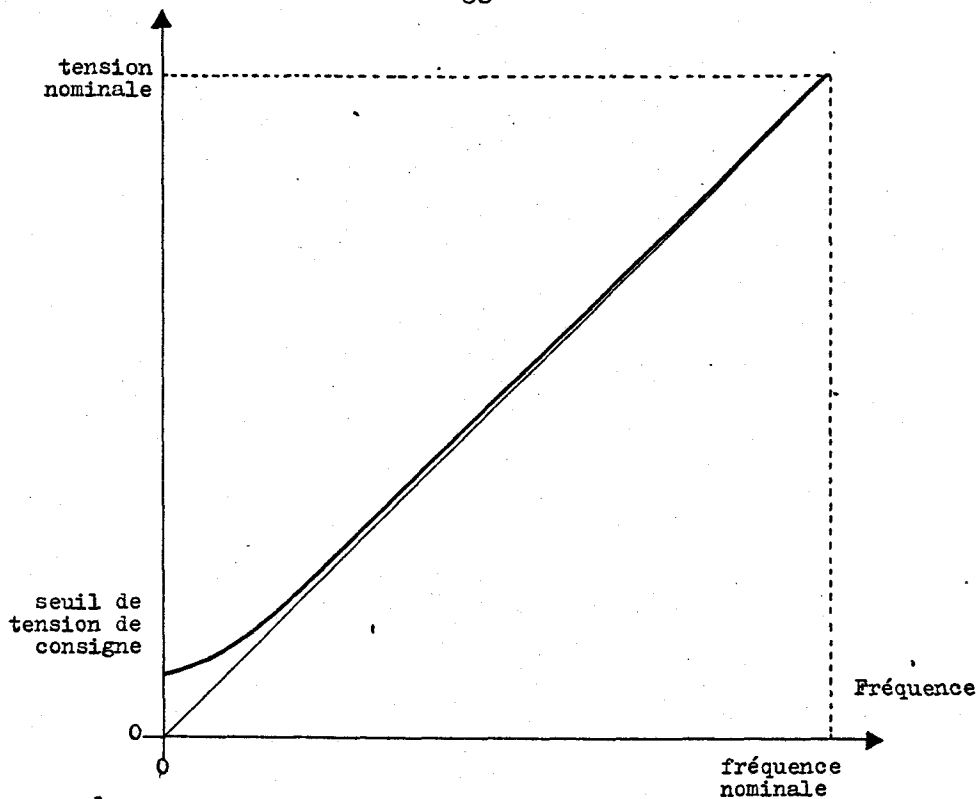


Figure 3.7. Tension de consigne en fonction de la fréquence

Lorsque le moteur est alimenté en tension continue, la grandeur de réglage est la tension de consigne, elle est déterminée de proche en proche en observant d'une façon comparable à celle vue auparavant, les évolutions de la vitesse et de l'intensité.

#### 1.4. REGULATION DE TENSION PC'3

Le contrôle éloigné PC'3 commande le hacheur et le dispositif de freinage. Il reçoit d'une part la tension de consigne  $U_c$ , du bloc PC3, et d'autre part la valeur de la tension mesurée aux bornes d'entrée de l'onduleur. Le rapport cyclique à appliquer est obtenu en sommant le rapport cyclique correspondant à la tension de consigne et le rapport cyclique d'entraînement. Ce dernier permet d'intégrer la dynamique de la régulation, pendant la montée en vitesse, il prend progressivement sa valeur maximum et inversement lors du freinage, il devient négatif et accélère la chute de tension. Le rôle de la régulation est d'ajuster sa valeur en fonction de la charge entraînée. L'algorithme est semblable à ceux vus auparavant, si l'écart de tension est inférieur à un seuil ou s'il diminue aucune correction n'est effectuée, tandis que s'il augmente, nous additionnons ou retranchons, au rapport cyclique d'entraînement, suivant son signe, un incrément proportionnel à la charge.



Les deux actionneurs, justifient un multigraphe (figure 3.8), et un combinatoire de sortie qui assure l'exclusivité des fonctionnements du hacheur et du frein. Le troisième graphe est celui du bloc PC'2 de contrôle rapproché du hacheur, ainsi que le montre la figure 3.9 le rapport cyclique calculé n'est pas celui que l'on applique, si les limites haute et basse sont atteintes. Afin d'éviter des transitions de commande trop rapprochées nous annulons un rapport cyclique trop petit et inversement nous le rendons égal à l'unité s'il est proche de 1.

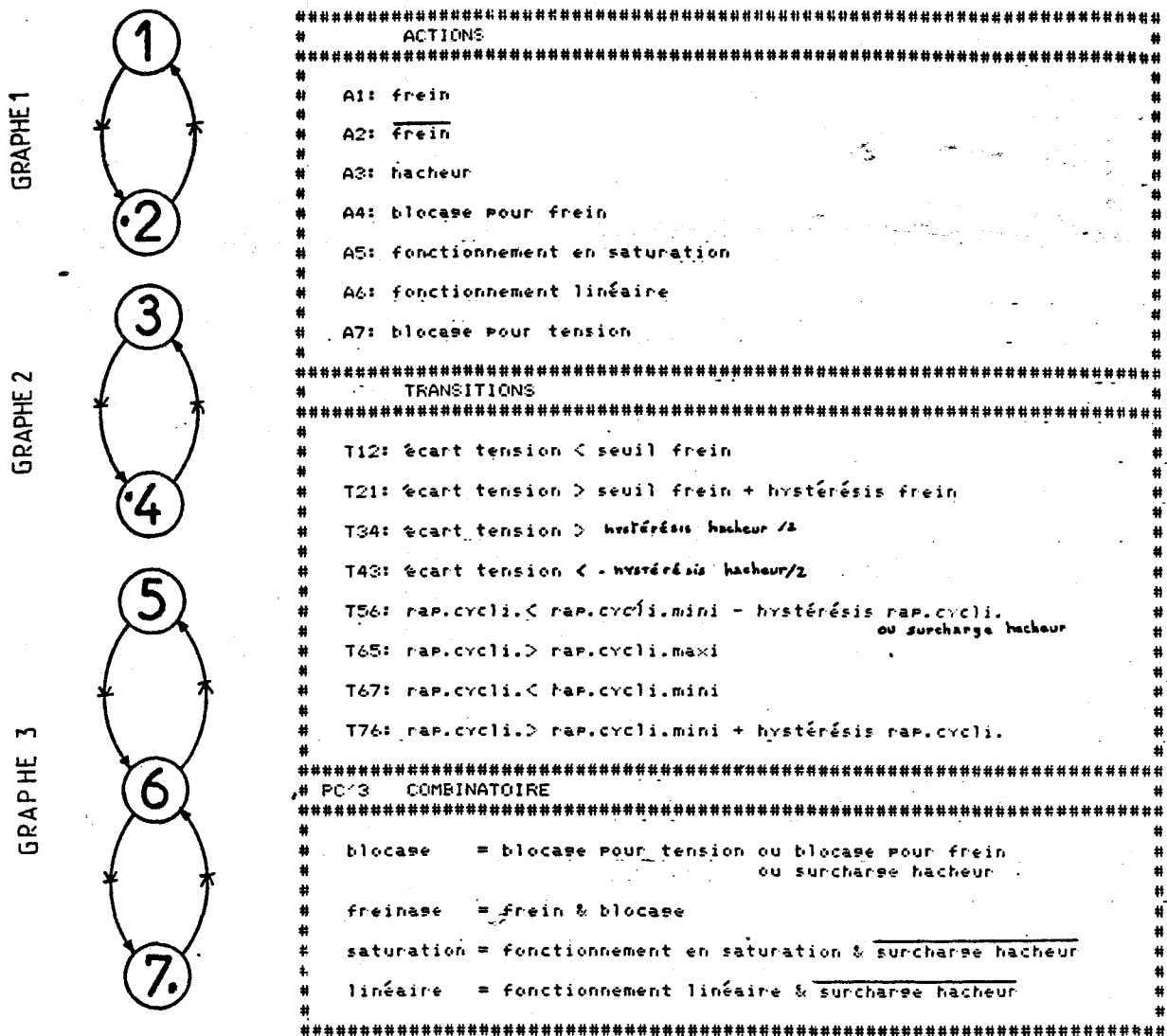


Figure 3.8. Multigraphe de la commande de tension

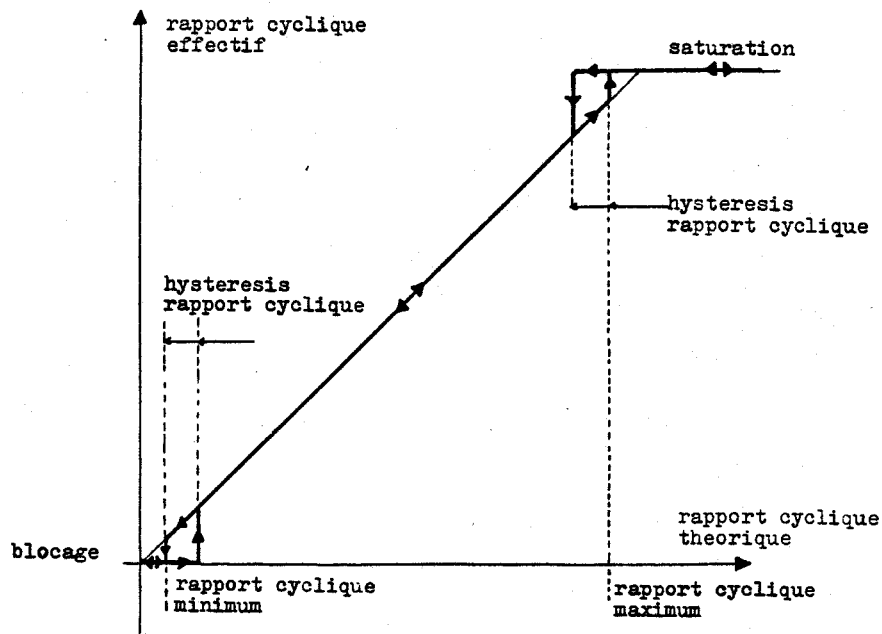


Figure 3.9. Rapport cyclique appliqué

La figure 3.10 nous montre comment sont utilisés le hacheur et le frein en fonction de la valeur de l'écart de tension  $E_t$ , les cycles d'hystérésis des commandes sont liés et se déplacent avec l'axe repéré  $E_t$ . La largeur de ces cycles sont des paramètres de l'équipement.

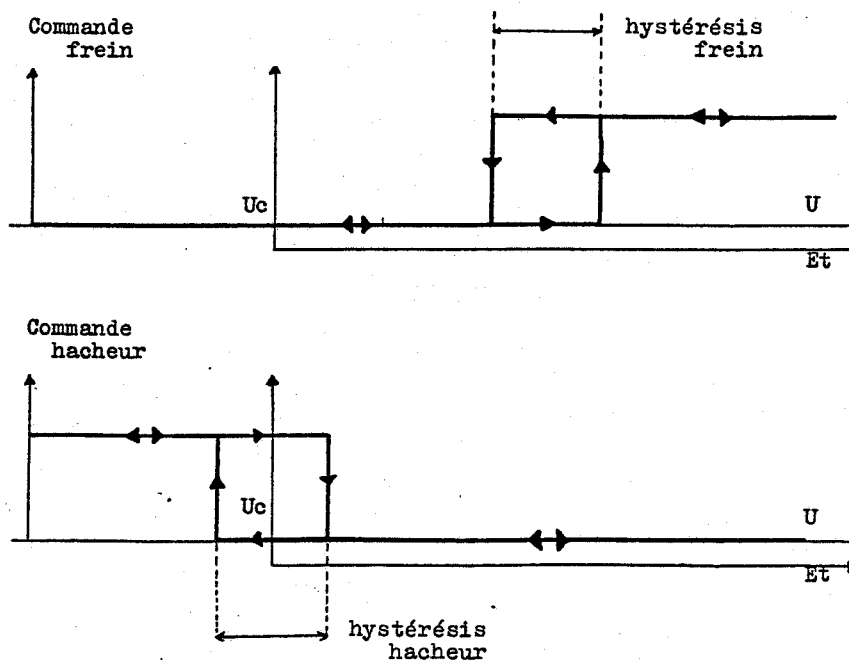


Figure 3.10. Commande hacheur/frein

## 2 - REPONSE CALCULEE DE L'ENSEMBLE

Afin de vérifier la validité de l'algorithme qui contrôle à la fois la vitesse du moteur et le courant dans le convertisseur nous avons établi un programme de simulation de l'ensemble (annexe 3). Le dispositif hacheur-frein et l'onduleur sont reproduits par leurs graphes de commande et de fonctionnement selon la formulation, maintenant classique, rappelée par la figure 3.11. L'évolution des grandeurs électriques ; tensions, courant et mécaniques : couple et vitesse sont calculés à l'aide des équations du moteur et de sa charge.

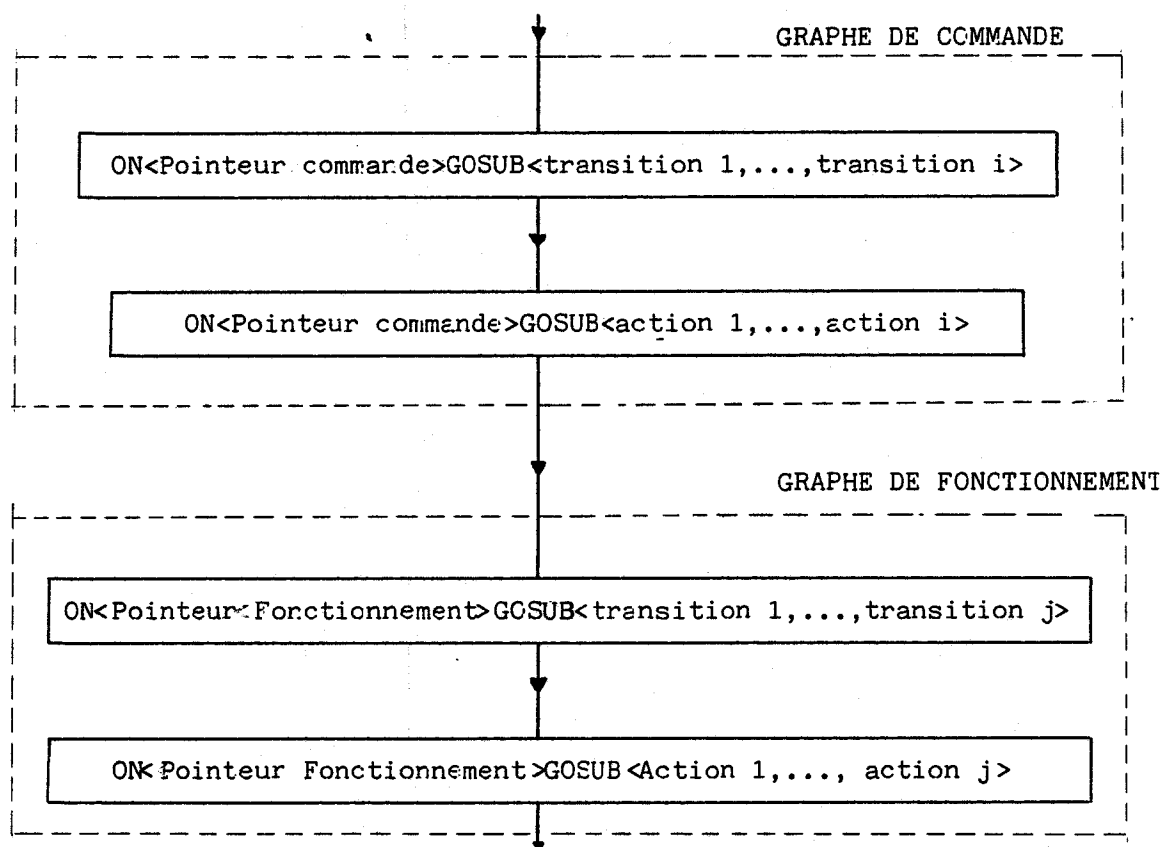


Figure 3.11. Structure de programmation./17/

Nous présentons deux résultats obtenus à partir de ce programme, le premier (figure 3.12) est la simulation d'une montée en vitesse à 500 tr/min, du moteur. Nous pouvons constater les variations de la fréquence appliquée au moteur pour maintenir le courant à sa valeur maximum compatible avec la réalisation matérielle des convertisseurs. Notons

que la fréquence de passage dans l'algorithme de régulation est très élevée. L'image de l'intensité visualisée (figure 3.12) est calculée par un sous-programme qui redresse et filtre les trois signaux de courant d'alimentation de la machine asynchrone. La seconde simulation, représente elle aussi une mise en vitesse du moteur en appliquant un couple résistant constant de 50 Nm. Nous ajoutons aux grandeurs vues précédemment l'évolution du couple électrique ainsi que les courants circulant dans deux phases d'alimentation du moteur. Pour les deux simulations présentées la vitesse de consigne est une droite en fonction du temps et l'accélération est constante. Les résultats obtenus valident le choix de l'algorithme de régulation choisi (figure 3.13).

### 3 - PROGRAMMATION STRUCTUREE

Afin de ne pas trahir la méthode de description fonctionnelle, qui s'attache à découper l'ensemble d'un système complexe en sous-ensembles élémentaires plus simples à décrire, il nous semble préférable d'utiliser un langage évolué pour transposer les réseaux de Pétri dans le programme de simulation. La formulation du problème conserve toute sa complexité, mais ce type de langage exige une rigueur et impose les contraintes nécessaires pour refléter la clarté de la description fonctionnelle. Il met en évidence le découpage et permet la visualisation sans la représentation du ou des graphes, nous pouvons plus aisément isoler un bloc de conversion électrique ou mécanique et le remplacer.

Nous proposons une structuration possible (figure 3.14) réalisée en langage "Pascal" qui n'est certainement pas le mieux adapté, "Modula 2" du même auteur\* le serait sans doute plus. Cette fois la structuration ne repose plus sur une seule instruction mais sur un ensemble de déclarations qui en quelques lignes situent exactement la position du problème. Nous décrivons tout d'abord la chaîne de conversion puis le découpage et enfin les graphes associés à chacun des modules. Nous avons adopté une structuration basée sur le caractère fonctionnel de chacun des modules, c'est à dire que les initialisations des graphes, les transitions et les actions sont regroupées pour tous les éléments de la chaîne de conversion. Il est évidemment possible d'orienter ce découpage autour des dispositifs de conversion.

\* NIKLAUS WIRTH /18/ /21/.

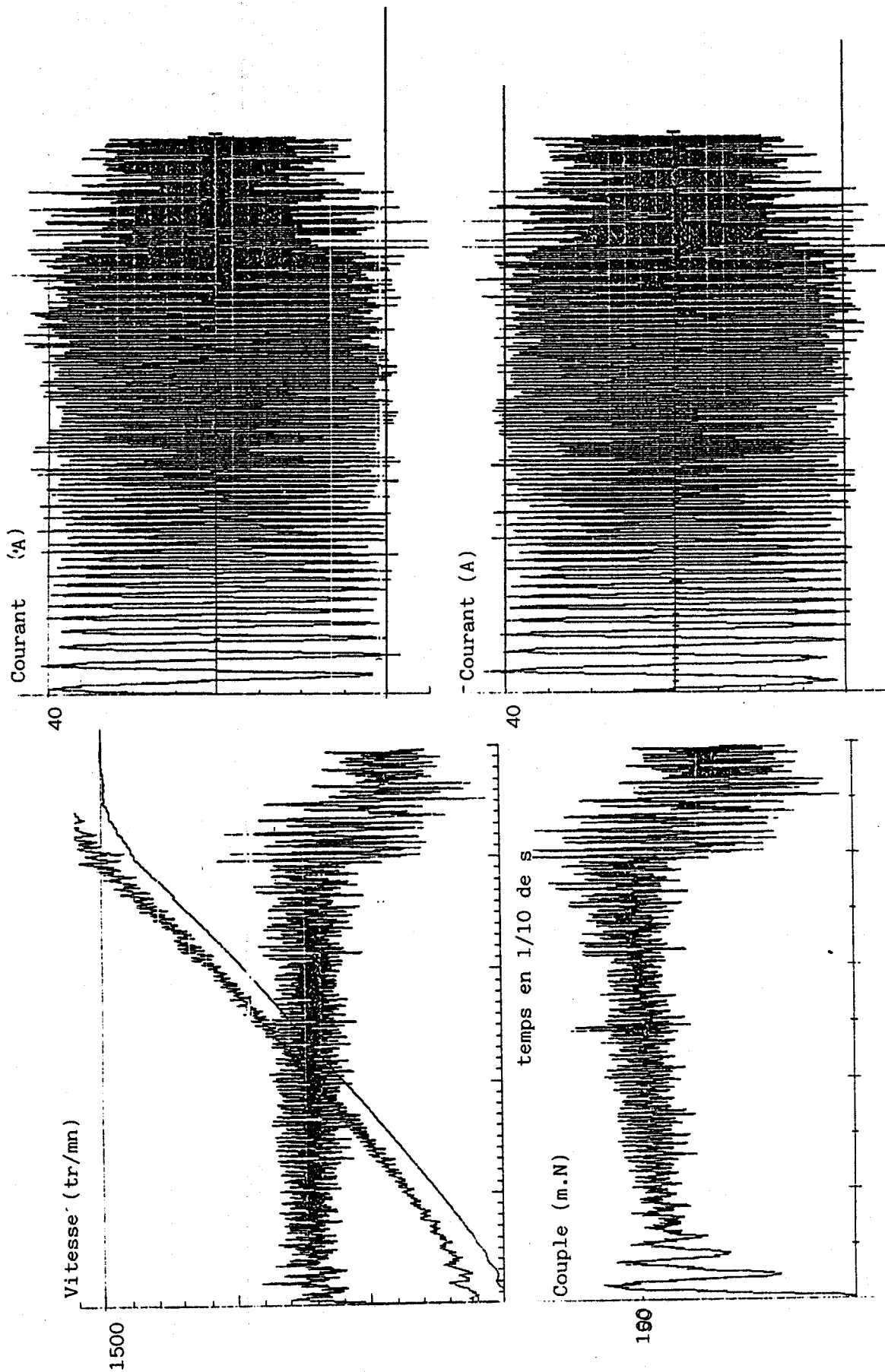
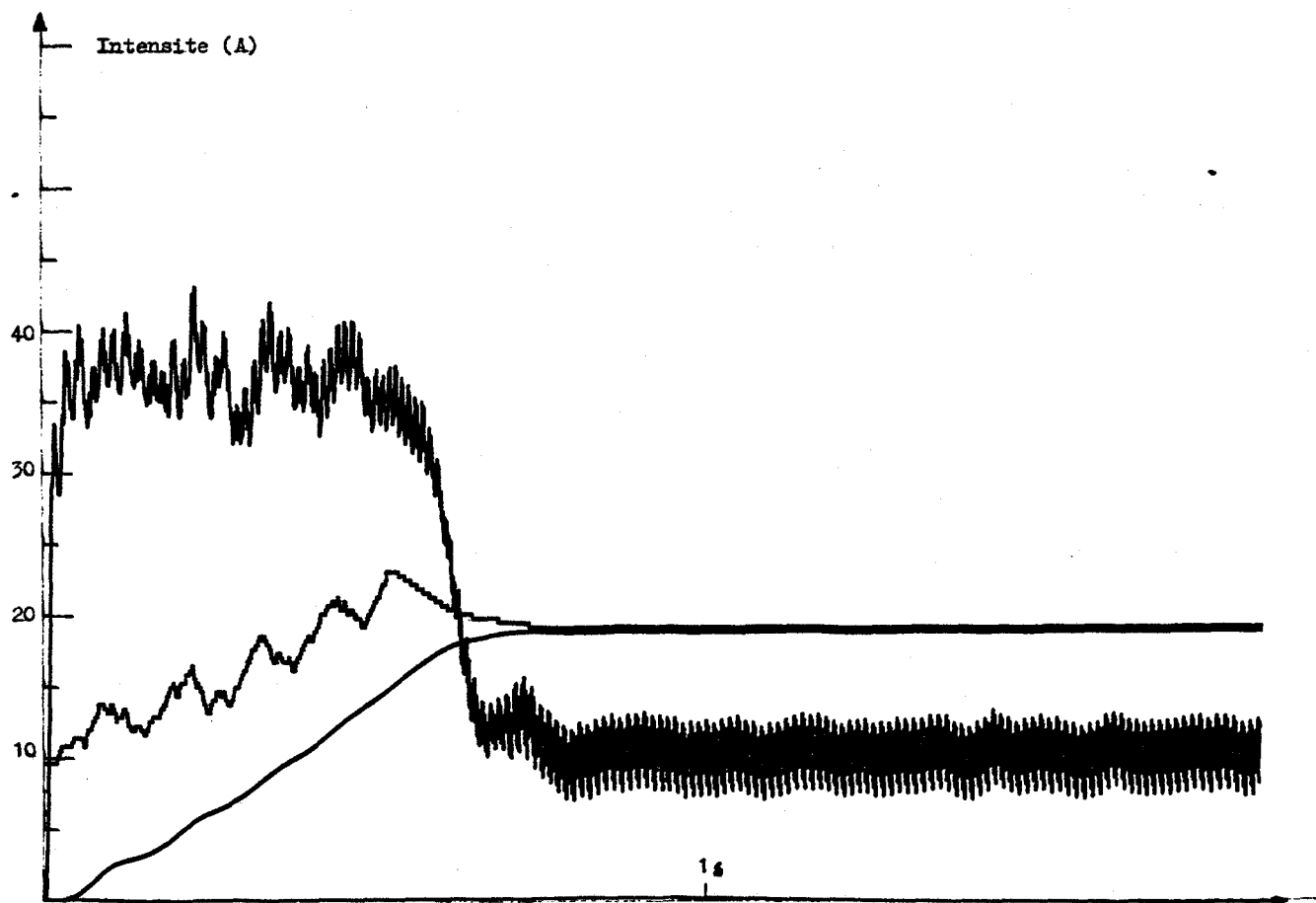


Fig 3.13 Simulation d'une montée en vitesse à  $\frac{1}{2}$  charge

Le programme principal est construit autour d'une boucle "REPEAT... UNTIL" qui se termine lorsque l'intervalle de temps à simuler est terminé (figure 3.15) à l'intérieur de cette boucle nous incrémentons le temps à simuler puis pour chacun des graphes nous regardons si l'instant de scrutation est arrivé, si c'est le cas nous effectuons la mise à jour du graphe sinon nous passons au graphe suivant.

Chaque graphe dispose de deux variables de temps, une relative au temps absolu et l'autre étant une variable de temps local traduisant la périodicité des systèmes étudiés.

Les variables sont, elles aussi, structurées (figure 3.16) ainsi par exemple le type d'un moteur est parfaitement défini dans une seule variable, il suffit de l'initialiser pour identifier parfaitement la machine et ceci n'appelle aucun commentaire.



Fréquence 3.12. Simulation montée en vitesse à vide

```

0 ($MAP,STATMAP,CKINDEX,CKSUB,CKSET)
0 PROGRAM SIMULATION;
0 (*****
0 * Ce fichier contient les bases d'une structure qu'il est possible *
0 * d'utiliser pour simuler un ensemble de systemes electromecaniques *
0 * associant par exemple un convertisseur de puissance et un moteur *
0 * Nous realisons une description fonctionnelle des modules par la *
0 * methode des grafets.(D.E.S.I.G.N) *
0 *****)
0
0 CONST
0   Nombre_maximum_Places =8;
0
0 TYPE
0   MODULE =(redresseur.hacheur_frein,onduleur_brasi,onduleur_bras2,
0             onduleur_bras3,moteur,regulation_vitesse,regulation_tension);
0
0   APPELATIONS=redresseur..regulation_tension;
0
0   NATURE =(command.fonction);
0
0   OBJET = command..fonction;
0
0   PLACES =(place1,place2,place3,place4,place5,place6,place7,place8);
0
0   PLACE =place1..place8;
0
0   HORIZON = RECORD
0             initial :REAL;
0             present :REAL;
0             increment:REAL;
0             final :REAL;
0           END; (of horizon)
0
0   RESEAU_PETRI= RECORD
0             designation :OBJET;
0             Nombre_places:1..Nombre_maximum_Places;
0             Place_active :Place;
0             liaison :PACKED ARRAY [Place1..Place8] OF
0               SET OF PLACES;
0           END; (of reseau_petri)
0
0   GRAPHES = RECORD
0             scrutation :HORIZON;
0             temps_local :HORIZON;
0             commande :RESEAU_PETRI;
0             fonctionnement:RESEAU_PETRI;
0           END; (of graphes)
0
0   MULTIGRAPHE=ARRAY [redresseur..regulation_tension]OF GRAPHES;

```

```

0 ($PAGE)
0 VAR
0   Application :MULTIGRAPHE;
0   Temps :HORIZON;
0
0 PROCEDURE INITIALISATION(VAR Dispositif :MULTIGRAPHE); FORWARD;
0 PROCEDURE AVANCE (VAR Variable :HORIZON); FORWARD;
0 PROCEDURE TRAITEMENT ( Dispositif :APPELATIONS;
0   VAR Reseau :RESEAU_PETRI); FORWARD;
0
0

```

```

0 PROCEDURE ACTION ( Dispositif :APPELATIONS;
0   VAR Reseau :RESEAU_PETRI;
0   Etape :PLACE ); FORWARD;
0
0 FUNCTION TRANSITION ( Dispositif :APPELATIONS;
0   VAR Reseau :RESEAU_PETRI;
0   origine :PLACE;
0   destination :PLACE):BOOLEAN; FORWARD;
0
0

```

```

10 ($PAGE)
0 PROCEDURE INITIALISATION(VAR Dispositif:MULTIGRAPHE);
0
0 BEGIN (initialisation)
0   WITH Dispositif[hacheur_frein] DO
0     BEGIN
0       WITH scrutation DO
0         BEGIN
0           initial:=0;
0           present:=initial;
0           increment:=6E-6;
0           final:=2;
0         END; (with scrutation)
0       WITH temps_local DO
0         BEGIN
0           initial:=0;
0           present:=initial;
0           increment:=1;
0           final:=360;
0         END; (with temps_local)
0       WITH Commande DO
0         BEGIN
0           designation:=command;
0           Nombre_places:=2;
0           Place_active:=place1;
0           liaison[place1]:=place2;
0           liaison[place2]:=place1;
0         END; (with commande)
0       WITH Fonctionnement DO
0         BEGIN
0           designation:=fonction;
0           Nombre_places:=5;
0           Place_active:=place1;
0           liaison[place1]:=place2,place3;
0           liaison[place2]:=place1,place3,place4;
0           liaison[place3]:=place1,place2,place5;
0           liaison[place4]:=place2,place5;
0           liaison[place5]:=place3,place4;
0         END; (with fonctionnement)
0       END; (with application.hacheur_frein);
0     END; (initialisation)
0
0 PROCEDURE AVANCE (VAR Variable:HORIZON);
0
0 BEGIN (avance)
0   WITH Variable DO
0     BEGIN
0       present:=present+increment;
0       IF present > final THEN present:=present - final;
0     END;
0   END; (avance)
0

```

Figure 3.14a. Structure du programme de simulation

```

5 ($PAGE)
0 PROCEDURE TRAITEMENT (   Dispositif:AFFELATIONS;
4                           VAR Réseau   :RESEAU_PETRI);
4
4 VAR origine:place;
6
1 BEGIN                               (traitement)
1   WITH Réseau DO
2     REPEAT
3       origine:=place_active;
4       FOR destination:=Place1 TO Place8 DO
5         IF (destination IN liaison(place_active))AND
6           (TRANSITION(dispositif.reseau.origine.destination))
7         THEN Place_active:=destination;
8         UNTIL (place_active=origine);
7       ACTION(dispositif.reseau.reseau.place_active);
8     END;                               (traitement)

```

```

8 ($PAGE)
0 FUNCTION TRANSITION(   Dispositif :AFFELATIONS;
8                           VAR Réseau :RESEAU_PETRI;
8                           origine    :PLACE;
8                           destination :PLACE):BOOLEAN;
10 VAR proposition:BOOLEAN;
12
1 BEGIN                               (transition)
1   CASE Dispositif OF
2     Hacheur_freint
3     IF Réseau.designation = command
4     THEN CASE origine OF
5       place1:CASE destination OF
6         place2:TRANSITION:=proposition;
6         OTHERWISE
6         END;
7       place2:CASE destination OF
8         place1:TRANSITION:=proposition;
9         OTHERWISE
9         END;
10      END (case origine)
10     ELSE CASE origine OF
11       place1:CASE destination OF
12         place2:TRANSITION:=proposition;
13         place4:TRANSITION:=proposition;
14         OTHERWISE
14         END;
15       place2:CASE destination OF
16         place1:TRANSITION:=proposition;
17         place3:TRANSITION:=proposition;
18         place4:TRANSITION:=proposition;
19         OTHERWISE
19         END;
20       place3:CASE destination OF
21         place1:TRANSITION:=proposition;
22         place2:TRANSITION:=proposition;
23         place5:TRANSITION:=proposition;
24         OTHERWISE
24         END;

```

```

25       place4:CASE destination OF
26         place2:TRANSITION:=proposition;
27         place5:TRANSITION:=proposition;
28         OTHERWISE
28         END;
29       place5:CASE destination OF
30         place3:TRANSITION:=proposition;
31         place4:TRANSITION:=proposition;
32         OTHERWISE
32         END;
33     END (case origine)
33   END; (dispositif)
33 END;                               (transition)

```

```

33 ($PAGE)
0 PROCEDURE ACTION (   Dispositif:AFFELATIONS;
6                           VAR Réseau :RESEAU_PETRI;
6                           etape      :PLACE );
1 BEGIN                               (action)
1   CASE Dispositif OF
2     Hacheur_freint
3     IF Réseau.designation = command
4     THEN CASE etape OF
5       place1:BEGIN
6         END; (place1)
5       place2:BEGIN
6         END; (place2)
6     ELSE CASE etape OF
7       place1:BEGIN
8         END; (place1)
8       place2:BEGIN
9         END; (place2)
9       place3:BEGIN
10        END; (place3)
10      place4:BEGIN
11        END; (place4)
11      place5:BEGIN
12        END; (place5)
12    END (case etape) ....
12  END; (case dispositif)
12 END;                               (action)
1 BEGIN                               (simulation)
1   INITIALISATION(Application);
2   REPEAT
3     AVANCE(Temps);
4     FOR s:=Hacheur_freint TO Regulation_tension DO
5       WITH Application[s] DO
6         BEGIN
7           IF Temps.present >= scrutation.present
8           THEN
9             BEGIN
10              AVANCE(scrutation);
10              AVANCE(temps_local);
11              TRAITEMENT(s.commande);
11              TRAITEMENT(s.fonctionnement);
12            END; (then)
12          END; (with application[s])
13        UNTIL (Temps.present = Temps.final );
13      END.

```

Figure 3.15 Structure du programme de simulation





```

0 (MAP,STATMAP,CKINDEX,CKSUB,CKSET)
0 PROGRAM SIMULATION_MOTEUR;
0 (*****
0 * Ce fichier contient les bases d'une structure qu'il est possible *
0 * d'utiliser pour simuler un moteur triphase dans tous ses modes *
0 * d'alimentation, de couplage et de type de rotor bobine ou a case *
0 * d'excit.
0 *
0 *****
0 CONST
0   a_fixer = 0;
0   constante_temps_rotor = 5.85 (secondes);
0   racine_de_trois = 1.732;
0
0 TYPE
0   ALIMENTATION = (sans_monophasie, triphase);
0   TYPE_ROTOR = (bobine_a_case);
0   TYPE_COUPAGE = (triangle, etoile);
0   TYPE_ARMATURE = RECORD
0     statorique: REAL;
0     rotorique: REAL;
0   END;
0   TYPE_MOTEUR = RECORD
0     paire_poles: INTEGER;
0     rotor: (bobine_a_case);
0     couplage: (triangle, etoile);
0     mutuelle: REAL;
0     inductance: (TYPE_ARMATURE);
0     resistance: (TYPE_ARMATURE);
0     mode_alimentation: ALIMENTATION;
0   END;
0   TRIPHAS = (phase1, phase2, phase3);
0   VECTEUR = ARRAY (phase1..phase3) OF REAL;
0   TYPE_COURANT = RECORD
0     lignes: (TYPE_ARMATURE);
0     polysonaux: (VECTEUR);
0     de_park: (VECTEUR);
0   END;
0   TYPE_TENSION = RECORD
0     simples: (VECTEUR);
0     composees: (VECTEUR);
0   END;
0   TYPE_MECHANIQUE = RECORD
0     Couple_perites: REAL;
0     Couple_moteur: REAL;
0     Couple_chasse: REAL;
0     Vitesse: REAL;
0   END;
0
0 VAR
0   Moteur: (TYPE_MOTEUR);
0   Mecanique: (TYPE_MECHANIQUE);
0   Intensite: (TYPE_COURANT);
0   Tension: (TYPE_TENSION);
0   Vecteur_nul: (VECTEUR);
0
0 104

```

```

116 (SPACE)
0 PROCEDURE INITVECTEUR (VAR variable: VECTEUR);
1 BEGIN
1   FOR s:= phase1 TO phase3 DO variable(s):=0;
3 END;
0 (initvecteur)
0 PROCEDURE INITIALISATION (VAR motortype: MOTEUR);
1 BEGIN
1   WITH MOTOR DO
2     BEGIN
2       paire_poles:=2;
2       rotor:=a_case;
2       couplage:=etoile;
2       mutuelle:=0.06333;
2       inductance_statorique:=0.101;
2       IF rotor = a_case
2       THEN inductance_rotorique:=1
2       ELSE inductance_rotorique:=a_fixer;
2       resistance_statorique:=0.27;
2       IF rotor = a_case
2       THEN resistance_rotorique:=constante_temps_rotor
2       ELSE resistance_rotorique:=a_fixer;
2       mode_alimentation:=sans;
2       END; (with motor)
2     END;
15 END;
0 (initialisation)

```

Figure 3.16. Structuration des variables

## CHAPITRE 4

### REALISATION ET RESULTATS

#### 1 - PRESENTATION

La réalisation matérielle du dispositif étudié est décrite dans ce chapitre sous ses aspects fonctionnel, matériel et logiciel. Nous examinons, dans un premier temps, l'ensemble complet puis nous précisons comment sont réalisées chacune des fonctions.

La figure 4.1 expose l'intégralité de l'application, dont le rôle essentiel est d'assurer l'interface entre les ordres d'un opérateur humain et la partie opérative: le moteur. Cet interface complexe se décompose en sous-ensembles faisant appel à des technologies différentes, liées à la nature des signaux rencontrés. Le terminal informatique saisit les ordres, par l'intermédiaire du clavier, et les transmet au microprocesseur qui les traite et les transforme en signaux de commande destinés au convertisseur.

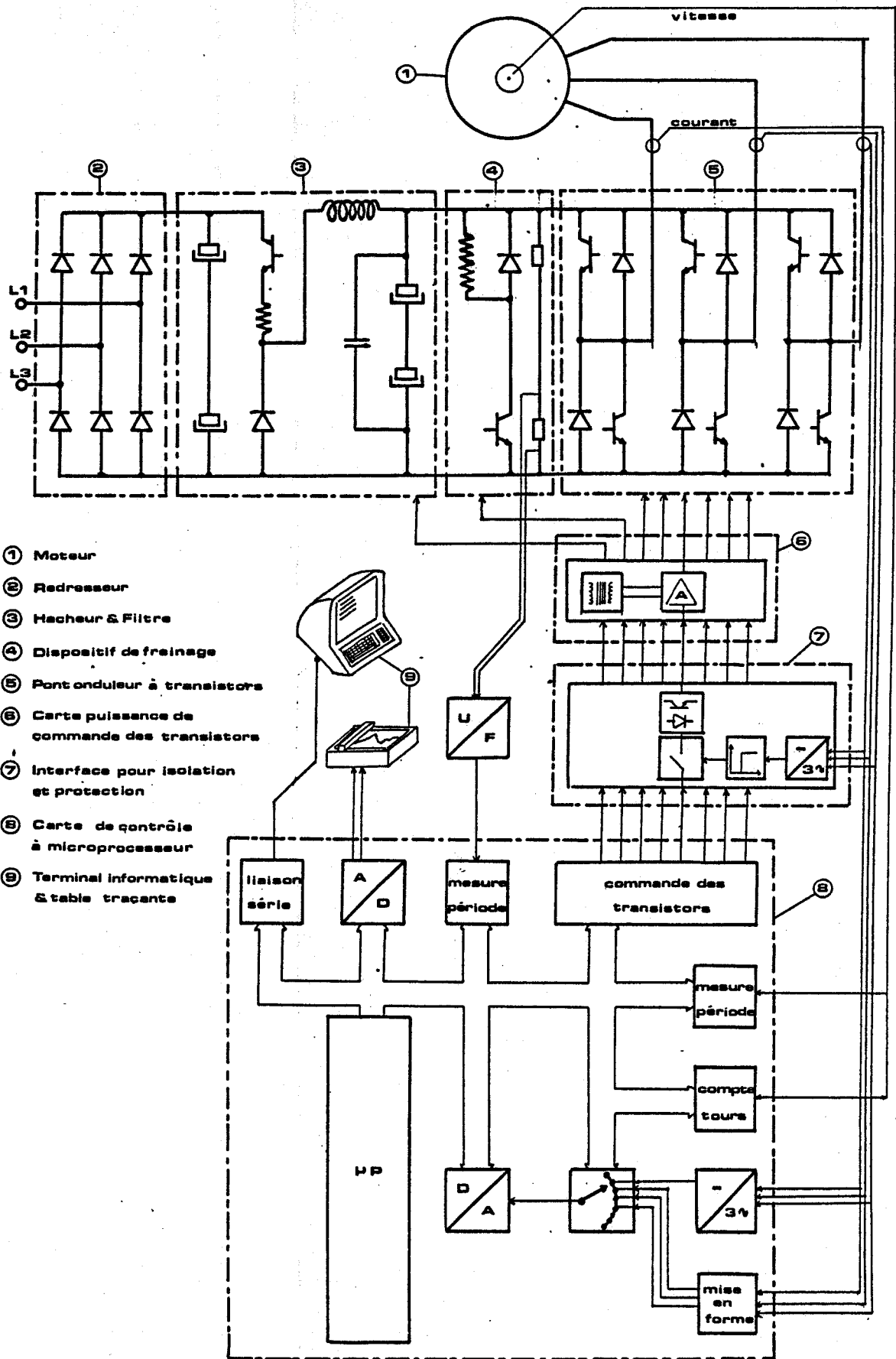


Fig 4.1 Schéma de l'ensemble

Ces signaux doivent être rendus compatibles pour atteindre l'étage de puissance qui alimente le moteur, ces deux derniers sous-ensembles renvoient par l'intermédiaire de capteurs les grandeurs nécessaires aux prises de décision de l'unité centrale. De même le microprocesseur rend compte du déroulement des opérations au manipulateur à l'aide de l'écran du terminal.

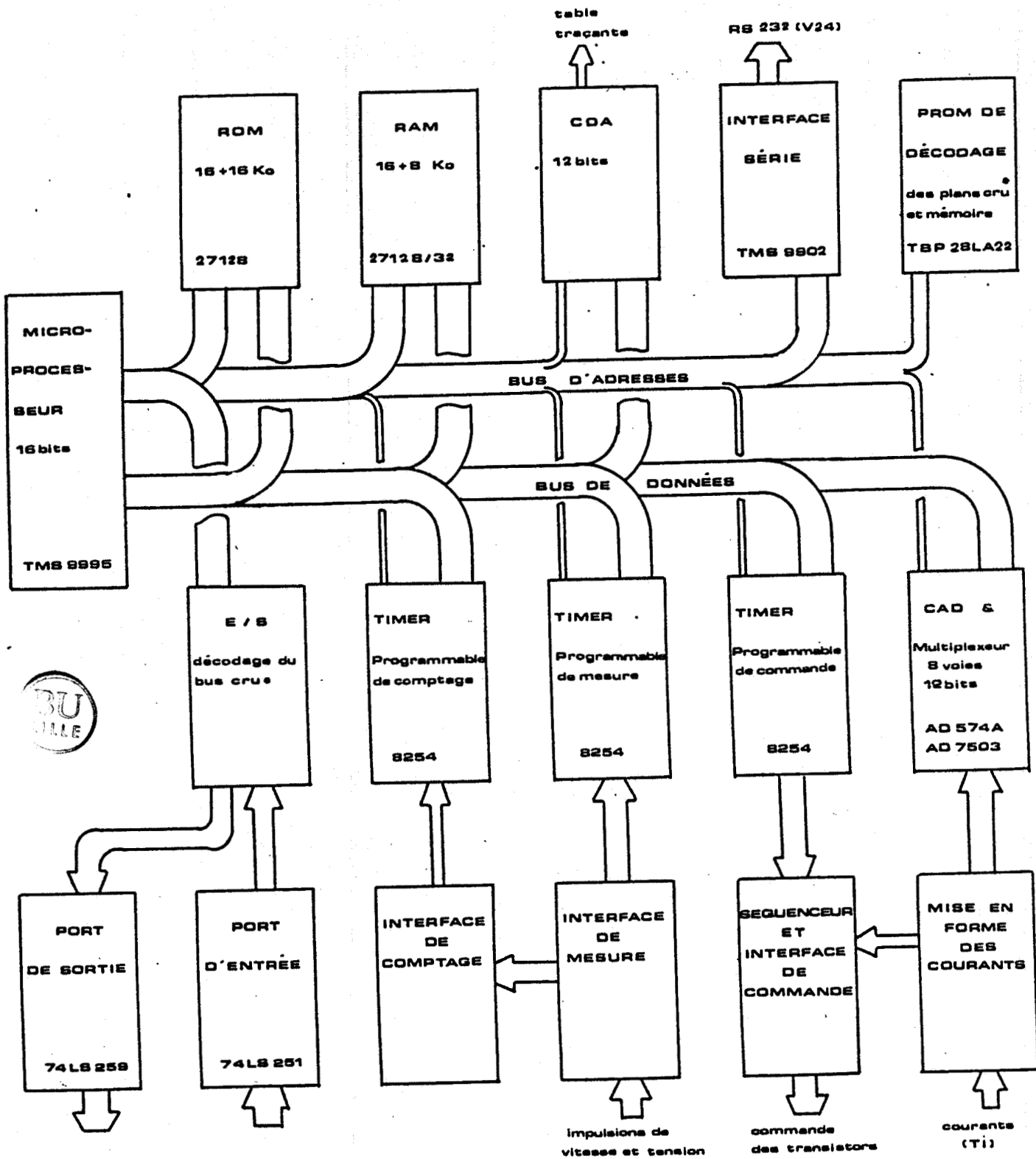
## 2 - ORGANISATION MATERIELLE

### 2.1. ARCHITECTURE

Sur la figure 4.2. nous retrouvons d'une part le tronc commun à toutes les architectures micro-informatiques soit un microprocesseur, des mémoires mortes et vives, des ports d'entrée et de sortie, des bus d'adresses et de données et d'autre part, un ensemble de boîtiers périphériques adaptés à l'application.

Le chef d'orchestre de notre ensemble est un microprocesseur 16 bits (TMS 9995) de Texas Instrument, qui peut gérer un espace mémoire de 64 Ko, adressable par un bus de 16 bits. Le plan mémoire comporte 32 Ko de mémoire morte (REPROM) qui contiennent le programme et 24 Ko de mémoire vive (RAM), le reste de l'espace adressable est réservé aux boîtiers périphériques. (fig 4.3.), notons que la place occupée par chacun d'entre eux n'est pas optimisée mais cela simplifie le décodage. La mémoire vive est divisée en deux parties inégales une première (8 Ko) contient les variables du programme et est sauvegardée en cas d'interruption de l'alimentation et une seconde (16 Ko) renferme les valeurs enregistrées en cours de mouvement.

Cette disposition est inscrite dans deux mémoires de décodage (PROM de 256 octets) qui génèrent le signal de sélection du boîtier en fonction de l'adresse présente sur le bus et indiquent à l'unité centrale si le boîtier est lent ou rapide. En effet si le temps d'accès est inférieur à 140 ns, il se fait sans temps d'attente sinon le microprocesseur attend une période d'horloge supplémentaire (333 ns) avant de lire ou après l'écriture de la donnée sur le bus (fig 4.4). L'accès est terminé lorsque le signal "READY" est haut au front descendant de l'horloge.



•Communication Register Unit

Fig 4.2. Architecture micro-informatique



Fig 4.4. Chronogramme des accès mémoire

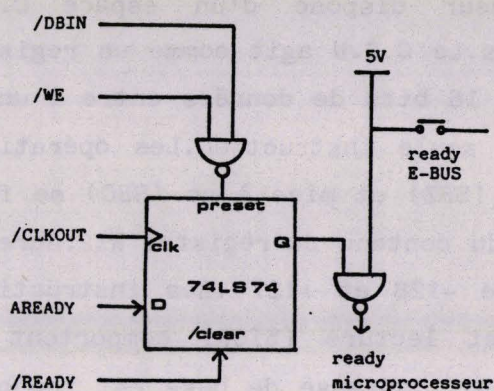
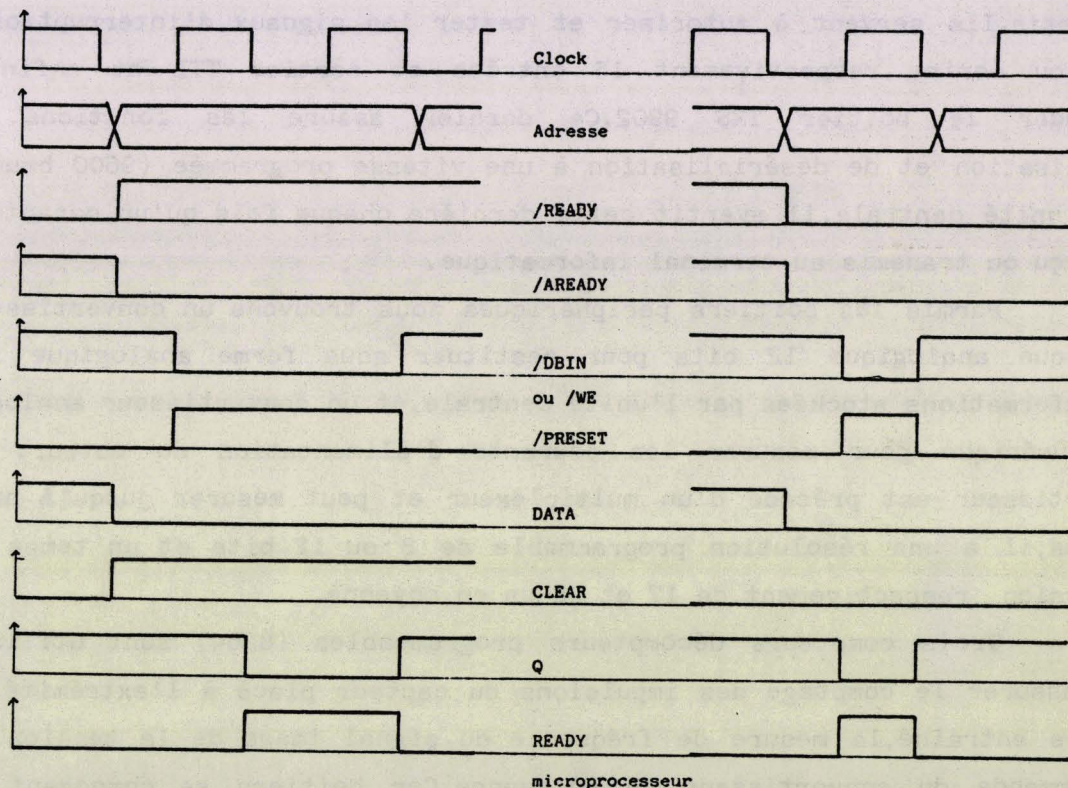


Table de vérité de la bascule

INPUT				OUT
Preset	Clear	Clock	Data	Q
L	H	X	X	H
H	L	X	X	L
L	L	X	X	H*
H	H	↑	H	H
H	H	↑	L	L
H	H	L	X	Q <sub>o</sub>

\* : état instable



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16 Ko
0000						EPROM		PROGRAMME 1								3FFF
4000						EPROM		PROGRAMME 2								7FFF
8000						RAM		HISTORIQUE								BFFF
C000	3 timer program.					RAM		EXTERNE				RAM	INT.	CAD	DAC	FFFF

Fig 4.3 Plan mémoire

Parallèlement le microprocesseur dispose d'un espace C.R.U (communication register unit) de 32 Kbits. Le C.R.U agit comme un registre à décalage et transfère en série de 1 à 16 bits de données entre l'unité centrale et le boîtier spécifié en une seule instruction. Les opérations sur un seul bit: test (TB), mise à zéro (SBZ) et mise à un (SBO) se font sur le bit dont l'adresse est la somme du contenu du registre R12: adresse de base et un déplacement compris entre -128 et +127. Les instructions sur plusieurs bits: écriture (LDCR) et lecture (STCR) comportent la longueur du champ à transmettre (1 à 16), l'adresse de base est toujours contenue dans le registre R12.

Cet espace C.R.U est largement sous employé dans notre application puisque nous n'en utilisons que 56 bits en entrée et autant en sortie. Ils servent à autoriser et tester les signaux d'interruption, à lire ou écrire respectivement 16 entrées et sorties TTL et enfin à commander le boîtier TMS 9902. Ce dernier assure les fonctions de sérialisation et de désérialisation à une vitesse programmée (9600 bauds) par l'unité centrale, il avertit cette dernière chaque fois qu'un caractère est reçu ou transmis au terminal informatique.

Parmi les boîtiers périphériques nous trouvons un convertisseur numérique analogique 12 bits pour restituer sous forme analogique les informations stockées par l'unité centrale, et un convertisseur analogique numérique pour mesurer les courants d'alimentation du moteur. Ce convertisseur est précédé d'un multiplexeur et peut mesurer jusqu'à huit entrées, il a une résolution programmable de 8 ou 12 bits et un temps de conversion respectivement de 17 et 25  $\mu$ s en moyenne.

Trois compteurs/décompteurs programmables (8254) sont utilisés pour assurer le comptage des impulsions du capteur placé à l'extrémité de l'arbre entraîné, la mesure de fréquence du signal image de la tension et la commande du convertisseur de puissance. Ces boîtiers se composent de trois sous-ensembles identiques disposant d'une entrée d'horloge spécifique, d'une sortie et d'un signal d'autorisation de fonctionnement (GATE), chacun d'entre eux peut être programmé selon six modes de fonctionnement. Le mode 0 génère un front ascendant dès que le contenu de son compteur s'annule, la décrémentation, au rythme de l'horloge, commence dès le chargement de ce compteur par le microprocesseur, ce qui met la sortie au niveau bas, le décompte se poursuit tant que le signal d'autorisation est haut. Le mode 1 opère de la même façon et recommence

automatiquement à chaque front montant de l'entrée "GATE". Pour les modes 2 et 3 le signal généré est répétitif, pour le premier le signal de sortie est haut pendant N-1 impulsions d'horloge, N étant la valeur chargée dans le compteur, puis bas pendant une impulsion d'horloge, pour le mode 3 le signal, de même période est carré symétrique. Le mode 4 compte N impulsions pendant lesquelles la sortie est au niveau haut puis elle redescend au niveau bas pendant une période du signal d'horloge, l'opération se répète à chaque chargement du compteur par l'unité centrale, pour le mode 5 l'opération recommence à chaque front montant de l'entrée d'autorisation.

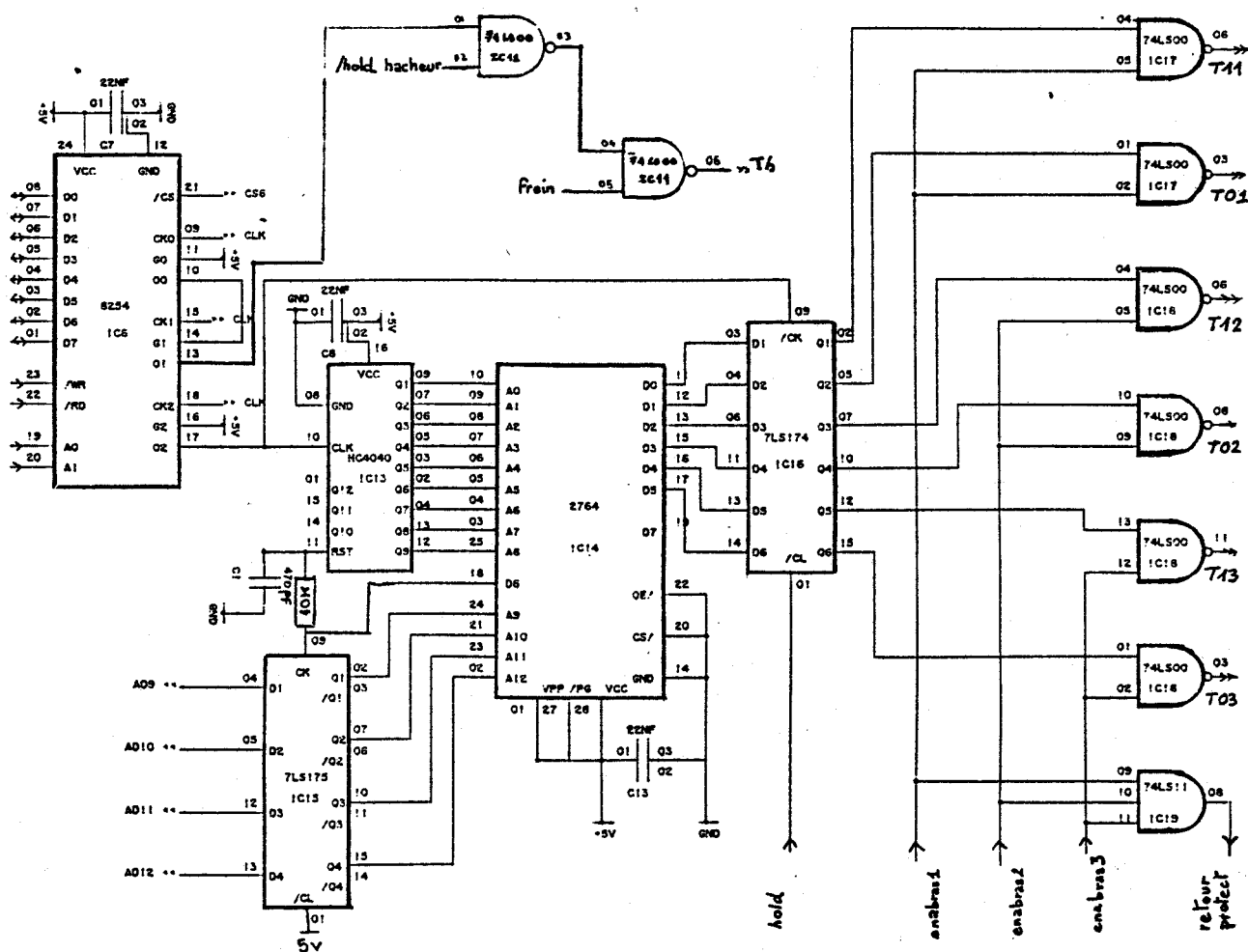


Fig 4.5 Séquenceur

Les signaux de commande des transistors sont générés par le séquenceur de la figure 4.5. Le premier tiers du compteur décompteur programmé en mode 2 délivre un signal de fréquence 5 KHz en divisant par



600 le signal d'horloge fourni par le microprocesseur (3MHz). Le second, programmé en mode 1 est réarmé par le précédent et génère un signal rectangulaire dont le rapport cyclique est celui du hacheur. Le troisième compteur divise son horloge pour obtenir un signal de fréquence multiple de celle désirée pour l'onduleur. Ce signal cadence un compteur (4040), qui génère les poids faibles de l'adresse de la mémoire (2764) contenant les différentes formes d'ondes. Les commandes issues de cette mémoire sont verrouillées puis transmises aux transistors si les signaux de protection le permettent. Les poids forts de l'adresse de la mémoire sélectionnent le motif de l'onde et sont commandés par le microprocesseur, toutefois un changement n'est pris en compte qu'en fin de table, celle-ci est indiquée par la mémoire lors d'un changement de niveau du bit D6, utilisé aussi pour remettre le compteur à zéro.

## 2.2 CAPTEURS

Les capteurs constituent la pièce maitresse de la régulation, leur mise en oeuvre a nécessité une réelle mise au point sur le site.

### 2.2.1 Intensité

L'image des courants circulant dans le moteur est obtenue à l'aide de trois transformateurs d'intensité, un par phase, (Fig 4.6.).

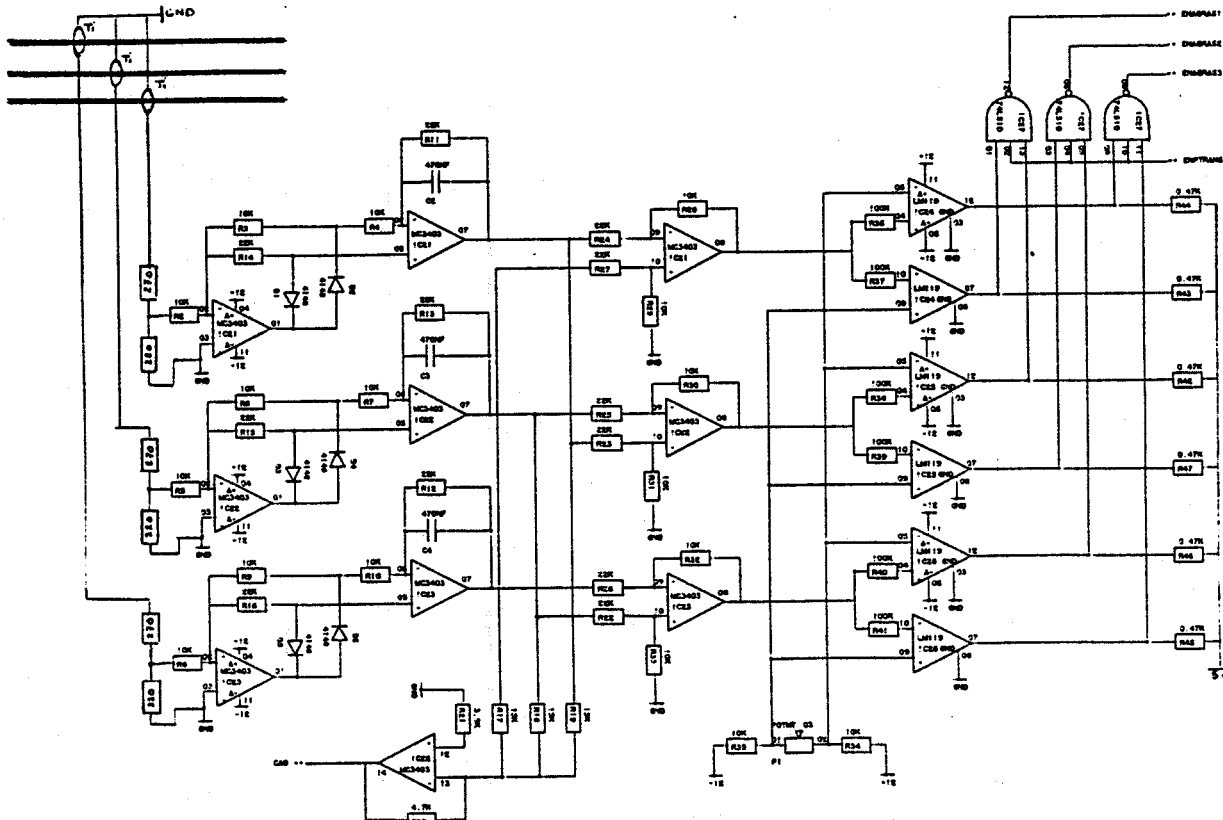


Fig 4.6. Mesure des courants

Le convertisseur analogique digital (CAD) mesure une tension proportionnelle à la somme des trois tensions obtenues en redressant et filtrant les signaux captés.

Nous faisons ensuite les différences des trois tensions filtrées deux à deux afin de détecter le manque d'une alternance sur une phase et cesser de commander le bras de l'onduleur correspondant. La présence du signal "ENPTRANS" (enable protection transistor) permet d'inhiber cette protection pendant les phases de démarrage et de fin de ralentissement. Le potentiomètre P1 rend le seuil de détection ajustable.

### 2.2.2 Tension

La tension continue en sortie de hacheur est divisée puis convertie en fréquence pour permettre un isolement par photocoupleur (Fig 4.7.). Si la tension U est de 5.6 volts la fréquence à mesurer est de 50 KHz. Cette mesure est, en réalité, une mesure de période et se déroule comme suit (Fig 4.8). Le microprocesseur met le signal "ENMESTEN" (enable mesure tension) au niveau haut afin de libérer les deux bascules qui isolent une impulsion et la transmettent sur l'entrée "GATE" d'un compteur décompteur, programmé en mode 2, il décrémente son compteur, préalablement chargé avec la valeur 32767, pendant une période du signal.

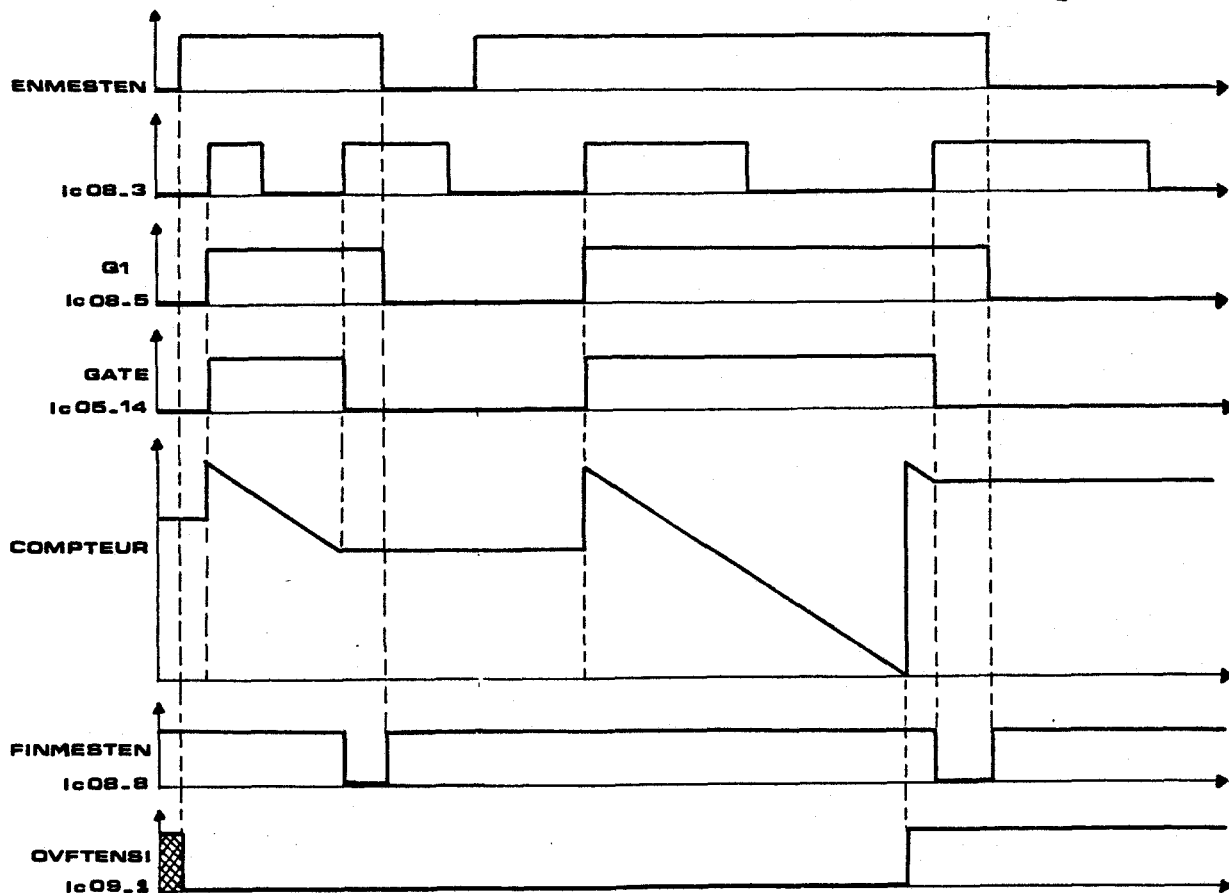


Fig 4.8. Chronogramme de la mesure de fréquence

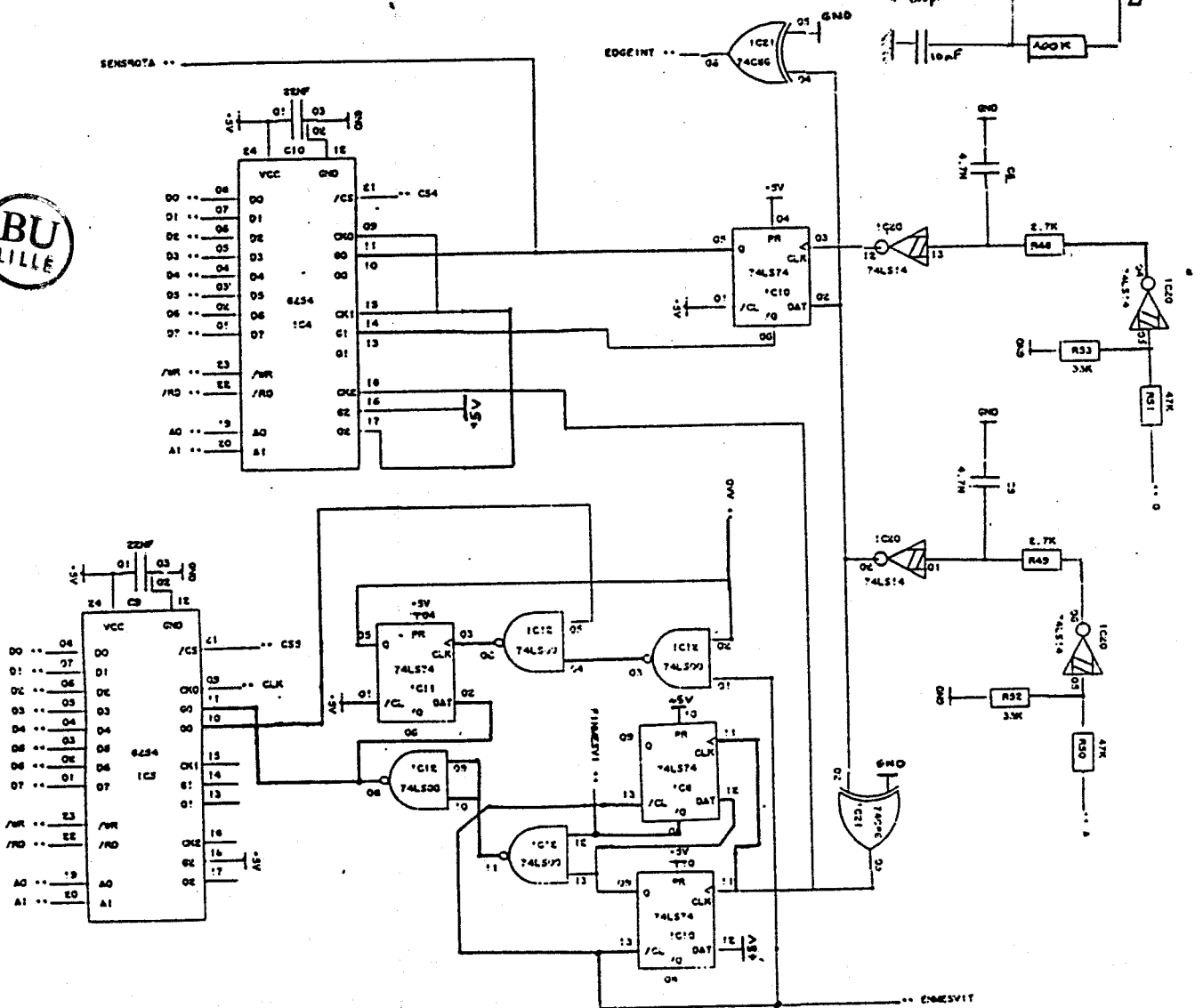


Fig 4.9 Mesure de la position et de la vitesse

Lorsque celle-ci se termine le compteur se bloque et les bascules avertissent l'unité centrale par un niveau bas du signal "FINMESTEN"(fin mesure tension),notons que quel que soit le temps de réaction du microprocesseur le dispositif de mesure est bloqué et l'entrée d'autorisation de comptage reste à la masse bien que les impulsions continuent d'arriver.Le microprocesseur cesse d'appliquer le signal "ENMESTEN" ce qui verrouille le dispositif jusqu'à la prochaine demande de mesure.En outre nous observons que si le compteur s'annule ce qui signifie que la fréquence à mesurer est inférieure à 100 Hz et la tension en dessous de 1 volt,la sortie du compteur passe au niveau bas et le signal "OVFTENSI"(overflow tension) passe au niveau 1 et est mémorisé il sera effacé par la prochaine demande de mesure.Le microprocesseur teste cette entrée avant de lire le contenu du compteur.

#### 2.2.3 Vitesse et position

Le dispositif mesurant la vitesse est en tout point semblable à celui vu précédemment(fig 4.9.),les impulsions,cette fois,proviennent d'un générateur placé en bout d'arbre,au rythme de 500 par tour,ce qui à la vitesse nominale du moteur produit un signal de fréquence 12.5 KHz, le signal de dépassement a lieu pour une vitesse inférieure à 12 tours par minute.

La mesure de position est elle aussi réalisée par un compteur décompteur programmable,un premier compteur,programmé en mode trois divise par 25 la fréquence des signaux afin de ramener cette dernière à une valeur comparable à celle obtenue à la lecture d'une bande de comptage dans la gaine d'un ascenseur.Les deux autres compteurs comptent les impulsions respectivement dans les deux sens de déplacement.Les signaux A et O sont en quadrature et la bascule (Ic10) autorise le comptage de l'un ou l'autre des compteurs en fonction de la succession des séquences. Les compteurs sont programmés en mode quatre,ils sont chargés avec la valeur 32767 à chaque démarrage,la position de la cabine s'obtient en faisant la différence du contenu des compteurs.Nous choisissons ce mode puisqu'il est le seul pour lequel le compteur n'est pas réinitialisé au front montant de l'entrée "GATE".Il existe toutefois un inconvénient à cette façon de mesurer la position,cette dernière ne peut être supérieure à 32767,pour y remédier il suffit de prendre en compte les passages par zéro des signaux de sortie des compteurs et d'en mémoriser le nombre.

En effet chacun d'entre eux signifie que le compteur s'est annulé. Nous n'avons pas exploité cette possibilité et avons limité l'ampleur des déplacements à 1600 tours environ. Cette limitation est tout à fait envisageable puisque sur une installation d'ascenseur cela limite le nombre de niveaux à 21, toutefois la modification proposée permet un comptage absolu sans limite.

Pendant la phase de démarrage l'interruption sur front , "EDGE INT" est autorisée et se produit à chaque changement d'état des capteurs, ceci permet de tenir à jour un compteur de position pour l'estimation de la charge en cabine.

### 2.3 MISE EN OEUVRE

L'ensemble de la réalisation matérielle a été construit autour d'une carte standard de Texas Instrument (2 E 152) qui comporte un microprocesseur, les mémoires mortes, une partie des mémoires vives, les convertisseurs analogiques, le boîtier de liaison série et les ports d'entrée-sortie. Pour implanter les composants spéciaux de l'application nous avons dessiné les circuits imprimés sur un outil de conception assistée par ordinateur le C A D SYSTEM 80/10 de E.I.E.. Nous décrivons la succession des opérations commune aux deux cartes, au format europe, intitulées "MICRO" et "ANALOG" et à la carte assurant la connectique entre les trois circuits précités.

La première étape, dite de préparation des données, est l'introduction du schéma électrique, pour ceci nous disposons de deux bibliothèques, l'une pour les symboles de dessin et la seconde qui rassemble les composants, ces deux bibliothèques sont reprises sur le système et complétées si besoin est. Si un composant n'y figure pas il faut définir sa représentation, s'il n'est pas standard son contour extérieur et la numérotation de ses broches.

Lorsque le schéma électrique est entièrement réalisé il est recommandé de vérifier la cohérence entre les composants utilisés et les connexions, les numéros de broches qui ne correspondent pas au type de boîtier, les erreurs sur les broches d'alimentation, les broches de composant non connectées en particulier pour les composants axiaux (résistance, diode, condensateur) avec le sous programme "DATA CHECK".

Après ce contrôle des données il faut définir le format de la carte, le nombre de couches, les dimensions des pastilles, les largeurs de pistes et les diamètres de perçage correspondant aux repères indiqués lors de l'insertion des composants dans le schéma électrique. Nous pouvons ensuite aborder la seconde étape (LAYOUT) de placement des boîtiers sur la carte, il n'est pas automatique ici, mais très facilité par la visualisation des connexions et des pastilles, en effet nous pouvons faire apparaître en une autre couleur un composant et toutes ses liaisons élastiques à ce stade de la conception.

Ensuite, il est possible de faire le traitement de la maquette (ARTWORK DESIGN) chacune des liaisons élastiques est reprise et placée sur la carte, un placement préalable des pistes d'alimentation est préférable. Le traitement peut être réalisé automatiquement, dans ce cas nous

définissons, la zone concernée, le temps de recherche alloué à une connexion et pour chaque passe le nombre maximum de traversées autorisé, les

distances d'isolement à respecter. Ce "routage" automatique ne peut en aucun cas réaliser toutes les interconnexions et il est nécessaire de reprendre manuellement les liaisons restantes. Lorsque toutes les connexions sont faites nous pouvons faire un marquage de la carte qui simplifie le repérage des composants. Puis il est fortement conseillé d'exécuter les programmes de vérification (3) dans un ordre chronologique, en corrigeant chaque fois les erreurs signalées. Tout d'abord, le contrôle des angles (ANG) de déviation des pistes (0,45 et 90°) puis le contrôle de l'isolement (GAP), si elle n'est pas spécifiée la distance d'isolement est de 11 millièmes de pouces (0.3 mm) et enfin le contrôle électrique (TRACE) qui compare les données initiales et la maquette.

Lorsque l'étape de contrôle est franchie, nous pouvons éditer les documents de fabrication (Annexe 5): les plans pour le phototraçage et le montage des composants, la liste des composants pour le service des achats et les plans de perçage. Dans notre cas, les coordonnées et le diamètre des trous de perçage sont transmis à la perceuse à commande numérique à l'aide d'une bande perforée.

### 3 - ORGANISATION LOGICIELLE

#### 3.1. PRINCIPES

Le programme écrit en langage évolué (Pascal) est multitâche, un module "exécutif temps réel" rend possible son implantation. De façon transparente il gère le temps, les interruptions, les ressources, le déroulement des programmes.

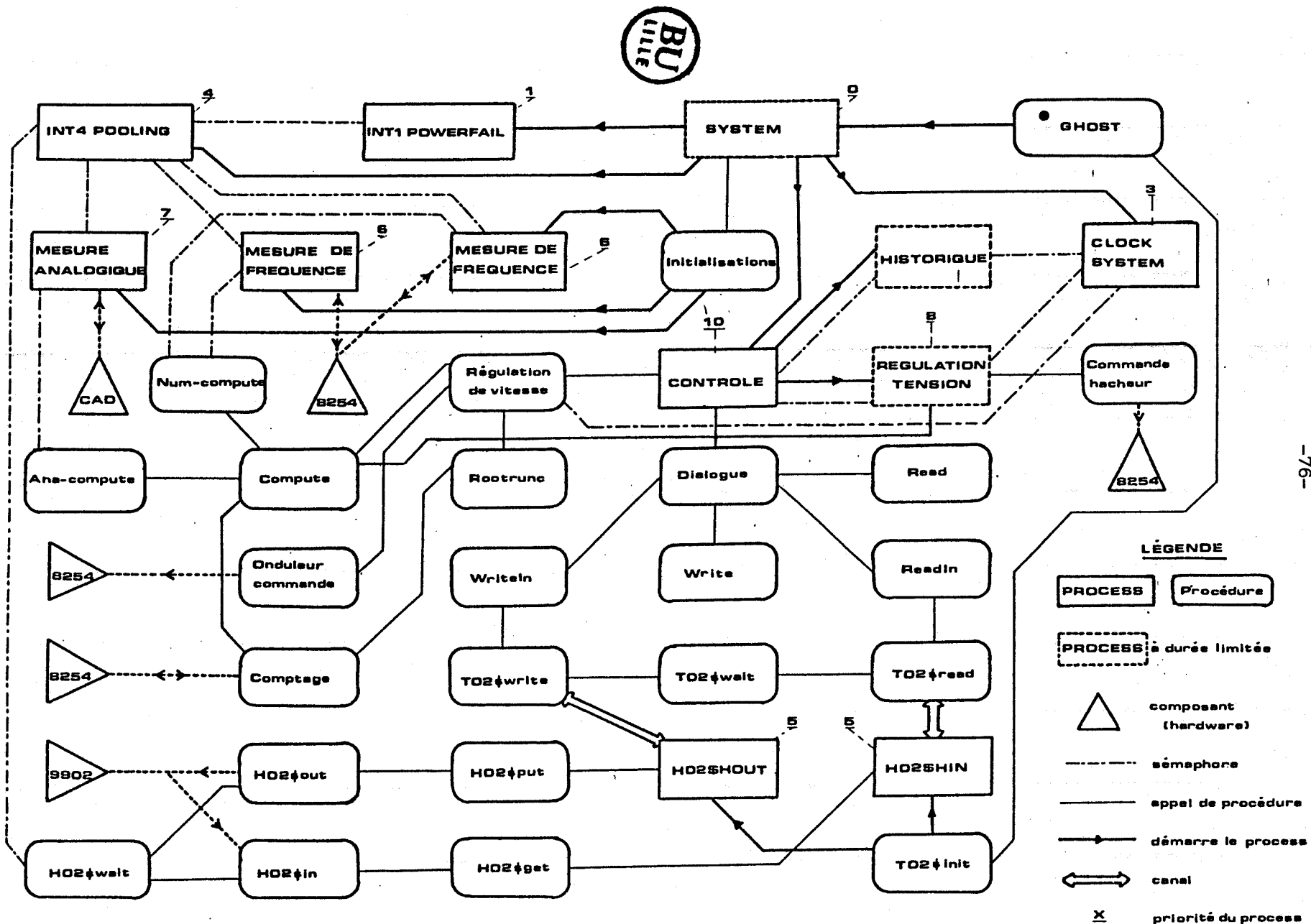


Fig 4.10. Achitecture logicielle

en cours et les erreurs s'il y en a. Il tient à jour une file d'attente de programmes prêts à s'exécuter, peut suspendre, le cas échéant, un processus et assure le respect des priorités des différentes tâches. L'outil fondamental utilisé par "l'exécutif" pour résoudre les problèmes liés à l'asynchronisme des tâches, puisque le microprocesseur n'exécute qu'une seule instruction à la fois, est le sémaphore, qui comme son nom l'indique signale un événement. Le sémaphore est une entité qui doit être créée puis initialisée pour être signalée ou attendue ensuite. Prenons un exemple simple permettant d'illustrer ce concept: soient deux programmes l'un remplit une boîte et l'autre la prend, la vide et la replace pour un nouveau chargement. Afin que le déroulement des opérations soit logique il faut que le programme P1 remplisse la boîte puis qu'il signale au second programme P2 que cette dernière est pleine, après quoi il se met en attente. Le programme qui doit vider la boîte entre alors en action et signale au programme de remplissage que son travail est terminé et ainsi de suite. Ce problème peut se résoudre de deux façons, nous créons un sémaphore "boîte pleine" qui est signalé par P1 et attendu par P2 et nous rendons le second programme prioritaire sur le premier, ainsi le remplissage cesse pendant la vidange, l'autre solution, plus élaborée, consiste à créer un second sémaphore "boîte vide" signalé par P2 lorsque la boîte est vide et prête à être remplie et que P1 attend avant d'effectuer le remplissage. Notons que le second sémaphore doit être initialisé dans l'état signalé pour que les opérations démarrent correctement.

La figure 4.10. nous montre quelques unes des 168 procédures constituant le système complet (Annexe 4), auxquelles il faut ajouter les procédures du noyau de l'exécutif temps réel. Parmi ces procédures 41 sont spécifiques à l'application les autres sont mises à la disposition de l'utilisateur par le constructeur.

Le tableau suivant nous donne pour chacune des grandes fonctions réalisées le nombre de procédures ainsi que la place mémoire (ROM) occupée pour ces différents modules.



Tableau de répartition

NOMBRE	OBJET	AMPLEUR (Ko)
41	Application	17.5
31	Procédures spéciales de l'exécutif	1.1
25	Procédures d'entrée-sortie	1.5
23	Liaison série	3.4
21	Gestion des fichiers	3.5
12	Canaux de communication	1.0
11	Types de données	0.7
4	Conversion de types de données	0.9
	Noyau de l'exécutif temps réel	2.3
168	TOTAL	31.9

A chaque programme est associé un descripteur qui est un enregistrement (record) comportant plusieurs champs (articles) dans lesquels nous trouvons la priorité\* du programme, les pointeurs (adresses) du module d'appel de procédure, de la pile, de l'espace de travail, des fichiers d'entrée sortie, de l'enregistrement de l'horloge temps réel et de la zone de mémoire globale du processus. Ce descripteur nous donne accès à des informations comme la nature et la cause de l'erreur, le cas échéant, le niveau d'interruption en cours et des renseignements sur les programmes ascendants et descendants. Ce descripteur est utilisé par "l'exécutif" temps réel pour assurer correctement sa tâche de répartition.

La procédure "GHOST" est la première de l'application appelée par l'exécutif temps réel, elle initialise les valeurs de la mémoire vive et lance le programme qui gère la liaison série puis démarre le système de l'application proprement dit (SYSTEM). Ce dernier s'exécute avec une priorité maximum, il est chargé de créer et d'initialiser toutes les variables nécessaires à la communication entre les processus. Il a également pour tâche d'associer un programme à chaque niveau d'interruption du microprocesseur.

Le programme "POWERFAIL" répond à l'interruption de niveau 1, il a pour rôle d'arrêter au plus vite la commande du convertisseur. En effet cette interruption est provoquée par le signal de surcharge de l'onduleur ou par une baisse anormale de la tension d'alimentation du microprocesseur

\* L'échelle des priorités est inversée 0=maximum et 32767 = minimum

Le programme "CLOCKINT" est associé à l'interruption de niveau 3 réservée au "timer" interne du microprocesseur, le rythme des interruptions est programmable. Ceci permet de mettre à jour l'horloge, compteur sur 32 bits, mais aussi d'avertir le gestionnaire de processus si un programme suspendu pour un délai est à nouveau prêt à se dérouler. .

L'interruption de niveau 4 est traitée par le programme "POOLING" qui scrute les signaux de fin de mesure, au nombre de trois, et avertit le programme concerné. Les interruptions de la liaison série sont elles aussi reçues par ce programme et transmises au système qui gère cette dernière. Notons que l'interruption de niveau 2 est inaccessible et réservée pour la détection de macro-instructions.

La procédure d'initialisation, appelée par le système, doit programmer les compteurs-décompteurs. Elle crée les programmes de mesure, notons ici une particularité de l'exécutif, qui permet le déroulement du même programme de mesure de fréquence sous deux contextes et espaces de travail différents le premier mesure la vitesse et le second la tension.

Le programme de mesure analogique balaye un à un les canaux utilisés et s'assure qu'une mesure a été demandée avant de l'exécuter. Prenons pour exemple le courant, si le module "REGULATION DE VITESSE" a besoin de sa valeur, il appelle "COMPUTE", procédure d'aiguillage qui en fonction de la nature du signal à calculer appelle la procédure correspondante si la grandeur est une fréquence : "NUM-COMPUTE" ou "ANA-COMPUTE" si le signal est analogique. Ces deux dernières procédures indiquent aux programmes de mesure associés, en attente, que la mesure est utilisée et qu'il faut en faire une autre. La nature des signaux peut être changée dynamiquement en modifiant uniquement quelques paramètres et pas le programme, ce qui permet d'adapter la configuration du système au site d'implantation. En effet la mesure de vitesse, par exemple, pourrait se faire à l'aide d'un canal du convertisseur analogique digital si nous disposions d'une dynamo tachymétrique. De la même façon nous pourrions mesurer un signal analogique nous donnant la vitesse de consigne, au lieu de la calculer (module de comptage) en fonction de la position et de la destination du mouvement. Cette multiplicité de configurations a permis la mise au point des algorithmes de régulation au bureau d'étude en l'absence du banc d'essais.

Le système donne ensuite la direction des opérations au module "CONTROLE". C'est à ce moment que les programmes créés jusqu'ici commencent à s'exécuter et ceci par ordre de priorité décroissant pour en arriver au programme de contrôle de priorité 10. Il doit s'enquérir d'un ordre de mouvement par l'intermédiaire de la procédure "DIALOGUE" qui met en contact, par la liaison série, l'utilisateur et l'unité centrale. Cette possibilité a été mise en oeuvre pour suppléer la manoeuvre d'ascenseur qui en principe envoie les ordres. Cette procédure permet en outre d'avoir accès à des enregistrements instantanés, effectués pendant le mouvement à intervalles de temps réguliers, de variables sélectionnées grâce au module "HISTORIQUE". Il est évident que la priorité d'une telle tâche est minimum et que le microprocesseur ne la réalise que lorsque toutes les autres fonctions sont en inactivité, et ceci ne peut en aucun cas gêner le bon déroulement des boucles d'asservissement. La figure 4.11, nous montre les multiples opérations réalisables à partir de la procédure interactive "DIALOGUE". Le menu principal nous permet de modifier toutes les variables, contenues dans la mémoire vive, de lire et modifier respectivement les ports d'entrée et de sortie et de visualiser l'ensemble du plan mémoire.

La sélection des adresses des variables stockées dynamiquement est faite à l'aide du "menu historique", à chacune d'entre-elles est associée une étiquette de deux lettres permettant un repérage plus facile lors de lecture. Les étiquettes "HE" et "BI" permettent une représentation respectivement hexadécimale et binaire des valeurs stockées ainsi désignées, les autres étiquettes entraînent un affichage sous forme décimale (-32768 à 32767). Le programme "HISTORIQUE" réalise, en cours de mouvement, une suite chaînée de blocs mémoire contenant les valeurs instantanées des variables. Chaque bloc commence par l'adresse du bloc suivant. Le menu de lecture permet d'examiner et d'analyser l'évolution de ces grandeurs. Les courbes figurant dans ce mémoire sont obtenues à partir des enregistrements de cet historique, puisque nous disposons d'un convertisseur numérique analogique que nous pouvons relier à une table traçante. Il s'agit là aussi d'une facilité donnée à l'utilisateur pour parfaire le réglage des paramètres de l'asservissement en fonction du site d'implantation.

MENU PRINCIPAL

-81-

**CLEAR** :Efface le contenu de la pile de défauts  
retour au menu principal

**VISUALISATION** :Adresse de debut de bloc à visualiser ? ← ---  
Longueur du bloc à visualiser ?  
Continuer ? N= retour au menu principal / O= ---

**MODIFICATION** :Quelle est l'adresse à modifier ?  
Affichage de la valeur actuelle ← ---  
Quelle est la nouvelle valeur ?  
Continuer ? N= retour au menu principal / O= incremente l'adresse ---

**POSITION** :Affiche la position actuelle du mobile  
retour au menu principal

**INCRU** :Quelle est la base CRU ?  
Affichage des 16 bits d'entrée à partir de la base  
retour au menu principal

**OUTCRU** :Quelle est la base CRU ?  
Quelle est la valeur à appliquer ?  
Sortie des 16 bits sur le port de sortie  
retour au menu principal

**HISTORIQUE** :MENU HISTORIQUE

**AFFICHE** :Affiche l'historique programmé  
retour au menu historique

**COPY** :Stocke l'historique dans une zone protégée  
retour au menu historique

**MEMOIRE** :Récupère l'historique sauvegardé et l'affiche  
retour au menu historique

**INSERT** :Insertion après quel numéro ?  
Quelle est la nouvelle valeur ? ← ---  
Quelle est la nouvelle étiquette ?  
Affichage de l'historique  
Continuer ? N= retour au menu historique / O= incrémente le numéro ---

**DELETE** :Quel numéro ? ← ---  
Affichage de l'historique  
Continuer ? N= retour au menu historique / O= ---

**REPLACE** :Quel numéro ? ← ---  
Quelle est la nouvelle valeur ?  
Quelle est la nouvelle étiquette ?  
Affichage de l'historique  
Continuer ? N= retour au menu historique / O= ---

**TIMING** :Commencement de l'historique en ms ? ← ---  
Increment d'historique en ms ?  
Continuer ? N= retour au menu historique / O= ---

**EXIT** :retour au menu principal

**LECTURE** :MENU LECTURE

**ANALOGIQUE** :Quel numéro ?  
Quelle est la nouvelle tension minimum ?  
Quelle est la nouvelle tension maximum ?  
Quelle est la vitesse de balayage ?  
Sortie analogique de l'article d'historique sur bornier  
retour au menu lecture

**TOP** :Affiche la première page de l'enregistrement  
retour au menu lecture

**BOTTOM** :Affiche la dernière page de l'enregistrement  
retour au menu lecture

**NEXT** :Affiche la page suivante de l'enregistrement  
retour au menu lecture

**PRECEDENT** :Affiche la page précédente de l'enregistrement  
retour au menu lecture

**EXIT** :retour au menu principal

**DESTINATION** :Quelle est la nouvelle destination ?  
Continuer avec démarrage ? N= retour au menu principal / O= fin de Dialogue

Fig 4.11. Menus

La procédure "DIALOGUE" écrit dans le fichier "ecran" et lit dans le fichier "clavier". Ces deux fichiers sont connectés au terminal chaque fois que les procédures "WRITELN"(write line) ou "READLN"(read line) sont invoquées. Les modules "TO2\$-WRITE & READ" transmettent par deux canaux, créés lors de l'initialisation, les messages à écrire ou lire, un seul message peut être présent sur un canal aussi la procédure "TO2\$WAIT" permet d'attendre la libération du canal. Les programmes "HO2\$-HOUT & HIN" appellent les procédures "HO2\$-PUT & GET" qui décomposent les messages en caractères pour les communiquer à "HO2\$OUT & IN" qui les envoient ou les reçoivent un à un et attendent entre chacun d'eux dans la procédure "HO2\$WAIT".

L'ordre de départ est donné à partir du menu principal qui demande la destination du mouvement en impulsions de comptage, la variable de position est remise à zéro au départ de chaque mouvement. Lorsque la position désirée est atteinte le module de contrôle arrête l'enregistrement d'historique, la régulation de tension et affiche le contenu de la pile de défauts à l'écran puis attend un nouvel ordre de départ et propose les menus vus précédemment.

A chaque redémarrage le module "CONTROLE" lance les programmes "HISTORIQUE" et "REGULATION DE TENSION" puis appelle la procédure "REGULATION DE VITESSE". Ces modules sont exécutés à intervalles de temps réguliers et programmables, si cet intervalle de temps est dépassé un défaut est signalé mais le mouvement se poursuit. Lorsque le rapport cyclique du hacheur est déterminé, la régulation de tension appelle la procédure "COMMANDE HACHEUR" qui programme le timer générant cette commande. De même la procédure de régulation de vitesse fixe la fréquence de l'onduleur en fonction de la vitesse du moteur, de l'intensité mesurée et de la vitesse de consigne calculée puis appelle la procédure "ONDULEUR COMMANDE" qui charge le compteur décompteur et adapte la forme d'onde à la fréquence désirée.

### 3.2 MISE EN OEUVRE

Le programme s'écrit à l'aide de l'éditeur (fig 4.12), les erreurs de syntaxe détectées par le système sont corrigées avant la compilation.

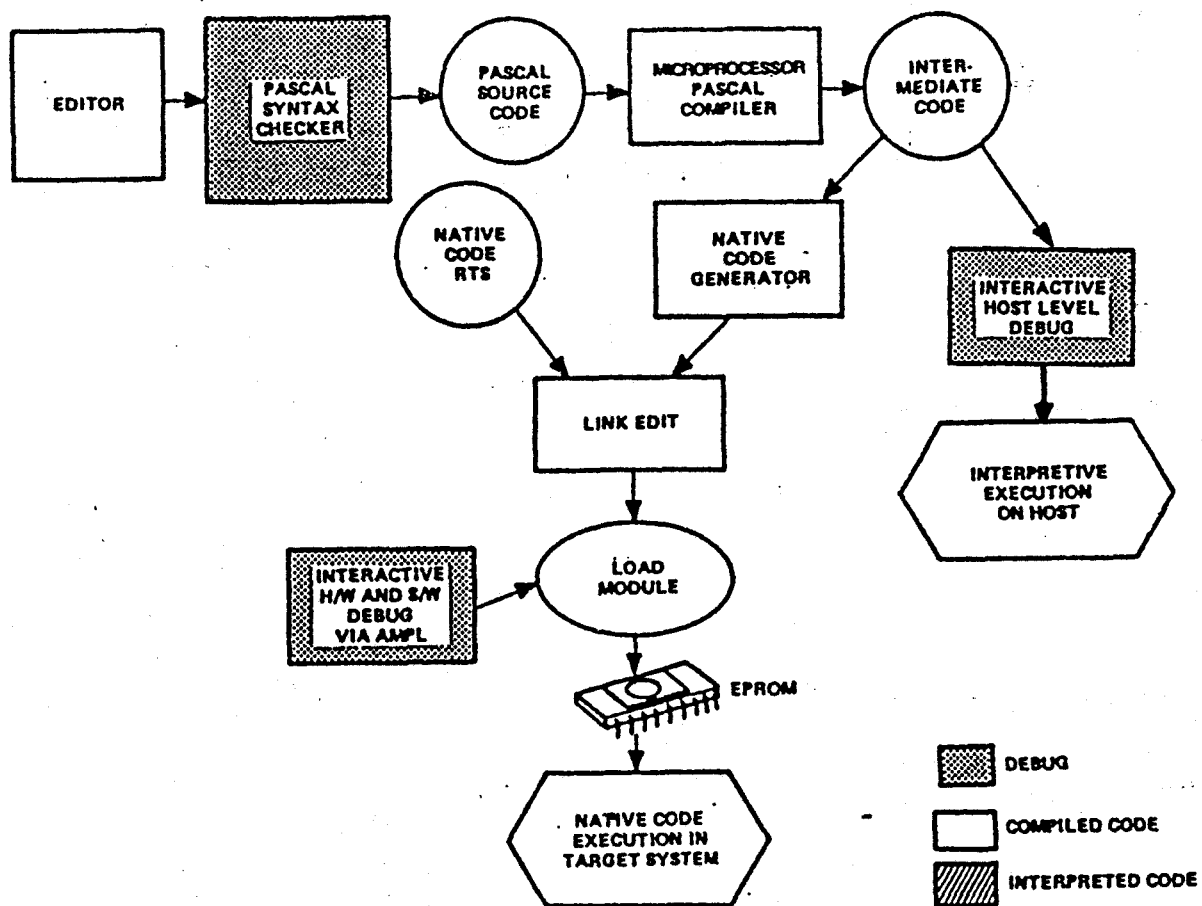


Fig 4.12. Déroulement des opérations de développement

Pour les procédures complexes nous pouvons "déverminer", sur le mini-ordinateur en mode interactif (fig 4.13.), les paramètres externes aux procédures ainsi que les résultats sont transmis ou reçus d'un terminal ou de fichiers analysés ensuite. Lorsque l'ensemble du programme est testé nous pouvons écrire et assembler le fichier "CONFIG" où sont rassemblées toutes les informations nécessaires au lancement du programme sur la cible les emplacements des variables provisoires et communes, les adresses des espaces de travail des interruptions, l'adresse de la routine à invoquer en cas d'erreur et les adresses du ou des blocs de mémoire vive. Pour lier l'ensemble des fichiers "objet" du programme nous créons un fichier où nous trouvons la chronologie des opérations à respecter et le nom des librairies contenant les fichiers (Annexe 4).

MPP - ENTER SESSION  
 EDIT - EDIT MODULE  
 COMPILE - COMPILE SYSTEM  
 DEBUG - DEBUG SYSTEM  
 EXECUTE - EXECUTE PROGRAM  
 SAVE - SAVE SEGMENT  
 BATCH - COMPILE AND SAVE SEGMENT(BACKGROUND)  
 COLLECT - COLLECT SUPPORT MODULES  
 SHOW - SHOW FILE  
 PRINT - PRINT FILE  
 SCI - EXECUTE "SCI" COMMAND  
 WAIT - WAIT ON BACKGROUND  
 PURGE - PURGE SYNONYMS  
 QUIT - QUIT SESSION

UTILITY FUNCTIONS  
 CF - CREATE FILE  
 CM - COMPRESS FILE  
 CN - CHANGE FILE NAME  
 CP - CHANGE FILE PROTECTION  
 DF - DELETE FILE  
 DO - CHANGE LISTING FILE OR DEVICE  
 MD - MAP DISC  
 TI - DISPLAY DATE AND TIME  
 TE - TERMINATE UTILITY PROGRAM

## SOURCE EDITOR COMMAND SUMMARY

Command/Function	911 VDT Key	Command/Function	911 VDT Key
<b>Setup and Termination</b>		<b>Program Modification</b>	
Help	CMD/"HELP"	Insert Line	unlabeled gray key
Edit/Compose Toggle	F7	Duplicate Line	F4
Syntax Check	CMD/"CHECK"	Delete Line	ERASE INPUT
Quit	CMD/"QUIT"	Skip	TAB SKIP
Abort	CMD/"ABORT"	Insert Character	INS CHAR
Save	CMD/"SAVE"	Delete Character	DEL CHAR
Input	CMD/"INPUT"	Clear Line	ERASE FIELD
<b>Cursor Positioning</b>		Replace	CMD/"REPLACE(parameters
Roll Up	F1	Split Line	F8
Roll Down	F2	Insert	CMD/"INSERT"
New Line	RETURN	<b>Block Commands</b>	
Tab	SHIFT TAB SKIP	Start Block	F5
Back Tab	FIELD	End Block	F6
Set Tab Increment	CMD/"TAB(increment)"	Copy	CMD/"COPY"
Cursor Up	up-arrow	Move	CMD/"MOVE"
Cursor Down	down-arrow	Delete	CMD/"DELETE"
Cursor Right	right-arrow	Put	CMD/"PUT"
Cursor Left	left-arrow	<b>Show Command</b>	
Home	HOME	Show	CMD/"SHOW"
Find	CMD/"FIND(parameters)"		
Relative Positioning	CMD/number		
Top	CMD/"TOP"		
Bottom	CMD/"BOTTOM"		

## HOST DEBUGGER COMMAND SUMMARY

Command Name	Meaning	Command Name	Meaning
<b>Getting Started/Finished</b>		<b>Tracing Execution</b>	
GO	Resume execution	TP( process , flag )	Trace Process scheduling
QUIT	Quit debugging session	TR( process , flag )	Trace Routine entry/exit
HELP( command name )	Help command	TS( process , flag )	Trace Statement flow
LOAD("pathname")	Load saved segment	TOFF	Trace echo OFF
SE	Show unresolved Externals	TON	Trace echo ON
COPY("pathname")	Copy commands from file	<b>Monitor Process Scheduling</b>	
<b>Status Displays</b>		SDP(process)	Select Default Process
DP( process )	Display Process	DEBUG(process name, flag)	Debug process
DAP	Display All Processes	ABP(process)	Assign Breakpoint to Process
<b>Breakpoints/Single Step</b>		DBP(process)	Delete Breakpoint from Process
AB(routine, statement number)	Assign Breakpoint	HP(process)	Hold Process
DB(routine, statement number)	Delete Breakpoint	RP(process)	Release Process
DAB(process)	Delete All Breakpoints		
LB( process )	List Breakpoints		
SS( process , flag )	Single-Step execution mode		
<b>Showing/Modifying Data</b>		<b>Show Frame</b>	
SP( routine , displacement , length )		Show Heap	
SH( address , displacement , length )		Show Common	
SC(common name, displacement , length )		Show Indirect	
SI(routine,displacement, length )		Show Memory	
SM(address, length )		Modify Frame	
MF(routine, displacement , verify value , new value)		Modify Heap	
MH(address, displacement , verify value , new value)		Modify Common	
MC(common name, displacement , verify value , new value)		Modify Indirect	
MI(routine,displacement, verify value , new value)		Modify Memory	
MM(address, verify value , new value)			
<b>Interprocess File Simulation</b>			
CIF("internal file","external file")	Connect Input File		
COF("internal file","external file")	Connect Output File		
<b>Interrupt Simulation</b>			
SIMI(level)	SIMulate Interrupt		
<b>Selection of CRU Mode</b>			
CRU( process , cru mode)	select CRU mode		

Fig 4.13. Recapitulatif des commandes du système

Avant de charger le fichier objet, ainsi obtenu, dans les mémoires mortes il est possible de l'exécuter sur la cible, en temps réel, avec un émulateur connecté au micro-ordinateur. Ceci permet un "déverminage" très efficace des liaisons inter-processus ainsi que des dialogues avec les boîtiers périphériques. Nous pouvons, avec l'émulateur, enregistrer les étapes successives du programme, l'évolution d'une ou plusieurs variables, l'état binaire d'un capteur placé sur la cible, et arrêter le déroulement des opérations sur une instruction particulière du programme ou sur l'écriture dans un bloc de mémoire défini. Les temps passés pour effectuer chacune des tâches peuvent être estimés précisément et la répartition optimisée pour un bon fonctionnement. L'émulateur permettant en outre de modifier les instructions du programme, a facilité la réalisation d'un programme d'auto-test écrit en langage assembleur (annexe 6). Si nous relierions, à l'aide d'un connecteur particulier les entrées et les sorties compatibles il est possible de réaliser une boucle dans laquelle le convertisseur analogique digital mesure l'amplitude du signal issu du convertisseur digital analogique, ou bien de lire les ports de sortie avec les ports d'entrée. Nous pouvons aussi mesurer la fréquence du signal de commande des transistors de l'onduleur avec le dispositif destiné à mesurer la vitesse ou bien encore mesurer la fréquence du signal de commande du hacheur en utilisant la chaîne de mesure de tension. Cet auto-test n'a pas été inséré dans le programme faute de place en mémoire mais cela aurait été nécessaire pour tester un produit industrialisé.

L'émulateur est un outil de mise au point très performant, et il permet une intégration des cartes micro-informatiques de contrôle dans l'ensemble du dispositif en minimisant les risques encourus. (annexe 7)



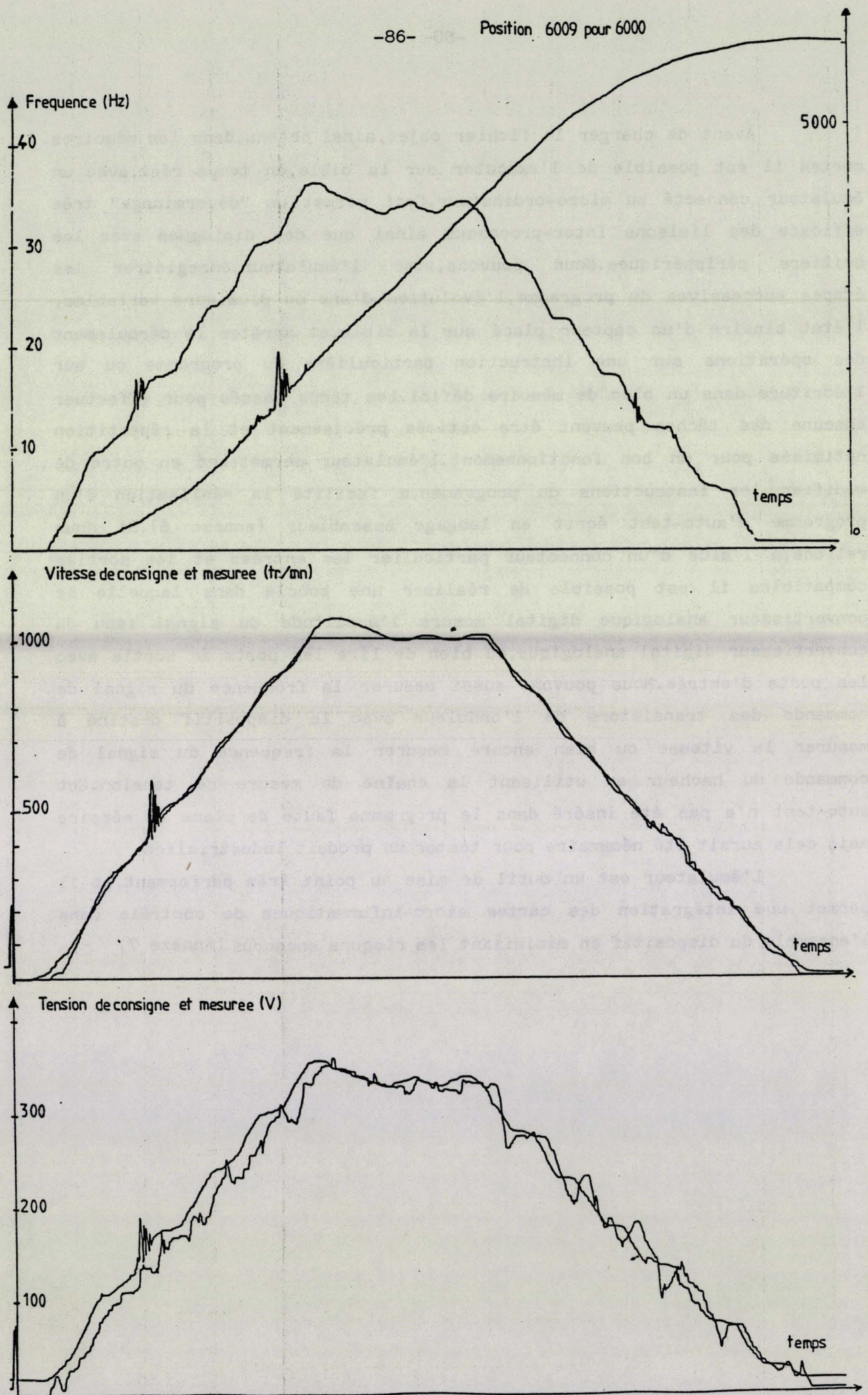


Figure 4.14. Accélération-palier-décélération



#### 4 - Caractéristiques du système

Nous présentons dans ce paragraphe quelques courbes caractéristiques des résultats obtenus sur le banc d'essais.

Sur la figure 4.14 nous observons les évolutions simultanées des variables de position, de fréquence, de vitesse et de tension pendant un mouvement comportant une montée en vitesse, une stabilisation de la vitesse à 1000 tours par minute puis un freinage et un arrêt complet. Nous avons privilégié pour tous les essais la précision d'arrêt à la qualité du confort. Le "pompage" des régulations de vitesse et de tension est due à un gain trop élevé.

Toutefois cet essai valide le choix fait pour les algorithmes de régulation, bien que la précision d'arrêt soit nettement insuffisante, la tolérance accordée sur une installation réelle est de 3 impulsions de comptage. Mais il est vraisemblable qu'une meilleure mise au point des paramètres nous permettrait d'atteindre ce seuil.

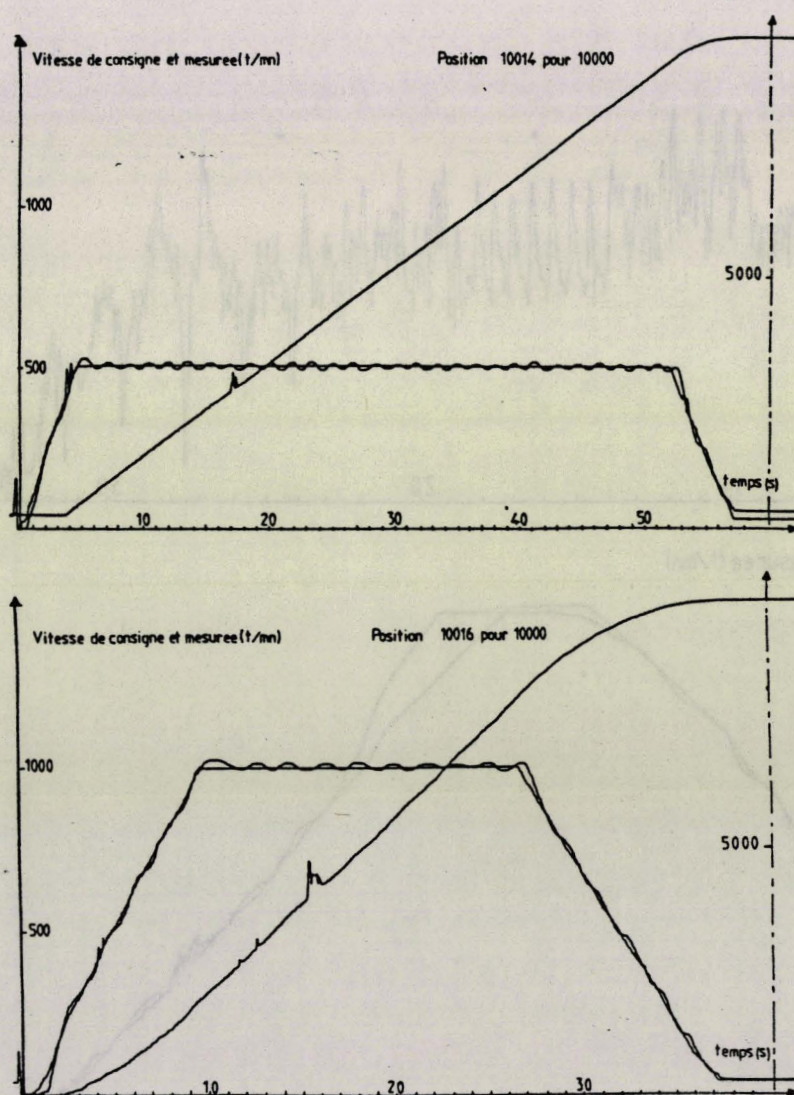


Figure 4.15. Stabilisation de la vitesse



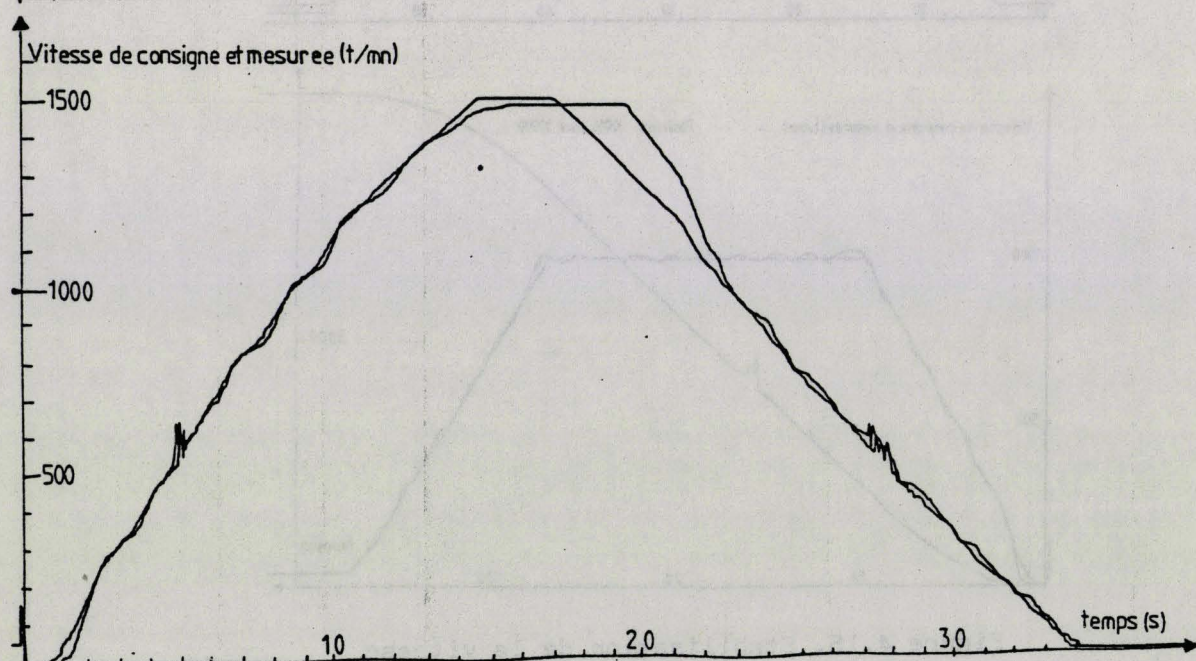
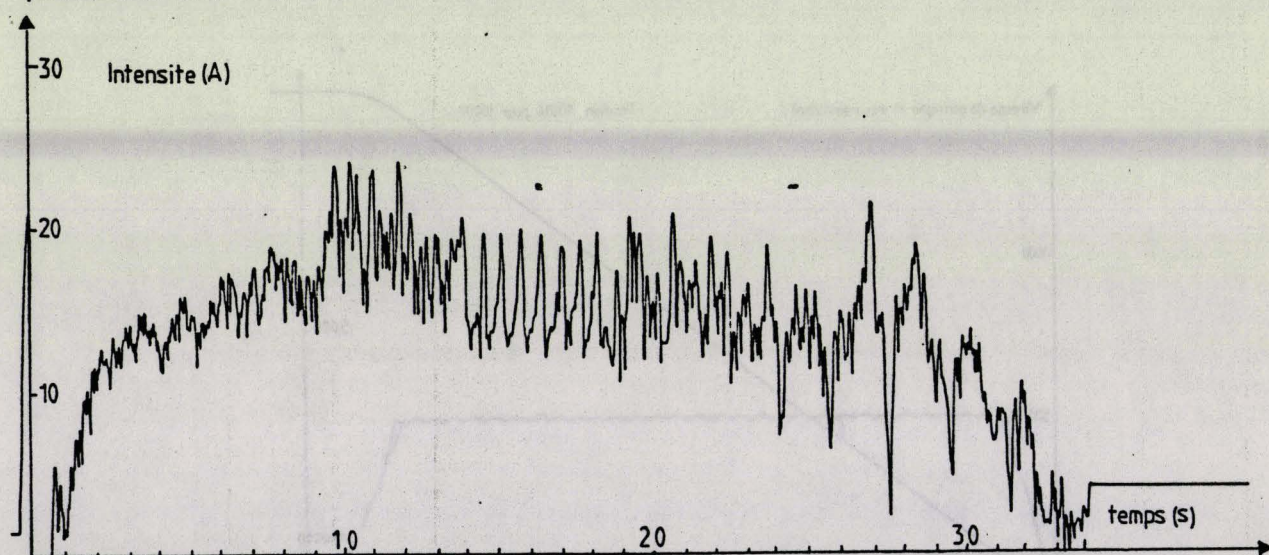
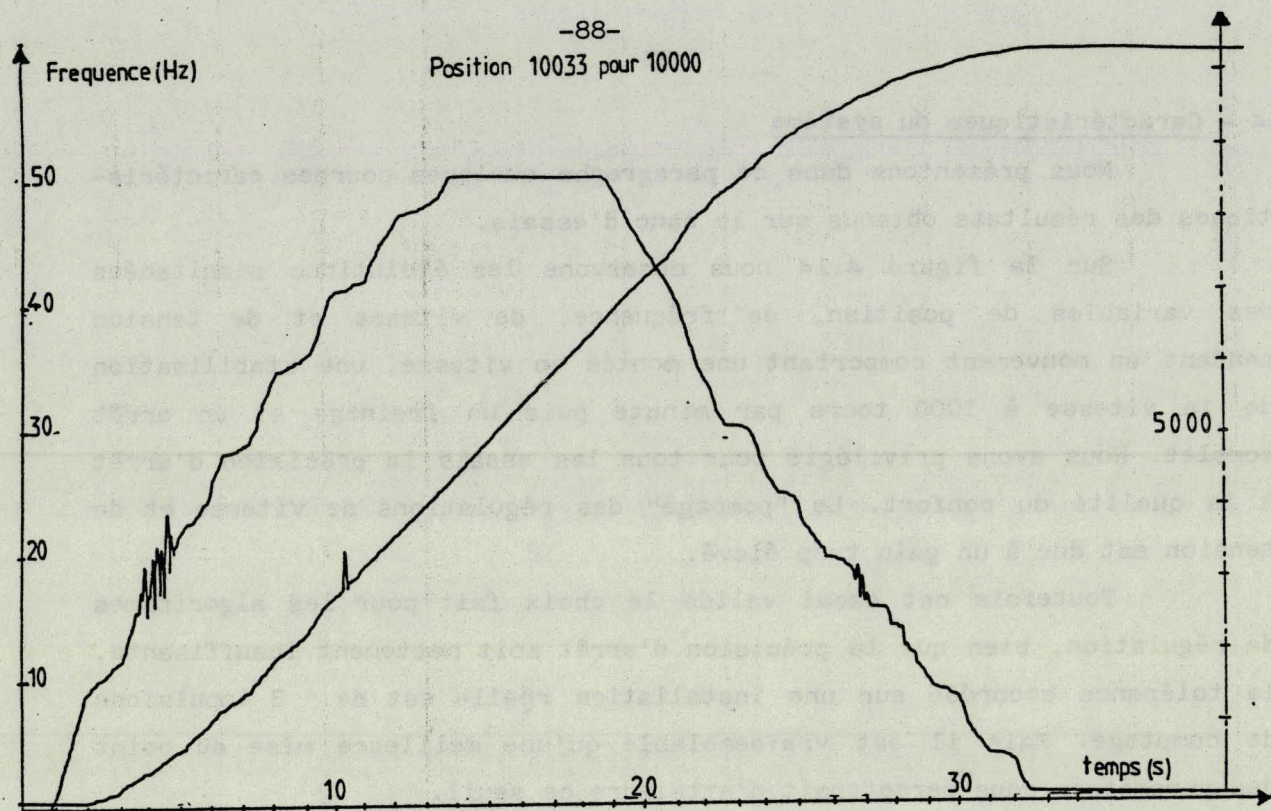


Figure 4.16. Vitesse nominale

Les essais de comportement du dispositif en vitesse stabilisée (figure 4.15) ont mis en évidence la tendance, déjà observée auparavant, à entretenir une ondulation sur la vitesse de rotation.

Ce type de fonctionnement est typiquement celui demandé à l'ascenseur pour les visites de révision (maintenance), le personnel d'entretien voyage sur le toit de cabine, il contrôle le bon fonctionnement des pièces mécaniques : déverrouillage des portes ... et graisse les coulis-seaux. Les normes de sécurité du travail exigent une vitesse réduite pendant ces contrôles.

L'essai suivant nous permet de visualiser les valeurs mesurées du courant, le filtrage du signal est volontairement limité afin de conserver une image réelle des pointes de courant. Notons la difficulté de la régulation à maîtriser la vitesse en début de ralentissement, l'importante inertie des trois machines en rotation en est la cause. La solution de ce problème consiste à anticiper le début de ralentissement afin d'éviter un tel écart entre la vitesse et sa consigne, si le résultat n'est pas catastrophique sur la précision, la décélération initiale que cela occasionne est très certainement intolérable si l'on prend en compte le confort des usagers.

Le dernier essai, présenté ici, nous montre une phase de montée en vitesse avec une accélération maximum sans surcharge sur le convertisseur. Le courant mesuré atteint 35 ampères en valeur de crête et les paramètres sont optimisés pour éviter les oscillations observées pour les précédents essais.

Cette campagne d'essais a montré que le système microinformatique contrôlait convenablement le dispositif de puissance. Nous avons toutefois remarqué une surcharge systématique du microprocesseur au début de la phase d'accélération. Cette période où s'effectue la pesée étant déterminante pour la suite du mouvement, il reste donc des améliorations logicielles à apporter sur ce point particulier.

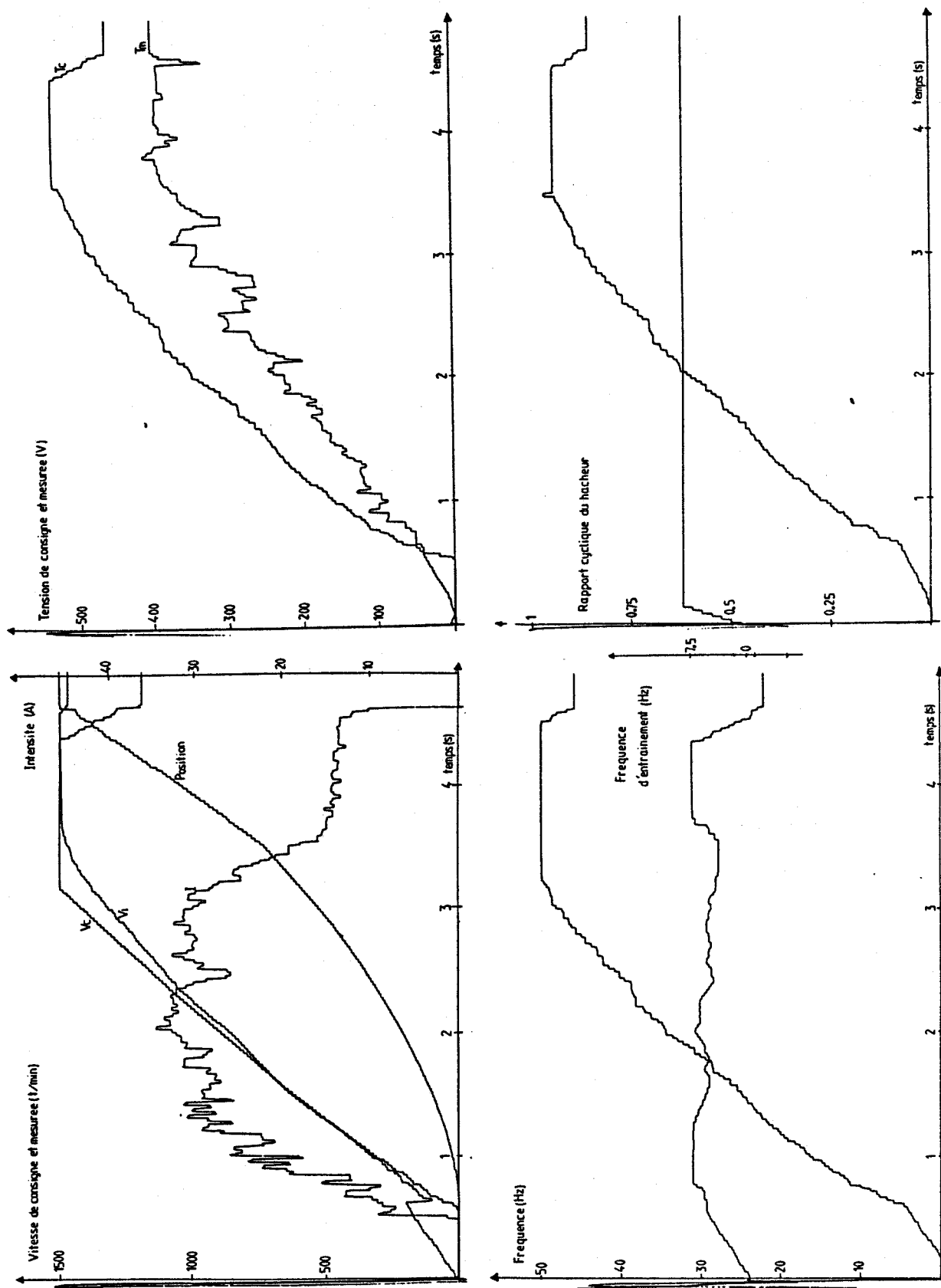


Figure 4.17. Accélération maximum

## C O N C L U S I O N

Nous avons comme objectif de réaliser un ensemble assurant le contrôle éloigné d'un convertisseur de puissance alimentant un moteur asynchrone destiné à l'entraînement d'une cabine d'ascenseur. Ce type d'application requiert une maîtrise parfaite de la vitesse de rotation du moteur en vue d'assurer la constance de l'accélération ainsi qu'une précision d'arrêt convenable. Nous devons, par ailleurs, prendre en compte les contraintes maximales admissibles par les composants du convertisseur ainsi que les éléments logistiques du contexte industriel de la société AUTINOR.

Dans un premier temps nous avons complété un modèle de connaissance existant du convertisseur afin de déterminer les conséquences d'un défaut dans la commande rapprochée de l'onduleur. Cette modélisation nous a conduit à améliorer celle-ci en y introduisant d'une part la possibilité d'un choix dynamique de la forme d'onde et, d'autre part, un dispositif de protection destiné à limiter les perturbations engendrées par le défaut envisagé.

Dans un second temps nous avons étendu ce modèle en y insérant le moteur asynchrone et la charge conformément au banc d'essais dont nous disposons, constitué de deux moteurs asynchrones et d'un volant d'inertie couramment utilisés dans les équipements d'ascenseur. Ce modèle complet nous a permis de choisir et de tester les algorithmes du contrôle éloigné dans le respect d'un cahier des charges spécifique à l'ascenseur.



La dernière étape nous a conduit à concrétiser les enseignements de ces simulations au moyen d'un ensemble microinformatique remplissant les fonctions prédéfinies sur le modèle. Nous avons veillé à répartir harmonieusement les opérations à exécuter entre le microprocesseur et ses périphériques dans le but de soulager l'unité centrale des tâches peu robustes et répétitives.

Les résultats obtenus, s'ils ne répondent pas en tous points au cahier des charges, sont cependant encourageants et leur amélioration est possible grâce aux outils d'aide à la mise au point que nous avons eu à l'oeuvre de développer. Nous disposons en effet de l'enregistrement en temps réel des variables mesurées et calculées, du traçage de ces grandeurs et de la possibilité de modifier les paramètres de réglage du système.

Le travail présenté suscite deux remarques portant sur la mise en oeuvre de cette méthode de conception de la commande.

D'une part la mise au point du contrôle éloigné à partir du modèle de connaissance n'est pas conseillée, car celui-ci très précis et donc très lent ne convient pas aux multiples essais nécessaires au choix d'un algorithme. Un modèle d'observation, reproduisant fidèlement le comportement global du système étudié est préférable. Ce nouveau modèle peut être obtenu à partir du premier en ajoutant des hypothèses simplificatrices et en effectuant des approximations qu'il est toujours possible de justifier avec le modèle de connaissance.

D'autre part l'élaboration des modèles sur l'outil de développement du programme de l'application permet une meilleure prise en compte des contraintes matérielles puisque ces programmes ont en commun les algorithmes de contrôle éloignés et semi-rapprochés.

Enfin, la simulation numérique des systèmes électromécaniques peut être le fondement d'un outil de conception assistée par ordinateur des dispositifs de contrôle des convertisseurs de puissance, mais cet outil se révèle difficile à manipuler. Il serait toutefois possible de le rendre plus maniable en explicitant les liens entre les différents modèles d'observation ou de connaissance et la conception de la commande sur les plans logiciel et matériel. Ces relations clairement définies pourraient être systématisées pour évoluer vers un système expert qui constituera le véritable aboutissement de cette méthode.

**ANNEXE 1 :** FORMES D'ONDES

- 1 - Introduction et formulation
- 2 - Programme de calcul
- 3 - Calcul du nombre de boucles
- 4 - Méthode du gradient



## 1-1 INTRODUCTION ET FORMULATION

La recherche d'une forme d'onde consiste à trouver un motif de commande pour les transistors qui produira un minimum d'harmoniques dans les tensions en sortie d'onduleur. Il faut donc avant tout calculer les harmoniques produits par le motif considéré puis en fonction du critère de choix conserver ou abandonner le motif. Le paragraphe suivant explique la formulation des harmoniques utilisée dans les programmes d'optimisation. Deux programmes sont proposés bien qu'un seul ait donné des résultats. Le premier (§1-2) explore systématiquement toutes les possibilités, et demande beaucoup de temps machine. Les résultats, joints au listing, ont nécessité un an de calcul sans interruption (hormis les coupures de secteur) sur un calculateur 9835A de Hewlett Packard. Dans le paragraphe 1-3 nous calculons le nombre de boucles de calcul effectuées par le programme précité. Le second est une application de la méthode du gradient proposée par Patel et Hoft / 7 /, il s'est heurté à un problème de convergence. (§1-4)

### Formulation:

Les tensions générées par l'onduleur sont des tensions en créneaux. Les formes d'ondes se déduisent de la loi de commande des transistors. Les commandes des six transistors s'obtiennent à partir d'un même motif, en observant un déphasage approprié, ainsi que le montrent les commandes C1 et C2 de la figure 2.

Soit le motif de commande à  $m$  impulsions de la figure 1. Le second repère signifie que nous réalisons une translation d'axe de  $120^\circ$ , sur cet axe les valeurs des angles de commutation sont notées  $X_j$ . Notons que, pour que la tension de sortie de l'onduleur présente une symétrie de glissement et la symétrie par rapport au milieu des alternances il est nécessaire d'avoir:

$$X_{2m} - X_{2m-1} = X_1 \quad (1)$$

$$X_{2m-1} - X_{2m-2} = X_2 - X_1 \quad (2)$$

.....

$$X_{m+1} - X_m = X_m - X_{m-1} \quad (m-1)$$

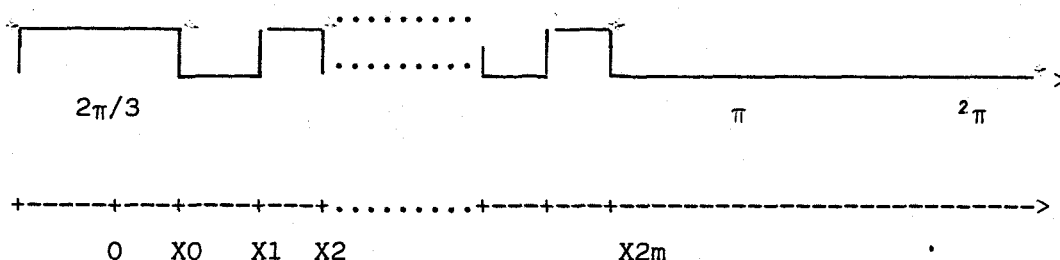


figure 1 Motif de commande.

Les différentes commandes de la figure 2 nous montre que la phase de la tension varie en fonction des commandes. Les dernières: C5 et C6 précisent l'influence de l'angle  $X_0$ , qui n'agit que sur la phase de la tension de sortie. Afin d'assurer le même déphasage pour toutes les formes d'ondes il suffit de poser:

$$X_m = \pi/6 \quad (m)$$

Compte tenu de cette dernière remarque une forme d'onde est entièrement définie par les  $m+1$  paramètres:  $m$  et  $X_0 \dots X_{m-1}$ . Les équations 1 à  $m$  permettent de calculer les angles  $X_m$  à  $X_{2m}$ . Les paramètres  $X_0 \dots X_{m-1}$  sont liés par  $m+1$  inégalités:

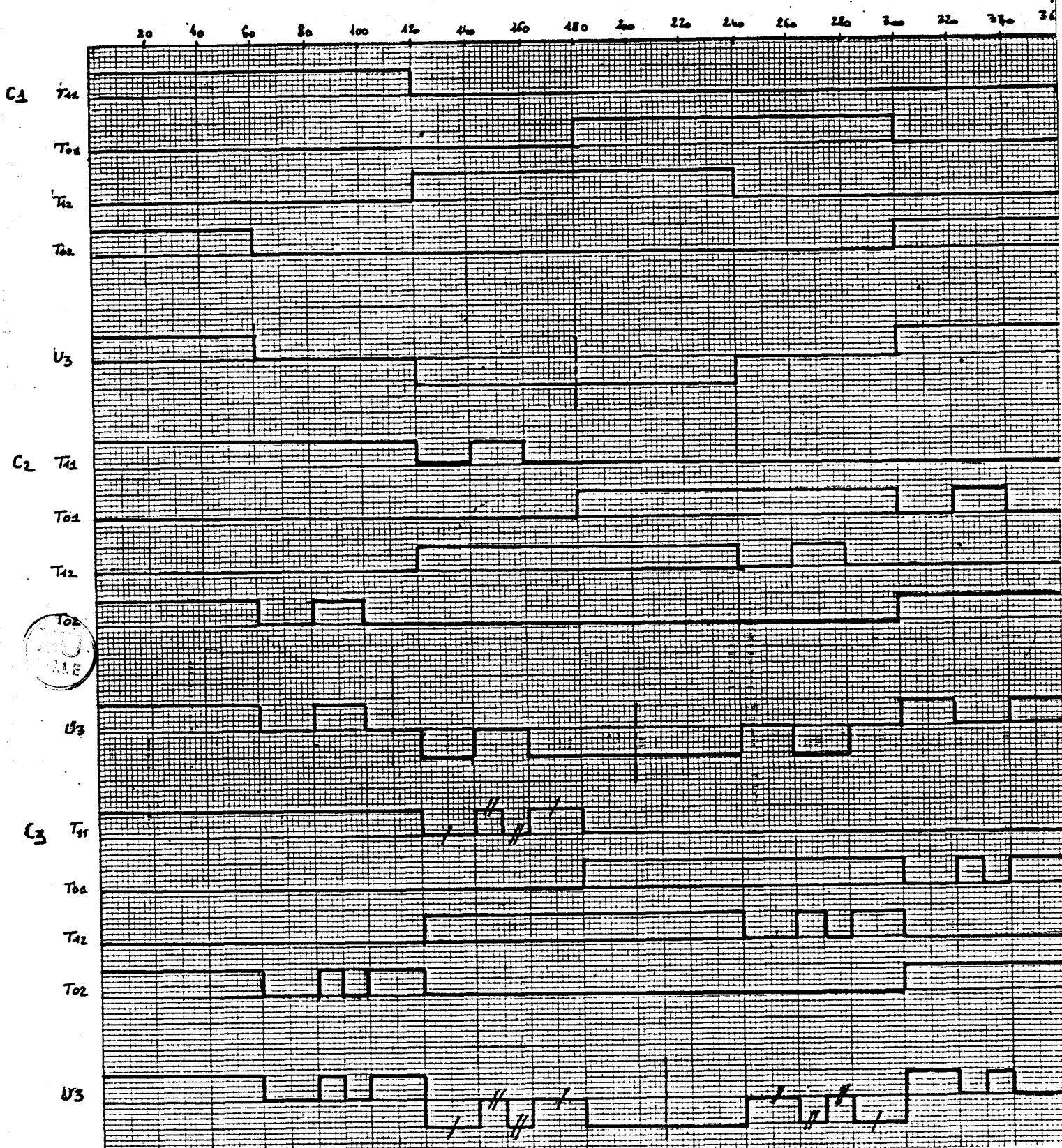
$$0 < X_0 < X_1 < X_2 < \dots < X_{m-2} < X_{m-1} < \pi/6$$

En adoptant les notations précédentes le calcul des harmoniques se fait à l'aide de la formule suivante / 2/:

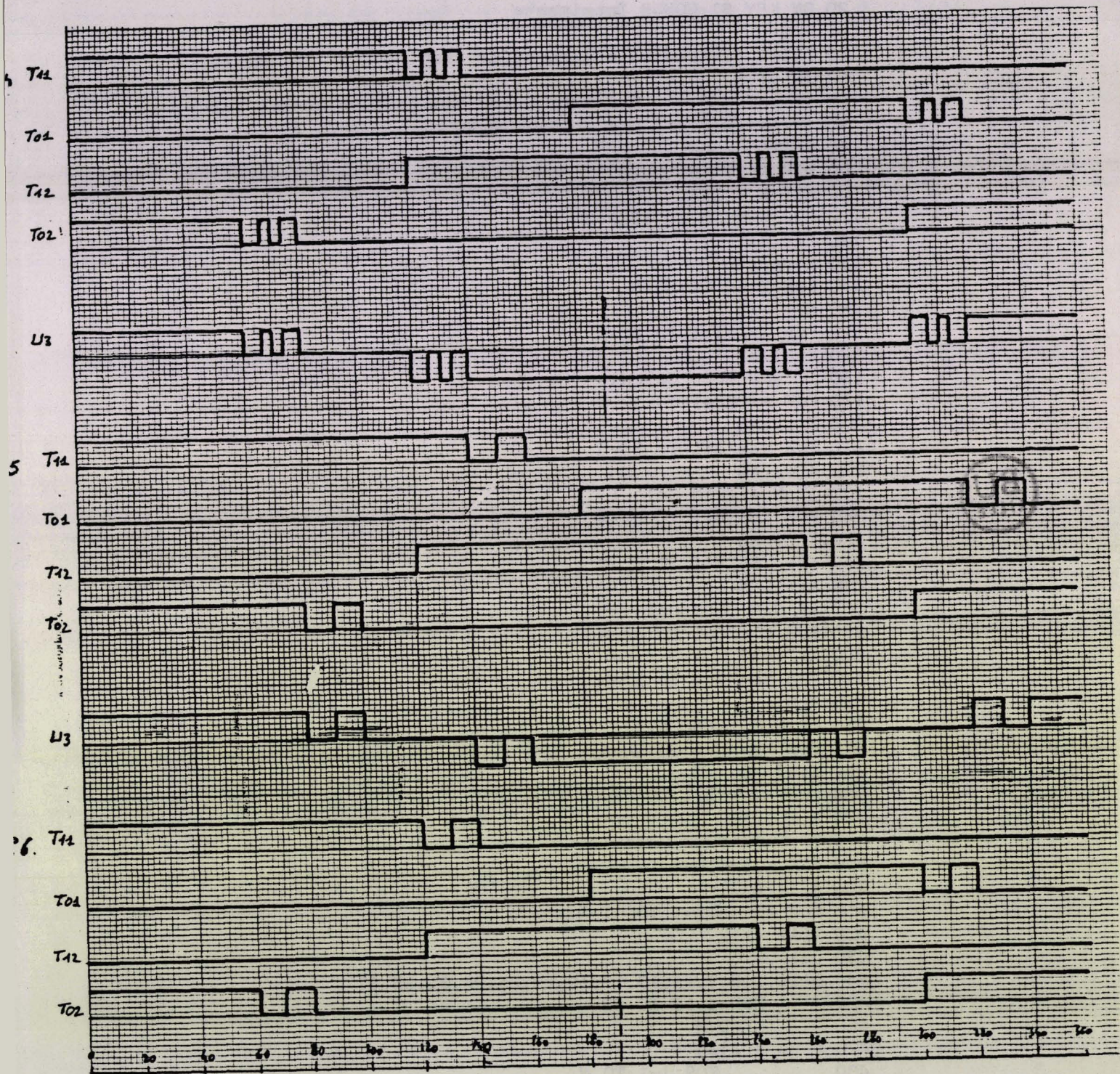
$$H_n = \frac{4}{\pi m} \cos(n\pi/6) \left( (-1)^m + 2 \cdot \sum_{i=0}^{m-1} (-1)^{i+1} \cos n(X_i - \pi/6) \right)$$

ou  $n$  est le rang de l'harmonique  
et  $m$  le nombre d'impulsions latérales

Il faut noter qu'il n'existe aucun harmonique pair compte tenu des symétries imposées aux formes d'ondes, de plus les harmoniques dont le rang est multiple de trois sont nuls.









1-2 PROGRAMME DE CALCUL  
LISTING

```
10 !*****CALCUL D'IMPULSIONS OPTIMUMS *****
20 ON KEY $1 GOSUB Imprimante
30 DEG
40 PRINT "Entrez le nombre se trouvant sur l'imprimante"
50 INPUT M
60 IF INT(M/2)<> M/2 THEN PRINT "il faut un nombre pair"
70 IF INT(M/2)<> M/2 THEN GOTO 40
80 OPTION BASE 1
90 DIM X(28),B(10,28)
100 MAT X = ZER
110 FOR N=M TO 12 STEP 2
120 MAT B=(99)
130 Hmax=10
140 FOR X1=0 TO 30-N
150 X(1)=X1
160 FOR X2=X1+1 TO 31-N
170 X(2)=X2
180 IF N=2 THEN Calcul
190 FOR X3=X2+1 TO 32-N
200 X(3)=X3
210 FOR X4=X3+1 TO 33-N
220 X(4)=X4
230 IF N=4 THEN Calcul
240 FOR X5=X4+1 TO 34-N
250 X(5)=X5
260 FOR X6=X5+1 TO 35-N
270 X(6)=X6
280 IF N=6 THEN Calcul
290 FOR X7=X6+1 TO 36-N
300 X(7)=X7
310 FOR X8=X7+1 TO 37-N
320 X(8)=X8
330 IF N=8 THEN Calcul
340 FOR X9=X8+1 TO 38-N
350 X(9)=X9
360 FOR X10=X9+1 TO 39-N
370 X(10)=X10
380 IF N=10 THEN Calcul
390 FOR X11=X10+1 TO 40-N
400 X(11)=X11
410 FOR X12=X11+1 TO 41-N
420 X(12)=X12
430 Calcul:
440 DATA 1,5,7,11,13,17,19,23,25,29,31,35,37
450     FOR I=13 TO 25
460     READ M
470     X(I)=0
480     FOR J=1 TO N
490     X(I)=X(I)+(-1)^(J+1) *COS(M*(X(J)-30))
500     NEXT J
```



LISTING (suite)

```
510      X(I)=ABS(4/(PI*M)*COS(M*30)*(2*X(I)+(-1)^N))
520      IF (I<>13)AND(I<14+N)AND (X(I)*100/X(13)>Hmax)THEN 710
530      NEXT I
540      FOR I=14 TO 25
550          X(I)=X(I)*100/X(3)
560      NEXT I
570      X(13)=X(13)*SQR(3)*100/2
580      X(26)=X(27)=X(28)=0
590      RESTORE 440
600      READ M
610      FOR I=14 TO 13+N
620          READ M
630          X(26)=X(26)+X(I)/M
640          X(28)=MAX(X(28),X(I))
650      NEXT I
660      FOR I=14 TO 25
670          X(27)=X(27)+X(I)^2
680      NEXT I
690      X(27)=SQR(1.5)*SQR(X(27))
700      IF X(26) B(10,26) THEN GOSUB Tableau
710      RESTORE 440
720 !Fin Calcul
730 ON N GOTO 40,840,40,820,40,800,40,780,40,760,40,740
740 NEXT X12
750 NEXT X11
760 NEXT X10
770 NEXT X9
780 NEXT X8
790 NEXT X7
800 NEXT X6
810 NEXT X5
820 NEXT X4
830 NEXT X3
840 NEXT X2
850 NEXT X1
860 GOSUB Imprimante
870 NEXT N
880 END
890 Tableau:!(des dix meilleurs résultats)
900 FOR I=1 TO 10
910     IF X(26) B(I,26) THEN Insertion
920 NEXT I
930 RETURN
940 Insertion:FOR J=9 TO I STEP -1
950     FOR K=1 TO 28
960         B(J+1,K)=B(J,K)
970     NEXT K
980     NEXT J
990     FOR K=1 TO 28
1000        B(I,K)=X(K)
1010    NEXT K
1020    Hmax=MAX(B(1,28),B(2,28),B(3,28),.....B(10,28))
1030 RETURN
1040 Imprimante:PRINTER IS 7,1
1050 PRINT "*****N=";N;"***** (le prochain est: ";N+2;" )***"
1060 PRINT "*****"
```

LISTING (suite)

```
1070          FOR P=1 TO 10
1080              FOR Q=1 TO N
1090                  PRINT USING 1100;"*",B(P,Q)
1100                  IMAGE $,A,DD
1110              NEXT Q
1120              PRINT USING 1130;"*"
1130              IMAGE $,A
1140              FOR W=3*N TO 38
1150                  PRINT USING 1160;" "
1160                  IMAGE $,A
1170              NEXT W
1180              PRINT USING 1190:"Fondamental:",B(P,13),"RHF:",
B(P,27),"Hmax:",B(P,28)
1190              IMAGE 12A,DD.DD,5A,DD.DD,6A,DD.D
1200              PRINT USING 1210;"    *"
1210              IMAGE $,5A
1220              FOR Q=14 TO 26
1230                  PRINT USING 1240;"*",B(P,Q)
1240                  IMAGE $,A,DD.D
1250              NEXT Q
1260              PRINT "*"
1270              NEXT P
1280 PRINT "*****"
1281 PRINT "Valeurs actuelles des angles"
1282 FOR P=1 TO N
1283     PRINT "X(";P;")=";X(P);"    "
1284 NEXT P
1285 PRINT
1290 PRINTER IS 16
1300 RETURN
```

Listing programme de calcul d'impulsions optimums FIN

Dans les tableaux de résultats qui suivent les notations

sont:

N = Nombre d'impulsions latérales

Xj= Angles de commutation

H/M = somme des n premiers harmoniques divisés par leurs ordres

HMAX = harmonique maximum parmi les n premiers harmoniques.

RHP = résidu harmonique partiel (n)

Le critère de choix est la minimisation de H/M.

TABLEAU DE RESULTATS POUR N=2

X1	8	7	6	9	10	10	9	11	6	11
X2	14	13	12	15	15	16	14	16	13	17
X3										
X4										
X5										
X6										
X7										
X8										
H1	88.98	88.66	88.33	89.32	90.48	89.65	90.21	90.76	87.33	89.98
H5	.7	.4	.0	.8	2.9	.7	2.9	3.0	3.8	.4
H7	.7	1.2	3.4	2.4	.2	3.9	1.1	1.3	.2	5.0
H11	20.1	23.5	26.5	16.3	13.4	12.3	16.7	10.0	27.6	8.2
H13	27.4	28.8	29.2	25.0	21.0	21.7	23.4	17.9	32.4	17.8
H17	18.1	13.1	7.4	22.1	21.1	24.7	18.2	22.6	10.9	25.6
H19	5.3	.8	6.3	11.5	13.1	16.9	8.0	17.4	4.6	21.1
H23	12.3	12.5	10.0	9.4	5.9	4.3	9.5	.6	12.7	2.2
H25	10.7	6.4	.0	12.2	10.4	10.7	10.4	7.6	3.7	6.3
H29	6.5	13.3	17.6	.9	3.8	7.1	2.8	8.5	15.8	10.5
H31	13.9	17.1	16.5	7.7	4.0	.3	10.8	2.9	16.8	6.1
H35	12.8	7.1	.0	14.9	14.5	12.7	14.6	10.3	3.6	7.0
H37	6.1	.8	6.2	11.6	13.7	13.6	9.5	13.6	2.7	11.3
H/M	.2	.3	.5	.5	.6	.7	.7	.8	.8	.8
RHP	57.61	58.43	59.78	57.04	52.21	55.61	52.78	50.17	63.54	53.13
HMAX	.7	1.2	3.4	2.4	2.9	3.9	2.9	3.0	3.8	5.0



TABLEAU DE RESULTATS POUR N=4

X1	0	1	2	0	3	3	5	4	2	1
X2	2	3	4	2	6	5	8	6	4	3
X3	15	16	16	16	19	17	20	17	17	15
X4	20	21	21	21	24	22	25	22	22	20
X5										
X6										
X7										
X8										
H1	88.65	89.04	89.14	88.94	88.73	89.53	89.33	89.64	89.43	88.76
H5	.7	1.0	.5	1.5	.0	1.0	.2	.6	1.4	.2
H7	.2	.8	1.7	.1	.9	2.1	2.3	3.0	1.2	1.0
H11	2.5	1.1	1.9	.2	2.7	.6	2.7	.9	.1	3.5
H13	.8	1.3	.4	2.9	3.1	1.2	.4	.3	2.8	2.4
H17	10.1	4.2	3.6	5.5	14.1	1.4	14.1	.8	1.4	8.9
H19	21.2	15.0	12.7	17.4	8.5	5.9	15.2	4.5	7.8	18.7
H23	25.6	27.4	27.5	26.2	16.6	24.5	2.7	22.5	25.6	26.8
H25	14.9	21.3	23.9	18.2	22.9	26.1	13.9	26.4	24.4	18.0
H29	3.1	2.8	3.6	3.9	13.3	11.3	18.6	14.6	8.9	4.1
H31	2.9	.5	2.1	4.2	7.4	4.0	12.7	5.2	4.7	6.6
H35	2.5	1.7	.2	1.2	12.7	2.7	5.7	1.5	6.4	2.0
H37	7.6	2.8	.7	6.8	17.8	3.5	9.5	.3	4.2	3.6
H/M	.4	.5	.5	.5	.6	.6	.6	.6	.7	.7
RHP	47.73	46.95	47.82	46.48	51.94	47.21	43.66	47.11	47.19	48.53
HMAX	2.5	1.3	1.9	2.9	3.1	2.1	2.7	3.0	2.8	3.5

TABLEAU DE RESULTATS POUR N=6

X1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
X2	2	1	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1
X3	12	11	13	13	11	13	13	12	12	13	13	13	11
X4	15	14	16	16	13	16	16	15	15	16	16	16	14
X5	23	22	24	24	20	24	24	24	22	23	23	23	21
X6	27	26	28	29	24	29	29	29	26	27	27	27	25
X7													
X8													
H1	88.26	89.45	88.76	88.35	88.57	88.40	89.67	89.85	88.43	89.22			
H5	.2	.8	.6	.1	.6	.5	.6	2.0	.1	.3			
H7	.3	2.3	.2	.1	.0	.5	3.4	1.6	.9	3.6			
H11	3.0	1.0	3.6	2.3	1.6	3.7	.6	.2	.8	.1			
H13	.8	.7	.4	2.0	2.5	.3	.3	.1	3.0	.4			
H17	2.5	.2	2.6	2.9	3.0	3.1	.1	.6	2.4	1.3			
H19	1.0	.8	.9	2.8	1.6	.4	.9	.9	3.0	1.8			
H23	5.2	8.9	1.0	5.6	4.4	8.6	4.5	8.5	1.0	4.4			
H25	15.5	13.5	11.0	.9	16.5	20.0	10.0	15.7	12.0	8.2			
H29	18.8	5.7	25.0	5.3	26.6	25.4	10.0	14.9	20.0	.5			
H31	6.7	6.1	19.2	17.0	18.2	14.4	1.1	5.5	10.6	12.2			
H35	14.5	20.7	3.0	28.0	.5	5.1	18.3	10.6	8.9	25.4			
H37	13.8	18.6	7.1	19.6	.1	3.8	20.8	12.0	10.1	22.2			
H/M	.6	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.7	.8			
RHP	40.32	40.94	42.37	48.10	45.02	45.66	38.76	35.44	35.95	45.67			
HMAX	3.0	2.3	3.6	2.9	3.0	3.7	3.4	2.0	3.0	3.6			





TABEAU DE RESULTATS POUR N=8

X1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
X2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1
X3	9	7	8	10	10	10	9	10	6	9
X4	11	8	9	12	12	12	11	12	7	11
X5	18	13	13	17	19	18	18	18	13	17
X6	21	15	15	19	22	21	21	21	15	19
X7	26	21	21	23	26	26	24	26	21	23
X8	29	25	25	26	28	29	26	29	25	26
H1	89.31	89.11	89.17	89.39	89.68	89.47	89.17	89.42	89.06	89.23
H5	.8	.1	.0	.1	1.8	.4	.0	.7	.2	.4
H7	1.9	2.6	3.0	3.3	1.4	2.9	2.8	2.5	2.1	2.2
H11	1.6	.6	.3	.9	.7	1.0	.6	.4	.8	1.5
H13	.6	.8	.5	.9	.3	.9	.2	.1	1.2	.6
H17	1.1	2.4	1.3	.2	.7	.1	1.1	.8	3.4	1.3
H19	.1	.6	.1	.6	.7	1.3	.7	2.5	.8	.5
H23	.3	.3	.9	.3	.2	1.3	2.6	.4	1.8	1.3
H25	.4	1.2	2.8	2.6	1.6	.7	2.9	2.3	.1	2.3
H29	4.4	2.5	2.7	.6	5.4	.2	10.0	1.1	1.4	3.6
H31	7.3	8.2	9.7	4.6	11.7	3.7	14.1	5.6	6.2	8.2
H35	2.8	15.2	16.6	8.5	9.2	1.5	6.3	.6	15.0	4.2
H37	14.3	15.2	15.0	3.4	.9	7.5	4.2	9.9	16.7	3.3
H/M	.7	.7	.7	.8	.8	.8	.8	.8	.8	.8
RHP	20.94	28.74	30.59	13.65	19.76	11.41	23.86	14.98	29.19	13.77
HMAX	1.9	2.6	3.0	3.3	1.8	2.9	2.9	2.5	3.4	2.3

### 1-3 CALCUL DU NOMBRE DE BOUCLES

Nous nous proposons dans ce paragraphe de calculer le nombre de boucles de calcul effectuées par le programme précédent pour calculer une forme d'onde de quatre impulsions. Introduisons une fonction  $s(a,b,p)$  égale à la somme des valeurs prises par le polynôme  $p$  pour toutes les valeurs entières comprises entre  $a$  et  $b$  inclus. Nous utiliserons les formules donnant les valeurs de  $s$  pour les composantes de la base canonique de l'ensemble des polynômes choisie. Le détail du calcul de ces valeurs particulières de  $s$  n'apporte rien à notre exposé et ne figurera pas ici. Le tableau suivant servira d'aide mémoire:

$$s(a,b,1) = b-a+1$$

$$s(a,b,x) = \frac{1}{2}(b(b+1) - a(a-1))$$

$$s(a,b,x^2) = (b(b+1)(b+\frac{1}{2}) - a(a-1)(a-\frac{1}{2}))/3$$

$$s(a,b,x^3) = (b^2(b+1)^2 - a^2(a-1)^2)/4$$

$$s(a,b,x^4) = (b^2(b+1)(b+\alpha)(b+\beta) - (a-1)^2 a(a-1+\alpha)(a-1+\beta))/5$$

$$\text{ou } \alpha, \beta = (9 \pm 19^{\frac{1}{2}})/12$$

$$s(a,b,x^5) = (b^2(b+1)^2(b+\alpha)(b+\beta) - (a-1)^2 a^2(a-1+\alpha)(a-1+\beta))/6$$

$$\text{ou } \alpha, \beta = (1 \pm 3^{\frac{1}{2}})/2$$

En utilisant ce formalisme exprimons  $N$ : nombre de boucles de calcul en fonction de la discrétisation :  $D$ .

$$N = s_1(D, a, s_2(t_1 + D, b, s_3(t_2 + D, c, s_4(t_3 + D, d, D))))$$

Dans cette expression nous devons indiquer les sommes imbriquées, les grandeurs  $t_i$  sont les variables muettes des sommes  $s_i$ . Si l'expression analytique de  $N$  est simple il faut tout de même donner quelques précisions quant à la méthode de calcul à employer. Tout d'abord calculer la somme la plus imbriquée  $s_4$  en fonction de  $t_3$ , cette somme sera un polynôme du premier degré en  $t_3$ . Il ne reste plus qu'à décomposer ce polynôme dans la base canonique précitée et appliquer la distributivité de la multiplication par rapport à l'addition pour calculer la somme  $s_3$  qui sera un polynôme du deuxième degré en  $t_2$  et ainsi de suite, la somme  $s_1$  sera bien entendu une constante si l'on donne à  $a, b, c, d$  et  $D$  des valeurs numériques.

Dans notre cas particulier les valeurs de a,b,c et d se calculent en fonction de D:

$$d = 30^\circ - D$$

$$c = d - D$$

$$b = c - D$$

$$a = b - D$$

Une application numérique pour  $D=1^\circ$  nous donne  $N = 23751$

#### 1-4 METHODE DU GRADIENT

La méthode du gradient est une méthode numérique pour résoudre un problème non linéaire, dont voici une formulation générale:

$$[F] \cdot [X] = [0] \quad (1)$$

$$\text{ou } [X] = [X_1, X_2, X_3, \dots, X_i, \dots, X_n]$$

et  $[F]$  est une matrice dont les composantes sont des fonctions non linéaires des  $X_i$ .

L'algorithme de résolution est le suivant:

1 - Prendre une valeur initiale pour  $[X]: [X]_0 \quad j = 0$

2 - Calculer  $[F]_j = [F] \cdot [X]_j$

3 - Calculer  $[\Delta X] = -[F]_j / [F']_j$   
ou  $[F']_j$  est la fonction dérivée de  $[F]$  au point  $[X]_j$

4 - Calcul de  $[X]_{j+1} = [X]_j + [\Delta X]$

5 - retour au point 2 pour une nouvelle itération si la valeur de  $[F]_j$  n'est pas inférieure à un minimum fixé au préalable.



Il faut noter que si cet algorithme est simple sa mise en oeuvre est un peu délicate. Il est important de noter que  $[F]_{j+1}$  doit être inférieur à  $[F]_j$ , si ce n'est pas le cas l'algorithme diverge il faut donc changer de valeur initiale. La convergence vers une solution est conditionnée d'une part par le type de problème et d'autre part par la valeur initiale choisie. Ceci explique le manque de résultats fournis par cette méthode. Nous donnons toutefois le programme utilisé :

#### LISTING

```
1 ON KEY$ 1,"sur vidéo" GOSUB 500
2 ON KEY$ 2,"imprimante" GOSUB 700
3 ON KEY$ 3,"itérations" GOSUB 900
7 ON KEY$ 10,"Nombre d'" GOSUB 900
8 ON KEY$ 8,"Résultat" GOSUB 500
9 ON KEY$ 9,"résultat" GOSUB 500
10 REM OPTIMISATION D'UNE FORME D'ONDE PAR LA METHODE
                                DU GRADIENT

11 DEG
20 OPTION BASE 1
30 N=0
35 Q=1
40 DIM Z(8),N(8),F(8),Df(8,8),P(8),K(8),Dfi(8,8),
                                Dx(8),X(8)
50 Z(1),Z(4),Z(5),Z(8),W(3),W(4),W(7),W(8),P(2),P(3),
                                P(6),P(7)=1
60 Z(2),Z(3),Z(6),Z(7),W(1),W(2),W(5),W(6),P(1),P(4),
                                P(5),P(8)=-1
70 K(1)=5;K(2)=7;K(3)=11;K(4)=13;K(5)=17;K(6)=19;
                                K(7)=23;K(8)=25

75 CLEAR
76 DISP"Voulez vous initialiser?(oui=1)"
77 INPUT L
78 IF L<>1 THEN GOTO 1000
80 FOR I=1 TO 8
90     DISP "X(";I;")="
100     INPUT X(I)
110 NEXT I
114 CLEAR
115 KEY LABEL
120 REM DEBUT DE LA BOUCLE
121 IF 180>X(8) AND X(8)>X(7) AND X(7)>X(6) AND
    X(6)>X(5) AND X(5)>X(4) AND X(4)>X(3) AND
    X(3)>X(2) AND X(2)>X(1) AND X(1)>-180 THEN 130
                                ELSE 1500
```

LISTING (suite)

```

130 FOR A=1 TO 8
140   F(A)=3/2*Z(A)*(COS(K(A)*X(8))-COS(K(A)*X(7))-
        COS(K(A)*X(6))+COS(K(A)*X(5))+
        COS(K(A)*X(4))-COS(K(A)*X(3))-
        COS(K(A)*X(2))+COS(K(A)*X(1)))
150   F(A)= F(A)+SQR(3)/2*W(A)*(Z(A)+SIN(K(A)*X(8))
        -SIN(K(A)*X(7))+SIN(K(A)*X(6)))
160   F(A)= F(A) + (SQR(3)/2*W(A)*(-SIN(K(A)*X(5))+
        SIN(K(A)*X(4))-SIN(K(A)*X(3))+
        SIN(K(A)*X(2))-SIN(K(A)*X(1))))

170 NEXT A
180 FOR I=1 TO 8
190   IF ABS(F(I))>.01*Q THEN 240
200 NEXT I
205 IF 30>X(8) AND X(8)>X(7) AND X(7)>X(6) AND
      X(6)>X(5) AND X(5)>X(4) AND X(4)>X(3) AND
      X(3)>X(2) AND X(2)>X(1) AND X(1)>0 AND Q=1
      THEN 1200
210 IF 30>X(8) AND X(8)>X(7) AND X(7)>X(6) AND
      X(6)>X(5) AND X(5)>X(4) AND X(4)>X(3) AND
      X(3)>X(2) AND X(2)>X(1) AND X(1)>0
      THEN GOSUB 700;GOTO 1300

220 GOTO 1000
240 FOR A=1 TO 8
250   FOR B=1 TO 8
260     Df(A,B)=3/2*P(B)*Z(A)*K(A)*SIN(K(A)*X(B))+
            (K(A)*SQR(3)/2*W(A)*((-1)↑B))*
            COS(K(A)*X(B))

270   NEXT B
280 NEXT A
290 MAT Dfi=INV(Df)
300 MAT F=(-1)*F
310 MAT Dx=Dfi*F
320 MAT X=X+Dx
330 N=N+1
340 GOTO 120
500 CLEAR
505 DISP " "
510 DISP "X=";
520 FOR I=1 TO 8
530   DISP X(I);
540 NEXT I
550 DISP " "
560 DISP "F=";
570 FOR I=1 TO 8
580   DISP F(I);
590 NEXT I
592 DISP " "
595 KEY LABEL
600 RETURN
700 PRINTER IS 704
705 PRINT " "
710 PRINT "X=";

```



LISTING (suite et fin)

```
720 FOR I=1 TO 8
730     PRINT X(I);
740 NEXT I
750 PRINT "  "
760 PRINT " F=";
770 FOR I=1 TO 8
780     PRINT F(I);
790 NEXT I
791 PRINT "N=";N
792 PRINT "      "
800 RETURN
900 CLEAR
910 DISP"Le nombre d'itérations est:";N
920 KEY LABEL
930 RETURN
1000 DISP "ERREUR D'INITIALISATION"
1010 X(1)=INT(10*RND)+RND*10
1020 IF X(1)=0 THEN X(1)=1
1030 X(2)=X(1)+RND*INT(10*RND)+RND
1040 X(3)=X(2)+RND*INT(10*RND)+RND
1050 X(4)=X(3)+RND*INT(10*RND)+RND
1060 X(5)=X(4)+RND*INT(10*RND)+RND
1070 X(6)=X(5)+RND*INT(10*RND)+RND
1080 X(7)=X(6)+RND*INT(10*RND)+RND
1090 X(8)=X(7)+RND*INT(10*RND)+RND
1100 IF X(8) 30 THEN GOTO 1010
1109 Q=1
1110 GOTO 114
1200 Q=.001;GOTO 240
1300 L=2
1310 PRINTER IS 1
1320 N=0
1330 GOTO 78
1500 S=ABS(F(1)/ 5)+ABS(F(2)/ 7)+ABS(F(3)/11)+
      ABS(F(4)/13)+ABS(F(5)/17)+ABS(F(6)/19)+
      ABS(F(7)/23)+ABS(F(8)/25)
1510 IF S>.5 THEN 1000
1520 MAT X=X-Dx
1521 IF X(8)>30 THEN 1560
1522 IF X(1)<0 THEN 1560
1530 PRINTER IS 704
1540 PRINT USING 1545;"X=";X(1);X(2);X(3);X(4);X(5);
      X(6);X(7);X(8);"S=";S
1545 IMAGE 2A,8(DD.DDD),2A,D.DDDD
1550 PRINTER IS 1
1560 GOTO 1000
```

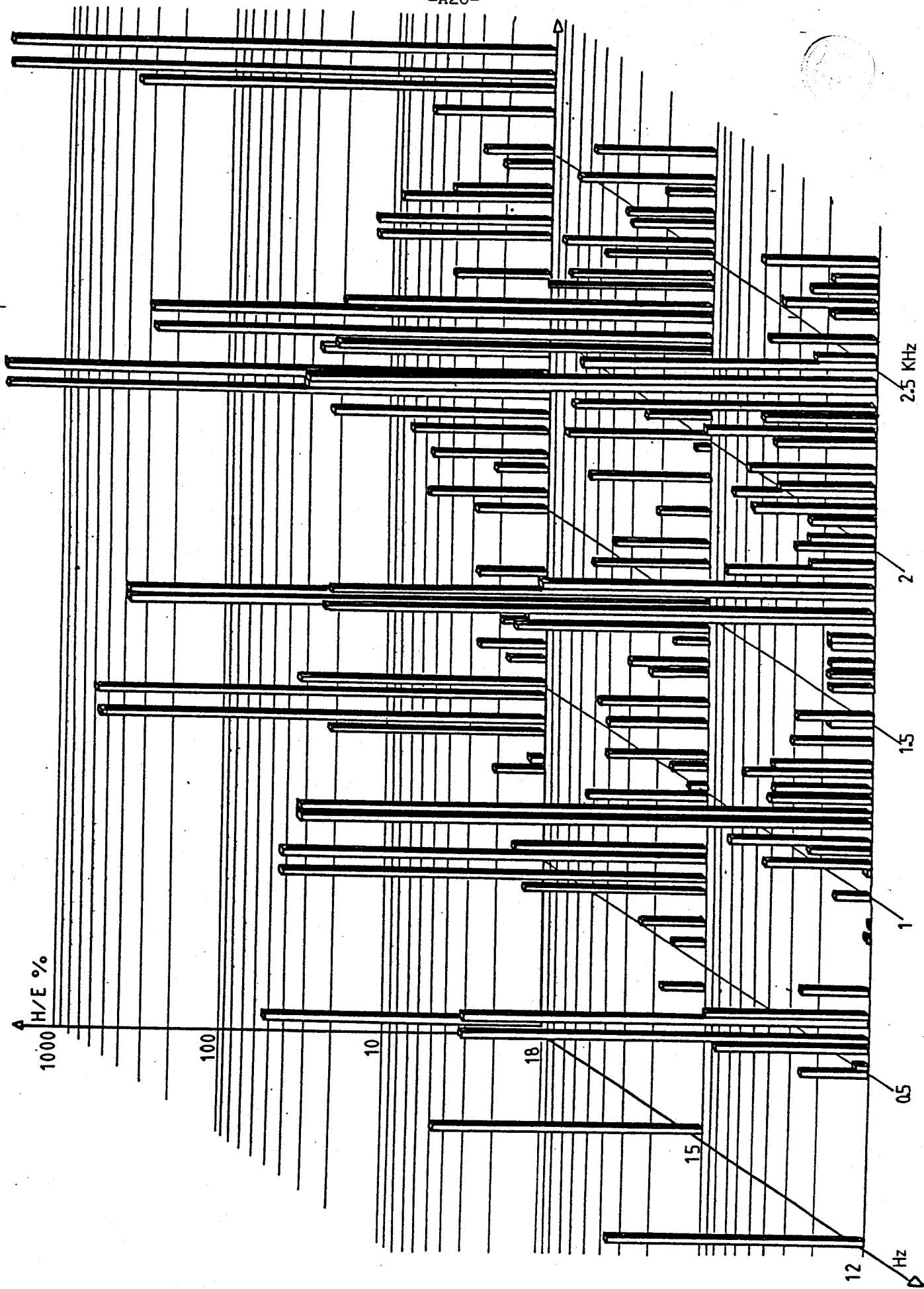


**ANNEXE 2 :** MODULATION DE LARGEUR D'IMPULSIONS

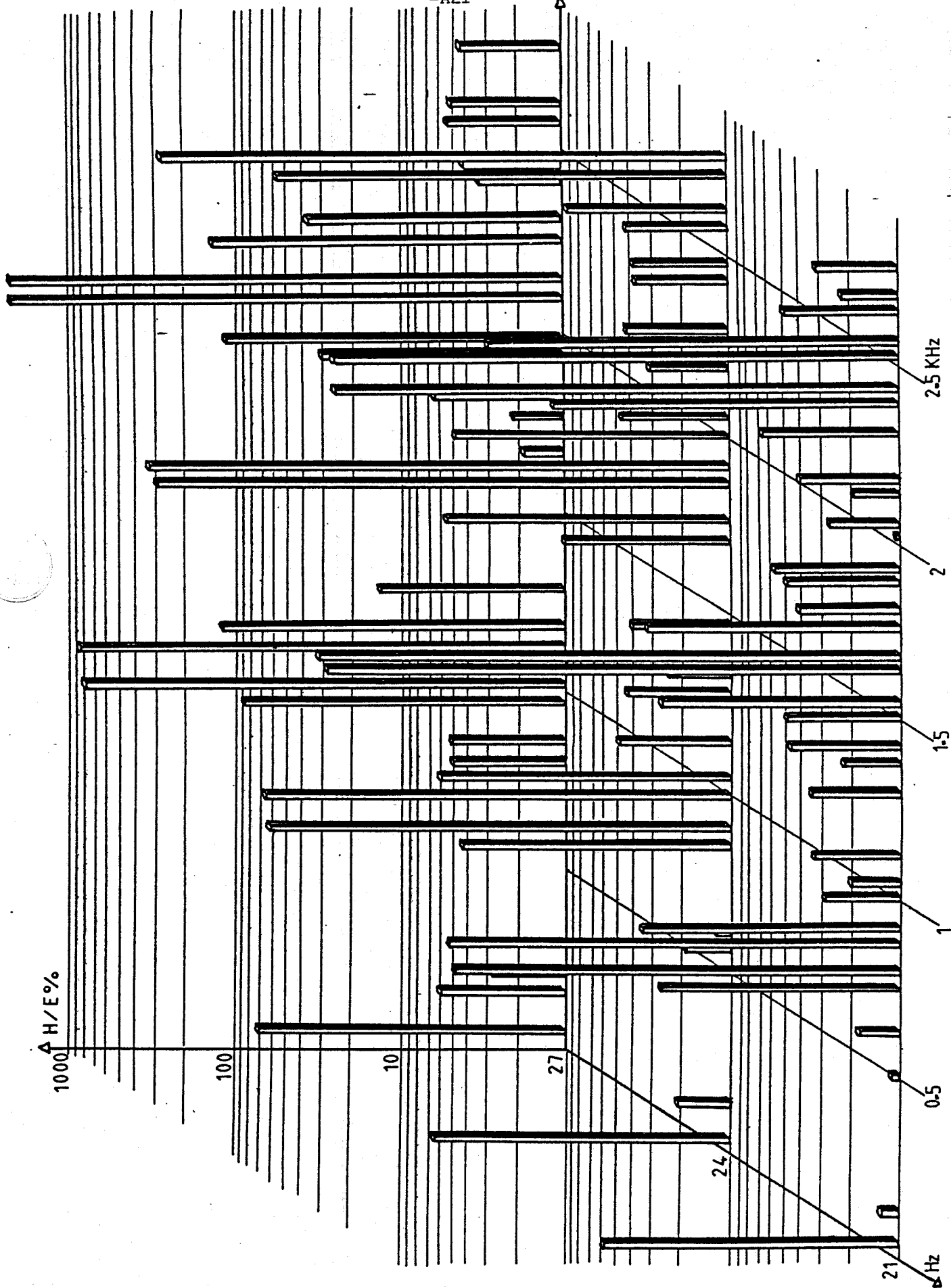
Nous présentons dans cette annexe les spectres harmoniques des tensions délivrées par un onduleur commandé en modulation de largeur d'impulsions. Les angles de commutation sont lus dans une mémoire par un microprocesseur (7810 de NEC) et appliqués au dispositif de puissance.

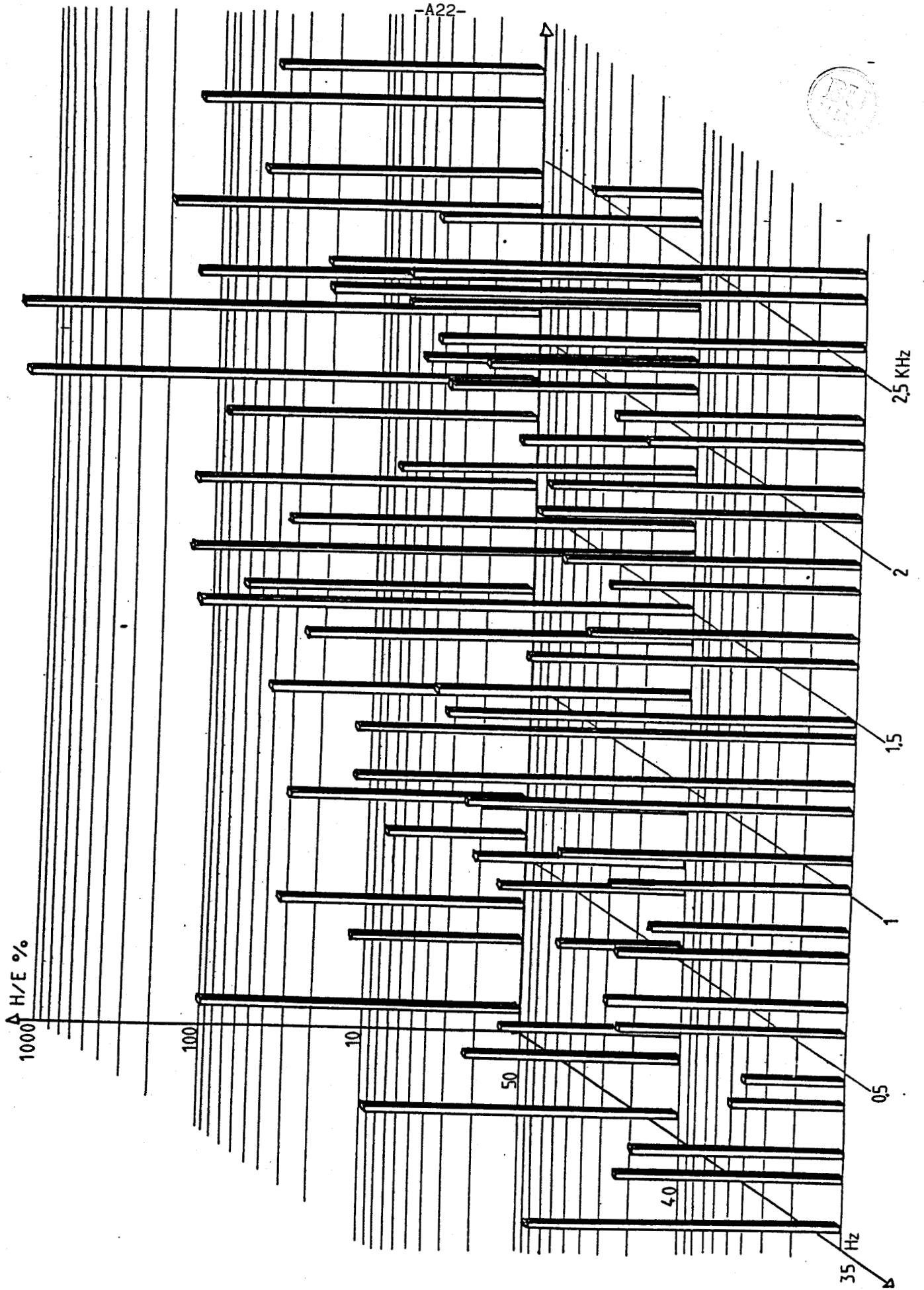
Les formes d'ondes sont obtenues en comparant deux ondes modulante et porteuse sinusoïdales, l'ordre de modulation est maximum pour la discrétisation choisie (1  $\mu$ s). Le rapport d'amplitude entre les ondes est choisi afin de respecter le rapport tension-fréquence nominal, toutefois il a été légèrement augmenté pour les faibles fréquences, afin d'augmenter le couple de démarrage.

Les spectres sont présentés pour les fréquences de 12, 15, 18, 21, 24, 27, 35, 40, 50, 60, 70 et 80 Hz. Nous constatons l'effet de la surmodulation sur l'allure des spectres à partir de 40 Hz.



-A21-

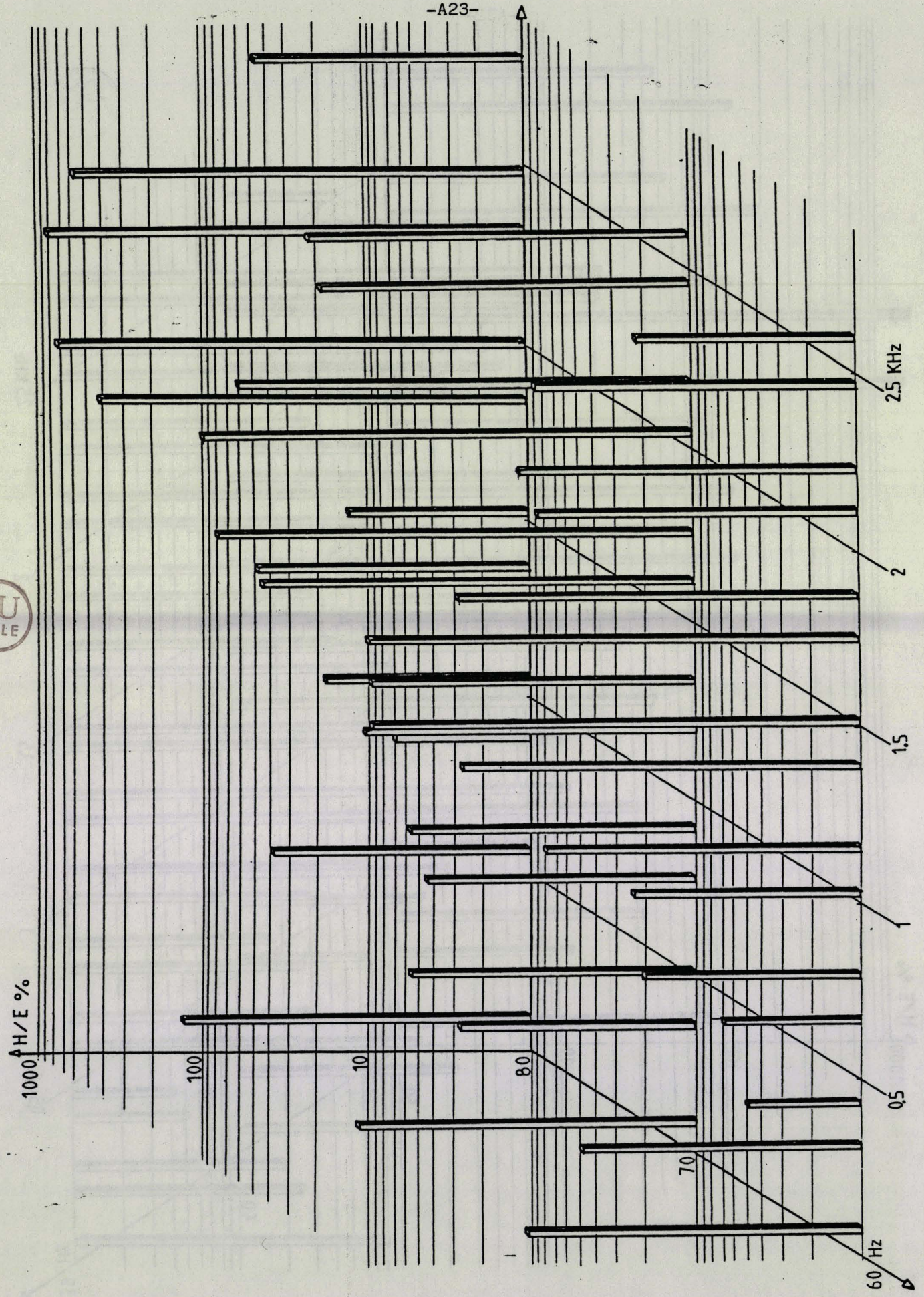








-A23-



**ANNEXE 3 : PROGRAMME DE SIMULATION**

Moteur asynchrone alimenté par  
un montage HACHEUR-ONDULEUR



```

2 !
3 !   Programme de simulation d'un moteur asynchrone alimenté par un
4 !   montage HACHEUR ONDULEUR
5 !
6 !
7 DISP "START"
10  OPTION BASE 1
20  DEG
30  ON KEY #0 GOSUB 9000
40  ON KEY #1 GOSUB 9010
50  ON KEY #2 GOSUB 9020
55  ON KEY #3 GOSUB 9030
60  ON KEY #4 GOSUB 9040
65  ON KEY #5 GOSUB 9050
70  ON KEY #6 GOSUB 9060
75  ON KEY #7 GOSUB 9070
80  ON KEY #8 GOSUB 9080
85  ON KEY #9 GOSUB 9090
90  ON KEY #10 GOSUB 9100
95  ON KEY #11 GOSUB 9110
100 !                                     dimensionnement

110 DIM Ao(2,2),Am(3,3),At(4,4),Point(300,6),V5(3),V6(3),S(3,4),Su(3,4),Sp(3,4)
120 DIM Ro(2,2),Rmt(3,3),Rme(3,3),Rt(4,4),Re(4,4),Sub(4)
130 DIM Lo(2,2),Lmt(3,3),Lme(3,3),Lt(4,4),Le(4,4)
135 DIM A(4,4),R(4,4),L(4,4),I1(4),Ian(3)
140 DIM U(4),Ua(3) !tensions composees
150 DIM I(4),Ia(3) !courant en ligne
160 DIM J(3),Ja(3) !courants polygonaux
165 DIM V(3),Va(3) !tensions simples
170 DIM Ip(2) !courants rotoriques de Park
190 DIM Z1(4,4),Z2(4,4),Li(4,4),Z3(4)
200 DIM Z4(4),Z5(4),Z6(4),Z7(4),Z8(4),Di(4),Za(4,4),Zb(4,4)
210 DIM D(5),F(5) !debuts et fins d'impulsions
220 DIM Z1h(2,2),Z2h(2,2),Z3h(2,2)
230 DIM Z4h(2),Z5h(2),Z6h(2),Z7h(2,2),Z8h(2,2),Z9h(2)
240 DIM Tuv(3,3),Tij(3,3),P1(3),P2(3),B1(3),B0(3),Z(3)
500 !                                     affectation des constantes

505 ! Couplage$="TRIANGLE"
506 Couplage$="ETOILE"
507 M1=1 !Cas du rotor a cage
508 ! M1=M !Cas du rotor bobine
509 K0=K1=K2=K3=K4=K5=K6=K7=K8=K9=K10=K11=-1 !Initialisation du controle video
510 Fh=2000 !frequence du hacheur
511 X=1
516 Ec=380*1.4142
517 N=5 !nombre d'impulsions
518 D(1)=0
519 F(1)=124
520 D(2)=126
521 F(2)=137
522 D(3)=142
523 F(3)=150
524 D(4)=158
525 F(4)=163

526 D(5)=174
527 F(5)=176
528 Cr=0 !couple resistant
529 Eo=5
530 Ft=.1 !coeff de frottement
540 Mi=1.05 !moment d'inertie
550 Rs=.27 !resistance statorique
560 Rr=5.85 !resistance rotorique
570 Lr=1 !inductance rotorique
580 Ls=.302/3 !inductance statorique
590 M=.19/3 !mutuelle
591 Pp=2
600 L=8E-3 !inductance du hacheur
610 C=3E-3 !capacite du hacheur
620 Rf=30 !resistance de dissipation du hacheur
630 R=.75 !resistance hacheur
640 Tm=1 !temps de montee en vitesse
650 Ts=5 !instant de debut de freinage
660 Tmax=5 !fin de la simulation

```



```

661 Fr1=4
662 Fr=4
670 Dv1=5
680 Dv2=50
690 Df1=8
691 Df2=14
692 Df3=28
693 Df4=-50
700 MAT Ao=ZER
710 MAT Am=ZER
720 MAT At=ZER
730 Ao(1,2)=Am(2,3)=At(3,4)=1
740 Ao(2,1)=Am(3,2)=At(4,3)=-1
750 MAT Rme=ZER
760 MAT Rmt=ZER
770 MAT Ro=ZER
780 MAT Re=ZER
790 MAT Rt=ZER
800 Ro(1,1)=Ro(2,2)=Rmt(2,2)=Rmt(3,3)=Rme(2,2)=Rr
810 Rt(3,3)=Rt(4,4)=Re(3,3)=Re(4,4)=Rme(3,3)=Rr
820 Rmt(1,1)=Rt(1,1)=Rt(2,2)=Re(1,1)=Rs
830 Rme(1,1)=Re(1,2)=2*Rs
840 Re(2,1)=-2*Rs
850 Re(2,2)=-Rs
860 MAT Lme=ZER
870 MAT Lmt=ZER
880 MAT Lo=ZER
890 MAT Le=ZER
900 MAT Lt=ZER
910 Lo(1,1)=Lo(2,2)=Lmt(2,2)=Lmt(3,3)=Lme(2,2)=Lr
920 Lt(3,3)=Lt(4,4)=Le(3,3)=Le(4,4)=Lme(3,3)=Lr
930 Lmt(1,2)=Lt(1,3)=M
940 Lmt(1,1)=Lt(1,1)=Lt(2,2)=Le(1,1)=Ls
950 Lmt(2,1)=Lt(3,1)=Le(3,1)=3*M1/2
960 Lme(1,1)=Le(1,2)=2*Ls
970 Lme(3,1)=Lt(4,2)=Le(4,2)=SQR(3)*M1
980 Le(4,1)=Lt(4,1)=SQR(3)*M1/2
990 Lt(2,3)=-M/2
1000 Le(2,1)=-2*Ls
1010 Le(2,3)=-3*M/2
1020 Le(2,4)=-SQR(3)*M/2
1021 Lt(2,4)=SQR(3)*M/2
1022 Lme(1,3)=Le(1,4)=SQR(3)*M
1023 Le(2,2)=-Ls
1030 MAT Tij=ZER !matrice de passage des crts j aux crts i
1040 Tij(1,3)=Tij(2,1)=Tij(3,2)=1
1050 Tij(1,2)=Tij(2,3)=Tij(3,1)=-1
1060 MAT Tuv=(-1)*Tij !matrice de passage des tensions simples aux composees
1070 Z(1)=0
1080 Z(2)=240
1090 Z(3)=120
1100 MAT Z1h=ZER
1110 MAT Z2h=ZER
1120 MAT Z3h=ZER
1130 MAT Z7h=ZER
1140 Z7h(1,1)=Z2h(1,2)=-1/C
1150 Z2h(2,1)=1/L
1160 Z1h(1,2)=1/C
1170 Z1h(2,1)=-1/L
1180 Z1h(2,2)=-R/L
1190 MAT Z3h=Z1h
1200 Z3h(1,1)=-1/(Rf*C)
1210 Th=1/(360*Fh) !incrementation du temps hacheur
1220 To=Th*15 !incrementation du temps onduleur
1225 MAT Ia=ZER
1230 MAT P1=(1)
1240 MAT P2=(1)
1241 P2(2)=3
1250 P3=1
1260 P4=1
1270 T1=0
1320 Vcon=0
1321 Fe=2
1322 T2=.1
1323 Vcon1=0
1324 En=0
1325 En1=0
1326 Icon=37.5
1327 In1=0
1328 Irn1=0
1329 Qrv=0
1330 Qri=0

```



```

1500 ! Progprincipal:!!
1501 !                                     PROGRAMME PRINCIPAL

1502 T=Th
1503 GOSUB Hacheur
1504 GOSUB Onduleur
1505 GOSUB Regulation
1506 PLOTTER IS 7,4,"9872A"
1507 LIMIT 0,250,0,250
1508 SCALE 0,2,0,170
1509 AXES 1,10,0,0,10,2,5
1510 SCALE 0,2,0,1700
1511 AXES 1,100,2,0,10,2,5
1518 Progprincipal:!!
1519 T=T+Th
1520 Q=Q+1
1530 IF T>Tmax THEN 1600
1531 IF T>2 THEN PAUSE
1540 GOSUB Hacheur
1550 IF Q<To/Th THEN GOTO Progprincipal
1555 GOSUB Onduleur
1570 GOSUB Regulation
1571 GOSUB Affichage
1572 Q=0
1581 Point(X,1)=T
1582 Point(X,2)=Couple
1583 Point(X,3)=Ir
1584 Point(X,4)=Fr
1585 Point(X,5)=W*30/PI
1586 Point(X,6)=Cr
1587 X=X+1
1588 IF X=301 THEN GOSUB 8000
1589 ! IF X=395 THEN PAUSE
1590 GOTO Progprincipal
1600 END
2000 Regulation: !
2010 !                                     regulation

2011 Vcon=INT(500*T)
2012 IF T>1 THEN Vcon=500
2013 V12=W*30/PI
2015 ! Regulation vitesse*****
2016 IF Qrv<.005/To THEN 2045
2020 V1=INT(W*30/(6*PI))
2021 Vcona=INT(Vcon/6)
2022 IF V1<0 THEN V1=0
2023 IF ABS(V1-V11)>=1 THEN Fs=Fs+INT(V1-V11)*.2
2024 IF ABS(V1-V11)>=1 THEN V11=V11+SGN(V1-V11)*INT(ABS(V1-V11))
2025 Ev=Vcona-V1
2026 Dev=Ev-Ev1
2027 Ev1=Ev
2028 IF Vcon<Vcon1 THEN F0=0 !FREINAGE
2029 IF Vcon>Vcon1 THEN F0=1 !ACCELERATION
2030 IF Vcon<>Vcon1 THEN F1=0 !DEBLOCAGE DE LA REGULATION CRT >0
2031 IF Vcon<>Vcon1 THEN Vcon1=Vcon
2032 IF ABS(Ev)<=1 THEN F1=1 !BLOCAGE DE LA REGULATION CRT >0
2033 IF Dev>0 THEN Dfev=SGN(Ev)
2034 IF Dev<0 THEN Dfev=0
2035 IF Dev=0 THEN Dfev=SGN(Ev)
2036 IF Ev=0 THEN Dfev=0
2037 Fe=Fe+Dfev*.2
2038 Qrv=0
2039 IF (V12-V13<=V13-V14) AND (V12-V13>0) THEN F2=0
2040 IF V12-V13>V13-V14 THEN F2=1
2041 V14=V13
2042 V13=V12
2045 ! REGULATION COURANT *****
2046 IF Qr1<5E-4/To THEN 2140
2047 Ira=INT(Ir/.2)
2048 Icona=INT(Icon/.2)
2049 Ei=Icona-Ira
2050 Dei=Ei-Ei1
2051 Ei1=Ei
2052 IF Dei<=0 THEN Dfe1=Dfe1
2053 IF (Dei>0) AND (Ei>0) AND (F1=0) AND (F2=1) THEN Dfe1=Dfe1-1
2054 IF (Dei>0) AND (Ei<0) THEN Dfe1=Dfe1+2
2058 Dfe=0
2059 IF ABS(Dfe1)>=4 THEN Dfe=SGN(Dfe1)*INT(ABS(Dfe1)/4)
2060 IF ABS(Dfe1)>=4 THEN Dfe1=Dfe1-SGN(Dfe1)*INT(ABS(Dfe1)/4)*4
2062 IF F0=1 THEN Fe=Fe-Dfe*.2
2065 IF ABS(Fe)>10 THEN Fe=SGN(Fe)*10

```

```

2066 IF F1=1 THEN Fe=ABS(Fe)
2067 IF F1=1 THEN Fs=Vcona/5
2068 IF F1=1 THEN GOTO 2071
2069 IF F0=0 THEN Fe=-ABS(Fe)
2070 IF F0=1 THEN Fe=ABS(Fe)
2071 Fr=Fe+Fs
2072 IF Fr>50 THEN Fr=50
2073 IF Fr<1 THEN Fr=1
2074 IF Fr<15 THEN Ur=40+(161.211-40)*F/15
2080 IF Fr>=15 THEN Ur=Fr*Ec/50
2090 Rc=Ur/Ec
2100 Uf1=Ur+10
2110 Uf0=Ur+5
2120 Qr1=0
2140 Qr1=Qr1+1
2141 Qrv=Qrv+1
2150 En=(ABS(Ia(1))+ABS(Ia(2))+ABS(Ia(3)))/2
2151 Den=(En-En1)/To
2152 Din=Den/1-In1/.001
2153 In=In1+Din*To
2154 Dir=In*1000
2155 Ir=In1+Dir*To
2156 In1=Ir
2157 En1=En
2158 In1=In
2350 RETURN
3000 Hacheur:
3010 !
!
3020 ! Graphe de commande
3025 R=T*Fh-INT(T*Fh)
3030 P=P3
3040 ON P GOSUB Tch1,Tch2
3045 IF P=P3 THEN 3060
3050 P3=P
3051 GOTO 3030
3060 ON P GOSUB Ach1,Ach2
3070 ! Graphe de fonctionnement
3080 P=P4
3090 ON P GOSUB Tfh1,Tfh2,Tfh3,Tfh4,Tfh5
3095 IF P=P4 THEN 3110
3100 P4=P
3102 GOTO 3080
3110 ON P GOSUB Afh1,Afh2,Afh3,Afh4,Afh5
3120 RETURN
3130 !
!
3140 Tch1:! transition 1 commande hacheur
3150 IF R>=Rc THEN P=2
3160 RETURN
3170 Tch2:! transition 2 commande hacheur
3180 IF (R<Rc) AND (Uc<Ur) THEN P=1
3190 RETURN
3200 Ach1:! action 1 commande hacheur
3210 B=1
3220 RETURN
3230 Ach2:! action 2 commande hacheur
3240 B=0
3250 RETURN
3260 Tfh1:! Transition 1 fonctionnement hacheur
3270 IF B=0 THEN P=2
IF I1<0 THEN P=3
3280 RETURN
3290 Tfh2:! Transition 2 fonctionnement hacheur
3300 IF B=1 THEN P=1
3310 IF I1<=0 THEN P=3
3320 IF Uc>Uf1 THEN P=4
3330 RETURN
3340 Tfh3:! Transition 3 fonctionnement hacheur
3350 IF (B=1) AND (Ec>Uc) AND (I1>=0) THEN P=1
3360 IF Uc<0 THEN P=2
3370 IF Uc>Uf1 THEN P=5
3380 RETURN
3390 Tfh4:! Transition 4 fonctionnement hacheur
3400 IF Uc<Uf0 THEN P=2
3410 IF I1<0 THEN P=5
3420 RETURN
3430 Tfh5:! Transition 5 fonctionnement hacheur
3440 IF Uc<Uf0 THEN P=3
3450 IF Uc<0 THEN P=4
3460 RETURN
3470

```



```

3480 Afh1:!!      Action fonctionnement 1 hacheur
3490              Z4h(1)=Uc
3500              Z4h(2)=I1
3510              Z5h(1)=Ec
3520              Z5h(2)=Ic
3530              MAT Zb=Z2h
3531              MAT Za=Z1h
3540              GOSUB Calculhacheur
3550              Uc=Z4h(1)
3560              I1=Z4h(2)
3570              RETURN
3580 Afh2:!!      Action fonctionnement 2 hacheur
3590              Z4h(1)=Uc
3600              Z4h(2)=I1
3610              Z5h(1)=0
3620              Z5h(2)=Ic
3630              MAT Zb=Z2h
3631              MAT Za=Z1h
3640              GOSUB Calculhacheur
3650              Uc=Z4h(1)
3660              I1=Z4h(2)
3670              RETURN
3680 Afh3:!!      Action fonctionnement 3 hacheur
3690              Uc=Uc-Th*Ic/C
3700              I1=0
3710              RETURN
3720 Afh4:!!      Action fonctionnement 4 hacheur
3730              Z4h(1)=Uc
3740              Z4h(2)=I1
3750              Z5h(1)=Ic
3760              Z5h(2)=0
3770              MAT Zb=Z7h
3771              MAT Za=Z3h
3780              GOSUB Calculhacheur
3790              I1=Z4h(2)
3800              Uc=Z4h(1)
3810              RETURN
3820 Afh5:!!      Action fonctionnement 5 hacheur
3830              Uc=Uc+Th*(-Uc/(Rf*C))-I1/C
3840              I1=0
3850              RETURN
3860 Calculhacheur:!! resolution des equations du hacheur
3870              MAT Z6h=Za*Z4h
3880              MAT Z9h=Zb*Z5h
3890              MAT Z6h=Z6h+Z9h
3900              MAT Z6h=(Th)*Z6h
3910              MAT Z4h=Z4h+Z6h
3920              RETURN
3930 !

4000 Onduleur:!!
4010 !
!
4020 ! Graphe de commande
4025 Ano=Ano+To*Fr*360
4026 IF Ano>360 THEN Ano=Ano-360
4027 Vd=0
4030 FOR G=1 TO 3
4040 P=P1(G)
4041 G1=G+1
4042 IF G1=4 THEN G1=1
4043 G2=G1+1
4044 IF G2=4 THEN G2=1
4050 ON P GOSUB Tco1,Tco2,Tco3
4055 IF P=P1(G) THEN 4070
4060 P1(G)=P
4061 GOTO 4040
4070 ON P GOSUB Aco1,Aco2,Aco3
4080 P1(G)=P
4090 NEXT G
4100 ! Graphe de fonctionnement
4110 FOR G=1 TO 3
4111 G1=G+1
4112 IF G1=4 THEN G1=1
4113 G2=G1+1
4114 IF G2=4 THEN G2=1
4120 E=Eo
4125 P=P2(G)
4130 ON P GOSUB Tfo1,Tfo2,Tfo3
4135 IF (P=P2(G)) OR (P=1) THEN 4150
4140 P2(G)=P
4141 GOTO 4120

```

onduleur



```

4150 ON P GOSUB Afo1,Afo2,Afo3
4160 P2(G)=P
4161 Eo=E
4163 NEXT G
4164 ! MAT PRINT P2
4165 MAT Ian=Ia
4166 ! PRINT Ia(3)
4171 MAT Ua=Tuv*V
4180 IF E=5 THEN F=3
4190 IF ABS(E)=1 THEN F=1
4200 IF (ABS(E)<>1) AND (E<>5) THEN F=2
4210 ! Calcul
4220 IF Couplage$="TRIANGLE" THEN ON F GOSUB Et0,Tm,Tt
4230 IF Couplage$="ETOILE" THEN ON F GOSUB Et0,Em,Et
4240 GOSUB Mecanique
4250 Ic=0
4260 FOR G=1 TO 3
4270 IF P2(G)=2 THEN Ic=Ic+Ia(G)
4290 NEXT G
4292 Icomp=0
4293 FOR G=1 TO 3
4294 IF (P2(G)=2) AND (ABS(Ia(G))>Icomp) THEN Icomp=ABS(Ia(G))
4295 IF (P2(G)=5) AND (ABS(Ia(G))>Icomp) THEN Icomp=ABS(Ia(G))
4296 NEXT G
4297 Eo=5
4300 RETURN
4310 !

4320 Tco2:! Transition commande 2 onduleur
4321 Ang=Ang+Z(G)
4322 GOSUB Commande
4330 IF Commande=0 THEN P=1
4340 RETURN
4350 Tco1:! Transition commande 1 onduleur
4351 Ang=Ang+Z(G)
4352 GOSUB Commande
4360 IF Commande=1 THEN P=2
4361 Ang=Ang+Z(G)+180
4362 GOSUB Commande
4370 IF Commande=1 THEN P=3
4380 RETURN
4390 Tco3:! Transition commande 3 onduleur
4391 Ang=Ang+Z(G)+180
4392 GOSUB Commande
4400 IF Commande=0 THEN P=1
4410 RETURN
4420 Aco1:! Action commande 1 onduleur
4430 B1(G)=0
4440 B0(G)=0
4450 RETURN
4470 Aco2:! Action commande 2 onduleur
4480 B1(G)=1
4490 B0(G)=0
4500 RETURN
4510 Aco3:! Action commande 3 onduleur
4520 B1(G)=0
4530 B0(G)=1
4540 RETURN
4550 Tfo1:! Transition fonctionnement 1 onduleur
4555 IF MAX(P2)=1 THEN 4570
4560 ! UNE BORNE EN L'AIR
4561 IF B0(G)=1 THEN P=3
4562 IF B1(G)=1 THEN P=2
4563 IF (P2(G1)=2) AND (Ua(G2)>0) THEN P=2
4564 IF (P2(G1)=2) AND (Ua(G2)+Uc<0) THEN P=3
4565 IF (P2(G1)=3) AND (Ua(G2)-Uc>0) THEN P=2
4566 IF (P2(G1)=3) AND (Ua(G2)<0) THEN P=3
4567 RETURN
4570 ! TROIS BORNES EN L'AIR
4571 IF Vd=0 THEN GOSUB Vdmin
4572 IF (B1(G)=1) AND (B0(G1)=1) THEN P=2
4573 IF (B1(G)=1) AND (B0(G2)=1) THEN P=2
4574 IF (B0(G)=1) AND (B1(G1)=1) THEN P=3
4575 IF (B0(G)=1) AND (B1(G2)=1) THEN P=3
4576 ! *****
4580 IF (B1(G)=1) AND (-Ua(G2)/2=Vd) THEN P=2
4581 IF (B1(G)=1) AND (Ua(G1)/2=Vd) THEN P=2
4582 IF (B0(G)=1) AND (-Ua(G2)/2=Vd) THEN P=3
4583 IF (B0(G)=1) AND (Ua(G1)/2=Vd) THEN P=3
4584 IF (B0(G1)=1) AND (-Ua(G2)/2=Vd) THEN P=3

```



```

4585 IF (B0(G2)=1) AND (Ua(G1)/2=Vd) THEN P=3
4586 IF (B1(G2)=1) AND (-Ua(G2)/2=Vd) THEN P=2
4587 IF (B1(G1)=1) AND (Ua(G1)/2=Vd) THEN P=2
4588 ! *****!
4592 IF (Uc-Ua(G1))/2=Vd THEN P=3
4594 IF (Uc+Ua(G2))/2=Vd THEN P=3 !Retablissement
4595 IF (Uc+Ua(G1))/2=Vd THEN P=2 !par 2 diodes
4596 IF (Uc-Ua(G2))/2=Vd THEN P=2
4598 ! *****!
4600 RETURN
4610 Tfo2: Transition fonctionnement 2 onduleur
4620 IF (Ia(G)>0) AND (Ia(G)<=0) THEN P=1
4621 IF (Ia(G)<0) AND (Ia(G)>=0) AND (B1(G)=0) THEN P=1
4622 IF (Ia(G)>0) AND (B1(G)=0) THEN P=3
4623 IF B0(G)=1 THEN P=3
4630 RETURN
4640 Tfo3: Transition fonctionnement 3 onduleur
4641 IF (Ia(G)<0) AND (Ia(G)>=0) THEN P=1
4642 IF (Ia(G)>0) AND (Ia(G)<=0) AND (B0(G)=0) THEN P=1
4643 IF (Ia(G)<0) AND (B0(G)=0) THEN P=2
4644 IF B1(G)=1 THEN P=2
4660 RETURN
4730 Afo1: Action fonctionnement 1 onduleur
4731 IF E<>5 THEN MAT P2=(1)
4740 IF E<>5 THEN E=-1
4741 IF E=5 THEN E=ABS(E-G)
4750 RETURN
4760 Afo2: Action fonctionnement 2 onduleur
4770 V(G)=Uc
4780 RETURN
4790 Afo3: Action fonctionnement 3 onduleur
4800 V(G)=0
4810 RETURN
4880 Et0: Sans alimentation
4890 REDIM A(2,2),R(2,2),L(2,2),U(2),I(2)
4900 MAT A=Ao
4910 MAT R=Ro
4920 MAT L=Lo
4930 MAT U=ZER
4940 I(1)=Ip(1)
4950 I(2)=Ip(2)
4960 GOSUB Calculonduleur
4980 Ua(2)=-M/2*D1(1)+SQR(3)*M/2*D1(2)
4990 Ua(1)=M*D1(1)
5000 Ua(3)=-Ua(1)+Ua(2)
5050 MAT Ia=ZER
5060 MAT Ja=ZER
5070 MAT Ip=I
5080 Couple=0
5099 RETURN
5100 Tm: Monophasé triangle
5110 REDIM A(3,3),R(3,3),L(3,3),U(3),I(3)
5120 MAT A=Am
5130 MAT R=Rmt
5140 MAT L=Lmt
5150 N1=5-E
5160 N2=N1+1
5170 IF N2=4 THEN N2=1
5180 N3=N2+1
5190 IF N3=4 THEN N3=1
5200 MAT U=ZER
5210 U(1)=Ua(N1)
5220 I(1)=Ja(N1)
5230 I(2)=COS((N1-1)*120)*Ip(1)+SIN((N1-1)*120)*Ip(2)
5240 I(3)=COS((N1-1)*120)*Ip(2)-SIN((N1-1)*120)*Ip(1)
5250 GOSUB Calculonduleur
5260 Ua(N2)=-Rs/2*I(1)-Ls/2*D1(1)-M/2*D1(2)+SQR(3)/2*M*D1(3)
5270 Ua(N3)=-Ua(N1)+Ua(N2)
5280 Ip(1)=COS((1-N1)*120)*I(2)+SIN((1-N1)*120)*I(3)
5290 Ip(2)=COS((1-N1)*120)*I(3)-SIN((1-N1)*120)*I(2)
5300 Ja(N1)=I(1)
5310 Ja(N2)=Ja(N3)=-I(1)/2
5320 MAT Ia=Ij*Ja
5330 Couple=Pp*M*-3/2*Ja(N1)*I(3)
5340 RETURN
5350 Em: Monophasé étoile
5360 REDIM A(3,3),R(3,3),L(3,3),U(3),I(3)
5370 MAT A=Am
5380 MAT R=Rme
5390 MAT L=Lme

```



```

5400 N1=5-E
5410 N2=N1+1
5420 IF N2=4 THEN N2=1
5430 N3=N2+1
5440 IF N3=4 THEN N3=1
5450 MAT U=ZER
5460 U(1)=Ua(N1)
5470 I(1)=Ia(N2)
5480 I(2)=COS((N1-1)*120)*Ip(1)+SIN((N1-1)*120)*Ip(2)
5490 I(3)=COS((N1-1)*120)*Ip(2)-SIN((N1-1)*120)*Ip(1)
5500 GOSUB Calculonduleur
5510 Ua(N2)=-Rs*I(1)-Ls*D1(1)-3/2*M*D1(2)-SQR(3)/2*M*D1(3)
5520 Ua(N3)=-Rs*I(1)+Ls*D1(1)+3/2*M*D1(2)-SQR(3)/2*M*D1(3)
5530 Ip(1)=COS((1-N1)*120)*I(2)+SIN((1-N1)*120)*I(3)
5540 Ip(2)=COS((1-N1)*120)*I(3)-SIN((1-N1)*120)*I(2)
5550 Ia(N1)=0
5560 Ia(N2)=I(1)
5570 Ia(N3)=-I(1)
5580 Couple=Pp*M*I(1)*I(2)*SQR(3)
5590 RETURN
5600 Tt: Triphase triangle
5610 REDIM A(4,4),R(4,4),L(4,4),U(4),I(4)
5620 MAT A=At
5630 MAT R=Rt
5640 MAT L=Lt
5650 MAT U=ZER
5660 U(1)=Ua(1)
5670 U(2)=Ua(2)
5680 I(1)=Ja(1)
5690 I(2)=Ja(2)
5700 I(3)=Ip(1)
5710 I(4)=Ip(2)
5720 GOSUB Calculonduleur
5730 Ja(1)=I(1)
5740 Ja(2)=I(2)
5750 Ja(3)=-(I(1)+I(2))
5760 Mat Ia=Iij=Ja
5770 Ip(1)=I(3)
5780 Ip(2)=I(4)
5790 Couple=Pp*M*(SQR(3)/2*(2*I(2)+I(1))*I(3)-3/2*I(1)*I(4))
5800 RETURN
5850 Et: Triphase etoile
5860 REDIM A(4,4),R(4,4),L(4,4),U(4),I(4)
5870 MAT A=At
5880 MAT R=Re
5890 MAT L=Le
5900 MAT U=ZER
5910 U(1)=Ua(1)
5920 U(2)=Ua(2)
5930 I(1)=Ia(1)
5940 I(2)=Ia(2)
5950 I(3)=Ip(1)
5960 I(4)=Ip(2)
5970 GOSUB Calculonduleur
5980 Ia(1)=I(1)
5990 Ia(2)=I(2)
6000 Ia(3)=-(I(1)+I(2))
6010 Ip(1)=I(3)
6020 Ip(2)=I(4)
6030 Couple=Pp*M*(SQR(3)/2*(2*I(2)+I(1))*I(3)-3/2*I(1)*I(4))
6040 RETURN
6100 Calculonduleur: Resolution des equations electriques de l'onduleur
6110 MAT Z1=A*L
6120 MAT Z1=(Pp*W)*Z1
6130 MAT Z1=R+Z1
6140 MAT Li=INV(L)
6141 MAT Z2=Li*Z1
6142 MAT Z1=Z2
6145 MAT I1=I
6146 MAT Z3=U !mise a la bonne dimension
6147 MAT Z3=Li*U
6150 MAT Z4=Z1*I
6160 MAT Z4=Z3-Z4
6170 MAT I=(To/2)*Z4
6180 MAT I=I1+I
6190 MAT Z5=Z1*I
6200 MAT Z5=Z3-Z5
6210 MAT I=(To/2)*Z5
6220 MAT I=I1+I
6230 MAT Z6=Z1*I
6240 MAT Z6=Z3-Z6

```






```

6250      MAT I=(To)*Z6
6260      MAT I=I+I1
6270      MAT Z7=Z1*I
6280      MAT Z7=Z3-Z7
6290      MAT Z8=Z5+Z6
6300      MAT Z8=(2)*Z8
6310      MAT Z8=Z8+Z4
6320      MAT Z8=Z8+Z7
6330      MAT Z8=(1/6)*Z8
6340      MAT D1=Z8
6350      MAT I=(To)*Z8
6360      MAT I=I1+I
6370      RETURN
6400 Mecanique: !      Calcul des equations mecaniques du moteur
6401      ! Cpv=.17905*W-1.14E-3*W^2+3.4832E-6*W^3
6402      Cpv=3+.21/PI*W
6403      Vo=W*30/PI
6404      IF Vo<=0 THEN 6406
6405      Cr=2*60/(Vo/100+100/Vo)
6406      Cr=0
6410      W=W+To*(Couple-Cr-Cpv)/Mi
6420      RETURN
6430 Commande: !      Commande onduleur
6431      Commande=0
6432      IF Ang>=360 THEN Ang=Ang-360
6433      IF Ang>=360 THEN Ang=Ang-360
6440      FOR I=1 TO N
6450      IF (Ang>D(I)) AND (Ang<=F(I)) THEN Commande=1
6460      NEXT I
6480      RETURN
6490 !

6500 Vdmin: !      Calcul de la tension aux bornes des diodes
6510 MAT S=(1)
6520 FOR J=1 TO 3
6530 J1=J+1
6540 IF J1=4 THEN J1=1
6550 J2=J1+1
6560 IF J2=4 THEN J2=1
6570 IF (B1(J1)=1) OR (B0(J2)=1) THEN S(J,1)=0
6580 IF (B0(J1)=1) OR (B1(J2)=1) THEN S(J,2)=0
6581 IF (B0(J2)=0) AND (B1(J1)=0) THEN S(J,3)=0
6582 IF (B0(J2)=1) AND (B1(J1)=1) THEN S(J,3)=0
6583 IF (B1(J)=0) AND (B0(J)=0) AND (B1(J2)=1) THEN S(J,3)=0
6584 IF (B1(J)=0) AND (B0(J)=0) AND (B0(J1)=1) THEN S(J,3)=0
6590 IF (B0(J1)=1) AND (B1(J2)=1) THEN S(J,4)=0
6591 IF (B0(J1)=0) AND (B1(J2)=0) THEN S(J,4)=0
6592 IF (B1(J)=0) AND (B0(J)=0) AND (B0(J2)=1) THEN S(J,4)=0
6593 IF (B1(J)=0) AND (B0(J)=0) AND (B1(J1)=1) THEN S(J,4)=0
6610 Su(J,1)=(Uc+Ua(J))/2
6620 Su(J,2)=(Uc-Ua(J))/2
6630 Su(J,3)=Ua(J)/2
6640 Su(J,4)=-Ua(J)/2
6650 NEXT J
6660 MAT Sp=S.Su
6670 Vd=MIN(Sp)
6671 IF Vd>0 THEN Vd=-.1
6672 RETURN
8000 ! SSPG DE TRACAGE
8001 PLOTTER IS 7,4,"9872A"
8002 LIMIT 0,250,0,250
8010 SCALE 0,2,-180,160
8011 FOR X=1 TO 300
8012 PLOT Point(X,1),Point(X,6)
8013 NEXT X
8014 PENUP
8035 FOR X=1 TO 300
8040 PLOT Point(X,1),Point(X,2)
8050 NEXT X
8051 PENUP
8060 SCALE 0,2,0,85
8070 FOR X=1 TO 300
8080 PLOT Point(X,1),Point(X,3)
8090 NEXT X
8091 PENUP
8092 SCALE 0,2,0,1700/30
8093 FOR X=1 TO 300
8094 PLOT Point(X,1),Point(X,4)
8095 NEXT X
8096 PENUP
8100 SCALE 0,2,0,1700

```

```
8110 FOR X=1 TO 300
8120 PLOT Point(X,1),Point(X,5)
8130 NEXT X
8131 PENUP
8132 PEN 0
8200 X=1
8201 RETURN
9000 K0--K0
9005 RETURN
9010 K1--K1
9015 RETURN
9020 K2--K2
9025 RETURN
9030 K3--K3
9035 RETURN
9040 K4--K4
9045 RETURN
9050 K5--K5
9055 RETURN
9060 K6--K6
9065 RETURN
9070 K7--K7
9075 RETURN
9080 K8--K8
9085 RETURN
9090 K9--K9
9095 RETURN
9100 K10--K10
9105 RETURN
9110 K11--K11
9115 RETURN
9125 Affichage:
9130 IF K0=1 THEN PRINT "T=";INT(T*10000)/10000;
9140 IF K1=1 THEN PRINT "Ur=";INT(Ur*10)/10;
9150 IF K2=1 THEN PRINT "Fr=";INT(Fr*10)/10;"Fe=";INT(Fe*10)/10;
9160 IF K3=1 THEN PRINT "Ic=";INT(Ic*10)/10;"Imax=";INT(Ir*10)/10;
9170 IF K4=1 THEN PRINT "Uc=";INT(Uc*10)/10;
9180 IF K5=1 THEN PRINT "W =" ;INT(W*60/(2*PI)*10)/10;
9191 IF K6=1 THEN PRINT "Ua1=";INT(Ua(1)*10)/10;
9201 IF K7=1 THEN PRINT "Ua2=";INT(Ua(2)*10)/10;
9211 IF K8=1 THEN PRINT "Ua3=";INT(Ua(3)*10)/10;
9220 IF K9=1 THEN PRINT "Ia1=";INT(Ia(1)*10)/10;
9230 IF K10=1 THEN PRINT "Ia2=";INT(Ia(2)*10)/10;
9240 IF K11=1 THEN PRINT "Ia3=";INT(Ia(3)*10)/10;
9245 IF K11=1 THEN PRINT "Cou=";INT(Couple*10)/10;
9246 IF (K0=-1) AND (K1=-1) AND (K2=-1) AND (K3=-1) AND (K4=-1) AND (K5=-1) AND
(K6=-1) AND (K7=-1) AND (K8=-1) AND (K9=-1) AND (K10=-1) AND (K11=-1) THEN 9260
9250 PRINT " "
9260 RETURN
```



• **ANNEXE 4 : PROGRAMME DE L'APPLICATION**

1 - Présentation des variables

2 - Listing du fichier de lien

;SDSLNK 3.6.0 13/04/87 12:00:00  
;COMMAND LIST

\*\*\*\*\*  
\* ONDULEUR VERSION V0.19 \*  
\*\*\*\*\*

;COMMON NO ORIGIN LENGTH

;INT1 D000 0002  
;INT4 D002 0002  
;HIST\_A D004 0002  
;RETOUR D006 0002  
;REGT\_A D008 0002  
;REGV\_A D00A 0002  
;END\_OF D00C 0006  
;EMPTY D012 0006  
;CADMES D018 001E  
;CTCCOM D036 001E  
;CTCMES D054 001E  
;CTCCPT D072 001E  
;TENSIO D090 001E  
;INTENS D0AE 001E  
;VITESS D0CC 001E  
;VITCON D0EA 001E  
;DUTYCY D108 001E  
;FREQUE D126 001E  
;FENTRA D144 000A  
;DUTYEN D14E 000A  
;TENCON D158 000A  
;INTCON D162 000A  
;FREQ\_T D16C 0024  
;PESEE D190 001C  
;DEMARR D1AC 0018  
;HISTOR D1C4 0010  
;PILEDE D1D4 0016  
;TIMING D1EC 0010  
;COMPLE D1FC 0004  
;REDEMA D200 0002  
;DISTAN D202 0002  
;SEUIL\_ D204 0002  
;DIVISE D206 0002  
;MAX\_LAC D208 0002  
;BLOCA D20A 0002  
;BEFORE D20C 0002  
;HYSTE D20E 0002  
;HYSTRC D210 0002  
;MULTIM D212 0008  
;INTS D21A 0002  
;MOUVEM D21C 0008  
;ANALOG D224 0002  
;OUT\_FR D226 0002  
;STATE D228 0002  
;MODE\_D D22A 0002  
;PHASE\_ D22C 0002  
;ANTICI D22E 0002  
;DIST\_F D230 0002  
;HYSTF D232 0002

ST = #D220  
MD = #D222  
CO = #D218  
  
PO = #D21A  
TC = #D158  
TE = #D0A0  
RC = #D118  
VC = #D0FA  
VI = #D0DC  
FR = #D136  
FE = #D144  
RE = #D14E  
IT = #D0BE

ATTENTION D244 MAX. FOUR COMMON



```

*INT1          D000      0002  @semaphore *****

SEMAPHORE=RECORD
FIELD
count: INTEGER
waiters: INTEGER
level : INTEGER
END: (semaphore)

DISP HEXA DECIM COMMENT
0000      interruption 1 power fail et
0002      surcharge onduleur
0004

*INT4          D002      0002  @semaphore *****

SEMAPHORE=RECORD
FIELD
count: INTEGER
waiters: INTEGER
level : INTEGER
END: (semaphore)

DISP HEXA DECIM COMMENT
0000      interruption 4 pour toutes les
0002      fin de mesure et la reception
0004      de la liaison serie.

*HIST_A        D004      0002  @semaphore *****

SEMAPHORE=RECORD
FIELD
count: INTEGER
waiters: INTEGER
level : INTEGER
END: (semaphore)

DISP HEXA DECIM COMMENT
0000      pour arret de l'historique
0002
0004

*RETOUR        D006      0002  @semaphore *****

SEMAPHORE=RECORD
FIELD
count: INTEGER
waiters: INTEGER
level : INTEGER
END: (semaphore)

DISP HEXA DECIM COMMENT
0000      signal au ps de controle que
0002      l'historique est termine
0004

*REGT_A        D008      0002  @semaphore *****

SEMAPHORE=RECORD
FIELD
count: INTEGER
waiters: INTEGER
level : INTEGER
END: (semaphore)

DISP HEXA DECIM COMMENT
0000      pour arreter le ps de regul de
0002      tension
0004

*REGV_A        D00A      0002  @semaphore *****

SEMAPHORE=RECORD
FIELD
count: INTEGER
waiters: INTEGER
level : INTEGER
END: (semaphore)

DISP HEXA DECIM COMMENT
0000      pour arreter le ps de regul de
0002      vitesse
0004

*END_OF        D00C      0006  array_sema *****

FIELD
array_sema=PACKED ARRAY
[0..2] OF @SEMAPHORE:

DISP HEXA DECIM COMMENT
0000      signaux de fin de mesure
0002
0004

```

```

*EMPTY         D012      0006  array_sema*****

FIELD
array_sema=PACKED ARRAY
[0..2] OF @semaphore:

DISP HEXA DECIM COMMENT
0000      signaux indiquant que la dernie
0002      re mesure est consomsee
0004

*CADMES        D018      001E  soft_config *****

SOFT_CONFIG= RECORD CASE DEVICE OF
FIELD      DISP HEXA DECIM COMMENT
CAD:
(Tbre_canaux:1..8: 0000
format_canal:PACKED ARRAY[1..8] canal 0 1 2 3 4 5 6 7
OF format_conversion 0002 AAFF XX XX XX XX XX XX XX
resultat:PACKED ARRAY 0004 00 = pas de conversion
[1..8] OF Word: 0006 01 = conversion 8 bits
0008 10 = conversion 12 bits
000A
000C
000E
0010
0012
0014
nul_cad: INTEGER);
CTC: pas d'objet ici
END: (of soft_config)

*CTCCOM        D036      001E  soft_config *****

SOFT_CONFIG= RECORD CASE DEVICE OF
FIELD      DISP HEXA DECIM COMMENT
CAD: pas d'objet ici
CTC:
(adresse : INTEGER: 0000 CC00
command : ARRAY[0..2] OF CTC_controle: 0002 3434 puis ....
OF CTC_controle: 0004 F2D4
0006 F6D8
charge :matrice: 0008 0258
000A 001E Rc minimum
000C 7FFF 0.25 Hz
contenu :matrice: 000E
0010
0012
status :PACKED ARRAY[0..2] OF type_status: 0014
[0..2] OF type_status: 0016
0018
cru :PACKED ARRAY[0..2] OF disp_range: 001A
[0..2] OF disp_range: 001C
END: (of soft_config)

```



```
*CTCMES      D054      001E      soft_config *****
SOFT_CONFIG= RECORD CASE DEVICE OF
FIELD          DISP HEXA DECIM COMMENT
CAD:Pas d'objet ici
CTC:
(adresse :INTEGER: 0000 C800
command :ARRAY[0..2]0002 B4D2
OF CTC_controle: 0004 34D4
charge :matrice: 0006 D6D8
000A 7FFF
000C 0404
contenu :matrice: 000E
0010
0012
status :PACKED ARRAY0014
[0..2] OF type_status:0016
0018
cru :PACKED ARRAY001A
[0..2] OF disp_range 001C
END:(of soft_config)
```

```
*CTCCPT      D072      001E      soft_config *****
SOFT_CONFIG= RECORD CASE DEVICE OF
FIELD          DISP HEXA DECIM COMMENT
CAD:Pas d'objet ici
CTC:
(adresse :INTEGER: 0000 C000
command :ARRAY[0..2]0002 3800
OF CTC_controle: 0004 B840
0006 36D8
charge :matrice: 0008 7FFF
000A 7FFF
000C 0019
contenu :matrice: 000E
0010
0012
status :PACKED ARRAY0014
[0..2] OF type_status:0016
0018
cru :PACKED ARRAY001A
[0..2] OF disp_range 001C
END:(of soft_config)
```

```
*TENSIO      D090      001E      externe *****
EXTERNE=RECORD
FIELD          DISP HEXA DECIM COMMENT
ext:INTEGER: 0000 0001 1 infext
pointext:@soft_config: 0002 LOCATION(MULTIMESURE.result[1])
index_sema:INTEGER: 0004 0001 1
facteur:LONGINT: msb 0006 0000 /=108E-4
echelle lsb 0008 7EB0 32432 *FmicroVoltspar Hz
2 * M-1 + M / 3
filtrage:INTEGER: coeff000A 0003 3
supext:INTEGER: max 000C 7FFF 32767
infext:INTEGER: min 000E 0000 0
int:INTEGER: interne 0010 0000 0
d:INTEGER: derivee 0012 0000 0
supint:INTEGER: max int 0014 021C 540 Volts
infint:INTEGER: min int 0016 0000 0 Volts
seuil :INTEGER: 0018 0005 3 Volts
mode_mesure:type_mesure001A 0001 1 Numerique
offset/range:INTEGER 001C 7FFF 32767
END:(externe)
```

```
*INTENS      DOAE      001E      externe *****
EXTERNE=RECORD
FIELD          DISP HEXA DECIM COMMENT
ext:INTEGER: 0000 0000 0 infext
pointext:@soft_config: 0002 LOCATION(CADMES.resultat[0].IVAL)
index_sema:INTEGER: 0004 0002 2
facteur:LONGINT: msb 0006 0000 intensite max mesurable
echelle lsb 0008 1794 4500 en 1/100 A
filtrage:INTEGER: coeff000A 0000 0
supext:INTEGER: max 000C 0FFF 4095
infext:INTEGER: min 000E 0000 0
int:INTEGER: interne 0010 0000 0
d:INTEGER: derivee 0012 0000 0
supint:INTEGER: max int 0014 1194 4500 intensite max en 1/100 A
infint:INTEGER: min int 0016 0000 0
seuil :INTEGER: 0018 000A 10
mode_mesure:type_mesure001A 0002 2 Analogique
offset/range:INTEGER 001C 07FF 2047
END:(externe)
```

```
*VITESS      DOCC      001E      externe *****
EXTERNE=RECORD
FIELD          DISP HEXA DECIM COMMENT
ext:INTEGER: 0000 0000 0 infext
pointext:@soft_config: 0002 LOCATION(MULTIMESURE.result[0])
index_sema:INTEGER: 0004 0000 0
facteur:LONGINT: msb 0006 0005 /=60 sec/500pulses
echelle lsb 0008 7E40 360000 Fmicro*periode trs min
filtrage:INTEGER: coeff000A 0003 3
supext:INTEGER: max 000C 7FFF 32767
infext:INTEGER: min 000E 0000 0
int:INTEGER: interne 0010 0000 0
d:INTEGER: derivee 0012 0000 0
supint:INTEGER: max int 0014 07D0 2000 vit max en tr/min
infint:INTEGER: min int 0016 0000 0
seuil :INTEGER: 0018 0005 5 tr/min
mode_mesure:type_mesure001A 0001 1 Numerique
offset/range:INTEGER 001C 7FFF 32767
END:(externe)
```

```
*VITCON      DOEA      001E      externe *****
EXTERNE=RECORD
FIELD          DISP HEXA DECIM COMMENT
ext:INTEGER: 0000 0000 0 infext
pointext:@soft_config: 0002 LOCATION(CADMES.resultat[2].IVAL)
index_sema:INTEGER: 0004 0000 0
facteur:LONGINT: msb 0006 0000
echelle lsb 0008 0000 2225000 VITCON.SUPINT AU CARRE
filtrage:INTEGER: coeff000A 0000 0
supext:INTEGER: max 000C 0FFF 4095
infext:INTEGER: min 000E 0000 0
int:INTEGER: interne 0010 0000 0
d:INTEGER: derivee 0012 0000 0
supint:INTEGER: max int 0014 07D0 1500 tr/min
infint:INTEGER: min int 0016 0000 0 tr/min
seuil :INTEGER: 0018 000A 10 tr/min
mode_mesure:type_mesure001A 0000 0 Comptage
offset/range:INTEGER 001C 07FF 2047
END:(externe)
```

```

*DUITYC      D108      001E      externe      *****
INTERNE=RECORD
FIELD
int:INTEGER! intern      0      rapport cyclique d'entrainemen
d:INTEGER! derivee      0002 0000      0
supint:INTEGER!max      0004 0064      100
infint:INTEGER!min      0006 FF9C      100
facteur:INTEGER!      0008 0002      2
ENDi (interne)

*TENCON      D158      000A      interne      *****
INTERNE=RECORD
FIELD
int:INTEGER! intern      0000 0000      0
d:INTEGER! derivee      0002 0000      0
supint:INTEGER!max      0004 021C      540
infint:INTEGER!min      0006 0000      0
facteur:INTEGER!      0008 00B1      177
ENDi (interne)

*INTCON      D162      000A      interne      *****
INTERNE=RECORD
FIELD
int:INTEGER! intern      0000 09C4      2500
d:INTEGER! derivee      0002 0000      0
supint:INTEGER!max      0004 1194      4500
infint:INTEGER!min      0006 0000      0
facteur:INTEGER!      0008 0000      0
ENDi (interne)

*FREQ_7      D16C      0024      table_frequ *****
FIELD
table_frequ=PACKED ARRAY 0000 0000      0      0 Hz min de la page 0
[0..7] OF element      0002 0007      3      page 3
table_frequ      0004 0013      19      1.9 Hz min de la page 3
table_frequ      0006 0003      3      page 3
table_frequ      0008 0064      100      10 Hz min de la page 5
table_frequ      000A 0005      5      page 5
table_frequ      000C 00C8      200      30 Hz min de la page 1
table_frequ      000E 0001      1      page 1
table_frequ      0010 012C      300      40 Hz min de la page 6
table_frequ      0012 0006      6      page 4
table_frequ      0014 0190      400      50 Hz min de la page 4
table_frequ      0016 0004      4      page 4
table_frequ      0018 0000      600      60 Hz min de la page 4
table_frequ      001A 0004      4      page 4
table_frequ      001C 0000      700      70 Hz min de la page 4
table_frequ      001E 0004      4      page 4
table_frequ      0020 0000      0      page courante
table_frequ      0022 0005      7
tranche
max tranche

*DUITYC      D108      001E      externe      *****
EXTERNE=RECORD
FIELD
ext:INTEGER!      0000 0000      0
pointext:soft_confis! 0002      LOCATION(ctc_com.charge.entier(1))
index_sema:INTEGER!      0004 0000
facteur:LONGINT! msb 0006 0000      600
echelle      1sb 0008 0258      0
filtrage:INTEGER! coeff 000A 0000      0
supext:INTEGER! max 000C 0262      610      Round(Fmicro/Fhacheur)+10
infext:INTEGER! min 000E 001E      30
int:INTEGER! interne 0010 0000      10      0/00
d:INTEGER! derivee 0012 0002      12      0/00
supint:INTEGER!max int 0014 03CF      1000      0/00 950
infint:INTEGER!min int 0016 0000      0      0/00 50
seuil:INTEGER!      0018 0014      20      0/00 20
mode_mesure:type_mesure 001A 0000      0      Sans objet
offset/ range:INTEGER 001C 03E3      1000      0/00
ENDi (externe)

*FREQUE      D126      001E      externe      *****
EXTERNE=RECORD
FIELD
ext:INTEGER!      0000 7FFF      32767      supext
pointext:soft_confis! 0002      LOCATION(CTCCOM.charge.entier(2))
index_sema:INTEGER!      0004 0000
facteur:LONGINT! msb 0006 0001
echelle      1sb 0008 4585      83333      10*Fmicro/def des formes d'onde
filtrage:INTEGER! coeff 000A 0000      0
supext:INTEGER! max 000C 7FFF      32767      Fminonduleur=0.25Hz
infext:INTEGER! min 000E 0053      83      Fmaxonduleur=100Hz
int:INTEGER! interne 0010 0000      0
d:INTEGER! derivee 0012 0002      2      1/10 Hz
supint:INTEGER!max int 0014 01F4      500      Fmaxonduleur en 1/10 Hz
infint:INTEGER!min int 0016 0014      20      Fminonduleur en 1/10 Hz
seuil:INTEGER!      0018 0010      10      hysteresis en 1/10 Hz
mode_mesure:type_mesure 001A 0000      0      Sans objet
offset/ range:INTEGER 001C 0000      0
ENDi (externe)

*FENTRA      D144      000A      interne      *****
INTERNE=RECORD
FIELD
int:INTEGER! intern 0000 0000      0      frequence d'entrainement
d:INTEGER! derivee 0002 0001      1
supint:INTEGER!max 0004 0032      50
infint:INTEGER!min 0006 FFCE      -50
facteur:INTEGER!      0008 0002      2
ENDi (interne)

```





\*PESEE D190 0010 pesage \*\*\*\*\*

PESAGE=RECORD  
FIELD  
distal:INTEGER: 0000 0019 25  
dista2:INTEGER: 0002 0000 125  
effort:GAME: 0004 0064 100 max  
0006 000A 10 min  
0008 005A 90 range  
coefficient:GAME: 000A 05DC 1500 max  
000C 01F4 500 min  
000E 03E8 1000 range  
varduty :GAME: 0010 000A 10 max  
0012 0001 1 min  
0014 0009 9 range  
varfreq :GAME: 0016 000A 10 max  
0018 0001 1 min  
001A 0009 9 range

END:(pesage)

\*DEMARRE D1AC 0018 RECORD \*\*\*\*\*

FIELD  
temps\_au 0000 0000 00 Temps au demarrage  
0002 0000 00 Temps au demarrage  
increment 0004 0000 5 de la vitcons pdt le demarrage  
dutyvar 0006 0000 valeur de l'increment de rc  
duree\_1 0008 0000 du premier cycle de pesee  
duree\_2 000A 0000 du second cycle de pesee  
temps\_fin\_cycle 000C 0000  
000E 0000  
temps\_var 0010 0000 variable de temps  
0012 0000 temps en fin de course  
coefficient 0014 0000 d'acceleration  
coefficient\_fct\_temps 0016 0000 de deceleration en fct temps

\*HISTOR DIC4 0010 histoire \*\*\*\*\*

HISTOIRE = RECORD  
FIELD  
pase\_longueur:INTEGER: 0000 0000  
debut:LONGINT: 0002 0000  
0004 0000  
increment:LONGINT: 0006 0000  
0008 0000  
longueur:INTEGER: 000A 0000  
header :ptr\_article: 000C 0000  
headline :pointer: 000E 0000  
END:(histoire)

\*PILEDE D1D4 0016 type\_Pile\_de\*\*\*\*\*

TYPE\_PILE\_DEFAULT =RECORD  
FIELD  
nombre1..10: 0000 0000 initialisee a FFFF  
pile:PACKED ARRAY 0002 0000  
[1..nombre\_max\_defaults] 0004 0000  
OF INTEGER: 0006 0000  
...  
0014 0000  
END:(type\_Pile\_default)

\*TIMING D1EC 0010 RECORD \*\*\*\*\*

FIELD  
temps\_mesure\_vitesse 0000 0014 20 Temps entre deux passages en ms  
temps\_mesure\_tension 0004 000F 30  
temps\_resulte 0008 0014 20 Temps entre deux passages en ms  
temps\_resulvi 000C 000F 30

\*COMPLE D1FC 0004 LONGINT \*\*\*\*\*

COMMENT  
SI <>DE #AAAA AAAA l'initiali-  
sation doit etre complete.

\*REDEMA D200 0002 BOOLEAN \*\*\*\*\*

FIELD  
redemarrage\_apres 0000 0000 0 si cette option est vrai le  
surcharge redemarrage aura lieu apres une  
surcharge onduleur

\*DISTAN D202 0002 INTEGER \*\*\*\*\*

FIELD  
DISTANCE\_FCT\_TEMPS 0000 0000 0 distance du but ou le rs rentre  
en fonction temps

\*SEUIL D204 0002 INTEGER \*\*\*\*\*

FIELD  
SEUIL\_TENSION 0000 000A 10 tension mini avant de demarrer

\*DIVISE D206 0002 INTEGER \*\*\*\*\*

FIELD  
DIVISEUR 0000 0005 5 la difference maxi entre deux  
mesures numeriques  
: max -min /diviseur

\*BLOCA D20A 0002 BOOLEAN \*\*\*\*\*

FIELD  
BLOCA 0000 0000 0 si 1 blocage autorise

\*BEFORE D20C 0002 INTEGER \*\*\*\*\*

FIELD  
BEFORE 0000 0014 20 ce nombre represente la distanc  
en impulsions de position avant  
la decision de ralentissement  
a partir de laquelle nous com-  
mencons a reagir.

\*HYSTE D20E 0002 INTEGER \*\*\*\*\*

FIELD  
HYSTE 0000 0000 0 hysteresis applique entre les  
commandes de frein et de hacheu

\*HYSTRC D210 0002 INTEGER \*\*\*\*\*

FIELD DISP HEXA DECIM COMMENT  
HYSTRC 0000 0000 0 hysteresis applique entre les  
le blocage et le deblocage ains  
qu'entre l'arret et la remise  
en marche du hacheur

\*MULTIM D212 0008 INTEGER \*\*\*\*\*

FIELD DISP HEXA DECIM COMMENT  
RESULT 0000 0000 0 mesure de vitesse  
0002 0000 0 mesure de tension  
COEFF 0004 0001 1 de la mesure de vitesse  
0006 0001 1 de la mesure de tension

\*INTS D21A 0002 @semaphore \*\*\*\*\*

SEMAPHORE=RECORD  
FIELD DISP HEXA DECIM COMMENT  
count:INTEGER 0000  
waiters:INTEGER 0002  
level :INTEGER 0004  
END: (semaphore)

\*MOUVEM D21C 0008 deplacement\*\*\*\*\*

DEPLACEMENT=RECORD  
FIELD DISP HEXA DECIM COMMENT  
destination:INTEGER: 0000 0000  
sens\_commande:BOOLEAN: 0002 0000 1=>0 0=<0  
compteur:INTEGER: 0004 0000  
position:INTEGER: 0006 0000  
END: (deplacement)

\*ANALOG D224 0002 word \*\*\*\*\*

\*OUT\_FR D226 0002 outputs\_fron\*\*\*\*\*

set of  
FIELD DISP HEXA DECIM COMMENT  
XXXX XXXX XXXX XXXX  
enable\_mes\_tension. 1111 1111 1111 1111  
enable\_protect\_trans. 1111 1111 1111 1111  
enable\_mes\_vitesse. 1111 1111 1111 1111  
simu\_capb. 1111 1111 1111 1111  
simu\_capa. 1111 1111 1111 1111  
susp\_depart. 1111 1111 1111 1111  
reset\_a200. 1111 1111 1111 1111  
cmd\_frein. 1111 1111 1111 1111  
acquittement. 1111 1111 1111 1111  
no\_hold. 1111 1111 1111 1111  
contact\_protection. 1111 1111 1111 1111  
lisne. 1111 1111 1111 1111  
a12. 1111 1111 1111 1111  
a11. 1111 1111 1111 1111  
a10. 1111 1111 1111 1111  
a9. 1111 1111 1111 1111

\*STATE D228 0002 set of etat \*\*\*\*\*

FIELD DISP HEXA DECIM COMMENT  
etat =( XXXX XXXX XXXX XXXX  
cmd\_onduleur. 1111 1111 1111 1111  
surcharge\_soft\_onduleur. 1111 1111 1111 1111  
cmd\_trans\_hacheur. 1111 1111 1111 1111  
cmd\_trans\_frein. 1111 1111 1111 1111  
arret\_hacheur. 1111 1111 1111 1111  
blocage\_hacheur. 1111 1111 1111 1111

\*MODE\_D D22A 0002 allure \*\*\*\*\*

FIELD DISP HEXA DECIM COMMENT  
allure=(  
demarrage. 0000 0  
acceleration. 0000 1  
deceleration. 0000 2  
fonction\_temps. 0000 3  
arret. 0000 4

\*PHASE\_ D22C 0002 etapes\_pesee\*\*\*\*\*

FIELD DISP HEXA DECIM COMMENT  
etapes\_pesee=(  
avant\_distal. 0000 0  
entre\_distal\_dista2. 0000 1  
exploit1. 0000 2  
exploit2. 0000 3  
exploitee. 0000 4

\*ANTICI D22E 0002 BOOLEAN \*\*\*\*\*

FIELD DISP HEXA DECIM COMMENT  
ANTICIPATION 0000 0000 0 ce boolean indique que la dista  
nce d'anticipation before est  
ateinte

\*MAX\_AC D208 0002 INTEGER \*\*\*\*\*

FIELD DISP HEXA DECIM COMMENT  
MAX\_ACCUMULATEUR 0000 0000 0 ce nombre represente le nombre  
max de mesures qui reveleraient  
que la tension reste constante.

SDSLNK 3.6.0 83.193  
COMMAND LIST

04/13/87 11:53:10

PAGE 1 SDSLNC  
COMMAND LIST

3.6.0 83.193

04/13/87 11:53:10

PAGE 2

```
*****
* ONDULEUR VERSION 0 *
*****

!CREATION 2/12/86 !
!REVISION JJ/MM/AA !NAME
!          26/12/86 !introduction de la liaison serie
!
```

```
!PARTIAL
TASK ONDUL          !Application Ondulift
!
```

```
PROGRAM 0
```

```
DATA >D000          !BLOC DE RAM POUR LES VARIABLES PASCAL
```

```
!
!INCLUDE .ONDULEUR.LNK.RXKLIB.RXKERN          !RX OU DB KERNEL
!INCLUDE .MPP30.MPX.RXKERN                    !RX OU DB KERNEL
!                                              !SPECIAL ONDULEUR
!INCLUDE .ONDULEUR.OBJ.CONFIO
!INCLUDE .ONDULEUR.OBJ.GHOST
```

```
*****
! TERMINAL I/O SUBSYSTEM T02$
```

```
!          Le sous-système d'entree/sortie T02$ assure l'interface en le program
! d'application et un circuit de liaison serie TMS 9902
```

```
*****
!INCLUDE .ONDULEUR.OBJ.SERIAL.T02PC          !"Port constant" pour sous-systeme
!INCLUDE .ONDULEUR.OBJ.SERIAL.T02SD          !"Service Directory" pour sous-syst
!INCLUDE .ONDULEUR.OBJ.SERIAL.H02RA          !Initialisation TMS 9902 et determi
!                                              !nation de la vitesse de transmission
!
!FIND .ONDULEUR.OBJ.SERIAL.H02SYST           !Handler du TMS 9902
!FIND .ONDULEUR.OBJ.SERIAL.IN02SYS           !Entree serie TMS 9902
!FIND .ONDULEUR.OBJ.SERIAL.OUT02SYS          !Sortie serie TMS 9902
!FIND .ONDULEUR.OBJ.SERIAL.T02SYST          !Sous-systeme T02$
!*****
```

```
!
!FIND .ONDULEUR.OBJ.MINE                     !APPLICATION MODULE
!FIND .ONDULEUR.OBJ.BIBLIO                   !PROCEDURES DIVERSES
!FIND .ONDULEUR.OBJ.CLKSYST                  !CLOCK MANAGEMENT
!FIND .ONDULEUR.OBJ.COMPTA                   !MODULE DE COMPTAGE
!FIND .ONDULEUR.OBJ.CONTROLE                 !MODULE DU CONTROLE
!FIND .ONDULEUR.OBJ.DIALOG                   !MODULE D'INTERACTION
!FIND .ONDULEUR.OBJ.INIT                    !INITIALISATION DE TOUTES LES VARIABLES
!FIND .ONDULEUR.OBJ.INTERUPT                !TRAITEMENT INTERRUPTION 1,4 ET 5
!FIND .ONDULEUR.OBJ.MESURE                   !MODULE DE MESURE
!FIND .ONDULEUR.OBJ.REGUL                    !MODULE DE REGULATION
```

```
!
!FIND .MPP30.MPX.RX10BJ                     !STANDARD RX ROUTINES
```

```
!
!FIND .MPP30.MPX.FOBBJ                      !PASCAL FILE I/O ROUTINES
!FIND .MPP30.MPX.EDOBJ                      !ENCODE/DECODE ROUTINES
!FIND .MPP30.MPX.IPCOBJ                     !INTERPROCESS COMMUNICATION ROUTINES
!FIND .MPP30.MPX.DIFOBJ                     !DEVICE INDEPENDENT I/O ROUTINES
!FIND .MPP30.MPX.DUMOBJ                     !DUMMY DIF I/O ROUTINES
```

```
FIND .MPP30.MPX.CHNOBJ          !CHANNEL ROUTINES
!FIND .MPP30.MPX.MPOBJ          !MATH PACKAGE ROUTINES
!FIND .MPP30.MPX.DTOBJ          !PASCAL DATA TYPES
!
!FIND .MPP30.MPX.RX20BJ          !OPTIONAL RX ROUTINES(IMPERATIF LAST)

END
```

SDSLNK 3.6.0 83.193  
LINK MAP

04/13/87 11:53:10

PAGE 3

CONTROL FILE = .ONDULEUR.LNK.LINK

LINKED OUTPUT FILE = .ONDULEUR.LNK.EXECUTE3

LIST FILE = .ONDULEUR.LNK.LNKLIST3

OUTPUT FORMAT = ASCII

LIBRARIES

NO	ORGANIZATION	PATHNAME
1	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.SERIAL.H02SYST
2	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.SERIAL.IN02SYS
3	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.SERIAL.OUT02SYS
4	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.SERIAL.T02SYST
5	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.MINE
6	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.BIBLIO
7	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.CLKSYST
8	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.COMPTA
9	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.CONTROLE
10	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.DIALOG
11	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.INIT
12	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.INTERUPT
13	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.MESURE
14	SEQUENTIAL	.ONDULEUR.OBJ.REGUL
15	SEQUENTIAL	.MPP30.MPX.RX10BJ
16	SEQUENTIAL	.MPP30.MPX.FOBBJ
17	SEQUENTIAL	.MPP30.MPX.EDOBJ
18	SEQUENTIAL	.MPP30.MPX.IPCOBJ
19	SEQUENTIAL	.MPP30.MPX.DIFOBJ
20	SEQUENTIAL	.MPP30.MPX.DUMOBJ
21	SEQUENTIAL	.MPP30.MPX.CHNOBJ
22	SEQUENTIAL	.MPP30.MPX.DTOBJ
23	SEQUENTIAL	.MPP30.MPX.RX20BJ

SDSLNK	3.6.0	83.193	04/13/87	11:53:10	PAGE	4	SDSLNK	NO	3.6.0	83.193	04/13/87	11:53:10	PAGE	5
							MODULE		ORIGIN	LENGTH	TYPE	DATE	TIME	CREATOR
PHASE 0. ONDUL		ORIGIN = 0000	LENGTH = 0000	ENTRY=008C			CASE\$	52	23BA	0020	SEARCH,22	08/21/80	15:33:57	SDSLNK
							I\$MUL	53	23DA	0030	SEARCH,22	08/21/80	15:35:47	SDSLNK
							L\$DIVI	54	240A	0080	SEARCH,22	08/21/80	15:39:08	SDSLNK
							L\$MULTI	55	248A	0020	SEARCH,22	08/21/80	15:40:40	SDSLNK
							LDP\$1	56	24AA	0056	SEARCH,22	08/21/80	15:41:38	SDSLNK
							CKOF	57	2500	0006	SEARCH,23	01/14/81	09:20:03	SDSLNK
							SDSLNK CKSEMA	58	2506	0018	SEARCH,23	01/14/81	09:21:17	SDSLNK
							SDSMAC CLK\$TE	59	251E	0004	SEARCH,23	01/14/81	09:21:39	SDSLNK
							MPPDX CSIGNA	60	2522	003A	SEARCH,23	01/14/81	09:22:19	SDSLNK
							SDSMAC WAIT	61	253C	0030	SEARCH,23	01/14/81	09:23:43	SDSLNK
							SDSMAC ERR\$CL	62	258C	000E	SEARCH,23	01/14/81	09:33:00	SDSLNK
							SDSMAC ERR\$RE	63	259A	000E	SEARCH,23	01/14/81	09:33:26	SDSLNK
							MPPDX ERR\$RS	64	25A8	000E	SEARCH,23	01/14/81	09:33:58	SDSLNK
							MPPDX EXIT\$1	65	25B6	0020	SEARCH,23	01/14/81	09:35:11	SDSLNK
							MPPDX EXTERN	66	25D6	0042	SEARCH,23	01/14/81	09:36:32	SDSLNK
							MPPDX FREE\$	67	2618	0018	SEARCH,23	01/14/81	09:37:23	SDSLNK
							MPPDX HP\$SYS	68	2630	000C	SEARCH,23	01/14/81	09:40:38	SDSLNK
							MPPDX INITSE	69	263C	0048	SEARCH,23	01/14/81	09:41:48	SDSLNK
							MPPDX MY\$MPX	70	268A	000A	SEARCH,23	01/14/81	09:45:48	SDSLNK
							MPPDX MY\$WS	71	268E	0008	SEARCH,23	01/14/81	09:46:40	SDSLNK
							MPPDX NEW\$	72	2696	0022	SEARCH,23	01/14/81	09:47:13	SDSLNK
							MPPDX ONEXCE	73	26B8	0046	SEARCH,23	01/14/81	09:49:32	SDSLNK
							MPPDX RE\$STA	74	26FE	0008	SEARCH,23	01/14/81	09:50:55	SDSLNK
							MPPDX RT\$ENT	75	2706	000E	SEARCH,23	01/14/81	09:51:50	SDSLNK
							MPPDX RT\$EXI	76	2714	0008	SEARCH,23	01/14/81	09:52:22	SDSLNK
							MPPDX SETMAS	77	271C	001C	SEARCH,23	01/14/81	09:54:00	SDSLNK
							MPPDX TERMSE	78	2738	003A	SEARCH,23	01/14/81	09:56:24	SDSLNK
							MPPDX CK\$SEM	79	2772	0014	SEARCH,23	01/14/81	09:19:29	SDSLNK
							SDSLNK EXCEPT	80	2786	001E	SEARCH,23	01/14/81	09:34:49	SDSLNK
							MPPDX EXIT\$0	81	27A4	000E	SEARCH,23	01/14/81	09:36:00	SDSLNK
							SDSLNK HP\$FRE	82	27B2	0044	SEARCH,23	01/14/81	09:38:56	SDSLNK
							MPPDX HP\$NEW	83	27F6	005C	SEARCH,23	01/14/81	09:40:06	SDSLNK
							SDSLNK LOWER\$	84	2832	0058	SEARCH,23	01/14/81	09:43:30	SDSLNK
							SDSLNK SWAP	85	28AA	0068	SEARCH,23	01/14/81	09:55:43	SDSLNK
							SDSLNK H02\$HAND	86	2912	0056	LIBRARY,1	12/19/86	9:19:58	MPPDX
							SDSLNK H02\$OPEN	87	2968	0082	LIBRARY,1	12/19/86	9:20:10	MPPDX
							SDSLNK H02\$HIN	88	29EA	008C	LIBRARY,2	12/16/86	8:59:19	MPPDX
							MPPDX H02\$WAIT	89	2AA6	0080	LIBRARY,1	12/19/86	9:20:12	MPPDX
							MPPDX H02\$GET	90	2B26	018C	LIBRARY,2	12/16/86	8:59:16	MPPDX
							MPPDX H02\$IN	91	2CE2	0056	LIBRARY,2	12/16/86	8:59:20	MPPDX
							MPPDX H02\$STRI	92	2D38	018C	LIBRARY,2	12/16/86	8:59:25	MPPDX
							MPPDX RX_SERVI	93	2EC4	0142	LIBRARY,2	12/16/86	8:59:29	MPPDX
							MPPDX H02\$ECHO	94	3006	005C	LIBRARY,2	12/16/86	8:59:18	MPPDX
							SDSLNK H02\$ERAS	95	3062	008A	LIBRARY,2	12/16/86	8:59:10	MPPDX
							SDSLNK H02\$HOUT	96	30EC	0080	LIBRARY,3	12/16/86	9:13:38	MPPDX
							SDSLNK H02\$OUT	97	316C	003E	LIBRARY,3	12/16/86	9:13:39	MPPDX
							SDSLNK H02\$PUT	98	31AA	0094	LIBRARY,3	12/16/86	9:13:41	MPPDX
							SDSLNK READ_CTC	99	323E	008C	LIBRARY,6	1/18/87	10:39:55	MPPDX
							SDSLNK INIT_CTC	100	32CA	0130	LIBRARY,6	1/18/87	10:40:14	MPPDX
							SDSLNK LOAD_CTC	101	33FA	00A2	LIBRARY,6	1/18/87	10:39:57	MPPDX
							MPPDX MODE_CTC	102	349C	0026	LIBRARY,6	1/18/87	10:39:58	MPPDX
							MPPDX DELAY	103	34C2	0068	LIBRARY,7	12/10/86	15:29:22	MPPDX
							MPPDX TWAIT	104	352A	0122	LIBRARY,7	12/10/86	15:29:25	MPPDX
							MPPDX EMPILE	105	364C	00A0	LIBRARY,9	2/27/87	16:17:21	MPPDX
							MPPDX CONTROLE	106	36EC	01F4	LIBRARY,9	2/27/87	16:17:38	MPPDX
							MPPDX TIME	107	38E0	0026	LIBRARY,7	12/10/86	15:29:26	MPPDX
							MPPDX DIALOG	108	3906	16D6	LIBRARY,10	2/25/87	6:56:42	MPPDX

-A43-



SDSLNK MODULE	NO	3.6.0 ORIGIN	83.193 LENGTH	04/13/87 TYPE	11:53:10 DATE	TIME	PAGE CREATOR	6 MODULE	SDSLNK	NO	3.6.0 ORIGIN	83.193 LENGTH	04/13/87 TYPE	11:53:10 DATE	TIME	PAGE CREATOR
READ_POS	109	4FDC	0082	LIBRARY.8	4/13/87	11:51:8	MPPDX	S*INN	166	7D1C	0066	LIBRARY.22	08/21/80	15:45:58	SDSLNK	
LIST_PAG	110	505E	02E6	LIBRARY.10	2/25/87	6:55:28	MPPDX	ST*CHP	167	7D82	0018	LIBRARY.22	08/21/80	15:56:18	SDSLNK	
LIST_HIS	111	5344	008C	LIBRARY.10	2/25/87	6:55:30	MPPDX	STP*1	168	7D9A	006C	LIBRARY.22	08/21/80	15:59:25	SDSLNK	
INT_REQU	112	53D0	010E	LIBRARY.10	2/25/87	6:55:32	MPPDX	EXIT*2	169	7E06	0038	LIBRARY.23	01/14/81	09:35:37	SDSLNK	
BOO_REQU	113	54DE	0066	LIBRARY.10	2/25/87	6:55:34	MPPDX	SEMAST	170	7E3E	0016	LIBRARY.23	01/14/81	09:52:58	SDSLNK	
CHA_REQU	114	5544	004A	LIBRARY.10	2/25/87	6:55:35	MPPDX									
ETI_REQU	115	558E	0046	LIBRARY.10	2/25/87	6:55:36	MPPDX									
NA_CONVE	116	55D4	012A	LIBRARY.10	2/25/87	6:55:40	MPPDX	COMMON	NO	ORIGIN	LENGTH					
INITEXT	117	56FE	0080	LIBRARY.11	4/13/87	11:17:1	MPPDX									
COMPUTE	118	577E	005C	LIBRARY.13	2/25/87	7:51:30	MPPDX	INT1	126	D000	0002					
NUM_COMP	119	57DA	0136	LIBRARY.13	2/25/87	7:51:34	MPPDX	INT4	19	D002	0002					
COMPTA	120	5910	043C	LIBRARY.8	4/13/87	11:51:34	MPPDX	HIST_A	124	D004	0002					
ROOTRUNC	121	5D4C	00FE	LIBRARY.6	1/18/87	10:40:2	MPPDX	RETOUR	124	D006	0002					
DUREE	122	5E4A	007E	LIBRARY.7	12/10/86	15:29:28	MPPDX	REGT_A	126	D008	0002					
ANA_COMP	123	5EC8	010C	LIBRARY.13	2/25/87	7:51:25	MPPDX	REGV_A	125	D00A	0002					
HISTORI	124	5FD4	0124	LIBRARY.14	4/13/87	11:46:37	MPPDX	END_OF	22	D00C	0006					
REGULVI	125	60F8	02F8	LIBRARY.14	4/13/87	11:47:2	MPPDX	EMPTY	123	D012	0006					
REGULTE	126	63F0	0346	LIBRARY.14	4/13/87	11:47:19	MPPDX	CADMES	18	D018	001E					
HACHEUR	127	6736	0216	LIBRARY.14	4/13/87	11:47:28	MPPDX	CTCCOM	128	D036	001E					
ONDULEUR	128	694C	0126	LIBRARY.14	4/13/87	11:46:30	MPPDX	CTCMES	106	D054	001E					
F*CLOSE	129	6A72	005E	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:11	MPPDX	CTCCPT	109	D072	001E					
F*FINISH	130	6AD0	00B4	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:18	MPPDX	TENSIO	126	D090	001E					
F*INIT	131	6B84	010E	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:20	MPPDX	INTENS	125	D0AE	001E					
F*RDCHAR	132	6C92	0062	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:35	MPPDX	VITESS	125	D0CC	001E					
F*RDLN	133	6CF4	005A	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:43	MPPDX	VITCON	125	D0EA	001E					
F*RDLONG	134	6D4E	0086	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:45	MPPDX	DUTYCY	127	D108	001E					
F*RDSTRI	135	6DD4	00A0	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:50	MPPDX	FREQUE	128	D126	001E					
F*RESET	136	6E74	0050	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:56	MPPDX	FENTRA	125	D144	000A					
F*REWIT	137	6EC4	004A	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:58	MPPDX	DUTYEN	126	D14E	000A					
F*STNAME	138	6FOE	00E6	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:5	MPPDX	TENCON	126	D158	000A					
F*WRCHAR	139	6FF4	0094	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:15	MPPDX	INTCON	125	D162	000A					
F*WRINT	140	7088	00B6	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:17	MPPDX	FREQ_T	128	D16C	0024					
F*WRLN	141	713E	0098	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:21	MPPDX	PESEE	120	D190	001C					
F*WRLONG	142	71D6	00AE	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:23	MPPDX	DEMARR	120	D1AC	0018					
F*WRSTRI	143	7284	00B6	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:27	MPPDX	HISTOR	124	D1C4	0010					
IO*ERR	144	733A	0050	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:29	MPPDX	PILEDE	105	D1D4	0018					
TX*ERR	145	738A	0050	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:34	MPPDX	TIMINO	126	D1EC	0010					
F*EOF	146	73DA	0030	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:12	MPPDX	COMPLE	18	D1FC	0004					
F*OPEN	147	740A	026E	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:32	MPPDX	REDEMA	20	D200	0002					
F*READ	148	7678	00C2	LIBRARY.16	12/5/86	18:01:54	MPPDX	DISTAN	120	D202	0002					
GT*INT	149	773A	0122	LIBRARY.17	1/16/81	10:24:19	MPPDX	SEUIL	106	D204	0002					
GT*HXINT	150	785C	00BA	LIBRARY.17	1/16/81	10:24:17	MPPDX	DIVISE	119	D206	0002					
PT*INT	151	7916	014E	LIBRARY.17	1/16/81	10:24:23	MPPDX	MAX_AC	126	D208	0002					
PT*HXINT	152	7A64	0070	LIBRARY.17	1/16/81	10:24:20	MPPDX	BLOCA	126	D20A	0002					
D*SCREA	153	7AD4	0014	LIBRARY.19	02/12/81	15:39:00	SDSLNK	BEFORE	120	D20C	0002					
D*POSI	154	7AE8	0014	LIBRARY.19	02/12/81	15:43:40	SDSLNK	HYSTE	126	D20E	0002					
D*READ	155	7AFC	0014	LIBRARY.19	02/12/81	15:44:36	SDSLNK	HYSTRC	127	D210	0002					
D*STAT	156	7B10	001E	LIBRARY.19	02/12/81	15:45:03	SDSLNK	MULTIM	22	D212	0008					
D*WRIT	157	7B2E	0014	LIBRARY.19	02/12/81	15:49:06	SDSLNK	INTS	19	D21A	0002					
C*ACKNOW	158	7B42	0032	LIBRARY.21	9/9/80	8:17:59	MPPDX	MOUEM	125	D21C	0008					
C*CRECEI	159	7B74	007E	LIBRARY.21	9/9/80	8:18:1	MPPDX	ANALOG	21	D224	0002					
C*CHAIT	160	7BF2	0038	LIBRARY.21	9/9/80	8:18:0	MPPDX	OUT_FR	128	D226	0002					
C*NOTIFY	161	7C2A	0014	LIBRARY.21	9/9/80	8:18:5	MPPDX	STATE	128	D228	0002					
C*RECEIV	162	7C3E	006E	LIBRARY.21	9/9/80	8:18:6	MPPDX	MODE_D	125	D22A	0002					
CASE*E	163	7CAC	000A	LIBRARY.22	08/21/80	15:32:12	SDSLNK	PHASE	120	D22C	0002					
I*DIV	164	7CB6	0048	LIBRARY.22	08/21/80	15:34:48	SDSLNK	ANTICI	126	D22E	0002					
L*MUL	165	7CFE	001E	LIBRARY.22	08/21/80	15:39:48	SDSLNK									

PAGE	8	SDSLNK		3.6.0	83.193		04/13/87	11:53:10		PAGE	9	
		NAME	VALUE NO		NAME	VALUE NO	NAME	VALUE NO			NAME	VALUE NO

LDP#4	24C8*	56	*LDP#5	24D2*	56	*LEX#1	0006*	1	*LEX#2	0008*	1
*LEX#3	000A*	1	*LEX#4	000C*	1	*LEX#5	000E*	1	*LEX#6	0010*	1
*LEX#7	0012*	1	*LEX#8	0014*	1	*LEX#9	0016*	1	LIST_H	5344*	131
LIST_P	505E*	110	LOAD_C	33FA*	101	LOWER*	2852*	84	MANAGE	0FB6*	17
MINE	0D34*	14	MODE_C	349C*	102	MPX#IN	041C*	1	MSG#IN	1C2E*	26
MY#MPX	2684*	70	MY#WS	268E*	71	NA_CON	55D4*	116	NEW*	2696*	72
NUM_CO	57DA*	119	NUM_ME	1878*	22	ONDULE	694C*	128	ONEXE	26B8*	73
*P#INIT	04A4*	1	POWER*	16F2*	20	PT#HXI	7A64*	152	PT#INT	7916*	15
RE#STA	26FE*	74	READ_C	323E*	99	READ_P	4FDC*	109	REGULT	63F0*	181
REGUL_V	60F8*	125	ROOTRU	5D4C*	121	RT#ENT	2706*	75	RT#EXI	2714*	76
RX_SER	2EC4*	93	S#INN	7D4A*	166	*S#INN	7D1C*	166	*S#INN	7D3E*	166
*SPRC#	06C2*	1	*SC#BP	0758*	1	SCHED*	077E*	1	SEMAST	7E3E*	17
SETHAS	271C*	77	SIGNAL	07D8*	1	ST#CMP	7D82*	167	*STK#CD	02F2*	1
*STK#CK	02EE*	1	*STP#1	7D9A*	168	*STP#2	7DA6*	168	*STP#3	7DB2*	168
STP#4	7DBE*	168	*STP#5	7DCA*	168	SWAP	28AA*	85	SYS#CR	00AA*	1
*SYSTN*	0D34*	14	TO2#CO	0A5C*	7	TO2#DI	0AFE*	8	TO2#IN	0B38*	9
TO2#PC	0948*	4	TO2#PO	0BC2*	10	TO2#RE	0BF6*	11	TO2#SD	09B4*	5
TO2#WA	0C72*	12	TO2#WR	0CC2*	13	TERMSE	2738*	78	TIME	38E0*	10
*TP#BP1	07D4*	1	*TP#BP2	027E*	1	*TP#BP3	085E*	1	TP#BP4	1B30*	23
TWAIT	352A*	104	TX#ERR	738A*	145	WAIT	082E*	1			

LINKING COMPLETED

-A45-

**ANNEXE 5 :** DOSSIER C.A.O

1 - Récapitulatif des commandes

2 - Carte "MICRO"

- PLANS
- PART LIST
- WIRING LIST

3 - Carte "ANALOG"

4 - Carte "CONNECT"



# LISTE DES COMMANDES SUR LE CAD SYSTEM 80/10



EIE, ELECTRONIC INDUSTRIAL EQUIPMENT SA

50, avenue de la Prairie  
CH-1227 GENEVE SUISSE  
Telephone (022) 42 32 50  
Telex 429 484 eie ch

JUIN  
1985

SWAp/LAB: n	Numerotation pour une famille stockée
SWAp/P	Sortie sur une imprimante
SWAp/LRU0	De gauche à droite, de haut en bas
SWAp/LRU1	De droite à gauche, de haut en bas
SWAp/LRU2	De gauche à droite, de bas en haut
SWAp/LRU3	De droite à gauche, de bas en haut
SWAp/LRU4	De haut en bas, de gauche à droite
SWAp/LRU5	De haut en bas, de droite à gauche
SWAp/LRU6	De bas en haut, de gauche à droite
SWAp/LRU7	De bas en haut, de droite à gauche
SWAp/MAH	Renumerotation manuelle

GROUP Groupement des signaux de nom identique.

## 5. LAYOUT DESIGN / IMPLANTATION INTERACTIVE DES COMPOSANTS

LATw	Placement interactif des composants
ATEd	Entree au clavier des coordonnees d'un composant
STEd	Repetition d'un groupe de composants

## 6. ARTWORK DESIGN / REALISATION INTERACTIVE DE LA MAQUETTE

ARTw	Developpement interactif de la maquette
ARTw/D	Effacer toutes les couches de la maquette
ARTw/Dn	Effacer la couche n de la maquette
EDR	Modification de la maquette par le clavier
OPTimise/A	Optimisation pour diminution du temps de tracage
OPTimise/R	Enlever les pastilles en double
OPTimise/MAC	Conversion de groupes de pastilles en MACROS
PADs	Digitalisation automatique des pastilles
PADs/Pa/Na	Generation d'un plan d'alimentation
PADs/Pa	Plan d'alimentation pour l'alimentation de la colonne n
PADs/Na	Digitalisation des liens thermiques sur la couche n
PADs/Na	Digitalisation des antipastilles sur la couche n
PADs/Na	Dimensions speciales pour les liens thermiques
PADs/C: n	Changer la distance d'isolation de l'antipastille à (inch/milimetre)
PADs/PIN 1: n	Selectionner le cude n pour la broche 1 des IC
LIMs	Digitalisation automatique des interconnexions
LIMs/S	Digitalisation de tous les signaux
LIMs/P	Digitalisation de toutes les alimentations
LIMs/Pa	Digitalisation de la colonne d'alimentation n seulement
LIMs/A	Definir le code des largeurs de piste pour signaux/alimentation
LIMs/R	Digitaliser le reste des interconnexions à l'aide
LIMs/RT	Digitalisation preparee pour l'autoroutage

NOTE: A et R sont des options qui ne peuvent être actuellement combinees

## 1. FILE EXCHANGING / GESTION DES FICHIER

Reformat	Reformatage des disquettes 8"
LOG	Acces aux logocls par le mot de passe
INH	Initialisation d'une nouvelle disquette
INH/JOB	Initialisation d'une disquette JOB
INH/SOL	Initialisation de la maniere des composants speciaux
LIST	Liste des JOBS sur le disque dur
LIST/P	Sortie sur imprimante
LIST/Un	Liste de l'unité de disque numero n
LIST/Y61	Liste du disque en format 60/10
LIST/ALL	Liste tous les fichiers (privileges)
NOTE: actuellement la sortie sur imprimante des titres des fichiers d'une disquette n'est pas possible	
JOB	Ouverture d'un nouveau travail
JOC/C	Changement d'un travail, numero, titre, etc
LOAD n	Charger le job n qui est sur le Winchester
END	Fin et sauvegarde du job actuel
SAVE	Sauvegarde du job actuel sur le Winchester
COPY	Cope des fichiers de travail
Source File?	Un: UV61
Destination File?	Un: UV61
COPY/SOL	Cope une disquette avec la librairie des composants speciaux
COPY/DEV	Librairie des composants pour le schema
COPY/M	Transfert d'un fichier via modem (option)
COPY/Un: I	Unité de disque numero n, fichier numero I
COPY/Y61	Fichier en format 60/10
SCRAP n	Effacer le job sur le fichier n
SCRAP Fa	Forcer l'operation d'effacement, même si le job n'est pas valide
SCRAP/Un: I	Unité de disque numero n, fichier numero I
SQUEeze/SOL	Compression de la librairie des formes speciales pour composants

## 2. DATA PREPARATION / PREPARATION DES DONNEES

CWcad	Schema électrique /logiciel en option
PARTs/L/P	Editeur de la liste des pieces
PARTs	Entree et modification de la liste de pieces par le clavier
MASK	Digitalisation automatique de la forme des composants (serigraphie)
MASK/Lm	Attribuer la serigraphie à la couche m
MASK/T	Texte seulement
MASK/M	Mode miroir
MASK/As	Code de largeur de trait selectionné au
MASK/As	Selection de la grandeur du texte à l'echelle s (seulement avec /T)
MASK/DIM44	Selection de la dimension d'd des textes

## 7. ARTWORK CONTROL / CONTROLE DE LA MAQUETTE

ANGLES	Contrôle des angles dans la maquette
ANGLES/O	Effacer les drapeaux sans re-contrôler
ANGLES/NO	Diagonales non permises
GAPs	Contrôle automatique d'isolation (11 M par défaut)
GAPs/M: n	Modifier l'isolation à n pouce/mm
GAPs/D	Effacer les drapeaux sans re-contrôler
GAPs/Lm	Contrôler seulement la couche m
GAP/R	Contrôle de l'isolation par région
TRAc	Mémorisation du tracé de la maquette pour le contrôle CHECK
TRAc/MLm	idem sans couche m
CHECK	Contrôle de la manette, signaux et alimentations
CHECK/P	Sortie des erreurs sur l'imprimante
CHECK/NPa	Pas de contrôle pour l'alimentation de la colonne n

## 8. DRAWING OUTPUT / SORTIE SUR TABLE TRAÇANTE

CUR/PL01	Dessine le schema électrique
CUR/PL01/Pa	Dessine la page n
CUR/PL01/Y: n	Selection du format de la page (An)
CUR/PL01/Na	Dessin à l'echelle n (n = 10 = 1 echelle)
CUR/NF	Ne pas dessiner le cadre du dessin
PL01	Dessine la maquette ou la serigraphie
PL01/Sr	Dessin à l'echelle n (n = 10 = 1 echelle)
PL01/Y: n	Decaler le dessin en X de la valeur n en pouces/mm
PL01/Y: n	Decaler le dessin en Y de la valeur n en pouces/mm
PL01/NF	Ne pas dessiner le cadre du dessin
PL01/LA	Dessiner des couches (n 1, 1A, 2 etc.)
PL01/R	Dessiner des pastilles rondes (octogonales par défaut)
PLA	Dessin du plan de percage
PLA/Na	Dessin à l'echelle n (n = 10 = 1 echelle)
PLA/Y: n	Decaler le dessin en X de la valeur n
PLA/Y: n	Decaler le dessin en Y de la valeur n
PLA/NF	Ne pas dessiner le cadre du dessin

PARTs/L	Liste de pieces sur le terminal
PARTs/P	Liste de pieces sur l'imprimante
PARTs/DEV	Liste de pieces sur l'imprimante incluant le descriptif des composants delevs dans DEV
PARTs/X	Inclu les coordonnees X, Y et la rotation
WMing/P/L	Entree de la liste des interconnexions
WMing	Entree et modifications de la liste des interconnexions
WMing/P	Sortie de la liste sur l'imprimante
WMing/L	Sortie de la liste sur le terminal
FORMat	Entree et modification du format de la carte
FORMat/P	Sortie des donnees du format sur l'imprimante
SPEc	Entree et modification de la forme speciale d'un composant
SIZes	Tableau des dimensions, perçage, piste, pastilles
SIZes/P	Sortie du tableau sur l'imprimante
SYMbl	Entree et modification des symboles du schema
SYM/UPD	Mise à jour de la librairie symboles du systeme
SYM/REP	Reparation du segment des symboles
DEVic	Entree et modification des composants du schema
DEV/S	Compression du segment des composants du schema
LIBrary	Librairie du schema
SOL	Entree et modification de la librairie des formes speciales pour composant
SElect	Reactualisation automatique des pns et des portes

## 3. DATA CONTROL / CONTROLE DES DONNEES

BATCH	Programme de contrôle des donnees
BATCH/P	Sortie des erreurs sur l'imprimante
BATCH/U	Liste des pns non utilisees sur les IC
BATCH/N: [outline]	Liste des pns non connectees pour une forme speciale

## 4. DATA MODIFICATION / MODIFICATION DES DONNEES

PINwip	Programme de modification de l'attribution des pins
SWAp	Programme de modification de la numerotation des composants
Par défaut SWA envoie des valeurs	
ASSy	Dessin du plan d'organisation
ASSy/Na	Dessin à l'echelle n (n = 10 = 1 echelle)
ASSy/X: n	Decaler le dessin en X de la valeur n en pouces/mm
ASSy/Y: n	Decaler le dessin en Y de la valeur n en pouces/mm
ASSy/NF	Ne pas dessiner le cadre du dessin
LABl	Dessin de l'identification des composants
LABl/S	Dessin à l'echelle n (n = 10 = 1 echelle)
LABl/X: n	Decaler le dessin en X de la valeur n
LABl/Y: n	Decaler le dessin en Y de la valeur n

## 9. FILM OUTPUT / TRACAGE DES FILMS

PH01a	Sortie sur le phototracer
PH01a/M	Phototracer de la serigraphie
PH01a/S: n	Phototracer du masque de soudure (n est le degagement en pouce/mm)
PH01a/P	Sortie sur bande perforée
PH01a/MAG	Sortie sur bande magnétique

## 10. TAPE OUTPUT / BANDE PERFORÉE

DRM	Bande perforée pour le percage
DRM/N	Sortie exclusivement sur le terminal
DRM/N	Sortie en métrique (inch par défaut)
DRM/EIA	Code EIA (ISO par défaut)

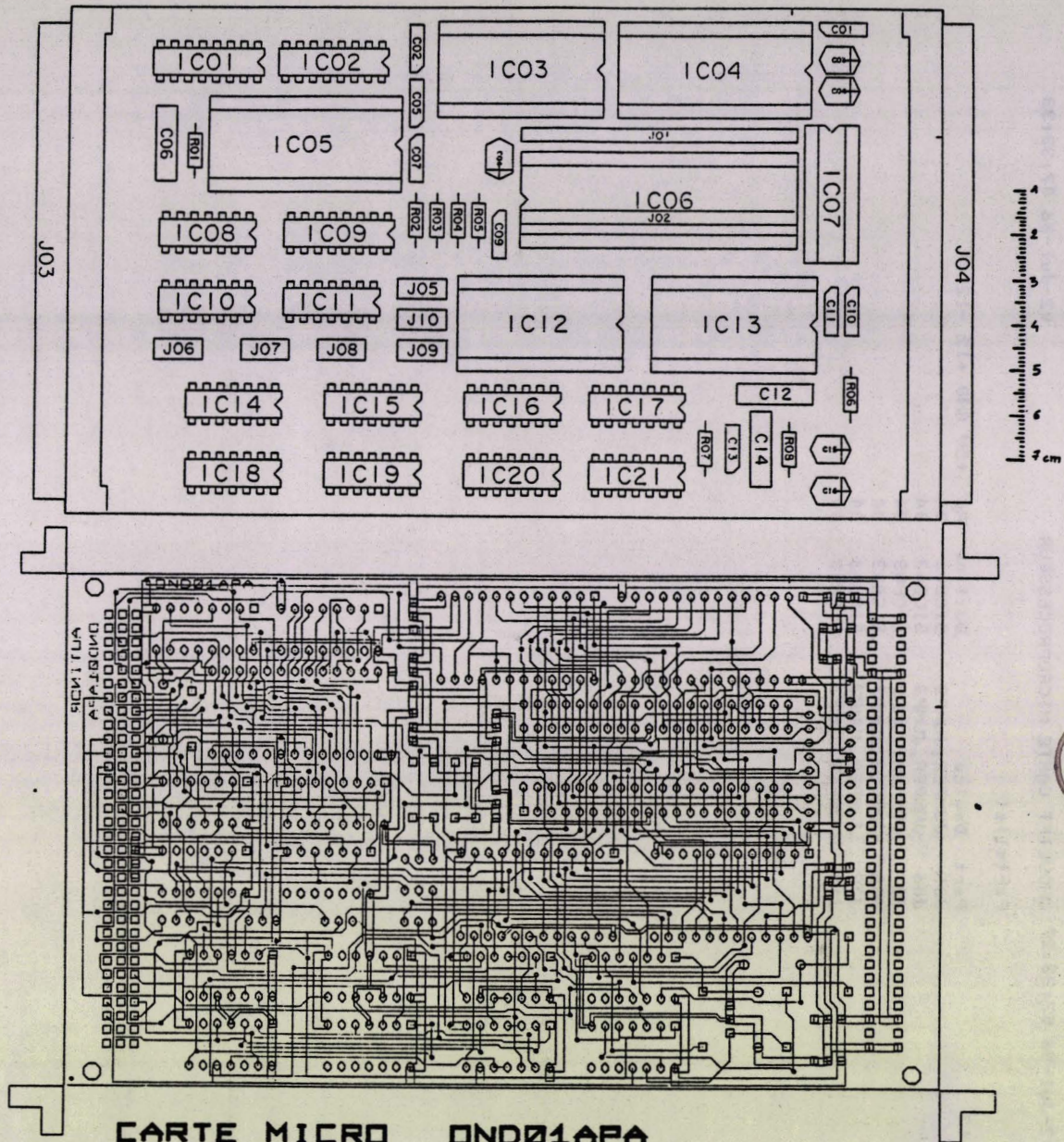
## 11. AUXILIARY PROGRAMS / PROGRAMMES AUXILIAIRES

ACCOUNTs	Entree et modification du fichier Account
BATCH	Entree la sequence des commandes
INSTal Un: xxx	Installation de l'option xxx depuis une disquette, se trouvant dans l'unité de disque n
C	Installations de toutes les options qui ont 3 caracteres
NOStat	Affichage de l'état des entrees/sorties
REPAir	Reparation
REPAir/ART	Reparation des erreurs de tracage dans la manette
REPAir/SPE	Reparation des composants speciaux
REPAir/MAS	Reparation des erreurs de couche dans la serigraphie
SET xxx	Assignation des options
ESLabs	Table de transcodage pour le chargement des valeurs de defaut pour PHO, AIM et SIZ
EDLab	Editeur permettant de charger l'actualisation des familles de composants

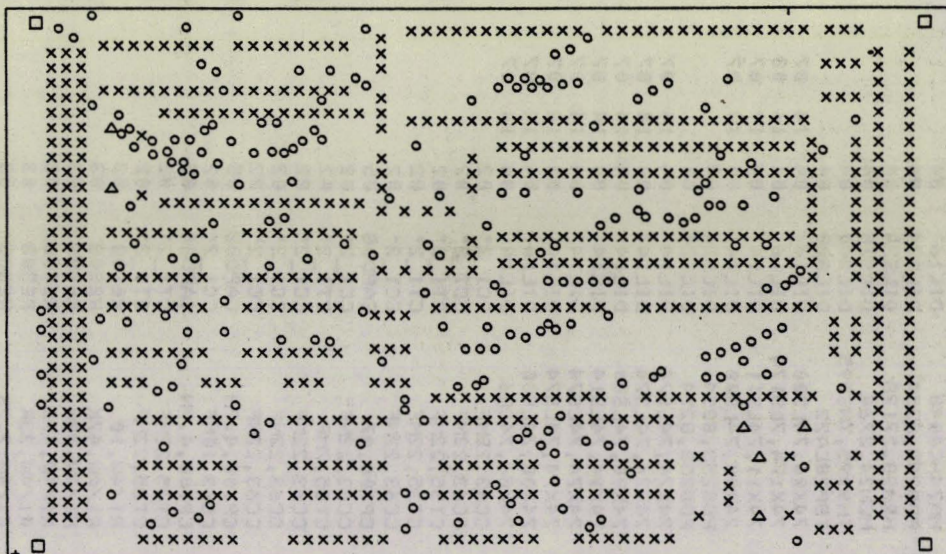
Sous réserve de modifications

Imprimeur en Suisse





CARTE MICRO DND01APA  
LE 25 6 86 DP





ONDULIFT CARTE MICROPROCESSEUR

## Partslist

Part	Device	Outline	Ap	+5V	GND	+12	-12
IC01	74X175, 7LS175	DIL16	04	16	08		
IC02	MM74HC4040	DIL16	04				
IC03	PD8253, 8254	DILS24	04				
IC04	MEM28, 27128	DILS28	04				
IC05	MEM24, 2764	DILS28	04				
IC06	TM9995, TMS995	DILS40	04				
IC07	TBP28LA22	DILS20	04				
IC08	74X00, 74LS00	DIL14	04	14	07		
IC09	74X174, 7LS174	DIL16	04	16	08		
IC10	74X11, 74LS11	DIL14	04	14	07		
IC11	74X00, 74LS00	DIL14	04	14	07		
IC12	PD8253, 8254	DILS24	04				
IC13	PD8253, 8254	DILS24	04				
IC14	74X74, 74LS74	DIL14	04	14	07		
IC15	74X74, 74LS74	DIL14	04	14	07		
IC16	74X00, 74LS00	DIL14	04	14	07		
IC17	74X14, 74LS14	DIL14	04	14	07		
IC18	74X74, 74LS74	DIL14	04	14	07		
IC19	74X74, 74LS74	DIL14	04	14	07		
IC20	74X00, 74LS00	DIL14	04	14	07		
IC21	74X86, 74C86	DIL14	04	14	07		
C01	CC63, 22NF	CC1_2"	02				
C02	CC63, 22NF	CC1_2"	02				
C03	CT35, 22MF	CT1_2"	02				
C04	CT35, 22MF	CT1_2"	02				
C05	CC63, 22NF	CC1_2"	02				
C06	CP100, 47	CAPD08	05				
C07	CC63, 22NF	CC1_2"	02				
C08	CT35, 7MF	CT1_2"	02				
C09	CC63, 22NF	CC1_2"	02				
C10	CC63, 22NF	CC1_2"	02				
C11	CC63, 22NF	CC1_2"	02				
C12	CP100, 4.7N	CAPD08	05				
C13	CC63, 10NF	CC1_2"	02				
C14	CP100, 4.7N	CAPD08	05				
C15	CT35, 22MF	CT1_2"	02				
C16	CT35, 22MF	CT1_2"	02				
R01	R1/4W, 10	RES08	03				
R02	R1/4W, 47K	RES08	03				
R03	R1/4W, 33K	RES08	03				
R04	R1/4W, 47K	RES08	03				
R05	R1/4W, 33K	RES08	03				
R06	R1/4W, 2.7K	RES08	03				
R07	R1/4W, 2.7K	RES08	03				
R08	R1/4W, 10K	RES08	03				
J01	BAR20	SICA20	04				
J02	BAR20	SICA20	04				
J03	4161296P	DIN96M	12				
J04	4161264P, 41612	41612	12				

02-Jul-86 07:33:27 ONDULIFT CARTE MICROPROCESSEUR

02-Jul-86 07:33:33

## Partslist

Part	Device	Outline	Ap	+5V	GND	+12	-12
J05	JUMPER, JUMP3	SICB03	04				
J06	JUMPER, JUMP3	SICB03	04				
J07	JUMPER, JUMP3	SICB03	04				
J08	JUMPER, JUMP3	SICB03	04				
J09	JUMPER, JUMP3	SICB03	04				
J10	JUMPER, JUMP3	SICB03	04				

ONDULIFT CARTE MICROPROCESSEUR

02-Jul-86 07:34:12

## Wiring List

Signal	!	!	!	!	!	!
	IC01.02	IC05.24				
AD9	IC01.04	J03.60				
AD10	IC01.05	J03.59				
	IC01.07	IC05.21				
	IC01.09	IC02.11	IC05.18	C06.01	R01.02	
	IC01.10	IC05.23				
AD11	IC01.12	J03.58				
AD12	IC01.13	J03.57				
	IC01.15	IC05.02				
	IC02.02	IC05.05				
	IC02.03	IC05.06				
	IC02.04	IC05.04				
	IC02.05	IC05.07				
	IC02.06	IC05.08				
	IC02.07	IC05.09				
GND	IC02.08	C02.02	C02.03			
	IC02.09	IC05.10				
	IC02.10	IC03.17	IC09.09			
	IC02.12	IC05.25				
	IC02.13	IC05.03				
+5V	IC02.16	C02.01				
D7	IC03.01	IC04.19	IC06.12	IC12.01	IC13.01	J02.12
D6	IC03.02	IC04.18	IC06.11	IC12.02	IC13.02	J02.11
D5	IC03.03	IC04.17	IC06.09	IC12.03	IC13.03	J02.09
D4	IC03.04	IC04.16	IC06.08	IC12.04	IC13.04	J02.08
D3	IC03.05	IC04.15	IC06.07	IC12.05	IC13.05	J02.07
D2	IC03.06	IC04.13	IC06.06	IC12.06	IC13.06	J02.06
D1	IC03.07	IC04.12	IC06.05	IC12.07	IC13.07	J02.05
D0	IC03.08	IC04.11	IC06.04	IC12.08	IC13.08	J02.04
CLK	IC03.09	IC03.15	IC03.18	IC06.03	IC12.09	IC12.15
Cont --->	J02.03					
	IC03.10	IC03.14				
+5V	IC03.11					
GND	IC03.12	C05.02	C05.03			
THA	IC03.13	J03.94				
+5V	IC03.16					
A0	IC03.19	IC04.10	IC06.40	IC12.19	IC13.19	J01.01
A1	IC03.20	IC04.09	IC06.39	IC12.20	IC13.20	J01.02
CS4	IC03.21	IC07.09				
/RD	IC03.22	IC04.22	IC06.17	IC12.22	IC13.22	J02.17
/WR	IC03.23	IC06.19	IC12.23	IC13.23	J02.19	
+5V	IC03.24	C05.01				
+5V	IC04.01	IC04.27	IC04.28	C01.01		
A12	IC04.02	IC06.27	IC07.04	J01.14		

ONDULIFT CARTE MICROPROCESSEUR

02-Jul-86 07:34:17

## Wiring List

Signal	!	!	!	!	!	!
A7	IC04.03	IC06.33	J01.08			
A6	IC04.04	IC06.34	J01.07			
A5	IC04.05	IC06.35	J01.06			
A4	IC04.06	IC06.36	J01.05			
A3	IC04.07	IC06.37	J01.04			
A2	IC04.08	IC06.38	J01.03			
GND	IC04.14	C01.02	C01.03			
CS2	IC04.20	IC07.06				
A10	IC04.21	IC06.29	IC07.17	J01.12		
A11	IC04.23	IC06.28	IC07.05	J01.13		
A9	IC04.24	IC06.30	IC07.18	J01.11		
A8	IC04.25	IC06.32	IC07.19	J01.09		
A13	IC04.26	IC06.26	IC07.03	J01.15		
+5V	IC05.01	IC05.27	IC05.28	C07.01		
	IC05.11	IC09.03				
	IC05.12	IC09.04				
	IC05.13	IC09.06				
GND	IC05.14	IC05.20	IC05.22	C07.02	C07.03	
	IC05.15	IC09.11				
	IC05.16	IC09.13				
	IC05.17	IC09.14				
	IC06.01	J02.01				
	IC06.02	J02.02				
+5V	IC06.10	C08.01				
	IC06.13	J02.13				
	IC06.14	J02.14				
	IC06.15	J02.15				
	IC06.16	J02.16				
	IC06.18	J02.18				
	IC06.20	J02.20				
	IC06.21	J01.20				
	IC06.22	J01.19				
	IC06.23	J01.18				
A15	IC06.24	IC07.01	J01.17			
A14	IC06.25	IC07.02	J01.16			
GND	IC06.31	C08.02	C08.03			
CS4	IC07.07	IC13.21				
CS5	IC07.08	IC12.21				
GND	IC07.10	C10.02	C10.03			
GND	IC07.15					
GND	IC07.16					
+5V	IC07.20	C10.01				
	IC08.01	IC09.15				
ENABRAS3	IC08.02	IC08.12	IC10.11	J03.04		

## ONDULIFT CARTE MICROPROCESSEUR

02-Jul-86 07:34:25

## Wiring List

Signal	!	!	!	!	!	!
T03	IC08.03	J03.88				
	IC08.04	IC09.07				
ENABRAS2	IC08.05	IC08.09	IC10.10	J03.83		
T12	IC08.06	J03.91				
T02	IC08.08	J03.90				
	IC08.10	IC09.10				
T13	IC08.11	J03.89				
	IC08.13	IC09.12				
HOLD	IC09.01	J03.54				
	IC09.02	IC11.04				
	IC09.05	IC11.01				
FINMESVI	IC10.01	IC14.13	IC15.08	J03.22		
FINMESTE	IC10.02	IC18.08	IC19.01	J03.21		
RETPROTE	IC10.08	J03.11				
ENABRAS1	IC10.09	IC11.02	IC11.05	J03.82		
INT4	IC10.12	J03.35				
SURCHARG	IC10.13	J03.23				
T01	IC11.03	J03.87				
T11	IC11.06	J03.86				
OT2	IC12.10	IC16.05				
GT2	IC12.11	IC16.08	J05.01			
GND	IC12.12	C09.02	C09.03			
OUT	IC12.13	IC20.05				
	IC12.14	IC20.08				
+5V	IC12.16					
ITE	IC12.17	IC19.03	IC20.12			
	IC12.18	IC17.10				
+5V	IC12.24	C09.01				
	IC13.09	IC13.15	J09.02			
SENSROTA	IC13.11	IC14.05	J03.06			
GND	IC13.12	C11.02	C11.03			
	IC13.14	IC14.06				
	IC13.16	J05.02				
	IC13.17	J09.03				
	IC13.18	J10.02				
+5V	IC13.24	C11.01				
+5V	IC14.01					
	IC14.02	IC21.02	IC21.04	J08.02		
	IC14.03	J06.02	J07.01			
+5V	IC14.04					
	IC14.09	IC15.02	IC16.13			
+5V	IC14.10					

## ONDULIFT CARTE MICROPROCESSEUR

02-Jul-86 07:34:46

## Wiring List

Signal	!	!	!	!	!	!
ENMESVIT	IC14.11	IC16.12	IC21.03	J09.01	J10.03	
	IC14.12	IC15.13	IC16.01	J03.38		
+5V	IC15.01					
	IC15.03	IC16.06				
+5V	IC15.04					
OVFVITES	IC15.05	IC16.02	J03.05	J10.01		
+5V	IC15.10					
	IC15.11	IC16.10	IC16.11			
+5V	IC15.12					
	IC16.03	IC16.04				
+5V	IC16.09					
	IC17.01	C14.01	R07.01			
	IC17.02	J08.03				
	IC17.03	R04.01	R05.01			
	IC17.04	R06.01				
	IC17.05	R02.01	R03.01			
	IC17.06	R07.02				
IMPUTENS	IC17.11	J03.85				
	IC17.12	J06.03				
	IC17.13	C12.01	R06.02			
+5V	IC18.01					
	IC18.02	IC19.05	IC20.13			
	IC18.03	IC20.06				
+5V	IC18.04					
OVFTENSI	IC18.05	IC20.02	J03.04			
+5V	IC18.10					
	IC18.11	IC20.10	IC20.11			
ENMESTEN	IC18.13	IC19.02	IC20.01	J03.36		
+5V	IC19.04					
	IC20.03	IC20.04				
+5V	IC20.09					
	IC21.01	IC21.05	J07.02			
	IC21.06	IC21.13	R08.02			
EDGEINTE	IC21.11	J03.03				
	IC21.12	C13.01	R08.01			
+5V	C03.01	J04.05				
GND	C03.02	C03.03	J04.01			
+5V	C04.01	J04.37				
GND	C04.02	C04.03	J04.33			
GND	C06.02					
GND	C12.02					

Wiring List

Signal	!	!	!	!	!	!
GND	C13.02	C13.03				
GND	C14.02					
+5V	C15.01	J04.62				
GND	C15.02	C15.03	J04.64			
+5V	C16.01	J04.30				
GND	C16.02	C16.03	J04.32			
+5V	R01.01					
A	R02.02	J03.93				
GND	R03.02					
O	R04.02	J03.92				
GND	R05.02					
CB/	J03.25	J06.01				
CA/	J03.26	J08.01				
GND	J03.45	J03.46	J03.47	J03.48		
+5V	J05.03					
GND	J07.03					

Diaphragm Size List

	DRILLS	TRACKS	PADS-1	PADS-2	PADS-3
00	0,79	0,10	1,24 -R	1,24 -R	1,50 -R
01	0,71	0,15	0,99 -R	0,99 -R	0,99 -R
02	0,99	0,20	1,50 -S	1,50 -V- 2,24	1,24 -R
03	0,99	0,25	1,50 -S	1,50 -S	1,50 -S
04	0,99	0,41	1,50 -V- 2,24	1,50 -V- 2,24	1,50 -R
05	1,19	0,41	2,01 -R	2,49 -R	1,75 -R
06	0,99	0,51	1,50 -H- 2,24	1,50 -H- 2,24	1,75 -R
07	0,00	0,64	2,01 -R	2,01 -R	2,01 -R
08	0,00	0,79	2,01 -R	2,01 -R	2,01 -R
09	0,00	0,99	2,49 -R	2,49 -R	2,49 -R
10	0,00	1,27	2,49 -R	2,49 -R	2,49 -R
11	0,00	1,50	3,00 -R	3,00 -R	3,00 -R
12	0,99	2,01	1,50 -S	1,50 -V- 2,24	3,51 -R
13	0,00	2,54	3,99 -R	3,99 -R	3,99 -R
14	3,00	3,99	3,51 -R	3,51 -R	5,00 -R

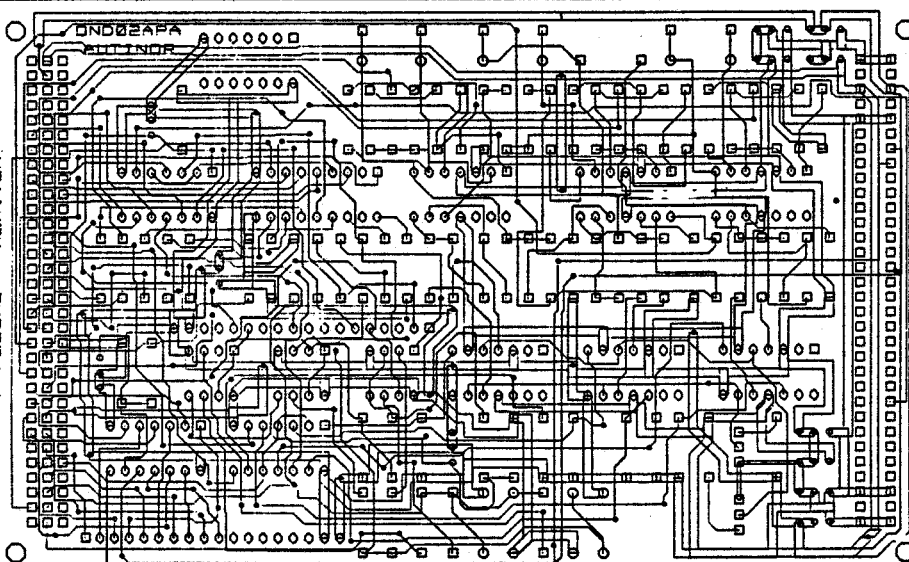
Connection Check List  
No Signal Errors Found

No Power Errors Found

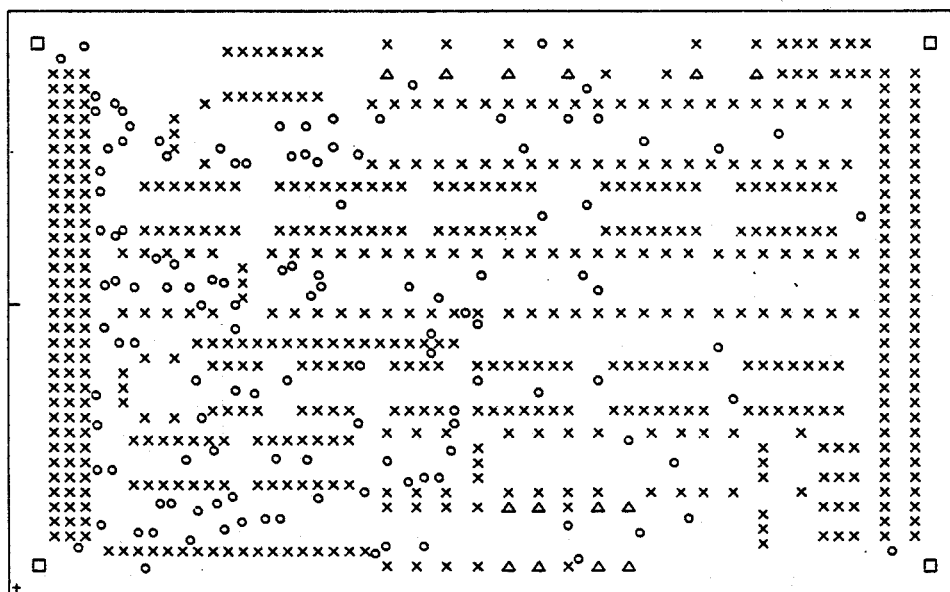
-X-	-Y-	-X-	-Y-	-X-	-Y-	-X-	-Y-	-X-	-Y-
2.000	2.000								
8.300	2.000								
8.300	4.769								
8.250	4.769								
8.300	4.769								
8.300	5.700								
7.200	5.700								
7.200	5.650								
7.200	5.700								
2.000	5.700								
Maximum Board Width = 6.300				Maximum Board Height = 3.700					
Optimum Film Width = 9.450				Optimum Film Height = 7.085					
Current Film Width = 9.450				Current Film Height = 7.085					
Optimum X Shift = -0.400				Optimum Y Shift = -0.300					
Current X Shift = -0.400				Current Y Shift = -0.300					
Target 1 X Position = 0.800				Target 1 Y Position = 0.800					
Target 2 X Position = 0.800				Target 2 Y Position = 6.200					
Target 3 X Position = 8.600				Target 3 Y Position = 6.200					

-X-	-Y-	-X-	-Y-	-X-	-Y-	-X-	-Y-	-X-	-Y-
50,80	50,80								
210,82	50,80								
210,82	121,13								
209,55	121,13								
210,82	121,13								
210,82	144,78								
182,88	144,78								
182,88	143,51								
182,88	144,78								
50,80	144,78								

Maximum Board Width = 160,02		Maximum Board Height = 93,98	
Optimum Film Width = 240,03		Optimum Film Height = 179,96	
Current Film Width = 240,03		Current Film Height = 179,96	
Optimum X Shift = -10,16		Optimum Y Shift = -07,62	
Current X Shift = -10,16		Current Y Shift = -07,62	
Target 1 X Position = 20,32		Target 1 Y Position = 20,32	
Target 2 X Position = 20,32		Target 2 Y Position = 157,48	
Target 3 X Position = 218,44		Target 3 Y Position = 157,48	

[illegible]

ONDOZ APA  
DP







**ANNEXE 6 :** PROGRAMME D'AUTO-TEST

- 1 - Récapitulatif des directives assembleur
- 2 - Listing du programme

## INSTRUCTION FORMAT

[illegible]

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

1 - LOCAL GRABBER  
2 - ARITHMETIC GREATER THAN  
3 - EQUALITY INDICATOR  
4 - CARRY FROM MSB  
5 - OVERFLOW  
6 - PARITY GOOD OR BITS SET  
7 - ZDP IN PROGRESS  
8 - ALL INTERRUPTS ENABLED  
9 - ALL INTERRUPTS DISABLED

TRAP ADDR		ID		TRAP ADDR		ID		TRAP ADDR	
LEVEL	PC	LEVEL	PC	LEVEL	PC	LEVEL	PC	LEVEL	PC
0	INTERNAL	0	INTERNAL	0	INTERNAL	0	INTERNAL	0	INTERNAL
1	INTERNAL	1	INTERNAL	1	INTERNAL	1	INTERNAL	1	INTERNAL
2	INTERNAL	2	INTERNAL	2	INTERNAL	2	INTERNAL	2	INTERNAL
3	INTERNAL	3	INTERNAL	3	INTERNAL	3	INTERNAL	3	INTERNAL
4	INTERNAL	4	INTERNAL	4	INTERNAL	4	INTERNAL	4	INTERNAL
5	INTERNAL	5	INTERNAL	5	INTERNAL	5	INTERNAL	5	INTERNAL
6	INTERNAL	6	INTERNAL	6	INTERNAL	6	INTERNAL	6	INTERNAL
7	INTERNAL	7	INTERNAL	7	INTERNAL	7	INTERNAL	7	INTERNAL
8	INTERNAL	8	INTERNAL	8	INTERNAL	8	INTERNAL	8	INTERNAL
9	INTERNAL	9	INTERNAL	9	INTERNAL	9	INTERNAL	9	INTERNAL
10	INTERNAL	10	INTERNAL	10	INTERNAL	10	INTERNAL	10	INTERNAL
11	INTERNAL	11	INTERNAL	11	INTERNAL	11	INTERNAL	11	INTERNAL
12	INTERNAL	12	INTERNAL	12	INTERNAL	12	INTERNAL	12	INTERNAL
13	INTERNAL	13	INTERNAL	13	INTERNAL	13	INTERNAL	13	INTERNAL
14	INTERNAL	14	INTERNAL	14	INTERNAL	14	INTERNAL	14	INTERNAL
15	INTERNAL	15	INTERNAL	15	INTERNAL	15	INTERNAL	15	INTERNAL
16	INTERNAL	16	INTERNAL	16	INTERNAL	16	INTERNAL	16	INTERNAL
17	INTERNAL	17	INTERNAL	17	INTERNAL	17	INTERNAL	17	INTERNAL
18	INTERNAL	18	INTERNAL	18	INTERNAL	18	INTERNAL	18	INTERNAL
19	INTERNAL	19	INTERNAL	19	INTERNAL	19	INTERNAL	19	INTERNAL
20	INTERNAL	20	INTERNAL	20	INTERNAL	20	INTERNAL	20	INTERNAL
21	INTERNAL	21	INTERNAL	21	INTERNAL	21	INTERNAL	21	INTERNAL
22	INTERNAL	22	INTERNAL	22	INTERNAL	22	INTERNAL	22	INTERNAL
23	INTERNAL	23	INTERNAL	23	INTERNAL	23	INTERNAL	23	INTERNAL
24	INTERNAL	24	INTERNAL	24	INTERNAL	24	INTERNAL	24	INTERNAL
25	INTERNAL	25	INTERNAL	25	INTERNAL	25	INTERNAL	25	INTERNAL
26	INTERNAL	26	INTERNAL	26	INTERNAL	26	INTERNAL	26	INTERNAL
27	INTERNAL	27	INTERNAL	27	INTERNAL	27	INTERNAL	27	INTERNAL
28	INTERNAL	28	INTERNAL	28	INTERNAL	28	INTERNAL	28	INTERNAL
29	INTERNAL	29	INTERNAL	29	INTERNAL	29	INTERNAL	29	INTERNAL
30	INTERNAL	30	INTERNAL	30	INTERNAL	30	INTERNAL	30	INTERNAL
31	INTERNAL	31	INTERNAL	31	INTERNAL	31	INTERNAL	31	INTERNAL

NOTES: 1) XOP VICTORS 0 - 18 OCCUPY MEMORY LOCATIONS 0000-001F  
2) XOP VICTORS 19 - 31 OCCUPY MEMORY LOCATIONS 0020-003F

```

NOTE: 1) HOW VECTORS 0 - IS OCCUPY MEMORY LOCATIONS 000-997
      2) LOAD VECTOR 0 - IS OCCUPY MEMORY LOCATIONS 8FFC-FFFF

TOP TRANSFER IN TOP TRANSFER OUT
PC = 0000 PC = 0000
ST = 0000 ST = 0000
PC = 0000 PC = 0000
ST = 0000 ST = 0000

```

## TIBUG MONITOR COMMANDS

COMMAND		FORMAT	
B	BREAK POINT EXECUTION	B	<ADDRESS> <,> <ICRI>
C	CRU INSPECTING	C	<CRU ADDR> <,> <COUNT> <CRUI>
D	DUMP MEMORY	D	<ST ADDR> <,> <E ADDR> <,> IOT = <NAME> <ISP> <ICRI>
E	EXECUTE PROGRAM	E	<ST ADDR> <,> <E ADDR> <,> <VALUE> <ICRI>
F	FIND VALUE	F	<ST NO> <,> <2ND NO> <ICRI>
H	HEXADECMAL ARITH	H	<ST NO> <,> <2ND NO> <ICRI>
M	LOAD MEMORY	L	<BIAS> <ICRI>
N	MEMORY INSPECTING	N	<ST ADDR> <,> <E ADDR> <ICRI>
R	HOWA REGISTERS	R	<R> <ICRI>
S	SINGLE STEP EXECUTION	S	<REG. NO.> <ICRI>
W	WORKSPACE REGISTERS	W	

```

0001 0000
0002      IDT 'ESSAIS'          10/29/86 15:21:50
0003      *
0004      *
0005      * TEST DE COMMANDE DU TIMER PROGRAMMABLE DE COMMANDE PARTIE
0006      * HACHEUR
0007      *
0008      * BEGIN
0009      *
0010 1000      ESSAIS AORG >1000
0011 1000 0203      LI R3,>CC00      ADRESSE DU TIMER DE COMMANDE
0012      1002 CC00
0012 1004 0205      LI R5,>0034      OCTET DE CONTROLE DU COMPTEUR 0
0013      1006 0034
0013 1008 C085      MOV R5,R2
0014 100A 06C2      SWPB R2
0015 100C D8C2      MOVB R2,>0003(R3)      COMPTEUR 0 LSB PUIS MSB 0_0_1_1
0016      100E 0003      MODE 2 BCD 0          0_1_0_0
0016 1010 0205      LI R5,>0252      VALEUR DE CHARGEMENT DU COMPT 0
0017      1012 0252
0017 1014 C085      MOV R5,R2      #252=600d=3 000 000 / 5 000
0018 1016 06C2      SWPB R2      FREQ QUARTZ / FREQ HACHEUR
0019 1018 D4C2      MOVB R2,*R3      LSB VALEUR CHARGEMENT COMPTEUR 0
0020 101A D4C5      MOVB R5,*R3      MSB VALEUR CHARGEMENT COMPTEUR 0
0021 101C 0205      LI R5,>0072      OCTET DE CONTROLE DU COMPTEUR 1
0022      101E 0072
0022 1020 C085      MOV R5,R2      COMPTEUR 1 LSB PUIS MSB 0_1_1_1
0023 1022 06C2      SWPB R2      MODE 1 BCD 0          0_0_1_0
0024 1024 D8C2      MOVB R2,>0003(R3)
0025 1026 0003
0025 1028 020D      LI R13,>0001
0026      102A 0001
0026 102C L0086 EQU $
0027 102E 04CE      CLR R14
0028 102E 020F      LI R15,>0001      BOUCLE D'ATTENTE DE 1 A 1200
0029      1030 0001
0029 1032 0206      LI R6,>04B0      AVANT D'INCREMENTER LE RAPPORT
0030      1034 04B0
0030 1036 L0096 EQU $      CYCLIQUE DS R13
0031 1038 818F      C R15,R6
0032 1038 1503      JGT L009A
0033 103A 058E      INC R14
0034 103C 058F      INC R15
0035 103E 10FB      JMP L0090
0036      1040 L009A EQU $
0037 1040 058D      INC R13      INCREMENTE LE RAPPORT CYCLIQUE
0038 1042 C08D      MOV R13,R2
0039 1044 06C2      SWPB R2
0040 1046 D8C2      MOVB R2,>0001(R3)      LSB RAPPORT CYCLIQUE DS COMPT 1
0041      1048 0001
0041 104A D8CD      MOVB R13,>0001(R3)      MSB RAPPORT CYCLIQUE DS COMPT 1
0042      104C 0001
0042 104E 028D      CI R13,>0252      SI RAPPORT CYCLIQUE = MAX =252
0043      1050 0252
0043 1052 16EC      JNE L0086      GO DS LA BOUCLE DE DECREMENT.
0044 1054 L00B6 EQU $
0045 1054 04CE      CLR R14
0046 1054 020F      LI R15,>0001      BOUCLE D'ATTENTE DE 1 A 1200
0047      1058 0001
0047 105A 0206      LI R6,>04B0

```

```

105C 04B0
0048 105E L00C0 EQU $
0049 105E 818F      C R15,R6
0050 1060 1503      JGT L00CA
0051 1062 058E      INC R14
0052 1064 058F      INC R15
0053 1066 10FB      JMP L00C0
0054      1068 L00CA EQU $
0055 1068 060D      DEC R13      DECREMENTE LE RAPPORT CYCLIQUE
0056 106A C08D      MOV R13,R2
0057 106C 06C2      SWPB R2
0058 106E D8C2      MOVB R2,>0001(R3)      LSB RAPPORT CYCLIQUE DS COMPT 1
0059      1070 0001
0059 1072 D8CD      MOVB R13,>0001(R3)      MSB RAPPORT CYCLIQUE DS COMPT 1
0060      1074 0001
0060 1076 028D      CI R13,>0001      SI RAPPORT CYCLIQUE = MIN =1
0061      1078 0001
0061 107A 16EC      JNE L00B6      GO DS LA BOUCLE D'INCREMENT.
0062 107C 10D7      JMP L00B6
0063
0064      *
0064      * TEST DE LA COMMANDE DES BITS CRU
0065      * PAR LED SUR FACE AVANT 1X34
0066      *
0066      * BEGIN
0067      *
0068      *
0069      107E L00E8 EQU $
0070 107E 020C      LI R12,>0140      CRUBASE = #140 =2 x A0
0071      1080 0140
0071 1082 0201      LI R1,>4000      SI #13C =2 x (A0-2)
0072      1084 4000
0072 1086 0601      L00E9 DEC R1      (9E)
0073 1088 0281      CI R1,>0000
0074      108A 0000
0074 108C 15FC      JGT L00E9
0075 108E 1D00      SBO 0      LA LED S'ALLUME (SBO 2)
0076 1090 0581      L00EA INC R1
0077 1092 0281      CI R1,>3FFF
0078      1094 3FFF
0078 1096 11FC      JLT L00EA
0079 1098 1E00      SBZ 0      LA LED S'ETEINT (SBZ 2)
0080 109A 10F5      JMP L00E9
0081
0081      *
0081      * TEST DE COMMANDE DU TIMER PROGRAMMABLE DE COMMANDE
0082      * TEST DE LA COMMANDE DES TRANSISTORS DE L'ONDULEUR
0083      *
0083      * BEGIN
0084      *
0084      *
0087 109C 0203      LI R3,>CC00      ADRESSE DU TIMER DE COMMANDE
0088      109E CC00
0088 10A0 0205      LI R5,>00B6      OCTET DE CONTROLE DU COMPTEUR 2
0089      10A2 00B6
0089 10A4 C085      MOV R5,R2
0090 10A6 06C2      SWPB R2      COMPTEUR 2 LSB PUIS MSB 1_0_1_1
0091 10A8 D8C2      MOVB R2,>0003(R3)      MODE 3 BCD 0          0_1_1_0
0092      10AA 0003
0092 10AC 0204      LI R4,>00A8      VALEUR CHARGEMENT DU COMPTEUR 2
0093      10AE 00A8
0093 10B0 C084      MOV R4,R2      #A7=167=3 000 000 / (360 x 50 Hz
0094 10B2 06C2      SWPB R2      F QUARTZ/NBRE DE POINTS ONDULE
0095 10B4 D8C2      MOVB R2,>0002(R3)      LSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 2

```



```

0096 10B6 0002      MOVB R4,>0002(R3)      MSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 2
0097 10B8 D8C4
0098 10BA 0002
0097 10BC L0118 EQU $
0098 10BE 04CC CLR R12
0099 10BE 1E04 SBZ >4
0100 10C0 1D09 SBO >9
0101 10C2 1E0C SBZ >C
0102 10C4 1E0D SBZ >D
0103 10C6 1E0E SBZ >E
0104 10C8 1E0F SBZ >F
0105 10CA 1000 NOP
0106 10CC 1D0F SBO >F
0107 10CE 1000 NOP
0108 10D0 1D0E SBO >E
0109 10D2 1E0F SBZ >F
0110 10D4 1000 NOP
0111 10D6 1D0F SBO >F
0112 10D8 1000 NOP
0113 10DA 1D0D SBO >D
0114 10DC 1E0E SBZ >E
0115 10DE 1E0F SBZ >F
0116 10E0 1000 NOP
0117 10E2 1D0F SBO >F
0118 10E4 1000 NOP
0119 10E6 1D0E SBO >E
0120 10E8 1E0F SBZ >F
0121 10EA 1000 NOP
0122 10EC 1D0F SBO >F
0123 10EE 1000 NOP
0124 10F0 1E0D SBZ >D
0125 10F2 1E0E SBZ >E
0126 10F4 1E0F SBZ >F
0127 10F6 1D0C SBO >C
0128 10F8 1000 NOP
0129 10FA 1D0F SBO >F
0130 10FC 1000 NOP
0131 10FE 1D0E SBO >E
0132 1100 1E0F SBZ >F
0133 1102 1000 NOP
0134 1104 1D0F SBO >F
0135 1106 1000 NOP
0136 1108 1D0D SBO >D
0137 110A 1E0E SBZ >E
0138 110C 1E0F SBZ >F
0139 110E 1000 NOP
0140 1110 1D0F SBO >F
0141 1112 1000 NOP
0142 1114 1D0E SBO >E
0143 1116 1E0F SBZ >F
0144 1118 1000 NOP
0145 111A 1D0F SBO >F
0146 111C 1000 NOP
0147 111E 10CE JMP L0118
0148 *END
0149 *
0150 * TEST DE LA MESURE DE TENSION
0151 * LE HACHEUR GENERE LES IMPULSIONS SIMULANT
0152 * LA TENSION A MESURER
0153 * TENSION FREQUENCE CHARGE 0 CHARGE 1

```

```

0154 * 1 V 100 Hz >7530 >3A98
0155 * 2 V 200 Hz >3A98 >1D4C
0156 * 10 V 1000 Hz >BB8 >5DC
0157 * 100 V 9260 Hz >144 >A2
0158 * 200 V 18520 Hz >A2 >54
0159 * 300 V 27778 Hz >66 >36
0160 * 400 V 37040 Hz >50 >28
0161 * 500 V 46300 Hz >40 >10
0162 * 540 V 50000 Hz >3C >1E
0163 * LA FREQUENCE EST MODIFIEE A LA MAIN ET LES
0164 * RESULTATS DE MESURES SONT
0165 * STOCKES A LA SUITE A PARTIR DE >D000 (RAM)
0166 *
0167 * BEGIN
0168 *
0169 * COMMANDE DU HACHEUR.
0170 *
0171 1120 0203 LI R3,>CC00 ADRESSE DU TIMER DE COMMANDE
0172 1122 CC00
0173 1124 0205 LI R5,>0034 OCTET DE CONTROLE DU COMPTEUR 0
0174 1126 0034
0175 1128 C085 MOV R5,R2
0176 1130 0205 SWPB R2
0177 1132 0BB8 MOV R2,>0003(R3)
0178 1134 C085 COMPT 0 LSB PUIS MSB 0_0_1_1
0179 1136 06C2 MODE 2 BCD 0 0_1_0_0
0180 1138 D4C2 LI R5,>0BB8 VALEUR DE CHARGEMENT DU COMPT 0
0181 1140 C085
0182 1142 06C2 MOV R5,R2
0183 1144 D8C2 SWPB R2
0184 1146 0003 COMPT 1 LSB PUIS MSB 0_1_1_1
0185 1148 0205 LI R5,>05DC VALEUR DE CHARGEMENT DU COMPT 1
0186 1150 D8C2
0187 1152 0001 MOV R5,R2
0188 1154 D8C5 SWPB R2
0189 1156 0001 MOV R2,>0003(R3)
0190 *
0191 * COMMANDE DU CTC DE MESURE
0192 *
0193 1158 0203 LI R3,>C800 ADRESSE DU TIMER DE MESURE
0194 1160 C800
0195 1162 0205 LI R5,>0094 OCTET DE CONTROLE DU COMPTEUR 2
0196 1164 0094
0197 1166 C085 MOV R5,R2
0198 1168 06C2 SWPB R2
0199 1170 D8C2 MOV R2,>0003(R3)
0200 1172 0003 COMPT 2 LSB ONLY 1_0_0_1
0201 1174 0004 LI R5,>0004 VALEUR DE CHARGEMENT DU COMPT 2
0202 1176 C085
0203 1178 06C2 MOV R5,R2
0204 1180 D8C5 SWPB R2
0205 1182 0001 PREDIVISEUR SIGNAL TENSION
0206 1184 0001
0207 1186 C085
0208 1188 06C2
0209 1190 D8C5
0210 1192 0001
0211 1194 0001
0212 1196 C085
0213 1198 06C2
0214 1200 D8C5
0215 1202 0001
0216 1204 0001
0217 1206 C085
0218 1208 06C2
0219 1210 D8C5
0220 1212 0001

```

```

0201 1170 D8C2      MOV R2,020002(R3)      LSB VALEUR CHARGEMENT COMPTEUR 2
0202 1172 0002      LI R5,20074          OCTET DE CONTROLE DU COMPTEUR 1
0203 1176 0074      MOV R5,R2          COMPTEUR 1 LSB PUIS MSB 0-1-1-1
0204 1178 C085      SWPB R2          MODE 2 BCD 0
0205 117C D8C2      MOV R2,020003(R3)
0206 1180 0205      LI R5,2FFFF          VALEUR DE CHARGEMENT DU COMPT 1
0207 1182 FFFF      MOV R5,R2
0208 1186 06C2      SWPB R2
0209 1188 D8C2      MOV R2,020001(R3)      LSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 1
0210 118A 0001      MOV R5,020001(R3)      MSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 1
0211 118E D8C5
0212 1190 0001      * BOUCLE DE MESURE
0213
0214 1190 0300      LIMI 0
0215 1192 0000      LI R12,20000
0216 1196 0000      LI R4,20000
0217 119C D000      SBO 0
0218 119E 1F08      TB 8
0219 11A0 13FE      JEQ L0300
0220 11A2 0205      LI R5,20040
0221 11A6 C085      MOV R5,R2
0222 11A8 06C2      SWPB R2
0223 11AC D8C2      MOV R2,020003(R3)
0224 11AE 1E00      SBT 0
0225 11B0 05C4      INCT R4
0226 11B2 1F00      TB 0
0227 11B4 1306      JEQ L0400
0228 11B6 D163      MOV R2,020001(R3),R5
0229 11B8 0985      SRL R5,8
0230 11BC D163      MOV R2,020001(R3),R5
0231 11BE 0001      JMF L0500
0232 11C2 0205      L0400
0233 11C6 C505      MOV R5,*R4
0234 11C8 0284      CL R4,20064
0235 11CC 1506      JGT L0600
0236 11CE 0207      LI R7,2FFFF
0237 11D0 FFFF      DEC R7
0238 11D4 14FE      JNE L0550
0239 11D6 1100      SBO 0
0240 11D8 10E2      JMP L0300
0241 11DA 020C      LI R12,20140
0242 11DC 0140      SBO 0
0243 11DE 1100      JMP L0700
0244 11E0 10FF

```

```

0244 1170 D8C2      MOV R2,020002(R3)      LSB VALEUR CHARGEMENT COMPTEUR 2
0245 1172 0002      LI R5,20074          OCTET DE CONTROLE DU COMPTEUR 1
0246 1176 0074      MOV R5,R2          COMPTEUR 1 LSB PUIS MSB 0-1-1-1
0247 1178 C085      SWPB R2          MODE 2 BCD 0
0248 117C D8C2      MOV R2,020003(R3)
0249 1180 0205      LI R5,2FFFF          VALEUR DE CHARGEMENT DU COMPT 1
0250 1182 FFFF      MOV R5,R2
0251 1186 06C2      SWPB R2
0252 1188 D8C2      MOV R2,020001(R3)      LSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 1
0253 118A 0001      MOV R5,020001(R3)      MSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 1
0254 118E D8C5
0255 1190 0001      * BOUCLE DE MESURE
0256 1192 0300      LIMI 0
0257 1196 0000      LI R12,20000
0258 119C D000      SBO 0
0259 119E 1F08      TB 8
0260 11A0 13FE      JEQ L0300
0261 11A2 0205      LI R5,20040
0262 11A6 C085      MOV R5,R2
0263 11A8 06C2      SWPB R2
0264 11AC D8C2      MOV R2,020003(R3)
0265 11AE 1E00      SBT 0
0266 11B0 05C4      INCT R4
0267 11B2 1F00      TB 0
0268 11B4 1306      JEQ L0400
0269 11B6 D163      MOV R2,020001(R3),R5
0270 11B8 0985      SRL R5,8
0271 11BC D163      MOV R2,020001(R3),R5
0272 11BE 0001      JMF L0500
0273 11C2 0205      L0400
0274 11C6 C505      MOV R5,*R4
0275 11C8 0284      CL R4,20064
0276 11CC 1506      JGT L0600
0277 11CE 0207      LI R7,2FFFF
0278 11D0 FFFF      DEC R7
0279 11D4 14FE      JNE L0550
0280 11D6 1100      SBO 0
0281 11D8 10E2      JMP L0300
0282 11DA 020C      LI R12,20140
0283 11DC 0140      SBO 0
0284 11DE 1100      JMP L0700
0285 11E0 10FF

```

```

* END
* *
* * TEST DE LA MESURE DE VITESSE
* * LE SEQUENCEUR DE L'ONDULEUR GENERE LES IMPULSIONS SIMILANT
* * LA VITESSE A MESURER
* * EN EFFET LES CAPTEURS A ET 0 PEUVENT ETRE REMPLACES PAR DES
* * COMMANDES DE TRANSISTORS DEPHASEES DE 2 PI/3.LA VITESSE
* * MESUREE EST DONC PROPORTIONNELLE A LA FREQUENCE ONDULEUR.
* * VITESSE FREQUENCE CHARGE 2
* * 0.19 M/S 1190 Hz >7
* * 0.222 1388 Hz >6
* * 0.267 1667 Hz >5
* * 0.333 2083 Hz >4
* * 0.444 2777 Hz >3
* * 0.667 4167 Hz >2
* * 1.333 8333 Hz >1
* * LA FREQUENCE EST MODIFIEE A LA MAIN ET LES
* * RESULTATS DE MESURES SONT
* * STOCKES A LA SUITE A PARTIR DE 20000 (RAM)
* * BEGIN
* *
* * COMMANDE DE L'ONDULEUR
* * BEGIN CHOIX FORME 180 DEGRES AVANT
* * CLR R12          CRUISE = 0
* * SBT >4          BIT ENABLE PROTECTION TRANS
* * SBO >8          BIT NO-HOLD (C.22)
* * SBT >C          BIT AD 12 SENS ROTATION (C.25)
* * SBT >D          BIT AD 11 (C.26)
* * SBO >E          BIT AD 10 (C.27)
* * SBT >F          BIT AD 09 (C.28)
* *
* * END CHOIX FORME 180 DEGRES AVANT
* *
* * LI R3,20000      ADRESSE DU TIMER DE COMMANDE
* * LI R5,20086      OCTET DE CONTROLE DU COMPTEUR 2
* * MOV R5,R2          COMPTEUR 2 LSB PUIS MSB 1-0-1-1
* * SWPB R2          MODE 3 BCD 0
* * MOV R2,020003(R3)
* * LI R4,2E          VALEUR CHARGEMENT DU COMPTEUR 2
* * MOV R4,R2          VOIR + HAUT
* * SWPB R2          LSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 2
* * MOV R2,020002(R3)
* * MOV R4,020002(R3)
* * MSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 2
* *
* * COMMANDE DU CTC DE MESURE
* *
* * LI R3,20800      ADRESSE DU TIMER DE MESURE
* * LI R5,20034      OCTET DE CONTROLE DU COMPTEUR 0

```

```

0296 1218 0085      MOV R5,R2      COMPTEUR 0 LSB PUIS MSB 0_0_1_1 0341
0297 121A 06C2      SWPB R2      MODE 2 BCD 0 0_1_0_0 0342
0298 121C D8C2      MOVB R2,@0003(R3) 0343
      121E 0003      0344
0299 1220 0205      LI R5,>FFFF      VALEUR DE CHARGEMENT DU COMPT 0 0345
      1222 FFFF      0346
0300 1224 0085      MOV R5,R2      0347
0301 1226 06C2      SWPB R2      0348
0302 1228 D8C2      MOVB R2,@0000(R3) 0349
      122A 0000      0350
0303 122C D8C5      MOVB R5,@0000(R3) 0351
      122E 0000      0352
0304 *
0305 * BOUCLE DE MESURE
0306 *
0307 1230 0300      LIM 0      INTERDIRE LES INTERRUPTIONS 0353
      1232 0000      0354
0308 1234 020C      LI R12,>0000      CRUBASE=0 0355
      1236 0000      0356
0309 1238 0204      LI R4,>D000      ADD DE DEBUT D'ECRITURE 0357
      123A D000      0358
0310 123C 1D01      L1000 SBO 1      AUTORISE LA MESURE DE VITESSE 0359
0311 123E 1F09      L1001 TB 9      0360
0312 1240 13FE      JEQ L1001      0361
0313 1242 0205      LI R5,>02      OCTET DE CONTROLE DU COMPTEUR 0 0362
      1244 0002      0363
0314 1246 0085      MOV R5,R2      COMMANDE 3/COUNT/STATUS 0_0_0_0 0364
0315 1248 06C2      SWPB R2      CNT2,CNT1,CNT0,ZERO 0_0_1_0 0365
0316 124A D8C2      MOVB R2,@0003(R3) 0366
      124C 0003      0367
0317 124E 1E01      SBZ 1      EFFACE LE SIGNAL D'INTERRUPTION 0368
0318 1250 05C4      INCT R4      INCREMENTE L'ADRESSE D'ECRITURE 0369
0319 1252 1F01      TB 1      OVERFLOW MESURE VITESSE 0370
0320 1254 1306      JEQ L0805      METTRE VALEUR SATURATION DS RAM 0371
0321 1256 D163      MOVB @0000(R3),R5      LSB LUES DS COMPTEUR 0 0372
      1258 0000      0373
0322 125A 0985      SRL R5,8      0374
0323 125C D163      MOVB @0000(R3),R5      MSB LUES DS COMPTEUR 0 0375
      125E 0000      0376
0324 1260 1002      JMP L0810      128A 020C
0325 1262 0205      L0805 LI R5,>AAAA      VALEUR DE SATURATION 0377
      1264 AAAA      128C 0140
0326 1266 C505      L0810 MOV R5,*R4      ECRITURE DS LA RAM 0378
0327 1268 0284      CI R4,>DFFE      0379
      126A DFFE      1292 0300
0328 126C 1505      JGT L0830      1294 0000
0329 126E 0207      LI R7,>100      0380
      1270 0100      1296 0202
0330 1272 0607      L0820 DEC R7      1298 FA00
0331 1274 16FE      JNE L0820      0381
0332 1276 10E2      JMP L1000      129A 0201
0333 1278 020C      L0830 LI R12,>0140      GOTO DEBUT DE BOUCLE 0382
      127A 0140      129C F800
0334 127C 1D00      SBO 0      CRUBASE =140 0383
0335 127E 10FF      L0850 JMP L0850      12A2 0206
      0336      0384
0337 *      12A4 0004
0338 * TEST DU CONVERTISSEUR D A ADRESSE >F800 0385
0339 * TENSION DE SORTIE COMPRISE ENTRE -10V ET +9.995V 12A6 C406
0340 * LE DERNIER DIGIT EST NON SIGNIFICATIF ET 12A8 0206
      12AA D000
      12AC 0204
      12AE 0010
      0387
      0388
      0389

```

```

* LE MSB EST LE BIT DE SIGNE 1= >0
* EXEMPLES
* >0010 = -10V 0000 0000 0001 0000
* >4000 = - 5V 0100 0000 0000 0000
* >8000 = - 0V 1000 0000 0000 0000
* >C000 = 5V 1100 0000 0000 0000
* >FFF0 = +10V 1111 1111 1111 0000
*
* LE CHARGEMENT S'OPERE PAR UN MOV @>F800
*
* BEGIN
*
      LI R1,>C000      5 VOLTS
      MOV R1,@>F800      CHARGEMENT CDA
      TITO JMP TITO      ATTENTE
*
* END
*
* TEST DU CONVERTISSEUR A D ADRESSE >FA00
* RELIER LES DEUX BORNIERES DE FACE AVANT
* END OF CONVERSION BIT CRU IN >148
* SI ENABLE BIT CRU OUT >148
* LA CONVERSION 8 BITS EST LANCEE PAR UN MOV R0,@>FA01
* LA CONVERSION 12BITS EST LANCEE PAR UN MOV R0,@>FA00
* LE MULTIFLEXEUR PERMET DE SELECTIONNER UN CANAL ENTRE
* 0 ET 7 QU'IL SUFFIT D'ECRIRE EN >FC00
*
* BEGIN
*
      R0 EQU 0
      DAC EQU 1
      ADC EQU 2
      MPX EQU 3
*
      LI R12,>140      CRUBASE=>140
      SBZ 2      ROM LOW
      SBO 3      ROM SIZE=128K
      LIM 0
      LI ADC,>FA00
      LI DAC,>F800
      LI MPX,>FC00
      LI R6,>0004      CANAL 4
      MOV R6,*MPX      SUR MULTIPLEXEUR
      LI R6,>D000      DEBUT RAM
      LI R4,>0010      INCREMENT DE LA TENSION
*
      LI R7,>0010      DE SORTIE DU CDA
      -10V
      BOUCLE A R4,R7      R7+R4-->R7

```





ESSAIS	SDSMAC 3.6.0 83.111	13:21:23 TUESDAY, NOV 25, 1986.	ESSAIS	SDSHAC 3.6.0 83.111	13:21:23 TUESDAY, NOV 25, 1986.	PAGE 0010	PAGE 0011
0390 12B4 0287	CI	R7, >FFFO	TENSION MAX CDA +10V	0437 1314 0205	LI	R5, 0020	
0391 12B8 1601	JNE	SUITE	GO TO SUITE	0438 1318 0014	EOU	\$	
0392 12B0 10FF	TOTO	JMP TOTO	ATTENTE	0439 131A 0405	DEC	R5	
0393 12BE C447	SUITE	MOV R7, *DAC	CHARGEMENT DU CDA	0440 131C 16FE	JNE	DDELO	
0394 12C0 0205	LI	R5, >20		0441 131E	ADCON	\$	
0395 12C4 0605	WAIT1	DEC R5		0442 131E 020C	LI	R12, >140	
0396 12C6 16FE	JNE	WAIT1	ATTENTE DE CONVERSION	0443 1322 1D04	SBO	4	
0397 12C8 020C	LI	R12, >140	CRUBASE=148	0444 1324 02A8	STMP	R8	
0398 12C4 0140	SBO	4	AUTORISE L'INTER POUR EOC	0445 1326 0209	LI	R9, INT4	
0399 12C0 1B04	*		EOC	0446 132A D485	MOV R5, *ADC		
0400 12CE D485	MOV R5, *ADC		LANCE CONVERSION 12 BITS	0447 132C	EOU	\$	
0401 12D0 1F04	WAIT2	4		0448 132C 0300	LIMI	>0004	
0402 12D2 13FE	JEO	WAIT2	ATTENDRE LA FIN DE CONVERSION	0449 1330 0340	IDLE		
0403 12D4 1E04	SBO	4	INTERDIT L'INTER POUR EOC	0450 1332 1F04	INT4	4	
0404 12D6 C152	MOV	*ADC, R5	EOC	0451 1334 13FB	JEO	IDLE	
0405 12D8 C585	MOV	R5, *R6	RECUPERE LE RESULTAT	0452 1336 0300	LIMI	>0000	
0406 12D0 05C3	INCT	R6		0453 133A 1E04	SBO	4	
0407 12D4 05C3	CI	R6, >DEF00	FIN RAM	0454 133C C152	MOV	*ADC, R5	
0408 12D0 0286	CI	R6, >DEF00		0455 133E 6144	S	R4, R5	
0409 12E0 16E9	JNE	BOUCLE		0456 1340 C185	MOV	R5, R6	
0410 12E2 10FF	JMP	TATA		0457 1342 0743	ABS	R5	
0411 12E2 10FF	*END			0458 1344 045B	RT		
0412 12E4				0459			
0413				0460			
0414				0461			
0415	0000	R0		0462			
0416	0003	R3		0463			
0417	0007	R9		0464			
0418				0465			
0419	12E4	EOU	\$	0466			
0420 12E4 0201	LI	R1, >0012		0467			
0421 12E6 0012				0468			
0422 12E8 C091	MOV	*R1, R2		0469			
0423 12EA C1A0	MOV	*R1, R2		0470			
0424 12EC 1312	MOV	*R1, R2		0471			
0425 12EE 02A3	STMP	R3		0472			
0426 12F0 0223	AI	R3, 2*R3		0473			
0427 12F2 0010				0474			
0428 12F4 C483	MOV	R3, *R2		0475			
0429 12F6 0201	LI	DAC, >F800		0476			
0430 12F8 F800	LI	DAC, >F800		0477			
0431 12FA 0202	LI	ADC, >FA00		0478			
0432 12FC FA00	LI	MPX, >FC00		0479			
0433 12FE 0203	LI	MPX, >FC00		0480			
0434 1300 FC00	LI	R4, 4		0481			
0435 1302 0204	LI	R4, 4		0482			
0436 1304 0004	LI	R4, 4		0483			
0437 1306 C4C4	MOV	R4, *MPX		0484			
0438 1308 0204	LI	R4, >4000		0485			
0439 130A 4000	BL	@DACON		0486			
0440 130C 06A0				0487			
0441 130E 1314				0488			
0442 1310 10FB	JMP	TUTU		0489			
0443 1312 0420	DATA	>0420		0490			
0444 1314	EOU	\$		0491			
0445 1314 C444	MOV	R4, *DAC		0492			

\* TEST DE LA MESURE DE POSITION  
 \* LE HACHEUR GENERE LES IMPULSIONS SIMULANT  
 \* LES IMPULSIONS DE VITESSE

TENSION	FREQUENCE	CHARGE 0	CHARGE 1
1 V	100 Hz	>7530	>3A98
2 V	200 Hz	>3A98	>1D4C
10 V	1000 Hz	>BB8	>5DC
100 V	9260 Hz	>144	>A2
200 V	18520 Hz	>A2	>54
300 V	27778 Hz	>66	>36
400 V	37040 Hz	>50	>28
500 V	46300 Hz	>40	>10
540 V	50000 Hz	>3C	>1E

\* LA FREQUENCE EST MODIFIEE A LA MAIN ET LES  
 \* RESULTATS DE MESURES SONT  
 \* STOCKES A LA SUITE A PARTIR DE >D000 (RAM)

\* BEGIN  
 \* COMMANDE DU HACHEUR.

ADRESSE DU TIMER DE COMMANDE  
 OCTET DE CONTROLE DU COMPTEUR 0

LI	R3, >CC00
LI	R5, >0034
MOV	R5, R2
SUP R2	
MOV R2, >00003 (R3)	
LI	R5, >00B6

COMPTEUR 0 LSB PUIS MSB 0.0.1.1  
 MODE 2 BCD 0 0.1.0.0  
 VALEUR DE CHARGEMENT DU COMPT 0

0437 1314 0205  
 0438 1318 0014  
 0439 131A 0405  
 0440 131C 16FE  
 0441 131E  
 0442 131E 020C  
 0443 1322 1D04  
 0444 1324 02A8  
 0445 1326 0209  
 0446 132A D485  
 0447 132C  
 0448 132C 0300  
 0449 1330 0340  
 0450 1332 1F04  
 0451 1334 13FB  
 0452 1336 0300  
 0453 133A 1E04  
 0454 133C C152  
 0455 133E 6144  
 0456 1340 C185  
 0457 1342 0743  
 0458 1344 045B  
 0459  
 0460  
 0461  
 0462  
 0463  
 0464  
 0465  
 0466  
 0467  
 0468  
 0469  
 0470  
 0471  
 0472  
 0473  
 0474  
 0475  
 0476  
 0477  
 0478  
 0479  
 0480  
 0481  
 0482  
 0483  
 0484  
 0485  
 0486  
 0487  
 0488  
 0489





ESSAIS	SOSMAC 3.6.0 83.111	13:21:23 TUESDAY, NOV 25, 1986.	PAGE 0012	ESSAIS	SOSMAC 3.6.0 83.111	13:21:23 TUESDAY, NOV 25, 1986.	PAGE 0013
1358 08B8	MOV R5,R2	POUR 400 VOLTS		0531 13C2 0205	LI R5,0FFFF	VALEUR DE CHARGEMENT DU COMPT 0	
0439 135A C085	SMPB R2	FREQ QUARTZ / FREQUENCE		13C4 FFFF			
0470 135C 04C2	MOV R2,R3	LSB VALEUR CHARGEMENT COMPTUEUR 0		0532 13C6 C085	MOV R5,R2		
0471 135E 04C2	MOV R2,R3	LSB VALEUR CHARGEMENT COMPTUEUR 0		0533 13C8 04C2	SMPB R2	LSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 0	
0472 1360 04C5	MOV R5,R3	MSB VALEUR CHARGEMENT COMPTUEUR 1		0534 13CA D8C2	MOV R2,00000(R3)		
0493 1362 0205	LI R5,00072	OCTET DE CONTROLE DU COMPTUEUR 1		13CC 0000	MOV R5,00000(R3)	MSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 0	
1364 0072				0535 13CE D8C5			
0474 1366 C085	MOV R5,R2	COMPTUEUR 1 LSB PUIS MSB 0-1-1-1		13D0 0000			
0475 1368 04C2	SMPB R2	MODE 1 BCD 0		0536			
0476 136A D8C2	MOV R2,00003(R3)			0537			
136C 0003				0538			
0497 136E 0205	LI R5,005DC	VALEUR DE CHARGEMENT DU COMPT 1		13D2 0300			
1370 05DC				13D4 0000			
0478 1372 C085	MOV R5,R2	POUR 400 VOLTS		0540 13D6 020C	LI R12,00000	INTERDIRE LES INTERRUPTIONS	
0479 1374 04C2	SMPB R2	RAPPORT CYCLIQUE = 1/2		13D8 0000			
0500 1376 D8C2	MOV R2,00001(R3)	LSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 1		13DA 0204	LI R4,0D000	ADD DE DEBUT D'ECRITURE	
1378 0001				13DC 0000			
0501 137A D8C5	MOV R5,00001(R3)	MSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 1		0542 13DE 1000	BEGIN		
137C 0001				0543 13E0 0205	OCTET DE CONTROLE DU COMPTUEUR 1		
0502				13E2 4000	COMPTUEUR 1 0 0	0-1-0-0	
0503				0544	4 BITS INDIFFERENTS	0-0-0-0	
0504				0545			
0505 137E 0203	LI R3,0C000	ADRESSE DU TIMER DE COMPTAGE		0546 13E4 D8C5	MOV R5,00003(R3)		
1380 C000				13E6 0003			
0506 1382 0205	LI R5,00094	OCTET DE CONTROLE DU COMPTUEUR 2		13E8 D163	MOV R5,00001(R3),R5	LSB LUES DS COMPTUEUR 1	
1384 0094				13EA 0001			
0508 1386 C085	MOV R5,R2			0548 13EC 0985	SRL R5,8		
0509 1388 04C2	SMPB R2	COMPTUEUR 2 LSB ONLY	1-0-0-1	0549 13EE D163	MOV R5,00001(R3),R5	MSB LUES DS COMPTUEUR 1	
0510 138A D8C2	MOV R2,00003(R3)	MODE 2 BCD 0	0-1-0-0	13F0 0001			
138C 0003				0550 13F2 0206			
0511 138E 0205	LI R5,00004	VALEUR DE CHARGEMENT DU COMPT 2		0551 13F4 0000	LI R2,00000	OCTET DE CONTROLE DU COMPTUEUR 0	
1390 0004				0552	COMPTUEUR 0 - 0 - 0	0-0-0-0	
0512 1392 C085	MOV R5,R2	PREDIVISEUR SIGNAL VITESSE		0553	4 BITS INDIFFERENTS	0-0-0-0	
0513 1394 04C2	SMPB R2			0554			
0514 1396 D8C2	MOV R2,00002(R3)	LSB VALEUR CHARGEMENT COMPTUEUR 2		0555 13F6 D8C4	MOV R6,00003(R3)		
1398 0002				13F8 0003	MOV R6,00000(R3),R6	LSB LUES DS COMPTUEUR 0	
0515				13FA D1A3			
0516 139A 0205	LI R5,00078	OCTET DE CONTROLE DU COMPTUEUR 1		13FC 0000	SRL R6,8		
139C 0078				0556 13FE 0986	MOV R6,00000(R3),R6	MSB LUES DS COMPTUEUR 0	
0517 139E C085	MOV R5,R2	COMPTUEUR 1 LSB PUIS MSB 0-1-1-1		0557 1400 D1A3			
0518 13A0 04C2	SMPB R2	MODE 4 BCD 0	1-0-0-0	1402 0000	MOV R5,*R4	ECRITURE DS LA RAM	
0519 13A2 D8C2	MOV R2,00003(R3)			0558 1404 C505	INCR R4	INCREMENTE L'ADRESSE D'ECRITURE	
13A4 0003				0559 1406 05C4	MOV R6,*R4	ECRITURE DS LA RAM	
0520 13A6 0205	LI R5,0FFFF	VALEUR DE CHARGEMENT DU COMPT 1		0560 1408 C506	INCR R4	INCREMENTE L'ADRESSE D'ECRITURE	
13A8 FFFF				0561 140A 05C4	CT R4,0DFFF		
0521 13AA C085	MOV R5,R2			0562 140C 0334			
0522 13AC 04C2	SMPB R2			140E DFFF			
0523 13AE D8C2	MOV R2,00001(R3)	LSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 1		0563 1410 1505	JGT L2600	ATTENTE DU PROGRAMMEUR	
13B0 0001				0564 1412 0207	LI R7,00010		
0524 13B2 D8C5	MOV R5,00001(R3)	MSB VALEUR CHARGEMENT COMPT 1		1414 0010			
13B4 0001				0565 1416 0607	DEC R7		
0525				0566 1418 14FE	JNE L2550		
0526				0567 141A 10E1	JMP L2300		
0527 13B6 0205	LI R5,00038	OCTET DE CONTROLE DU COMPTUEUR 0		0568 141C 10FF	JMP L2600	ET GO TO DEBUT	
13B8 0038				0569	*END		
0528 13BA C085	MOV R5,R2	COMPTUEUR 0 LSB PUIS MSB 0-0-1-1			NO WARNINGS		
0529 13BC 04C2	SMPB R2	MODE 4 BCD 0	1-0-0-0				
0530 13BE D8C2	MOV R2,00003(R3)						
13C0 0003							





ESSAIS		SISHAC 3.4.0 33.111		13:21:23 TUESDAY, NOV 25, 1986.		SISHAC 3.4.0 33.111		13:21:23 TUESDAY, NOV 25, 1986.		PAGE 0015	
LABEL	VALUE	DEFN	REFERENCES	VALUE	DEFN	REFERENCES	VALUE	DEFN	REFERENCES	PAGE 0015	
141E	0002	0373	0026 0030 0435 0380	0036 0044 0441 0405	0048 0054 0446 0454	0069 0097 0419	0069 0097 0419	0069 0097 0419	0069 0097 0419	0069 0097 0419	0069 0097 0419
ALIC	131E	0441									
ALICN	12E4	0419									
BELIN	12B4	0389									
BOUCLE	1312	0434									
BR	0001	0372	0381	0393	0426 0436						
DAC	131A	0435	0432								
DACON	1000	0447	0451								
DELO	131A	0438	0440								
ESSAIS	1000	0010									
IDLE	132C	0447	0451								
INT4	1332	0450	0445								
L0036	102C	0026	0043	0062							
L0090	1036	0030	0035								
L009A	1040	0036	0032								
L00B6	1054	0044	0061								
L00C0	105E	0048	0053								
L00CA	1068	0054	0050								
L00E8	107E	0069									
L00E9	1086	0072	0074	0080							
L00EA	1090	0076	0078								
L0118	10BC	0097	0147								
L0300	119E	0218	0219	0240							
L0400	11C2	0232	0227								
L0500	11C6	0233	0231								
L0550	11D2	0237	0238								
L0600	11DA	0241	0235								
L0700	11E0	0243	0243								
L0805	1262	0325	0320								
L0810	1266	0326	0324								
L0820	1272	0330	0331								
L0830	1278	0333	0328								
L0850	127E	0335	0335								
L1000	123C	0310	0332								
L1001	123E	0311	0312								
L1300	13DE	0542	0567								
L1550	1416	0565	0566								
L1600	141C	0568	0563	0568							
NFX	0003	0374	0382	0384	0428 0430						
RU	0000	0371									
		0415									
R1	0001		0071 0072	0073 0076	0077 0353 0354	0420 0421					
R12	000C		0070 0098	0215 0241	0271 0308 0333	0376 0397					
			0442 0540								
R13	000D		0025 0037	0038 0041	0042 0055 0056	0059 0060					
R14	000E		0027 0033	0045 0051							
R15	000F		0028 0031	0034 0046	0049 0052						
R2	0002		0013 0014	0015 0017	0018 0019	0022 0023 0024					
			0038 0039	0040 0057	0058 0059	0090 0091					
			0093 0094	0095 0173	0174 0175	0177 0178 0179					
			0182 0183	0184 0186	0187 0188	0195 0196 0197					
			0199 0200	0201 0203	0204 0205	0207 0208 0209					
			0221 0222	0223 0284	0285 0287	0288 0289					
			0296 0297	0298 0300	0301 0302	0314 0315 0316					
			0421 0422	0425 0485	0486 0487	0489 0490 0491					
			0494 0495	0496 0499	0500 0503	0509 0510					
			0512 0513	0514 0517	0518 0519	0521 0522 0523					
			0528 0529	0530 0532	0533 0534						
R3	0003		0011 0015	0019 0020	0024 0040 0041	0050 0059					

0087 0091 0095 0096 0171 0175 0179 0180 0184

0188 0189 0193 0197 0201 0205 0209 0210 0223

0228 0230 0281 0285 0289 0290 0294 0298 0302

0303 0316 0321 0323 0423 0424 0425 0483 0487

0491 0492 0496 0500 0501 0505 0510 0514 0519

0523 0524 0530 0534 0535 0546 0547 0549 0554

0555 0557 0592 0593 0616 0617 0620 0621 0622

0623 0625 0626 0627 0628 0629 0630 0631 0632

0633 0634 0635 0636 0637 0638 0639 0640 0641

0642 0643 0644 0645 0646 0647 0648 0649 0650

0651 0652 0653 0654 0655 0656 0657 0658 0659

0660 0661 0662 0663 0664 0665 0666 0667 0668

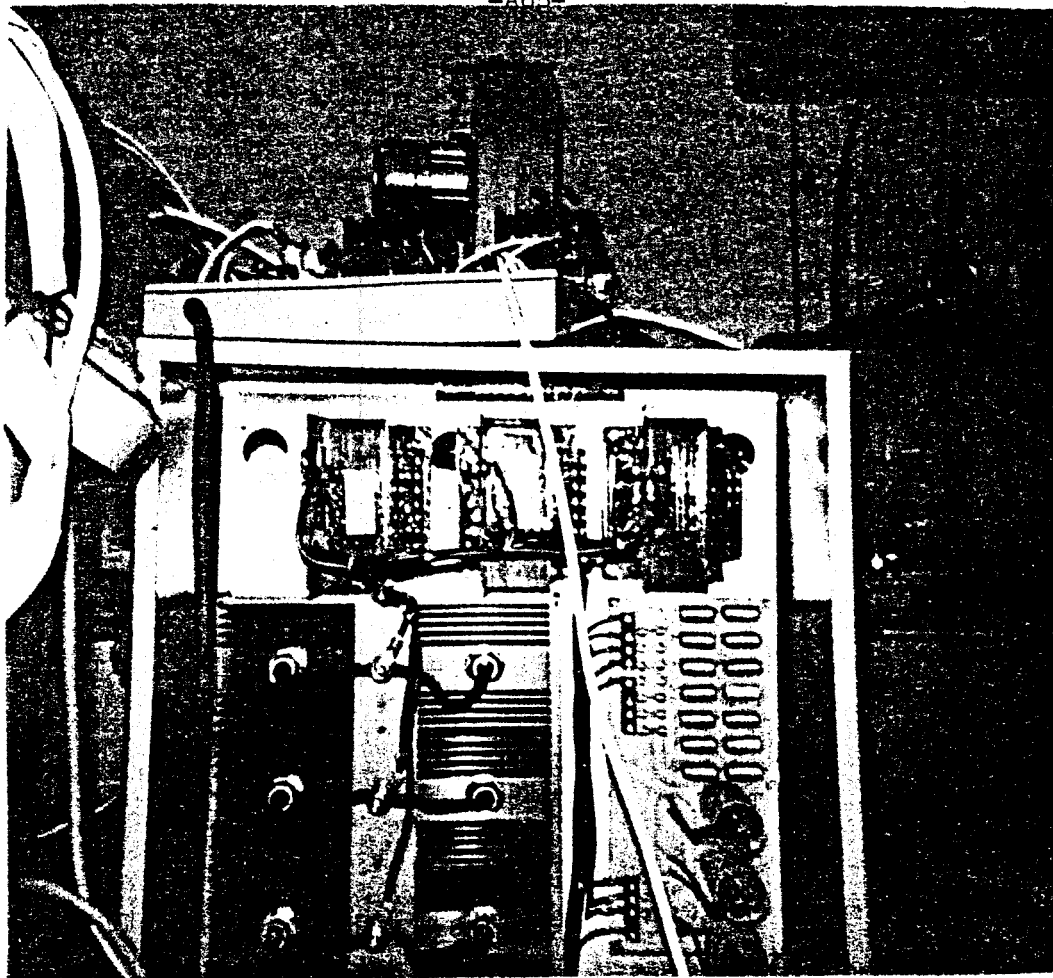
0669 0670 0671 0672 0673 0674 0675 0676 0677

0678 0679 0680 0681 0682 0683 0684 0685 0686

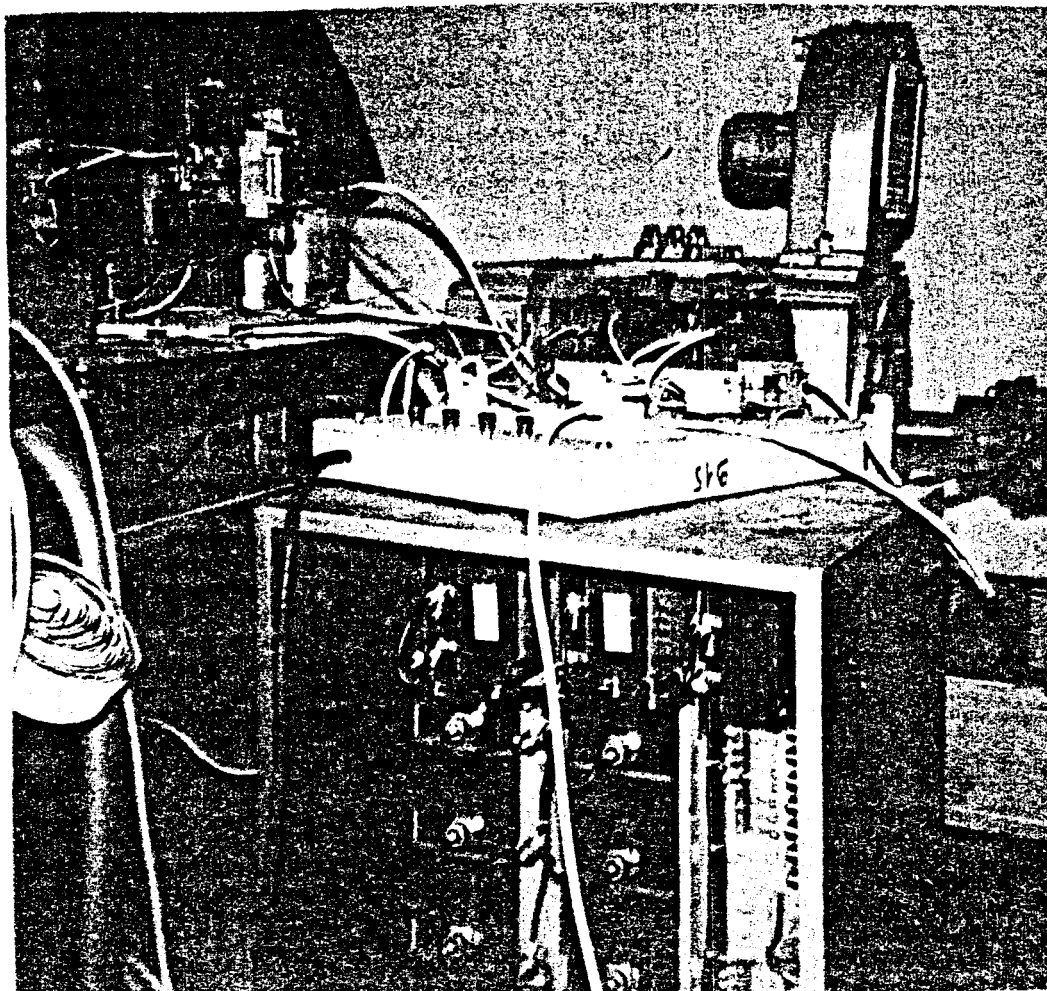
0687 0688 0689 0690 0691 0692 0693 0694 0695

0696 0697 0698 0699 0700 0701 0702 0703 0704

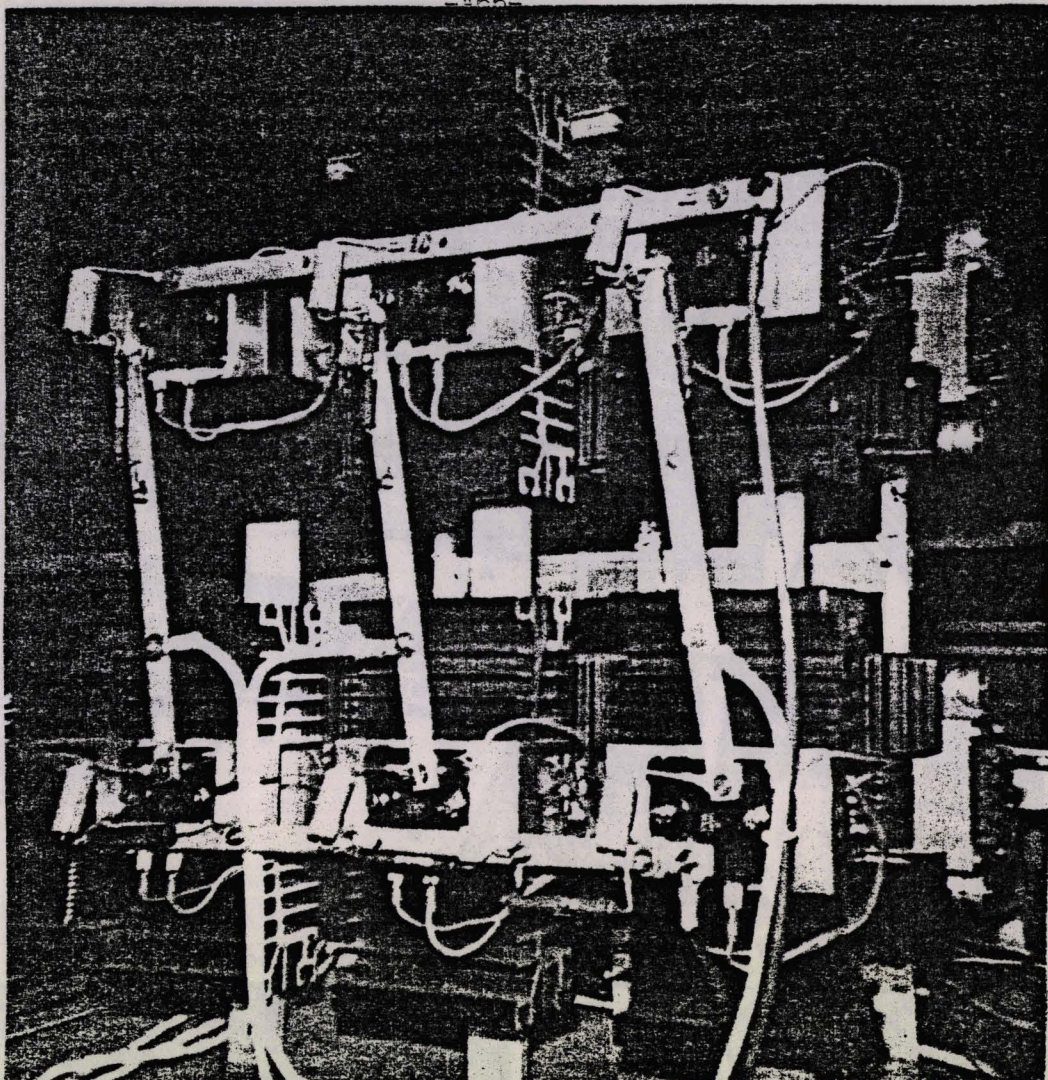
**ANNEXE 7 : DESCRIPTION DU DISPOSITIF**



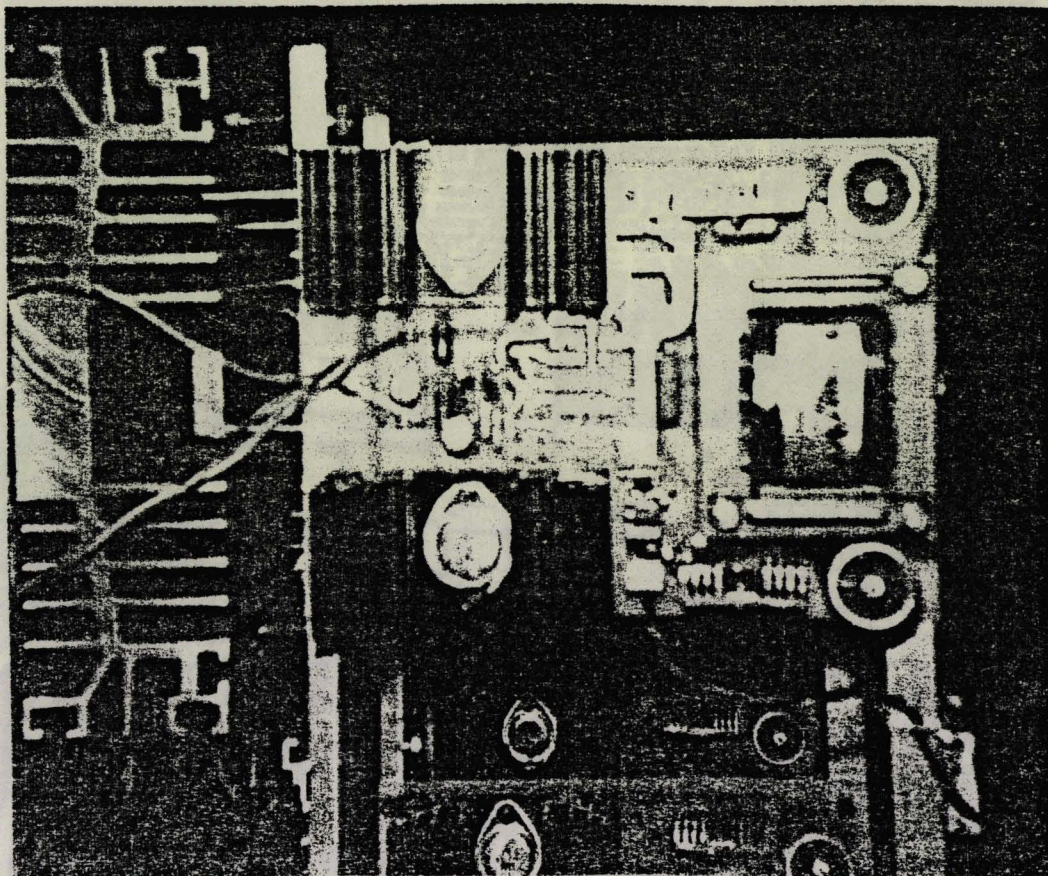
MONTAGE REDRESSEUR



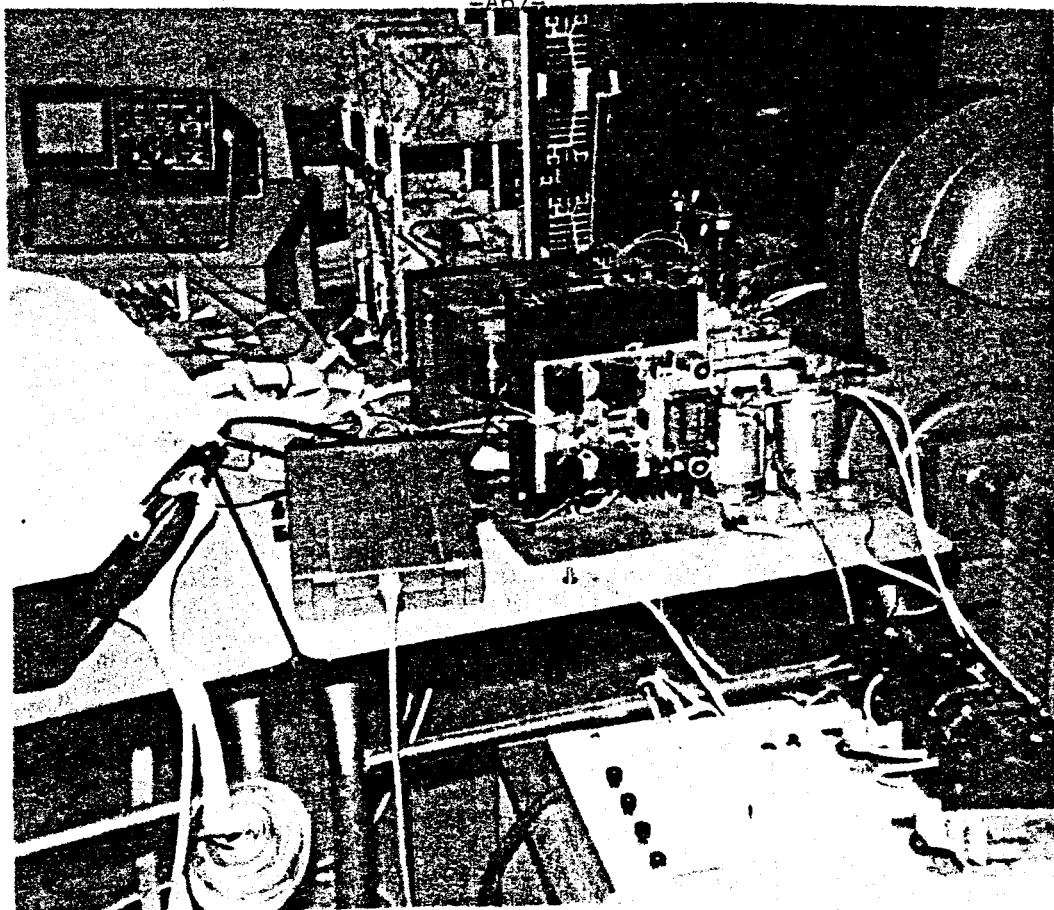




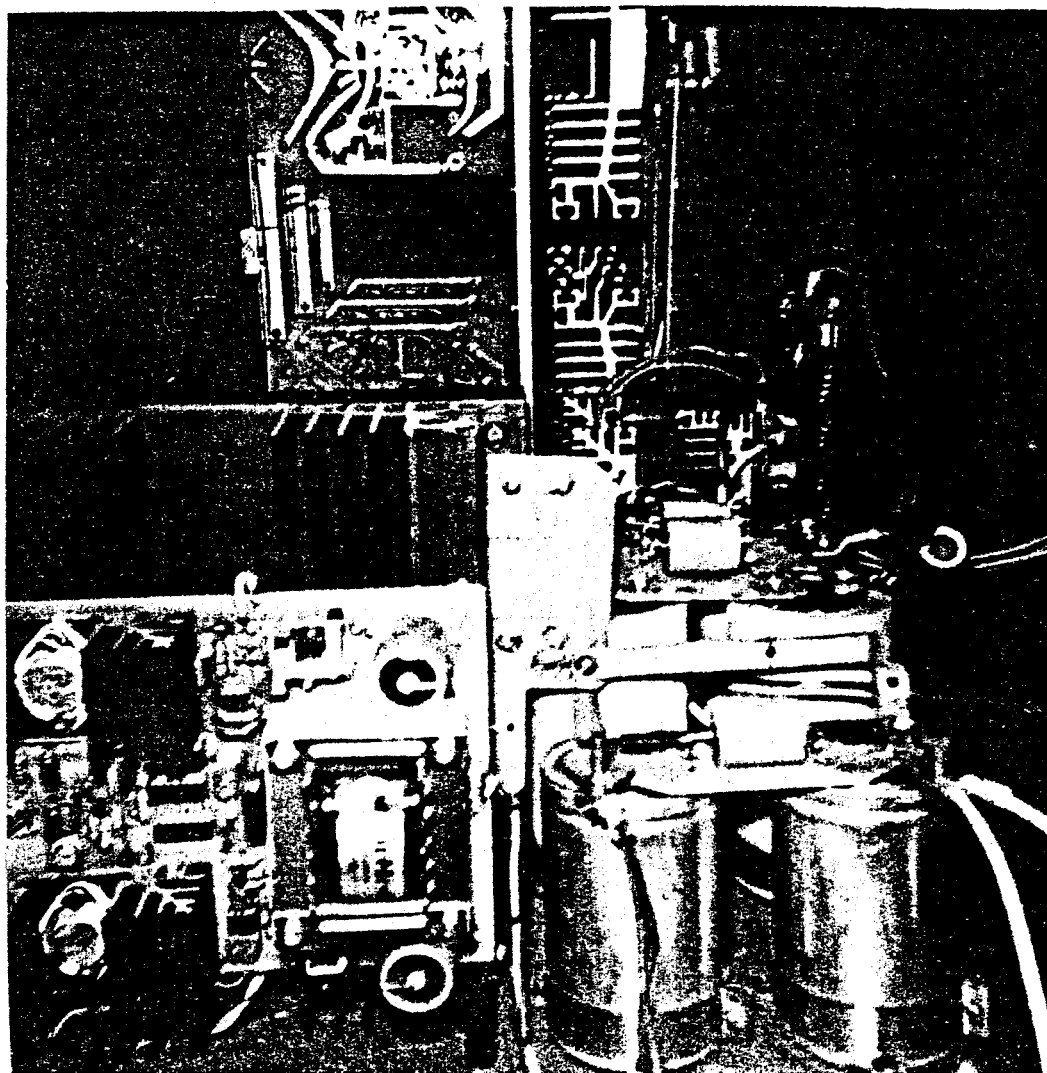
ONDULEUR Vue d'ensemble (haut) carte de commande (bas)



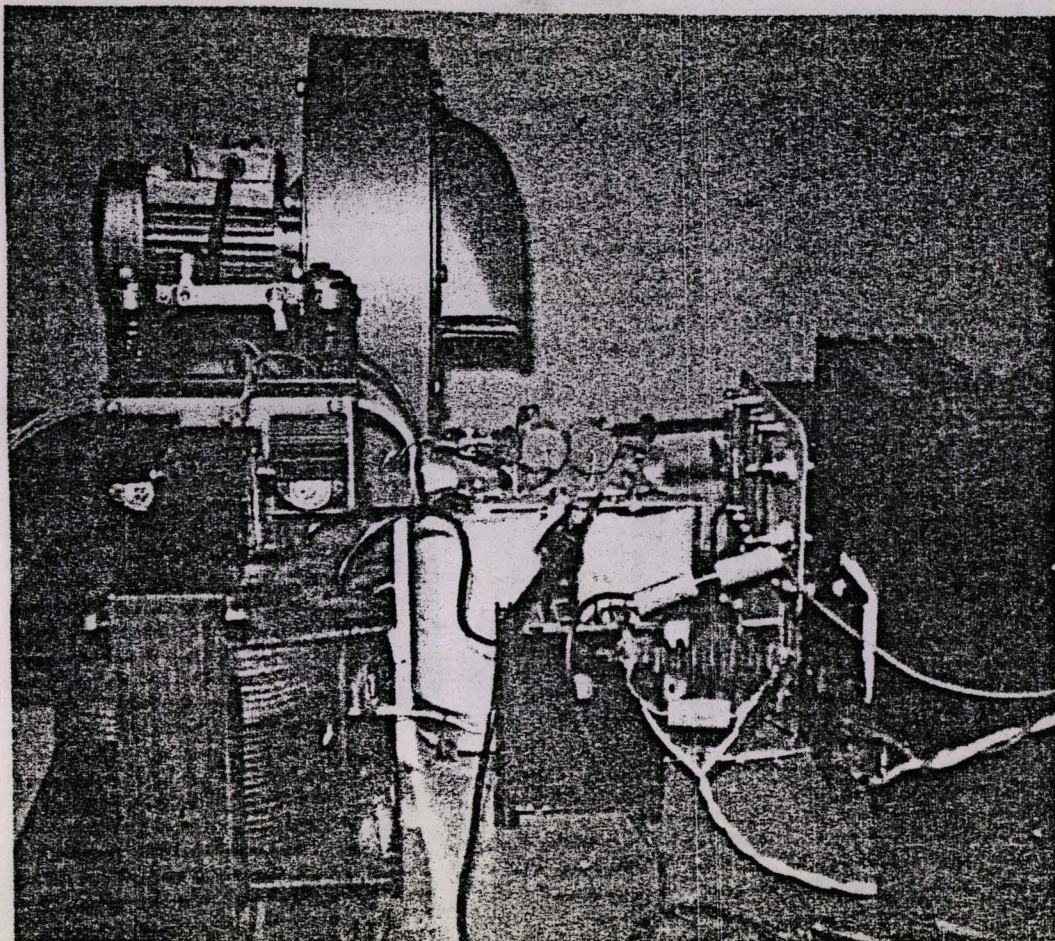




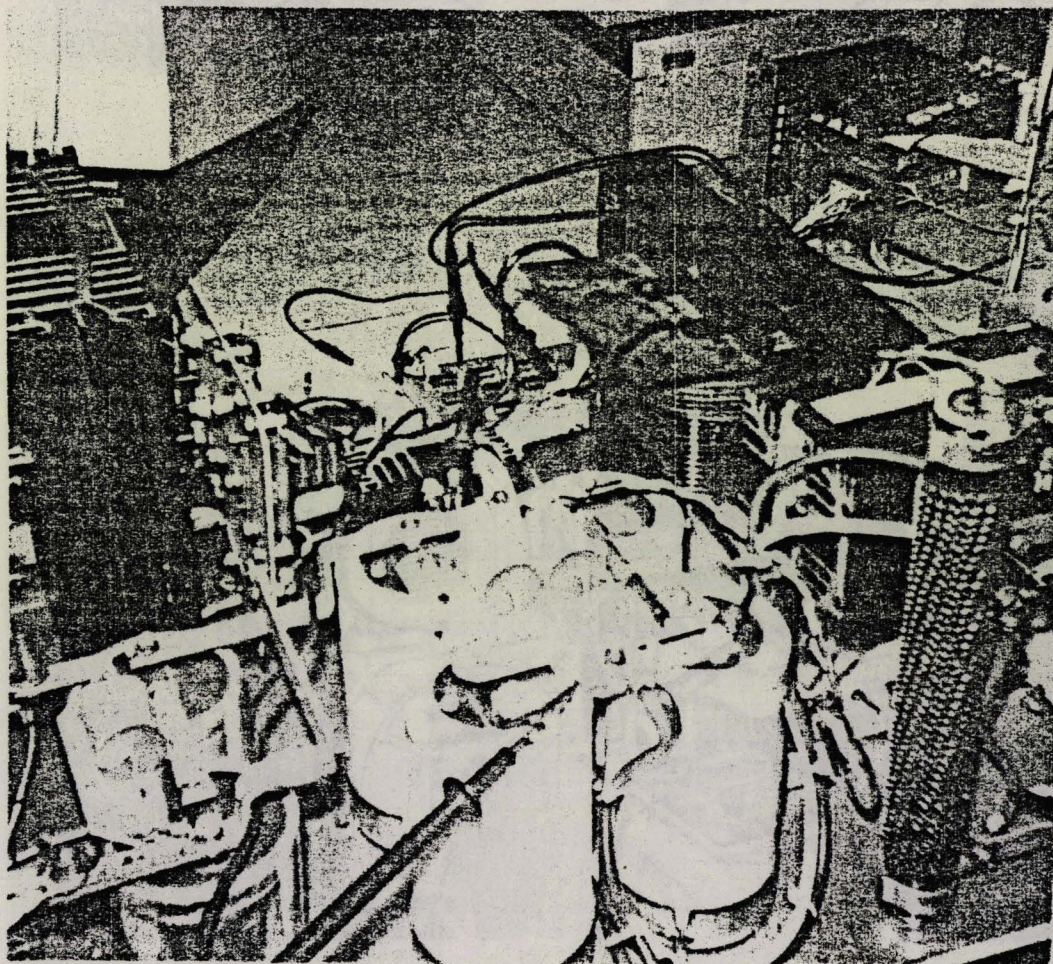
HACHEUR Vue d'ensemble (haut) carte de commande(bas)



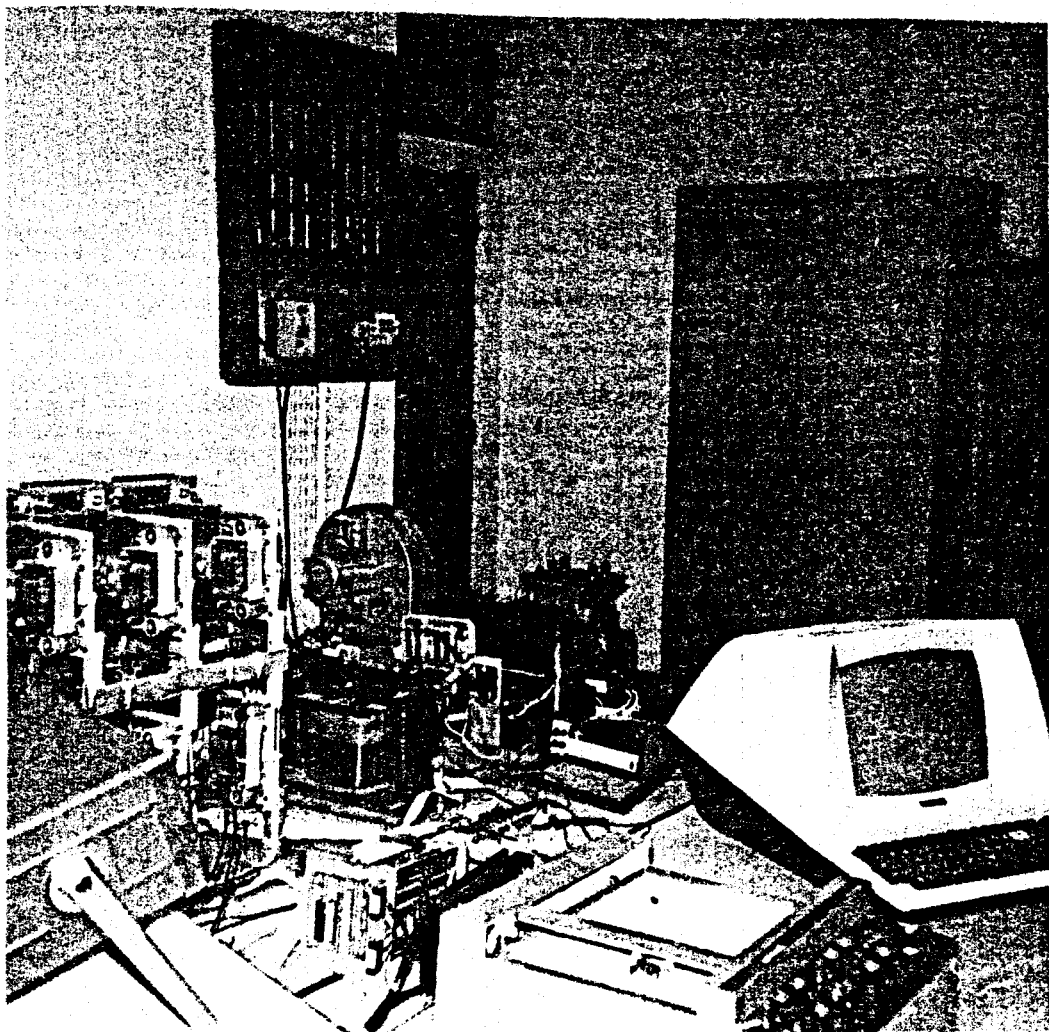




FILTRAGE Inductance(haut) et condensateurs (bas)

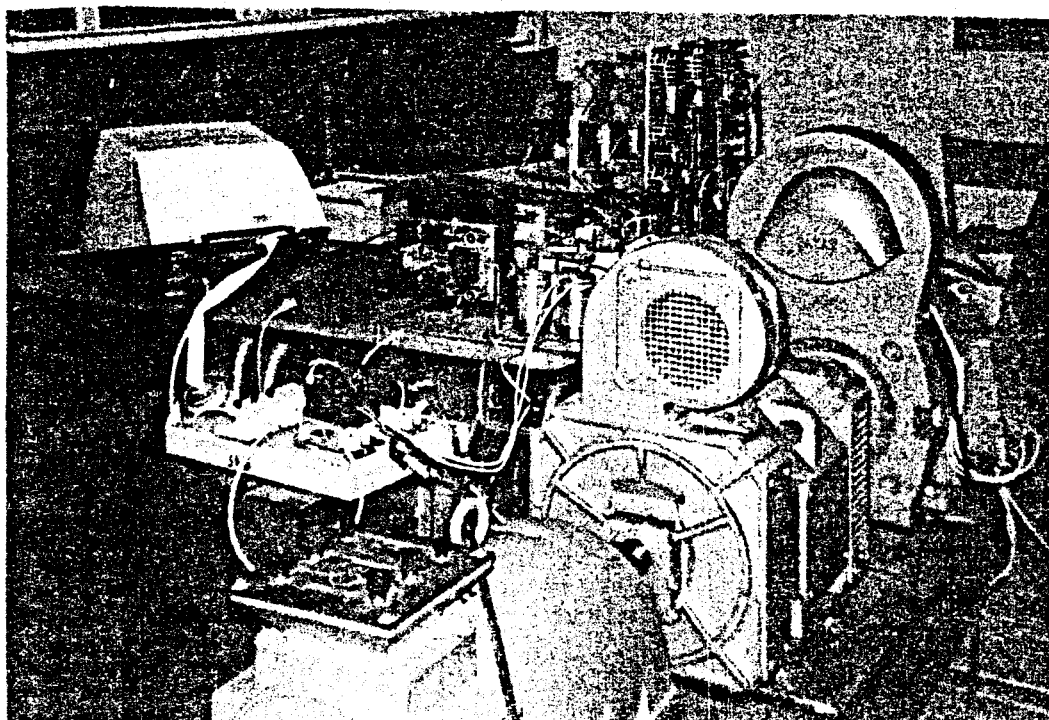






Ensemble microinformatique et périphériques (haut)

Groupe tournant ( 3 machines ) (bas)



## B I B L I O G R A P H I E

- /1 / : H.S PATEL "Thyristor inverter harmonic elimination using optimization techniques " PHD Dissertation  
DEP Elec Eng  
University of Missouri Colombia 1971
- /2 / : J.P HAUTIER "Sur la description fonctionnelle et la simulation numérique d'un onduleur à transistors Application au contrôle de la dynamique d'une machine asynchrone"  
Thèse Docteur Ingénieur  
Université des Sciences et Techniques de LILLE 1984
- /3 / : J.P HAUTIER "Système de contrôle du ralentissement d'un moteur asynchrone " Mémoire CNAM 1975
- /4 / : J.P HAUTIER "Sur la transformation de Park" Cours du CNAM
- /5 / : J EVIN  
H.GHESTEM  
G MANESSE "Commande d'ascenseur par microprocesseur"  
Laboratoire de systèmes électromécaniques  
Université des Sciences et Techniques de LILLE 1980  
R.G.E. Novembre 80 t 89 n° 11
- /6 / : G MANESSE  
J.P HAUTIER  
J.M TOULOTTE "Conception simultannée des parties opératives et commandes des ensembles de conversion électromécanique méthode de conception D.E.S.I.G.N "  
Laboratoire de systèmes électromécaniques  
Université des Sciences et Techniques de LILLE  
Convention Automatique Productive Paris Mai 86
- /7 / : H.S PATEL  
R.G HOFT "Generalised techniques of harmonics elimination and voltage control in thyristor inverters"  
IEEE IA 10 N° 5 sept oct 1974



/8 / : G MANESSE

J.P HAUTIER

P DUMON

"Fonctionnement en marche dégradée monophasée  
d'un onduleur à transistors alimentant un moteur  
asynchrone " Congrès SEE Grenoble 1985

/9 / : C VERBEEK

"Les composants actifs en commutation"  
Edition DUNOD 1980

/10/ : G LEDEE

"Sur l'association convertisseur statique  
transformateur Modélisation dynamique Optimisation  
pour un fonctionnement réversible" Thèse Doctorat 1986  
Lille.

/11/ : G MANESSE

J.P HAUTIER "Le transistor de puissance en régime de  
commutation "cours du C.N.E.C

/12/ : G MANESSE

J.P HAUTIER "Transmittances du moteur a courant continu  
commandé par l'induit " cours du C.N.E.C

/13/ : A ANGOT

"Complément de mathématiques à l'usage des ingénieurs  
de l'électrotechnique et des télécommunications "  
sixième édition 1982 MASSON

/14/ : G SEGUIER

F NOTELET

"Electrotechnique industrielle "  
Technique et documentation entreprise moderne édition

/15/ : P MATHIS

"Méthodes numériques de modulation pour convertisseurs  
statiques associés à des machines asynchrones "  
Thèse Docteur en sciences appliquées  
Université Libre de Bruxelles (1984)

/16/ : L.J SESIA

"Ascenseur et Monte charge "  
2 ieme édition refondue (1982) Edition du moniteur

- /17/ : G MANESSE "Sur l'analyse fonctionnelle des groupements d'interrupteurs statiques Extension à la modélisation des convertisseurs dans leur environnement de contrôle et de puissance" These de Docteur ès sciences physiques 1987
- /18/ : P KRUCHTEN "Le langage de programmation PASCAL" édition Eyrolles 1982
- /19/ : B BOUCHER "Sur la commande optimale du déplacement d'une charge suspendue entraînée par moteur asynchrone-gradateur"  
Mémoire CNAM LILLE 1984
- /20/ : B FRANCE "Simulation sur calculateur numérique du fonctionnement d'un moteur asynchrone alimenté par un gradateur à pont mixte " D.E.A 1985 Lille.
- /21/ : N WIRTH "Programmer en Modula 2 " Editions Eyrolles 1984
- /22/ : A BELLINI  
G FIGALLI  
G ULIVI "A high performance microcomputer based control circuit for variable frequency inverters"  
IEEE Transactions VOL IE-32 N°1 February 1985
- /23/ : P NASLIN "Technologie et calcul pratique des systèmes asservis"  
3 ième édition DUNOD
- /24/ : P NASLIN "Théorie de la commande et conduite optimale"  
Bibliothèque de l'automaticien DUNOD 1969
- /25/ : C FOULARD  
S GENTIL  
J.P SANDAZ "Commande et régulation par calculateur numérique "  
Edition Eyrolles 1977