

50376
1985
37

THÈSE

présentée à

L'UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE 3ème CYCLE

par

Michel MORTREUX

MAITRE ES SCIENCES



ETUDE ET CONCEPTION D'UN LECTEUR OPTIQUE DE RELIEF BRAILLE AVEC TRANSCRIPTION TEMPS REEL DES CHAINES BRAILLE EN NOIR

Soutenue le 29 avril 1985 devant la Commission d'Examen

Membres du Jury :

L. RACZY
J.P. DUBUS
L. AVAN
A. LEBRUN
Y. MOSCHETTO
G. DEMEURISSE
P. SEJEAN

Président
Rapporteur
Examinateur
Examinateur
Examinateur
Invité
Invité

Ce travail a été réalisé au sein de l'équipe "Modélisation et Instrumentation électronique" du Centre de Recherche Sciences des Matériaux et Techniques de Construction (CRESMAT) de l'Université des Sciences et Techniques de Lille I.

Je tiens à exprimer tout d'abord ma profonde reconnaissance envers Monsieur le Professeur DUBUS qui m'a confié la réalisation de ce projet, m'a guidé judicieusement dans mon travail grâce à sa précieuse collaboration. Je le remercie de la confiance qu'il a investi en moi, du soutien qu'il m'a apporté.

Je suis particulièrement reconnaissant envers Monsieur le Professeur RACZY pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury de cette thèse.

Je tiens à remercier Monsieur le Professeur AVAN, enseignant au CNAM de Paris, pour l'intérêt qu'il a porté au déroulement de ce projet, pour sa présence dans mon jury.

Je remercie également, et tout particulièrement, Monsieur le Professeur LEBRUN, Directeur et Père du CRESMAT pour lequel il est resté, en quelque sorte, un directeur spirituel. Son dynamisme et son intérêt intarissable pour la Recherche Scientifique sont pour moi un réel exemple et je suis très fier de le compter parmi les examinateurs.

J'exprime ma gratitude envers Monsieur MOSCHETTO, Directeur du CTB INSERM de Lille, envers Monsieur DEMEURISSE, Directeur du CRDP de Lille pour avoir accepté de faire partie du jury. C'est avec un grand plaisir que je leur sou mets ce mémoire.

Que à Monsieur SEJEAN, Proviseur de l'ENDEV-Loos, soit vivement remercié pour l'intérêt qu'il porte à cette étude et sa participation à mon jury.

Que Messieurs MANDAR et WATTRELOT sachent que j'ai toujours apprécié leurs conseils et leur amicale collaboration.

Ma sympathie va à Monsieur LEGAI, Directeur du Service Braille du CRDP et à son équipe qui, par leur collaboration efficace doublée d'une grande disponibilité, m'ont aidé à concrétiser et à mettre en oeuvre ce travail.

Enfin, mes remerciements vont à chaque personne qui, au cours de mon étude m'ont aidé, tant sur le plan matériel que moral. Je désigne ici, tout spécialement, Monsieur P.Vincke, Ingénieur CNAM qui, dans le cadre d'une année de stage de mémoire CNAM, m'a secondé dans la réalisation matérielle de l'automate.

Je n'oublie pas le Service de l'Imprimerie qui a assuré la reprographie de ce document.

	N. page
<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>AVANT-PROPOS</u> : Principe de l'écriture en relief.....	2
Le Braille intégral.....	4
Le Braille abrégé.....	5
<u>1ERE PARTIE : ETUDE DE LA TRANSCRIPTION INVERSE BRAILLE-NOIR</u>	
I-1) Fondement des règles du codage en Braille abrégé et définition des différents types de chaînes Braille.....	6
I-1-1) Modélisation du codage d'une chaîne en Braille abrégé...	6
I-1-2) Définition d'une chaîne dictionnaire.....	7
I-1-3) Définition d'une chaîne contraction.....	8
I-1-4) Définition d'une chaîne conditionnelle.....	10
I-1-5) Définition d'une chaîne indiquée.....	11
I-2) Analyse de la fonction transcription inverse.....	12
I-2-1) Séquencement de la transcription.....	13
I-2-2) Importance des registres de traitement.....	13
I-2-3) Transcription d'une chaîne dictionnaire.....	15
I-2-3-1) séquencement de la transcription.....	15
I-2-3-2) structure et organisation du dictionnaire des préfixes	17
I-2-3-3) structure et organisation du dictionnaire des racines et du dictionnaire des suffixes.....	18
I-2-3-4) organisation des différentes tables.....	20
I-2-4) Transcription d'une chaîne contraction.....	25
I-2-4-1) règles d'association entre contractions.....	25
I-2-4-2) structure et organisation des tables contraction.....	27
I-2-4-3) séquencement et algorithme général de la transcription	28
I-2-5) Transcription d'une chaîne indiquée.....	29
I-2-6) Transcription d'une chaîne conditionnelle.....	30
I-2-6-1) étude des ambiguïtés de type 1.....	31
I-2-6-2) étude des ambiguïtés de type 2.....	31
I-2-6-3) étude des ambiguïtés de type 3.....	32
I-2-7) Etude des cas particuliers.....	33
I-3) Conclusion de la première partie.....	34

2EME PARTIE : LECTURE ET RECONNAISSANCE DU RELIEF BRAILLE

II-1) Position du problème.....	37
II-1-1) Définition des besoins.....	37
II-1-2) Identification des formes des reliefs à lire.....	38
II-2) Etude du capteur de relief.....	39
II-2-1) Caractéristiques du capteur utilisé.....	39
II-2-2) Inconvénients et contraintes d'utilisation du capteur..	41
II-2-3) Choix d'un système de guidage.....	44
II-2-4) Etude de la fonction acquisition.....	45
II-2-5) Etalonnage en vitesse.....	47
II-3) Etude et analyse des relevés bruts du capteur.....	50
II-3-1) Filtrage de fréquence.....	51
II-3-2) Filtrage par analyse de scène.....	59
II-3-3) Filtrage adapté.....	63
II-4) Mise en oeuvre du logiciel de filtrage.....	66
II-4-1) Modélisation de la réponse du capteur.....	66
II-4-2) Mise en oeuvre d'une mémoire en anneau.....	67
II-4-3) Etude du seuillage des acquisitions.....	70
II-4-4) Squelettisation des acquisitions.....	74
II-4-5) Codage des graphèmes.....	76
II-5) Conclusion de la deuxième partie.....	77

3EME PARTIE : DESCRIPTION ET REALISATION DE L'AUTOMATE

III-1) Description générale de l'automate.....	78
III-1-1) Définition des conditions d'utilisation.....	78
III-1-2) Définition des fonctions de l'automate.....	80
III-1-3) Séquencement de la lecture.....	80

III-2) Description fonctionnelle de l'automate.....	82
III-2-1) Description de la phase d'initialisation.....	82
III-2-2) Description de la phase d'apprentissage.....	83
III-2-2-1) détermination du biais du document.....	84
III-2-2-2) étalonnage en vitesse.....	84
III-2-2-3) définition de la taille du document.....	85
III-2-2-4) repérage automatique d'un point.....	85
III-2-3) Description de la phase lecture transcription.....	87
III-2-3-1) lecture d'un document sans défaut de format	87
III-2-3-2) amélioration de la lecture.....	90
III-2-3-3) correction automatique du biais.....	90
III-2-4) Description de la phase d'édition-correction.....	92
 III-3) Description détaillée des circuits.....	 94
III-3-1) Aspect modulaire de la réalisation.....	94
III-3-2) Etude de la carte acquisition.....	95
III-3-3) Visualisation.....	98
III-3-4) Description de l'interfacage.....	99
III-3-4-1) clavier.....	99
III-3-4-2) table traçante.....	100
III-3-4-3) imprimante.....	100
III-3-5) Organisation logicielle.....	102
 <u>CONCLUSION</u>	 103
 <u>BIBLIOGRAPHIE</u>	 104
 <u>ANNEXE</u>	 106

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

INTRODUCTION

Des travaux ont été menés au laboratoire de mesure automatique sur la communication écrite voyant-aveugle et ont conduit à la réalisation d'un procédé appelé LOGIBRAILLE permettant la saisie dactylographique du type traitement de texte d'un voyant ne connaissant pas le Braille et la transcription automatique en Braille intégral ou abrégé, au fur et à mesure de cette saisie (transcription en temps réel). Il existe à l'heure actuelle plusieurs dizaines de stations en France et à l'étranger et le besoin se fait sentir d'assurer également la communication inverse aveugle-voyant.

Pour assurer cette communication, nous étudions dans une première partie le problème de la transcription temps réel Braille-noir qui a abouti à un processeur logiciel compact (14 kilooctets) capable de transcrire des chaînes Braille intégral ou abrégé à un rythme voisin de 15 millisecondes par mot. Les chaînes Braille peuvent provenir d'un réseau télématique ou exister sur un support relief.

Dans une seconde partie, nous étudions la conception d'un automate de lecture optique et de reconnaissance de relief Braille. Cette étude nous a conduit à passer en revue diverses méthodes de filtrage du signal , à présenter celle qui semble la mieux adaptée et à proposer une méthode de reconnaissance du relief Braille.

Dans une troisième partie, nous présentons la réalisation de l'ensemble du système électronique composé de l'automate de lecture et de reconnaissance de relief qui fournit les chaînes Braille au processeur de transcription.

Ce système est muni d'un éditeur de texte et d'un noyau logiciel de notre conception pour restituer les textes noir et Braille soit sur un support visuel, soit sur un support courant.

Ce procédé, appelé LECTOBRAILLE, trouve des applications dans le domaine de l'éducation (correction d'épreuves d'examen par des enseignants voyants) et dans le domaine de la restitution d'ouvrages Braille anciens et altérés.

A V A N T - P R O P O S

AVANT-PROPOS

- PRINCIPE DE L'ECRITURE EN RELIEF -

La vue est de nos cinq sens celui qui permet le plus l'accès à la connaissance. Jusqu'à une époque très récente la transmission et la sauvegarde des connaissances ont été principalement réalisés par l'intermédiaire de supports visuels (livres ou dessins).

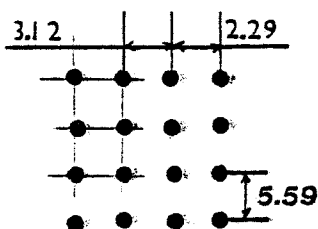
Les déficients visuels ne pouvaient avoir accès à ces connaissances que par la lecture orale faite par un voyant.

Cette pratique présente des contraintes que l'on peut facilement deviner (disponibilité du lecteur, interprétation du texte, etc.) et très vite plusieurs méthodes furent élaborées pour permettre la lecture d'un livre en relief par une saisie tactile.

La première méthode qui consistait à reproduire en relief les caractères imprimés d'un livre fut très vite abandonnée car les reliefs n'étaient pas adaptés au sens du toucher (trop d'informations à analyser pour différencier deux caractères) et leur reconnaissance était lente et fatigante.

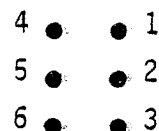
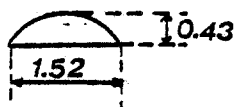
C'est en 1825 que Louis Braille proposa une méthode qui porte son nom et qui est basée sur le codage des caractères orthographiques à l'aide de reliefs facilement reconnaissables.

Chaque relief Braille est constitué d'une matrice de six points qui peuvent être mis en relief (figure 1a) et les différentes combinaisons de ces points génèrent des caractères orthographiques différents dont le nombre maximal est de 63. Chaque caractère Braille est une matrice de points en relief et l'ensemble des points de cette matrice constitue ce que l'on appelle un graphème Braille.



Caractère Braille embossé
selon le format préconisé par
Meyers, Ethington, et Ashcroft

FIGURE 1a



Caractère Braille
compté dans le
sens de l'écriture

FIGURE 1b

La fabrication de ces graphèmes Braille peut être réalisée soit en poinçonnant un creux au verso d'un support papier (embossage mécanique ou manuel), soit en déposant une matière sur le support (thermogravure), soit en déformant une feuille de matière plastique thermodurcissable (thermoformage).

La méthode qui est encore la plus utilisée par les aveugles est l'embossage manuel à l'aide d'une tablette. L'écriture d'un texte se fait alors de droite à gauche dans le sens inverse de la lecture. Les graphèmes Braille doivent aussi être embossés dans le sens inverse de celui de la lecture et pour faciliter le repérage des points relief d'un graphème une convention numérique a été adoptée et est représentée dans la figure 1b.

L'écriture en relief Braille est de nos jours universellement utilisée car elle permet la lecture des textes à une vitesse proche de celle des voyants. La forme des reliefs est bien adaptée à la lecture au toucher (1) et la logique du codage des différents reliefs facilite l'apprentissage du Braille.

Il est nécessaire de remarquer que l'écriture Braille englobe deux notions distinctes qui sont d'une part le relief Braille et d'autre part le codage Braille .




Le relief Braille concerne le graphisme d'un caractère Braille, c'est-à-dire que chaque relief Braille peut être identifié soit par le repérage numérique des points en relief qui le constituent, soit par un code A.S.C.I.I. Braille traduisant de la même manière la position des points en relief.

Le codage Braille concerne les différentes règles de traduction permettant de transformer des caractères orthographiques en codes Braille qui seront ensuite mis en relief.

Nous avons effectué une distinction entre le relief Braille et le codage Braille (tableau 2) pour les deux raisons suivantes :

- la première est liée au nombre réduit de reliefs Braille disponibles. En effet les 63 graphèmes Brailles obtenus ne permettent pas de coder directement l'ensemble des caractères orthographiques (majuscules, minuscules, chiffres, ponctuations).
- la seconde est liée au fait que plusieurs codages peuvent être utilisés pour transcrire en reliefs Braille les mots noirs d'un texte. En effet, un mot peut être transcrit par le codage en Braille intégral ou par le codage en Braille abrégé.

TABLEAU 2: Différence entre relief Braille et codage Braille

relief Braille	code Braille	signification après codage Braille
	\$42	lettre b (62) (intégral)
	\$42	mot (bien) (abrégé)
	\$23,\$42	lettre B (42)

- LE BRAILLE INTEGRAL -

Les 63 reliefs Braille ne permettent pas de coder toutes les lettres et les signes d'un texte noir. Les lettres et les signes de l'alphabet les plus utilisés ont été codé à l'aide d'un seul code Braille auquel est associé un seul relief Braille. C'est le cas des exemples du tableau 3.

Les autres lettres et symboles de l'alphabet ont été codés en combinant plusieurs codes Braille. C'est le cas des lettres majuscules (exemple de la lettre b majuscule du tableau 2), des chiffres, des symboles de mise en valeur d'un texte (mots soulignés, mot en italique) et des symboles spéciaux (pour cent, pour mille, degré, numéro).

TABLEAU 3

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
⠁	⠃	⠉	⠑	⠅	⠋	⠗	⠈	⠊	⠊
⠁	⠃	⠉	⠑	⠅	⠋	⠗	⠈	⠊	⠊
⠁	⠃	⠉	⠑	⠅	⠋	⠗	⠈	⠊	⠊
k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
⠅	⠋	⠍	⠎	⠕	⠏	⠑	⠗	⠎	⠞
⠅	⠋	⠍	⠎	⠕	⠏	⠑	⠗	⠎	⠞
⠅	⠋	⠍	⠎	⠕	⠏	⠑	⠗	⠎	⠞
u	v	x	y	z	ç	é	ã	è	ù
⠥	⠧	⠭	⠮	⠵	⠴	⠃	⠁	⠢	⠦
⠥	⠧	⠭	⠮	⠵	⠴	⠃	⠁	⠢	⠦
⠥	⠧	⠭	⠮	⠵	⠴	⠃	⠁	⠢	⠦
â	ê	î	ô	û	ë	ï	ü	œ	w
⠁	⠃	⠉	⠑	⠥	⠋	⠗	⠦	⠞	⠵
⠁	⠃	⠉	⠑	⠥	⠋	⠗	⠦	⠞	⠵
⠁	⠃	⠉	⠑	⠥	⠋	⠗	⠦	⠞	⠵
,	;	:	.	?	!	()	<	*	>
⠂	⠆	⠒	⠄	⠑	⠗	⠔	⠠	⠼	⠤
⠂	⠆	⠒	⠄	⠑	⠗	⠔	⠠	⠼	⠤
⠂	⠆	⠒	⠄	⠑	⠗	⠔	⠠	⠼	⠤

L'utilisation de plusieurs codes Braille pour traduire une lettre de l'alphabet entraîne une augmentation de la longueur du texte en Braille. La dimension d'un graphème Braille est plus grande que celle d'une lettre noire de taille normale et un ouvrage en Braille intégral devient vite lourd et volumineux (une page de texte noir occupe environ trois pages de texte Braille).

Pour remédier à cet inconvénient, une méthode de compression de texte par le codage appelé Braille abrégé a été mise au point en 1882 par Maurice de la SIZERANNE.

L'utilisation du codage en Braille abrégé permet d'une part de réduire le volume des ouvrages (environ 30% par rapport au Braille intégral) et d'autre part d'augmenter la rapidité de lecture et d'écriture d'un texte Braille.

Les règles adoptées pour la représentation des reliefs Braille ne changent pas. Seules les règles permettant la traduction des mots noirs sont modifiées. La démarche utilisée pour établir les différentes règles de codage est analysée dans la première partie de notre mémoire.

La transcription d'un mot noir en Braille abrégé nécessite la connaissance des éléments suivants :

- l'ensemble des mots et locutions de la langue française qui sont d'un emploi fréquent et qui ont été abrégés. Ces mots sont au nombre de 900 et constituent l'index Braille.
- l'ensemble des contractions et des règles qui leur sont liées.
- les règles de présentation d'un texte Braille.
- l'ensemble des 63 codes Braille.

Plusieurs exemples de mots noirs traduits en Braille abrégé sont représentés dans le tableau 4.

TABLEAU 4

<p style="margin: 0;">" beaucoup " : ●● ●● ●● ●● ○○ ○○ b c</p> <p style="margin: 0;">" inondation " : ○○ ●● ●● ●● ●● ●● ●● ●● ●● ●● ○○ ○●</p> <p style="margin: 0;">(in)(on)(d)(ation)</p>	<p style="margin: 0;">Appartient à la liste des mots du dictionnaire</p> <p style="margin: 0;">Décomposé en contractions</p>
---	--

Du fait de sa complexité, le Braille abrégé est seulement utilisé par un tiers des aveugles et il nécessite la connaissance préalable du codage en Braille intégral.

L'ensemble des règles de codage en Braille abrégé est décrit dans un document publié par l'Association Valentin Haüy (édition de 1964) et c'est ce document que nous avons utilisé pour élaborer un algorithme de transcription inverse.

PREMIERE PARTIE :

ETUDE DE LA TRANSCRIPTION INVERSE BRAILLE-NOIR

ETUDE DE LA TRANSCRIPTION INVERSE BRAILLE-NOIR

La transcription Braille-noir d'une chaîne, construite selon les principes énoncés précédemment, comporte deux parties distinctes qui sont l'analyse de la transcription d'une chaîne codée en Braille intégral et celle d'une chaîne codée en Braille abrégé. Nous étudierons en premier lieu les chaînes codées en Braille abrégé, le codage en Braille intégral ne présentant pas de difficultés de transcription .

I-1) Fondement des règles du codage en Braille abrégé et définition des différents types de chaînes Braille

L'étude d'un algorithme de transcription inverse Braille abrégé noir nécessite tout d'abord la connaissance exhaustive des règles de codage direct établies en 1882 par Maurice de La Sizeranne. C'est l'analyse de la démarche intuitive effectuée lors de l'élaboration de ces règles qui nous permettra de définir les différents types de chaînes Braille générées par le codage Braille abrégé .

I-1-1) Modélisation du codage d'une chaîne en Braille abrégé

L'utilisation du Braille abrégé permet de réduire la taille des ouvrages Braille et d'augmenter la rapidité de lecture d'un texte. Soit N l'ensemble des chaînes noires du dictionnaire de la langue française, soit N^* l'ensemble des caractères orthographiques. On peut dire que la transcription directe T en Braille d'une chaîne noire α ($\alpha \in N$) est une application de N^* dans N^* .

Soit une chaîne noire α

$$\alpha = a_1 a_2 \dots a_n$$

on appelle longueur de la chaîne

$$l(\alpha) = n$$

et nous noterons la suite de caractères

$$S(i,j) = a_i a_{i+1} \dots a_{j-1} a_j \quad \text{avec} \quad \begin{cases} i \leq j \\ i, j \in [1, n] \end{cases}$$

le résultat de l'application T peut s'énoncer

$$l(T(\alpha)) < l(\alpha)$$

On obtient en fait une réduction de 30% de longueur d'un texte par son codage en Braille abrégé.

I-1-2) Définition d'une chaîne dictionnaire

M. de la Sizeranne a tout d'abord isolé l'ensemble des mots de la langue française ayant une fréquence d'apparition élevée. Cet ensemble constitue l'index Braille B1 dans lequel à toute chaîne noire α est associée une traduction $T(\alpha)$ de longueur minimale qui a une signification permettant un apprentissage mnémotechnique aisé. Nous appellerons "chaîne dictionnaire", toute chaîne appartenant à cet index.

Soit β une chaîne dictionnaire

$$\beta = b_1 b_2 \dots b_n \quad \text{avec} \quad l(\beta) = n$$

où $b_n \in B^*$ ensemble des 63 codes Braille

β peut se mettre sous la forme générale :

$$\beta = p(\beta) r(\beta) s(\beta) \lambda$$

- où - $p(\beta)$ est l'ensemble des préfixes des chaînes appartenant à l'index B1
- $r(\beta)$ est l'ensemble des racines des chaînes appartenant à l'index B1
- $s(\beta)$ est l'ensemble des suffixes s'associant aux chaînes Braille de l'index B1
- λ est une terminaison qui peut être un féminin, un pluriel ou un féminin pluriel

Quelques exemples de chaînes dictionnaire sont donnés dans le tableau 5.

TABLEAU 5

chaîne Braille	traduction noire	$p(\alpha)$	$r(\alpha)$	$s(\alpha)$	λ
FC	facile	-	FC	-	-
FCTS	facilités	-	FC	T	S
!D	produit	-	!D	-	-
CO!DOS	coproductions	CO	!D	O	S

I-1-3) Définition d'une chaîne contraction

Les mots de la langue française qui sont d'un emploi moins courant ne font pas partie de l'index Braille. Si l'on désire réduire la longueur de ces mots, il est nécessaire de les abrégés et plusieurs méthodes peuvent être mises en oeuvre. La méthode phonétique utilisée en sténographie ne peut donner satisfaction car elle ne conserve pas l'orthographe des mots abrégés. Cependant la découpe syllabique d'un mot montre que certains groupements de lettres n'apparaissent que dans un contexte déterminé et peuvent donc être abrégés. Cette situation est illustrée par les exemples du tableau 6.

TABLEAU 6

mot en noir	syllabe	groupement de lettres	conditions d'utilisation
transférer	trans	(trans)	en début ou devant une consonne
cuire	cui	(ui)	devant une consonne
arbre	bre	(br)	devant une voyelle

Ces groupements de lettres sont appelés contractions. L'idée intuitive de M. de la Sizeranne a été de remplacer une contraction par un symbole Braille dont l'emploi ne devait pas créer d'ambiguïté de relecture.

Les 63 symboles Braille correspondant aux combinaisons des six points d'un relief Braille étant utilisés, il fallait rechercher parmi ces symboles ceux qui, ayant une utilisation bien particulière, pouvaient avoir une autre signification.

C'est en se basant sur les conditions permettant à un symbole Braille d'avoir plusieurs significations que les règles liés au codage de chaque contraction ont été établies.

L'ensemble de ces symboles ainsi que les règles et les contractions noires qui leur sont liés sont résumés dans le tableau 7.

TABLEAU 7

Liste des symboles Braille traduits par une contraction noire

symboles Braille générant une contraction sans condition					
symbole Braille	contraction noire		symbole Braille	contraction noire	
*	ai		(	ieu	
=	ar		ù	oi	
-	eu		^	on	
#	eur		+	or	
0	ion		ù	ou	
)	in				
symboles Braille générant une seule contraction avec condition					
symbole	contraction	condition	symbole	contraction	condition
,	an	DC	x	ex	DC
/	re	DC / D	-	com	DC / DP
ø	our	DC / TER	·	pl	DV
è	ss	EV	l	gr	DV
û	es	DP / TER	^	er	SD
symboles Braille générant une contraction en terminaison					
symbole Braille	contraction noire		symbole Braille	contraction noire	
lgqm	logiquement		tm	tement	
lgq	logique		vm	vement	
lg	logie		%m	ablement	
qm	quement		fm	ellement	
blt	bilité				
symboles Braille générant deux contractions suivant la condition					
symbole	contraction	condition	contraction	condition	
â	ation	TER	fr	DV	
ê	ent	TER	fl	DV	
i	ait	TER	cl	DV	
ô	ant	TER	dr	DV	
z	able	TER	bl	DV	
·	elle	TER	ll	EV	
w	om	TER / DC	tt	EV	
;	ui	DC	br	DV	
:	con	DC	cr	DV	
R	em	DC	gl	DV	
!	pro	DC	pr	DV	
Rv	trans	DP / DC	tr	DV	
	im	D / DC	ition	TER	
DC = devant une consonne		DV = devant une voyelle			
D = en début		DP = début ou après préfixe			
TER = en terminaison		EV = entre voyelles			
SD = sauf en début					

Soit β une chaîne Braille

$$\beta = b_1 b_2 \dots b_n$$

avec

$$\delta(i, j) = b_i b_{i+1} \dots b_j \text{ et } \begin{cases} i \leq j \\ i, j \in [1, n] \end{cases}$$

On dit que β est une chaîne contraction si il existe $\delta(i, j)$ tel que $\delta(i, j) \in C$ ensemble des contractions construites selon les règles de codage Braille en contraction énoncées dans le tableau précédent.

I-1-4) Définition d'une chaîne conditionnelle

Les symboles Braille auxquels on peut attribuer plusieurs significations non ambiguës sont d'un nombre réduit. Malgré le soin apporté au codage, M. de la Sizeranne a dû utiliser pour coder certaines contractions des symboles dont les significations multiples peuvent engendrer des ambiguïtés de relecture.

Nous appelons "chaîne conditionnelle", toute chaîne Braille qui renferme de tels symboles. Les symboles Braille ainsi que les règles et contractions qui leur ont été attribués sont énoncés dans le tableau 8.

TABLEAU 8

liste des symboles générant des chaînes conditionnelles			
symbole Braille	signification en abrégé	condition d'utilisation	cas d'ambiguïté avec :
k	au	-	MC par k
à	ch	-	MT par à
?	en	-	MT par ?
.	ien	terminaison	MT par .
=	gn	-	MC par (
z	ez	terminaison	MT par z
q	que	terminaison	MT par q
MC = mot commençant		MT = mot terminant	
exemples d'ambiguïté de relecture			
chaîne Braille	traduction exacte	mauvaise traduction	
(g) (a) (z)	gaz	gaez	
(=) (o) (m) (e)	gnome	(ome	
(à) (.)	chien	ch.	
(p) (a) (?)	paen	pa?	

Lors de la relecture de telles chaînes Braille, c'est le sens de la phrase dans laquelle se trouve ces chaînes qui permet de lever aisément l'ambiguïté. Bien que la probabilité d'apparition d'une chaîne conditionnelle dans une phrase soit faible et que la levée de l'ambiguïté soit aisée par un non voyant, on remarque que le problème est tout autre pour un automate si l'on ne veut pas mettre en oeuvre une analyse sémantique coûteuse.

Nous dirons que β est une chaîne conditionnelle si il existe i, j tel que $S(i, j) \in C_A$ ensemble des symboles présentant des ambiguïtés de relecture.

I-1-5) Définition d'une chaîne indiquée

Un certain nombre de symboles ont été choisis pour mettre en valeur une chaîne Braille. C'est le cas d'un mot qui est souligné ou isolé entre tirets. Le tableau 9 regroupe l'ensemble des symboles ou des séquences de symboles Braille utilisés dans ce but.

TABLEAU 9

LISTE DES SYMBOLES PREFIXES		
MISE EN VALEUR D'UN TEXTE		
<u>- groupe de moins de trois mots à souligner</u>		
Circonstance d'utilisation	Séquence Braille	Code ASCII
au début de chaque chaîne	⠠	24
<u>- groupe de plus de trois mots à souligner</u>		
au début de la 1er chaîne	⠠⠠	24,3A
au début de la dernière	⠠	24
<u>- utilisation du tiret</u>		
au début d'une chaîne (tiret initial)	⠠⠠	28,2D
en fin de chaîne (tiret final)	⠠⠠	2D,27
<u>- points de suspension</u>		
en fin de chaîne	⠠⠠⠠	27,27,27
<u>- mise en majuscules</u>		
en début de chaîne	⠠	23
TRAITEMENT SPECIFIQUE		
<u>- traitement des chiffres</u>	4 56	
ancienne notation	⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠ d e f	30
nouvelle notation	⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠ d e f	28
<u>- indication du signe numéro .</u>	0 u ë	
en début de la chaîne	⠠⠠⠠ n * o	2A.4F
<u>- indication du signe degré</u>		
en fin de chaîne spécifique chiffre	2°C ⠠⠠⠠ b o	4F
<u>- indication du Nième</u>	1er ⠠⠠⠠⠠⠠ a * e r	2A
<u>- indication du "pour cent"</u>	⠠⠠⠠	30,3E,4A
<u>- indication du "pour mille"</u>	⠠⠠⠠⠠	30,3E,4A,4A

Nous appelons "chaîne indiquée" toute chaîne préfixée par de tels symboles. Lors de la transcription inverse d'une chaîne indiquée, un traitement conditionné par le symbole préfixe devra être mis en oeuvre.

I-2) Analyse de la fonction transcription inverse

La description des différents types de chaînes Braille que nous venons de faire montre que pour réaliser la transcription inverse d'une chaîne quelconque β il faut identifier la nature de la chaîne (chaîne dictionnaire, chaîne contraction, chaîne indiquée) et la décomposer en suites de caractères Braille telles que :

- pour lire une chaîne dictionnaire du type: $\beta = b_1 b_2 \dots b_n$

$$\begin{aligned} & \delta(1, j) = p(\beta) \quad , \quad \delta(j+1, k) = r(\beta) \\ \text{avec} \quad & \delta(k+1, n-1) = \Delta(\beta) \quad , \quad \delta(n-1, n) = \lambda \end{aligned}$$

on devra décomposer cette chaîne en une zone préfixe $p(\beta)$, une zone racine $r(\beta)$, une zone suffixe $\Delta(\beta)$ et λ un féminin, féminin pluriel, pluriel, représentant des suites de caractères appartenant à un dictionnaire des préfixes D_p , un dictionnaire des racines D_r et un dictionnaire des suffixes D_s

- pour lire une chaîne contraction :

$$\text{on devra avoir } \delta(i, j) \in C \quad \text{avec } \begin{cases} i \leq j \\ i, j \in [1, n] \end{cases}$$

- pour lire une chaîne conditionnelle

$$\text{on devra avoir } \forall i, j \in P \text{ que } \delta(i, j) \in C_A$$

- pour lire une chaîne indiquée

$$\text{on devra avoir } \delta(1, j) \in C_i \quad \text{ensemble des symboles préfixe}$$

I-2-1) Séquencement de la transcription inverse

Il est impossible de savoir si, à priori, une chaîne Braille quelconque appartient à l'index. Compte tenu de la façon dont s'effectue la transcription directe d'une chaîne noire, si la transcription inverse d'une chaîne quelconque considérée comme appartenant au dictionnaire donne un résultat noir et si cette même chaîne Braille considérée, composée de contractions, donne également un résultat, alors il est certain que la chaîne Braille est une chaîne contraction. Il est alors naturel, lorsque l'on a une chaîne Braille quelconque à traduire de la considérer d'abord comme une chaîne dictionnaire.

Nous avons donc effectué le séquencement de la transcription inverse conformément à l'organigramme de la figure 10 et notre mémoire décrit l'automate conçu selon cette méthode.

Néanmoins, à l'heure actuelle, nous pensons que moyennant un certain nombre de conditions à vérifier après transcription, la fonction de coût de la méthode qui consiste à considérer une chaîne Braille quelconque comme étant une chaîne contraction pourrait être plus faible.

I-2-2) Importance des registres de traitements

L'aspect modulaire de l'algorithme général de transcription inverse permet de réduire au maximum la taille du logiciel support. C'est l'utilisation de certains registres qui facilite la mise en commun de fonctions, propres à chaque type de codage. Ces registres sont les suivants :

- le registre (BUFBRA) contient l'ensemble des chaînes Braille d'une ligne de texte,
- le registre (BUFNOI) contient l'ensemble des chaînes noires en fin de transcription,
- le registre (MEMBRA) contient la chaîne Braille qui va être transcrite,
- le registre (MEMNOI) contient la chaîne noire provenant de la traduction de la chaîne stockée dans (MEMBRA),
- le registre (ENDPON) contient les caractères de ponctuation en fin de mot.

L'utilisation de ces registres est illustrée par les exemples de la figure 11.

FIGURE 10
 Organigramme du séquençage de la transcription inverse

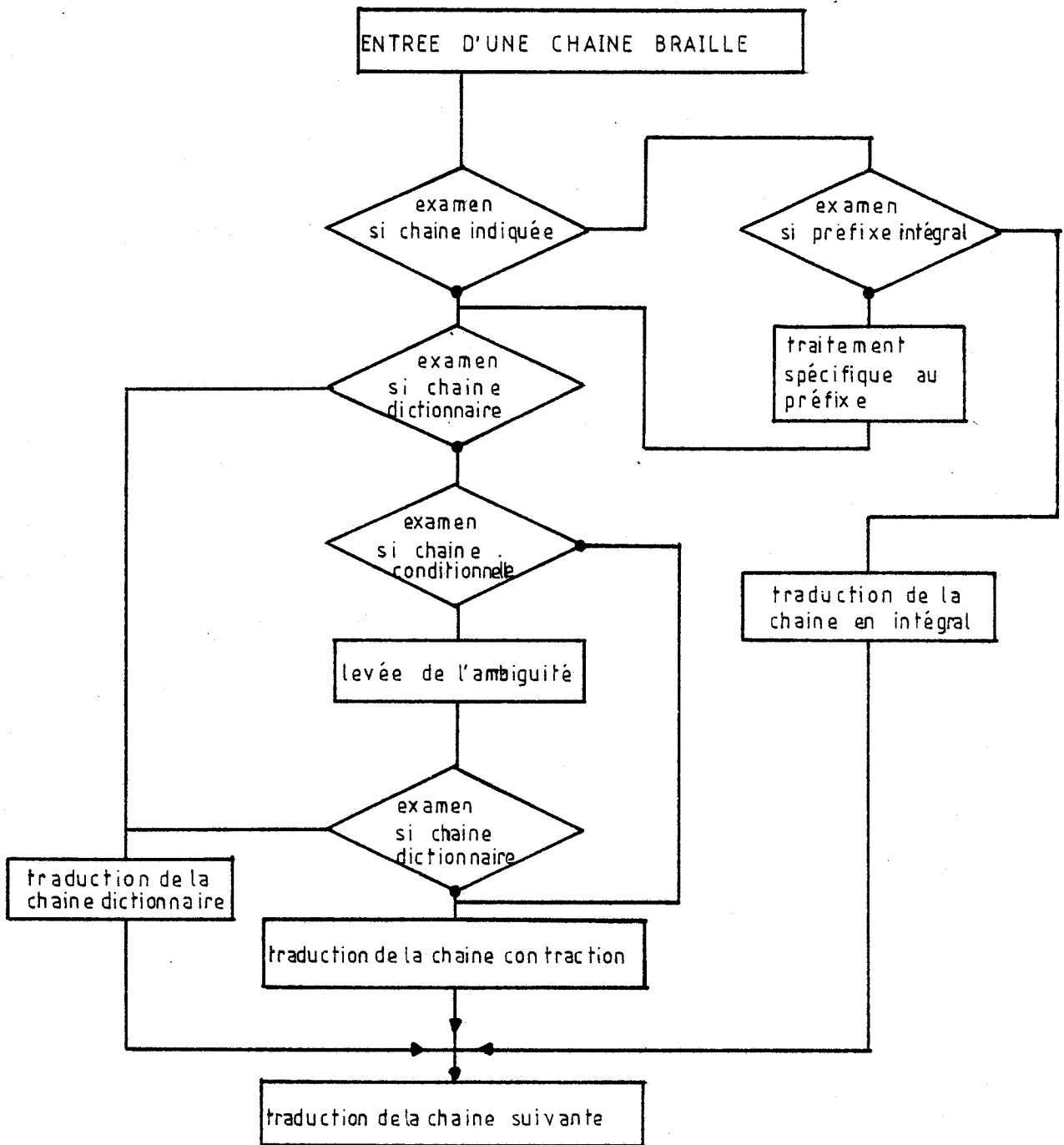
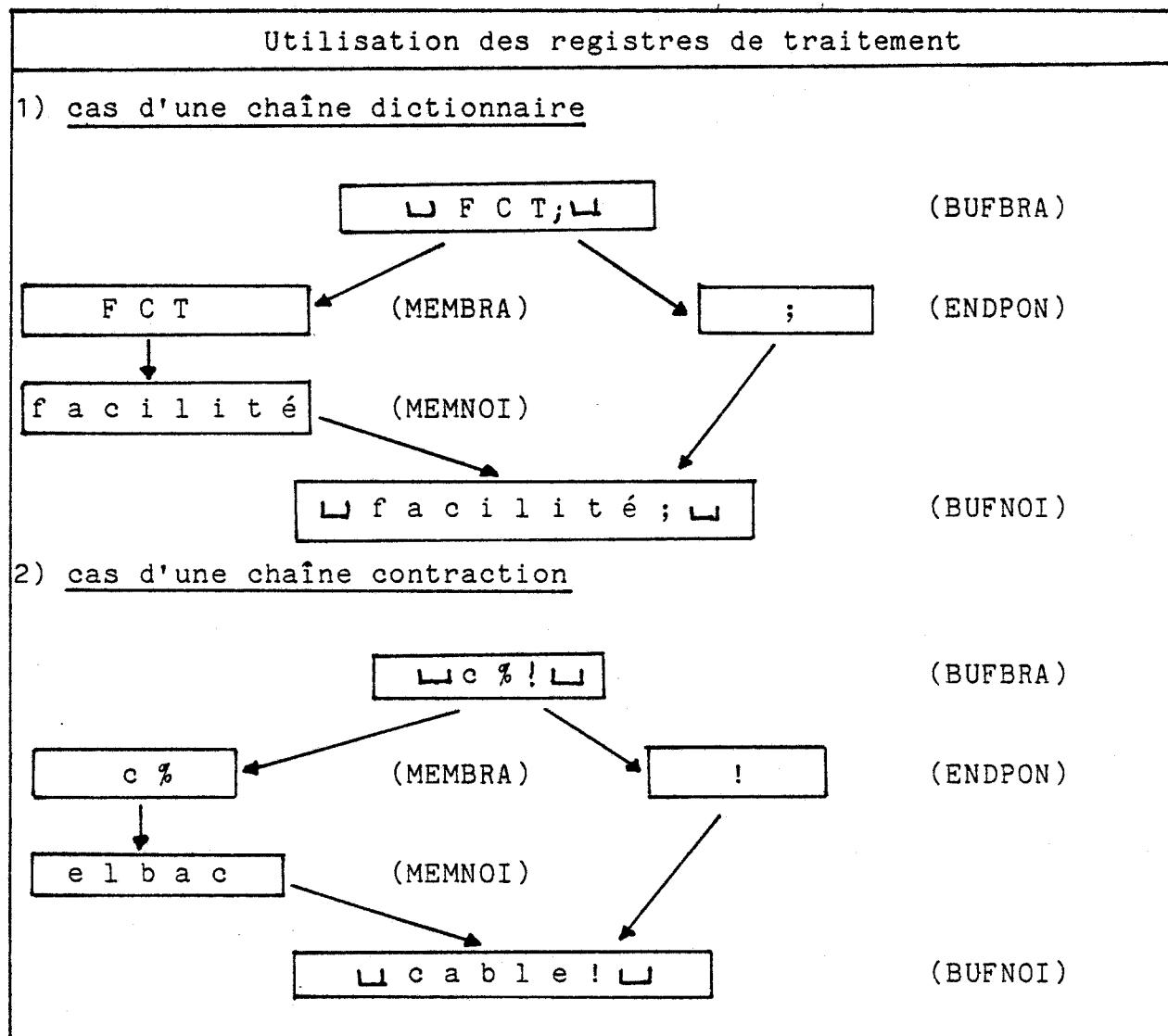


FIGURE 11



I-2-3) Transcription d'une chaîne dictionnaire.

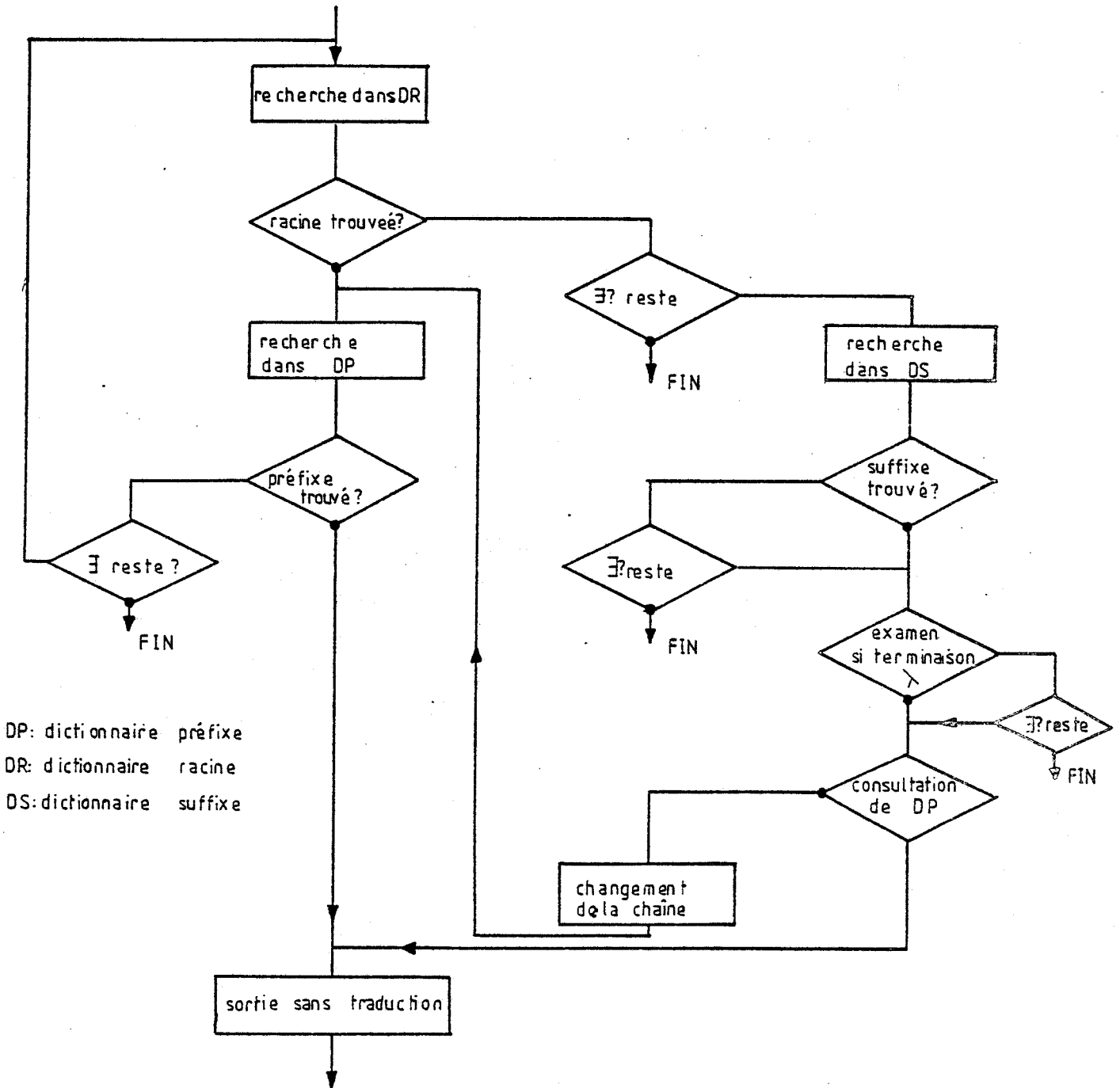
Cette étude est basée sur les travaux menés par A.MANDAR (2), lors de la réalisation d'un logiciel de transcription direct noir Braille. L'algorithme que nous avons mis au point décompose la chaîne dictionnaire, en une zone préfixe, une zone racine, une zone suffixe et un féminin, un féminin pluriel, pluriel qui représentent des suites de caractères Braille appartenant respectivement à un dictionnaire des préfixes Dp, un dictionnaire des racines Dr, un dictionnaire des suffixes Ds.

I-2-3-1) Séquencement de la transcription

Une chaîne dictionnaire est rarement préfixée. Le dictionnaire des racines sera donc scruté en premier pour minimiser le temps de traitement.

L'organigramme de la figure 12 résume le séquençement de la transcription d'une chaîne dictionnaire.

FIGURE 12



FIN : TRADUCTION DE LA CHAÎNE DICTIONNAIRE

I-2-3-2) Structure et organisation du dictionnaire des préfixes

On suppose que l'automate est en présence de chaînes Braille correctement transcrites de sorte que, contrairement au cas de la transcription directe, il n'y a pas à se préoccuper des lois d'association préfixe-racine.

Le format d'un préfixe ne contient donc pas de paramètres d'association et il est de la forme :

$$\left\{ \beta, N \right\} \text{ où } \begin{array}{l} \beta = \text{chaîne Braille abrégé} \\ N = \text{chaîne noire correspondante} \end{array}$$

L'algorithme isole le préfixe $p(\beta)$ en extrayant la plus longue chaîne de β appartenant à un dictionnaires des préfixs D_p .

Si P_j et P_i sont des préfixes $\in D_p$ et si

$$P_j = P(p_j, \beta), \quad Q_i = P(q_i, \beta), \quad P_j = P(p_j, q_i)$$

et $q_i = P_j \lambda$ on a: $l(q_i) > l(p_j)$

on peut dire que pour isoler la plus longue chaîne $p(\beta)$ appartenant au dictionnaire des préfixes D_p en scrutant séquentiellement D_p , il faut ranger P_j et Q_i de telle sorte que $i < j$, c'est à dire que les mots de D_p sont ordonnés suivant un ordre croissant des indices (d'ordre croissant des valeurs codées des caractères) et pour un indice donné par ordre décroissant des longueurs. La table des préfixes est représentée figure 13.

FIGURE 13

DICTIONNAIRE DES PREFIXES					
- rangement par ordre de code Braille croissant -					
chaîne Braille	codes ASCII	chaîne noire	chaîne Braille	codes ASCII	chaîne noire
! /	21,2F	pré	) t	29,54,3C	inter
, t i	2C,54,49	anti	) q i	2F,51,49	équi
:	3A,3E	contr	: e	3A,3E,45	contre
➔	3E	trans	?	3F,3E,45	entre
a c	41,43	ac	c o	43,4F	co
d / s	44,2F,53	dés	d /	44,2F	dé
d e	44,45	de	i l	49,4C	il
i r	49,52	ir	k t o	4B,54,4F	auto
m /	4D,2F	mé	m a l	4D,41,4C	mal
p	50,2C	per	p "	50,22	par
r	52,26	rem	r ,	52,2C	ran
r /	52,2F	ré	r ?	52,3F	ren
s u ! a	53,55,21,41	supra	s 8	53,38	sou
s u p	53,55,50,3C	super	sur	53,55,52	sur
t / l /	54,2F,4C,2F	télé	x a	58,3E,41	extra

I-2-3-4) Structure et organisation du dictionnaire des racines et des suffixes

Nous sommes guidés par le souci de réduire au maximum la taille du dictionnaire car, quelle que soit la façon de structurer les tables, il arrive toujours que l'algorithme scrute une zone séquentiellement et toute économie de taille conduit à une réduction de la durée de traitement, ce qui est extrêmement précieux dans le cas du traitement en temps réel.

Analogiquement au cas de la transcription directe, nous avons éliminé au maximum les redondances de l'index Braille B_1^* en décomposant certains éléments du type :

$$\beta = r(\beta) s(\beta) \in B_1^* \text{ tel que } T^{-1}(\beta) = T^{-1}(r(\beta)) T^{-1}(s(\beta))$$

en une racine et un suffixe et en regroupant toutes chaînes $s(\beta)$ et leur transcription $T^{-1}(s)$ qui s'associe avec la même racine $r(\beta)$ dans la même table du dictionnaire des suffixes.

En effet, il existe un grand nombre de chaînes Braille β de l'index Braille dont la racine $r(\beta)$ s'associe avec différents suffixes et dont la transcription noire est la même quel que soit le suffixe, soit :

$$\beta = r(\beta) s(\beta) \text{ et } \gamma = r(\gamma) s(\gamma)$$

avec $r(\beta) = r(\gamma) \text{ et } s(\beta) \neq s(\gamma)$

on a :

$$\begin{aligned} T^{-1}(\beta) &= T^{-1}(r(\beta)) T^{-1}(s(\beta)) & \text{ et } & T^{-1}(r(\gamma)) = T^{-1}(r(\beta)) \\ T^{-1}(\gamma) &= T^{-1}(r(\gamma)) T^{-1}(s(\gamma)) \end{aligned}$$

Cette remarque, illustrée par le cas de la chaîne traduite par "égal" dans le tableau 14, permet de réduire considérablement la taille mémoire occupée par l'index Braille.

On remarque aussi qu'il existe des suffixes de chaînes Braille dont la transcription en noir est différente suivant la racine à laquelle elles sont associées.

C'est à dire qu'il existe : $\beta = r(\beta) s(\beta) \text{ et } \gamma = r(\gamma) s(\gamma)$

avec $s(\beta) = s(\gamma) \text{ et } r(\beta) \neq r(\gamma)$

on a :

$$\begin{aligned} T^{-1}(\beta) &= T^{-1}(r(\beta)) T^{-1}(s(\beta)) & \text{ et } & T^{-1}(s(\beta)) \neq T^{-1}(s(\gamma)) \\ T^{-1}(\gamma) &= T^{-1}(r(\gamma)) T^{-1}(s(\gamma)) \end{aligned}$$

C'est le cas des chaînes (se,x,sm,m) du tableau 14.

FIGURE 14

Cas de découpe racine suffixe

Racine Braille	Suffixe Braille	Racine noir en mémoire	Suffixe noir en mémoire	Traitement	Racine Braille	Suffixe Braille	Racine noir en mémoire	Suffixe noir en mémoire	Traitement
fc	rien t m	facile facil(e) facil(e)	ité ement	Troncature de la dernière lettre de $T^{-1}(r)$	my	rien x sm se	mystère mystère mystère mystère	ieux ieusement ieuse	Changement anté-pénultième lettre de $T^{-1}(r)$ Troncature dernière lettre
ég	rien t tr m	égal égal égal égal	ité itaire ement		h	r se sm x	heur heur heur heur	e euse eusement eux	
fc	rien se x sm	grâce grâce grâce grâce	ieuse ieux ieusement	Changement anté-pénultième lettre de $T^{-1}(r)$ troncature dernière lettre	fq	rien m c j	fréque fréque fréque fréque	nt mment nce ntation	

De même il existe des suffixes de chaînes Braille dont la transcription en noir est la même suivant la racine à laquelle elles sont associées.

C'est à dire qu'il existe : $\beta = r(\beta) s(\beta)$ et $\gamma = r(\gamma) s(\gamma)$

avec $s(\beta) = s(\gamma)$ et $r(\beta) \neq r(\gamma)$

on a : $T^{-1}(\beta) = T^{-1}(r(\beta)) T^{-1}(s(\beta))$ et $T^{-1}(s(\beta)) = T^{-1}(s(\gamma))$
 $T^{-1}(\gamma) = T^{-1}(r(\gamma)) T^{-1}(s(\gamma))$

La pratique systématique de la décomposition des chaînes de l'index Braille en un dictionnaire des racines et un dictionnaire des suffixes fait apparaître plusieurs cas de décomposition, résumés dans le tableau précédent.

Les lois d'association racine-suffixe peuvent être modélisées selon le diagramme de la figure 15 et l'on peut constituer le dictionnaire des suffixes à l'aide de sous-ensembles E_i de suffixes $S_{ji} \in E_i$ de telle sorte que :

$$\bigcup_j E_i \in D_s \quad \text{et} \quad \bigcap_j E_i \neq \{\emptyset\}$$

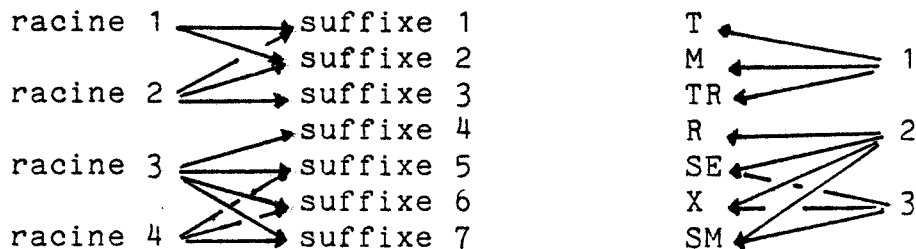
Soient les chaînes Braille $\beta_n = r_n(\beta) S_{ji}$, $\forall n$

on a $S_{ji} \in E_i$ avec $E_i = \bigcup_j S_{ji}$

de telle sorte que : $T^{-1}(\beta_n) = T^{-1}(r_n) T^{-1}(S_{ji})$

où S_{ji} est un suffixe appartenant à la classe des suffixes qui peuvent apparaître avec une même racine $r(\beta)$ et qui a la même transcription quelle que soit la racine associable.

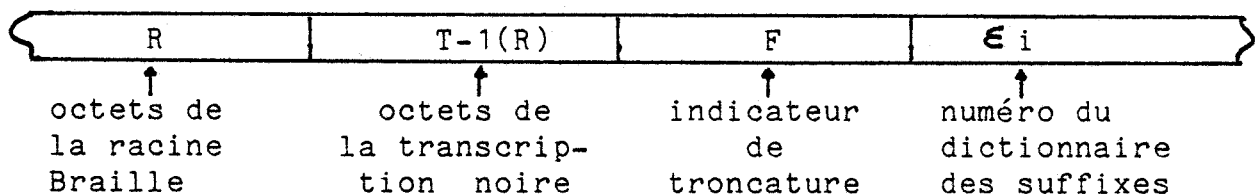
FIGURE 15
Diagramme d'association racine suffixe



Il en résulte que la structure d'un élément du dictionnaire des racines comprendra un paramètre ϵ_i qui indique le numéro de la table de suffixe de D_s auquel appartient le suffixe de la chaîne Braille qui accompagne éventuellement la racine.

L'examen des exemples du tableau précédent montre qu'il existe des cas où il faut tronquer la transcription de la racine $T^{-1}(r)$ et celle du suffixe $T^{-1}(s)$ en supprimant la dernière lettre de la racine noire $T^{-1}(r)$, des cas où il faut changer la nature de l'avant dernière lettre de $T^{-1}(r)$ ou des cas où il faut pratiquer simultanément ces deux opérations. L'annexe 1 regroupe l'ensemble des chaînes de l'index pour lesquelles ce type de traitement est nécessaire. Pour effectuer ces opérations en cours de transcription, on ajoute un paramètre qui indique le type de traitement à effectuer lors de l'adjonction de $T^{-1}(s)$ pour constituer le mot transcrit.

La structure d'un élément du dictionnaire des racines est alors la suivante : racine $r(\beta) =$



I-2-3-) Organisation des différentes tables.

Pour permettre un accès dichotomique indirect à adresse calculée, le dictionnaire des racines doit être composé de sous-tables regroupant les chaînes Braille commençant par la même lettre. L'adresse effective d'un élément est alors donné par :

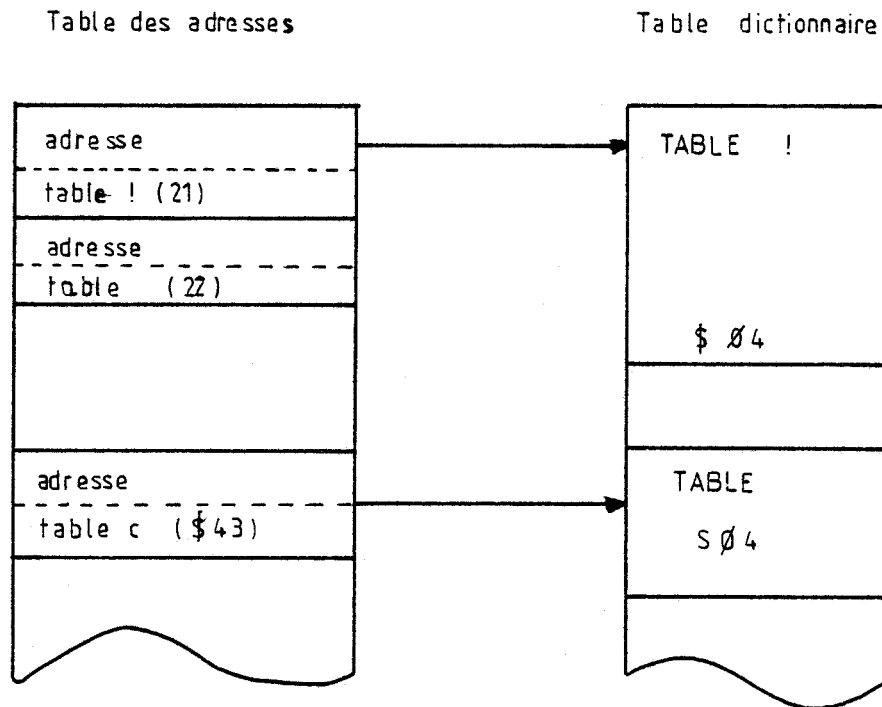
AE= ((code Braille du premier caractère Braille)- H21) 2 + B0)

où B0 est l'adresse de base des points d'entrée

H21 la valeur A.S.C.I.I minimale d'un caractère Braille

La figure 16 illustre le principe de la recherche dans une table dictionnaire.

FIGURE 16



\$ 21 : valeur ASCII braille de la lettre de la première table

La première lettre de la chaîne Braille permettant la recherche dans les différentes sous-tables du dictionnaire des racines, nous avons mémorisé toutes les chaînes Braille d'une sous-table sans cette lettre en réduisant ainsi la taille du dictionnaire.

Mais il existe des chaînes dictionnaire d'une seule lettre et pour éviter l'apparition de chaîne vide, nous sommes amenés à introduire une table supplémentaire qui regroupe toutes les chaînes dictionnaire d'une seule lettre qui peuvent s'associer avec un pluriel, un féminin ou un féminin pluriel.

Cette table est représentée figure 17.

FIGURE 17

DICTIONNAIRE DES MOTS D'UN SEUL GRAPHEME BRAILLE			
code Braille	chaîne noire	code Braille	chaîne noire
2A	ai	4B	au
42	bien	43	ce
2D	celui	33	cet
34	dans	44	de
2E	dès	3C	du
5A	elle	3F	en
35	est	5D	et
3D	été	46	faire
37	grand	49	il
4A	je	27	la
4C	le	26	les
30	lui	58	mais
32	même	4D	me
4E	ne	4F	nous
5E	on	38	ou
50	par	36	plus
40	pour	21	puis
51	que	47	qui
52	rien	5C	sans
53	se	29	si
39	son	3E	sous
48	sur	54	te
57	tous	31	tout
55	un	56	vous

Le dictionnaire des suffixes est structuré en ordonnant les sous-tables par ordre croissant de leur numérotation et, dans chaque sous-table, les éléments sont rangés par ordre décroissant de sorte que la structure de chaque élément est la même que celle des éléments du dictionnaire des préfixes.

L'ensemble des sous-tables suffixes est représenté dans les tableaux 18a et 18b.

Le dictionnaire des suffixes est à accès dichotomique indirect. L'adresse effective de chaque sous-table est calculée par :

$$AE = (S0 + 2 \sum i)$$

où S0 est l'adresse de base de la table des adresses des différentes sous-tables suffixes.

TABLEAU 18a
Liste des sous-tables suffixes

suffixe Braille	suffixe noir	suffixe Braille	suffixe noir	suffixe Braille	suffixe noir
1 table		2 table		3 table	
â m r tr t	ation ement ataire itaire ité	se sm x e 5	euse eusement eux e es	m c	nt mment nce
8 table		9 table		10 table	
rm r	airement aire	m t	ment té	l m tr t x ø	al ément aritaire arité aux ion
13 table		14 table		15 table	
l m	le lement	# f vm vt v	ion eur if ivement ivité ive	# % m se	eur able ement euse
20 table		21 table		22 table	
ø f vm v	ès ession essif essivement essive	rm rt r	ier ièrement arité ière	# 1 lm l x	ence mentateur mentation mentalement mental mentaux
26 table		27 table		28 table	
% 1 r se sm st x	ère inable ination inaire neuse neusement nosité neux	# c g ll lm lt l	teur sance age lle llement alité l	f vm v	sée sif sivement sive

TABLEAU 18b
Liste des sous-tables suffixes

suffixe Braille	suffixe noir	suffixe Braille	suffixe noir	suffixe Braille	suffixe noir
4 table		5 table		7 table	
# ø f vm vt v	it cteur ction ctif ctivement ctivité ctive	# m se sm x	ur ement use usement ux	%m % lls ls m	nablement nable lles ls nement
29 table		11 table		12 table	
1 lm lt rm r	ation alement alité airement aire	# 1 qm q t tr t	icateur ication iquement ique icité itaire ité	ll lm lt l m	elle ellement alité el ment
16 table		17 table		19 table	
ll lm lt l m r	nelle nellement nalité nel nement aire	# % 1 m tr t	isateur isable isation ement itaire ité	ll l se sm x	e ielle iel ieuse ieusement ieux
23 table		24 table		25 table	
# qm q se	leur quement que leuse	lm lt l t	talement talité tal taux	1 lt l m t x	re ération éralité éral rement erté éreaux
30 table		31 table			
› n qm q	se tain taine tiquement tique	lm l rt se x	ation airement aire arité euse eux		

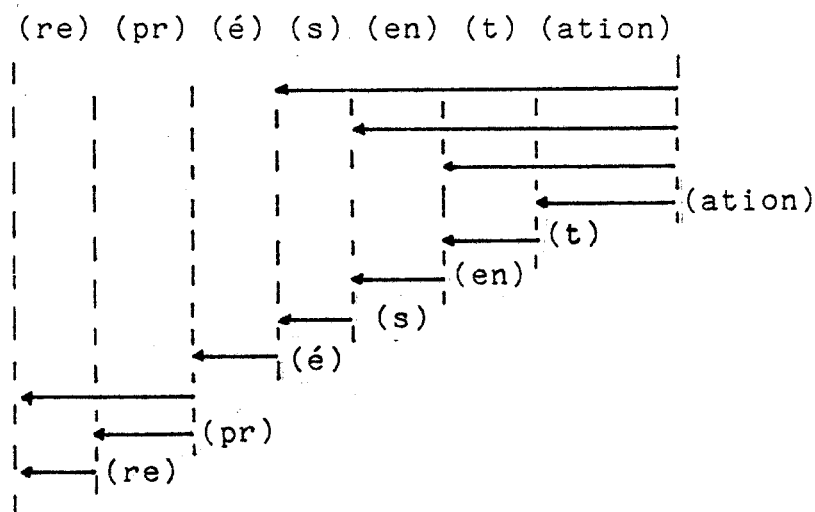
I-2-4) Transcription d'une chaîne contraction

L'analyse des règles de codage direct des contractions, données précédemment, nous a permis de faire les observations suivantes :

- 1) A l'exception des contractions de début et fin de mot, toute contraction noire est transcrite par un seul caractère Braille.
- 2) Certains caractères noirs sont transcrits directement sans faire appel aux contractions.
- 3) Dans la transcription directe noir-Braille, la découpe de la chaîne noire se fait de la gauche vers la droite et la traduction d'un caractère Braille correspondant à une contraction peut être conditionnée par la nature (voyelle ou consonne) de la première lettre de la traduction du caractère Braille qui suit cette contraction. Il est donc logique d'effectuer la transcription inverse de la droite vers la gauche en commençant par la fin de la chaîne Braille.

Ces observations nous ont permis d'établir l'algorithme de transcription en noir d'une chaîne abrégée par contraction. La figure 19 montre, à l'aide d'un exemple, le fonctionnement de cet algorithme.

FIGURE 19



I-2-4-1) règles d'associations entre contractions

Les caractères Braille ou les séquences de caractères Braille, pour lesquels la transcription inverse est une contraction (contraction Braille), ont été regroupés en cinq tables. Tous les éléments d'une table vérifient une même règle d'utilisation et peuvent donc être associés. Une contraction Braille peut avoir une transcription noire différente selon la règle d'utilisation qu'elle vérifie et elle devra donc être stockée dans plusieurs tables.

La liste des contractions de chaque table est donnée dans le tableau 20.

TABLEAU 20

LISTE DES TABLES CONTRACTIONS					
chaîne Braille	chaîne noire	chaîne Braille	chaîne noire	chaîne Braille	chaîne noire
TABLE I contractions en début de chaîne					
oe	im	'	re	û	es
-	com	'-	recom	)-	incom
.	dis	'.	redis	).	indis
»	trans	'»	retrans	)»	intrans
TABLE II contraction sans condition d'utilisation					
*	ai	(	ieu	"	ar
ù	oi	←	eu	^	on
*	eur	+	or	0	ion
u	ou	)	in	à	ch
?	en	.	ien	«	er
=	gn	q	qu	k	au
TABLE III contraction devant une voyelle					
%	bl	;	br	î	cl
:	cr	ô	dr	ê	fl
â	fr	ae	gl	ï	gr
¢	ll	e	pl	!	pr
è	ss	»	tr	w	tt
TABLE IV contraction devant une consonne					
:	con	ae	em	x	ex
w	om	⊙	our	!	pro
;	ui	%	able	,	an
TABLE V contraction en fin de chaîne					
lgqm	logiquement	tm	tement	lgq	logique
vm	vement	lg	logie	%m	ablement
qm	quement	m	ellement	blt	bilité
%	able	î	ait	ô	ant
â	ation	¢	elle	ê	ent
û	es	iz	iez	éz	éez
oe	ition	w	om	⊙	our
q	que				

En utilisant cette classification, nous pourrions établir les relations du modèle des règles d'association entre contractions Braille.

En effet, soit β une chaîne contraction telle que : $\beta = b_1 \dots b_n$

on a : $l(S(i,j)) < l(T^{-1}(S(i,j)))$ avec $S(i,j) = b_i b_{i+1} \dots b_j$

si on appelle vl =voyelle, cn =consonne, et sp =séparateur et $V(i,j)$ une application dans $(0,1)$ qui vérifie la définition de chaque table de contractions Braille du tableau précédent.

On peut alors définir, dans le tableau 21, pour chacune des cinq tables, les relations qui servent de test de validité.

TABLEAU 21

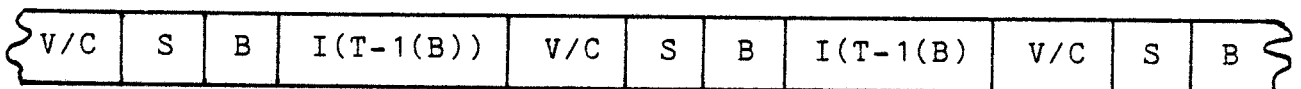
TABLE I	$V(\delta(i,j)) = [\delta(i-1) = \langle sp \rangle]$
TABLE II	$V(\delta(i,j)) = 1 \quad \forall T^{-1}(\delta(j+1)) \text{ et } \forall T^{-1}(\delta(i-1))$
TABLE III	$V(\delta(i,j)) = [T^{-1}(\delta(j+1)) = \langle vl \rangle]$
TABLE IV	$V(\delta(i,j)) = [T^{-1}(\delta(j+1)) = \langle cn \rangle]$
TABLE V	$V(\delta(i,j)) = [\delta(j+1) = \langle sp \rangle]$

I-2-4-2) structure des tables de contractions

La transcription d'une contraction Braille peut être conditionnée (cas des éléments des tables III et IV du tableau précédent) par la nature de la première lettre (voyelle ou consonne) de la transcription noire du caractère Braille précédemment transcrit. L'information concernant la nature de la première lettre de la transcription noire d'une contraction Braille doit donc être mémorisée.

L'algorithme de transcription découpe une chaîne contraction en commençant par la fin de la chaîne. Pour optimiser l'utilisation des algorithmes de recherche existants, nous avons stocker à l'envers la transcription noire d'une contraction Braille.

Le format du stockage d'une contraction Braille et de la transcription noire qui lui correspond est donc dans chaque table de la forme :



S = séparateur de contractions

où B est une suite de caractères Braille correspondant à une contraction

I(T-1(B)) est la traduction noire inversée de B

V/C est l'information voyelle ou consonne portant sur la première lettre de T-1(B)

Le stockage d'une contraction est illustré ci-dessous.

Stockage de la contraction de terminaison lgqm (logiquement)

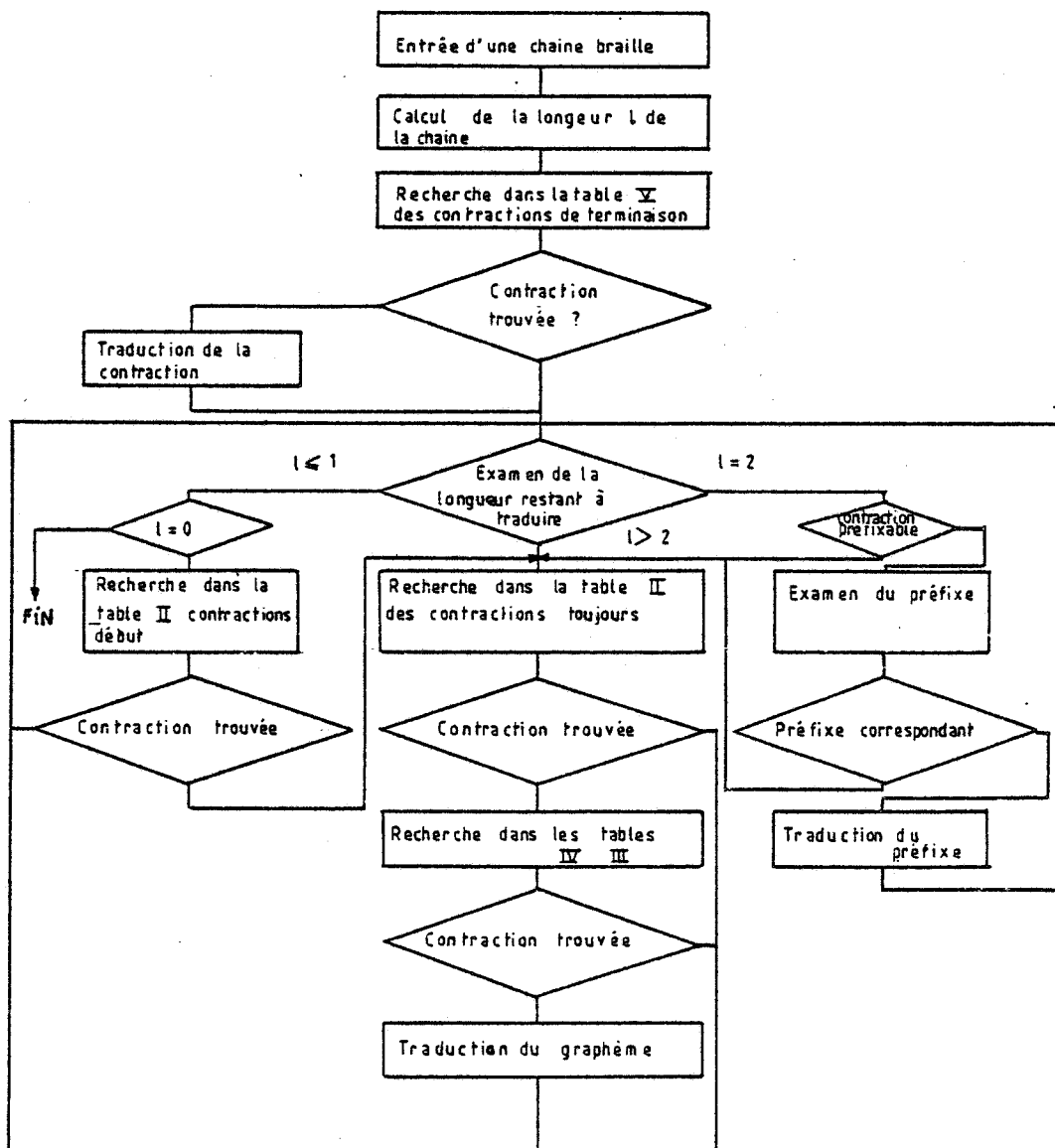
l g q m	t n e m e u q i g o l	∅
---------	-----------------------	---

logiquement commence par une consonne → V/C = ∅

I-2-4-3) séquencement et algorithme général de la transcription

La transcription d'une contraction Braille est conditionnée par la règle d'utilisation qu'elle doit vérifier. La transcription d'une chaîne Braille doit donc s'effectuer en tenant compte de ces règles et en se basant sur l'algorithme de la figure 22.

FIGURE 22



I-2-5) Transcription d'une chaîne indiquée

La transcription d'une chaîne indiquée est réalisée par l'analyse du symbole ou de la séquence de symboles préfixant une chaîne Braille quelconque.

Nous n'exposerons dans ce paragraphe que l'analyse des traitements présentant une particularité.

A) Cas d'une chaîne préfixée par le symbole majuscule

Le symbole majuscule indique la mise d'une majuscule sur la première lettre noire de la transcription de la chaîne. Pour les lettres accentuées, cette opération impose la perte de l'accent.

B) Cas d'une chaîne préfixée par le symbole intégral ou numérique

Lors du codage direct en Braille d'un chiffre, deux symboles peuvent être utilisés. Des exemples, illustrant le codage d'un chiffre en Braille, sont donnés ci-dessous.

- codage d'un chiffre avec le préfixe \emptyset : soit $\beta = b_1 b_2 \dots b_n$
 avec $b_1 = \emptyset$, il est nécessaire que pour $i \in (2, n)$
 $b_i \in (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j)$ qui ont respectivement pour traduction
 $T^{-1}(b_i) \in (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0)$

exemples :

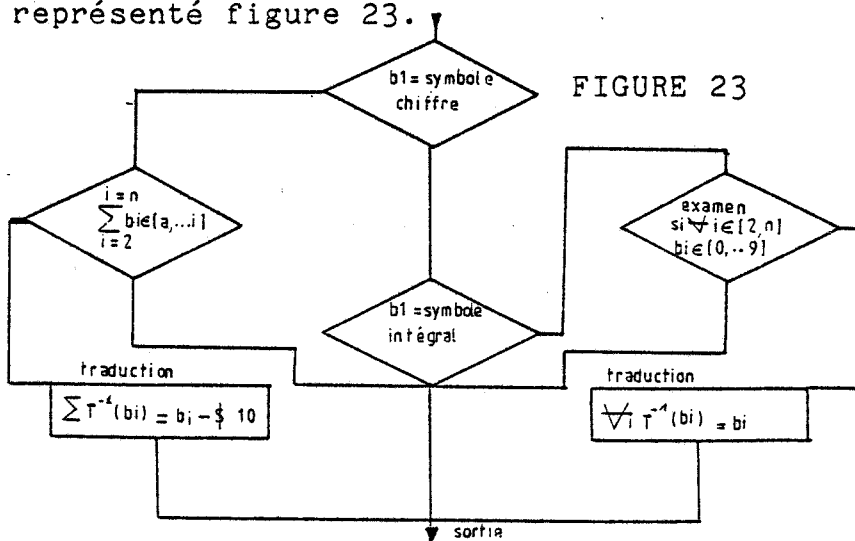
3	4	56
$\begin{matrix} \bullet\bullet & \bullet\bullet \\ \bullet\bullet & \bullet\bullet \\ \bullet\bullet & \bullet\bullet \end{matrix}$	$\begin{matrix} \bullet\bullet & \bullet\bullet \\ \bullet\bullet & \bullet\bullet \\ \bullet\bullet & \bullet\bullet \end{matrix}$	$\begin{matrix} \bullet\bullet & \bullet\bullet & \bullet\bullet \\ \bullet\bullet & \bullet\bullet & \bullet\bullet \\ \bullet\bullet & \bullet\bullet & \bullet\bullet \end{matrix}$
c	d	e f

- codage d'un chiffre avec le préfixe intégral (28):
 il est nécessaire que pour $i \in (2, n)$, $b_i \in (\emptyset, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)$

exemples :

3	4	56
$\begin{matrix} \bullet\bullet & \bullet\bullet \\ \bullet\bullet & \bullet\bullet \\ \bullet\bullet & \bullet\bullet \end{matrix}$	$\begin{matrix} \bullet\bullet & \bullet\bullet \\ \bullet\bullet & \bullet\bullet \\ \bullet\bullet & \bullet\bullet \end{matrix}$	$\begin{matrix} \bullet\bullet & \bullet\bullet & \bullet\bullet \\ \bullet\bullet & \bullet\bullet & \bullet\bullet \\ \bullet\bullet & \bullet\bullet & \bullet\bullet \end{matrix}$

Il sera donc nécessaire, lors de la transcription inverse, d'élaborer deux algorithmes de transcription d'un chiffre. L'un sera basé sur l'étude du préfixe intégral (28) et l'autre sur celle du symbole chiffre (30). L'organigramme résultant est représenté figure 23.



Dans les autres cas, les chaînes indiquées peuvent être facilement transcrites car l'analyse des symboles préfixes de ces chaînes conduit à un traitement élémentaire.

I-2-6) Transcription d'une chaîne conditionnelle

Lors de notre étude, nous avons classé les différentes chaînes Braille en chaîne dictionnaire, chaîne contraction, chaîne indiquée, chaîne conditionnelle.

Les trois premiers types de chaînes sont, comme nous l'avons vu, transcrites en noir par recherche dans des tables structurées. Les chaînes conditionnelles qui contiennent des caractères Braille ayant plusieurs significations possibles en noir (ponctuations,) ne peuvent pas être transcrites en noir directement par une des méthodes décrites précédemment sans nécessiter un traitement spécifique préalable de même nature qu'un traitement de type sémantique. Pour éviter des traitements sémantiques en ligne, en vue de la réalisation d'un automate simple et rapide, nous avons analysé la transcription de telles chaînes, cas par cas, et apporté à chaque cas une solution qui permet de ramener la transcription de toute chaîne conditionnelle à celle d'un des trois cas précédemment décrits.

Nous montrons, dans ce chapitre, comment nous avons abouti à ces solutions et quels sont les cas résiduels qui ne permettent pas une transcription sûre. Mais ces cas résiduels sont en nombre très limité et ils n'apparaissent que très rarement dans un texte.

Ces ambiguïtés ont été classées en trois catégories et sont représentées dans le tableau 24.

TABLEAU 24

EXEMPLES DE DIFFERENTS TYPES D'AMBIGUITES			
Chaîne Braille	Chaîne noire	Traduction erronée	nature de l'ambiguïté
ambiguïtés de type 1 : confusion entre lettre et contraction			
d e l à	delà	delch	confusion entre (ch) et (à)
c) q	cinq	cinque	confusion entre (que) et (qu)
g a z	gaz	gaez	confusion entre (ez) et (z)
ambiguïtés de type 2 : confusion entre ponctuation et contraction			
= o s t i q	gnostique	(ostique	confusion entre (et (gn)
m o y ?	moyen	moy?	confusion entre ? et (en)
à .	chien	ch.	confusion entre . et (ien)
ambiguïtés de type 3 : les deux traductions ont un sens			
l .	lien ou	le.	
c o q	coque ou	coq	
r i z	riz ou	riez	

I-2-6-1) étude des ambiguïtés de type I

Les ambiguïtés de type I sont dues à la confusion entre les symboles représentant des lettres et les mêmes symboles représentant une contraction. Les chaînes contenant des ambiguïtés de ce type sont d'un nombre limité et ont donc été mémorisées dans l'index Braille, c'est-à-dire le dictionnaire des racines. Cette solution évite la mise en oeuvre d'un traitement spécifique. La liste des mots contenant cette ambiguïté est donnée dans le tableau 25.

TABLEAU 25

mots rangés dans le dictionnaire (ambiguïté de type 1)					
à	au	delà	deçà	holà	au
breitschwanz	tchervonetz	kronprinz	kibboutz	quartz	chintz
ersatz	hertz	fritz	jazz	ranz	ruz
riz	raz	gaz	cinq	romstecq	picq
coq					
mots rangés dans le dictionnaire (ambiguïté de type 2)					
gnosticisme	gnomonique	gnostique	gnomique	gnognote	gnangnan
gnocchi	gnomon	gnirole	gneiss	gnaule	gnose
gnome	gnole	gnôle	gnête	gnon	gnou

I-2-6-2) étude des ambiguïtés de type II

Nous avons appelé ambiguïté de type II la confusion qui peut exister entre un symbole de ponctuation et le même symbole représentant une contraction. Un examen complet des différentes de chaînes contenant ce type d'ambiguïté a été effectué et est résumé dans le tableau 26.

TABLEAU 26

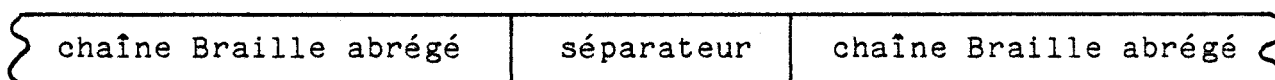
Séquence Braille	transcription noire	résultat de l'analyse du problème
* * .	* * . * * ien	∃ environ 400 mots terminant par ien → recherche nécessaire
* ? .	* en . * en ien	∄ de mots terminant par enien
* . !	* ien !	pas d'ambiguïté car présence d'une ponctuation
* * ?	* * en * * ?	∃ environ 200 mots terminant par en → recherche nécessaire
* . ?	* ien ? * ien en	∄ de mots terminant par ienen
* ? !	* en !	pas d'ambiguïté car présence d'une ponctuation

Ce tableau montre qu'il existe environ 600 chaînes conditionnelles présentant une ambiguïté de type II.

Il n'est pas envisageable de mémoriser ces chaînes dans l'index Braille car cela conduirait à une augmentation importante de la taille mémoire et du temps de traitement. En effet, la mémorisation d'une chaîne dans l'index nécessite le stockage de la chaîne Braille et de sa traduction noire.

Pour limiter le coût d'une mémorisation, nous n'avons stocké que la chaîne Braille abrégé de tous les mots de la langue française présentant une terminaison en (ien) ou en (en). La table, ainsi constituée, sert de test au levé de l'ambiguïté. Lorsque le logiciel de transcription rencontre une chaîne présentant une ambiguïté de type II et que la recherche de cette chaîne dans la table est négative, on peut conclure à la présence .

Cette solution permet de réduire le coût de la mémorisation à 4 kilooctets et le format des chaînes à l'intérieur de la table est alors le suivant :



les chaînes Braille sont stockées sans terminaison (ien) ou (en)

la liste des chaînes Braille contenant ce type d'ambiguïté est donnée en annexe 3.

I-2-6-3) étude des ambiguïtés de type III

Les deux mots générés par la traduction d'une chaîne conditionnelle contenant ce genre d'ambiguïté ont tout deux un sens. Seul le contexte de la phrase dans laquelle la chaîne est utilisée permet de lever l'ambiguïté. L'ensemble des cas de ce type est décrit dans le tableau 27.

TABLEAU 27

Chaîne Braille	traductions en noir possibles	différence entre les deux chaînes noires
c o q	coq ou coque	(coq) : genre masculin (coque):genre féminin
r i z	riz ou riez	(riez) est un verbe (riz) est un nom
l .	le. ou lien	(le) est pronom (lien) est un nom
4	ô ou dans	(dans) est souvent suivi d'un article

Il est important de remarquer que le nombre de cas est réduit à quatre et, qu'hormis le cas de (dans), la fréquence d'apparition de ces chaînes dans un texte est faible (en général 1/10000).

D'autre part, en ce qui concerne les deux derniers exemples du tableau 27, on peut remarquer qu'une des deux traductions noires possibles est plus probable que l'autre.

Ces remarques nous ont fait choisir une solution qui consiste à restituer la transcription des deux significations in extenso avec entre parenthèses la signification la moins probable (sauf dans le cas de "dans" qui à une fréquence d'apparition très élevée). Nous avons, en outre, conçu un éditeur qui permet à l'utilisateur de choisir la signification qui s'impose compte tenu du contexte. Cette solution simple évite une analyse sémantique démesurée et ne gêne en rien la portée des applications de cet automate.

En effet, dans les deux grandes classes d'application que constituent la restitution d'ouvrages anciens et la correction d'épreuves, la restitution de la bonne traduction à partir d'une chaîne Braille abrégé ne porte pas atteinte à l'originalité et à la signification voulue du texte Braille.

I-2-7) Etude des cas particuliers

L'analyse de la transcription d'une chaîne Braille quelconque est basée sur l'identification de cette chaîne à l'un des quatre modèles définis précédemment (chaîne dictionnaire, chaîne contraction, chaîne indiquée, chaîne conditionnelle). Il existe cependant des mots composés qui sont constitués de deux mots juxtaposés et pouvant donc faire appel à deux types de transcription.

Les exemples du tableau 28 illustrent quelques cas de mots composés.

TABLEAU 28
Exemples de chaînes traduites par un mot composé

chaîne Braille	sous-chaînes Braille	sous-chaînes exacte	traduction exacte	traduction directe
7 - m /	7 m /	(grand) (mère)	grand-mère	7-m/
!ud'hm	!ud hm	(prud) (homme)	prud'homme	!ud'hm
p+te-bh	p+te bh	(porte) (bonheur)	porte-bonheur	p+te-bh

Pour éviter que le transcritteur ne restitue une chaîne noire du type appartenant à la colonne de droite, nous avons analysé les différents cas du tableau 29.

TABLEAU 29

LISTE DES CAS D'UTILISATION DU TIRET ET DE L'APOSTROPHE		
séquence Braille	traduction en noir	signification du symbole
(30) * ' *	* *] * *	séparateur de chiffres
] ' * *	] re * *	contraction de début
* * ' * *	* * ' * *	séparateur de chaînes
* * ' ' '	* * . . .	points de suspension
* ' * ' *	* . * . *	point abrégatif
] ' - * *	] recom * *	contraction de début
] ) - * *	] incom * *	contraction de début
(28) - * *	- * *	tiret de début de mot
- ' * *]	* * -]	tiret de fin de mot
] - * *	] com * *	contraction de début
* - (RC)	* - (RC)	tiret de fin de ligne
(23) * * - *	* * - *	simple tiret
* * - * *	* * - * *	séparateur de chaînes

Ce tableau a servi à constituer deux nouvelles tables, l'une comportant les séquences qui contiennent le symbole tiret et l'autre les séquences qui contiennent le symbole apostrophe. Lorsque le logiciel rencontre soit un symbole tiret soit un symbole apostrophe, il analyse son voisinage pour vérifier que l'environnement de ce symbole appartient ou non à l'une de ces tables. Suivant le cas le mot composé noir est restitué ou non.

I-3) Conclusion de la première partie

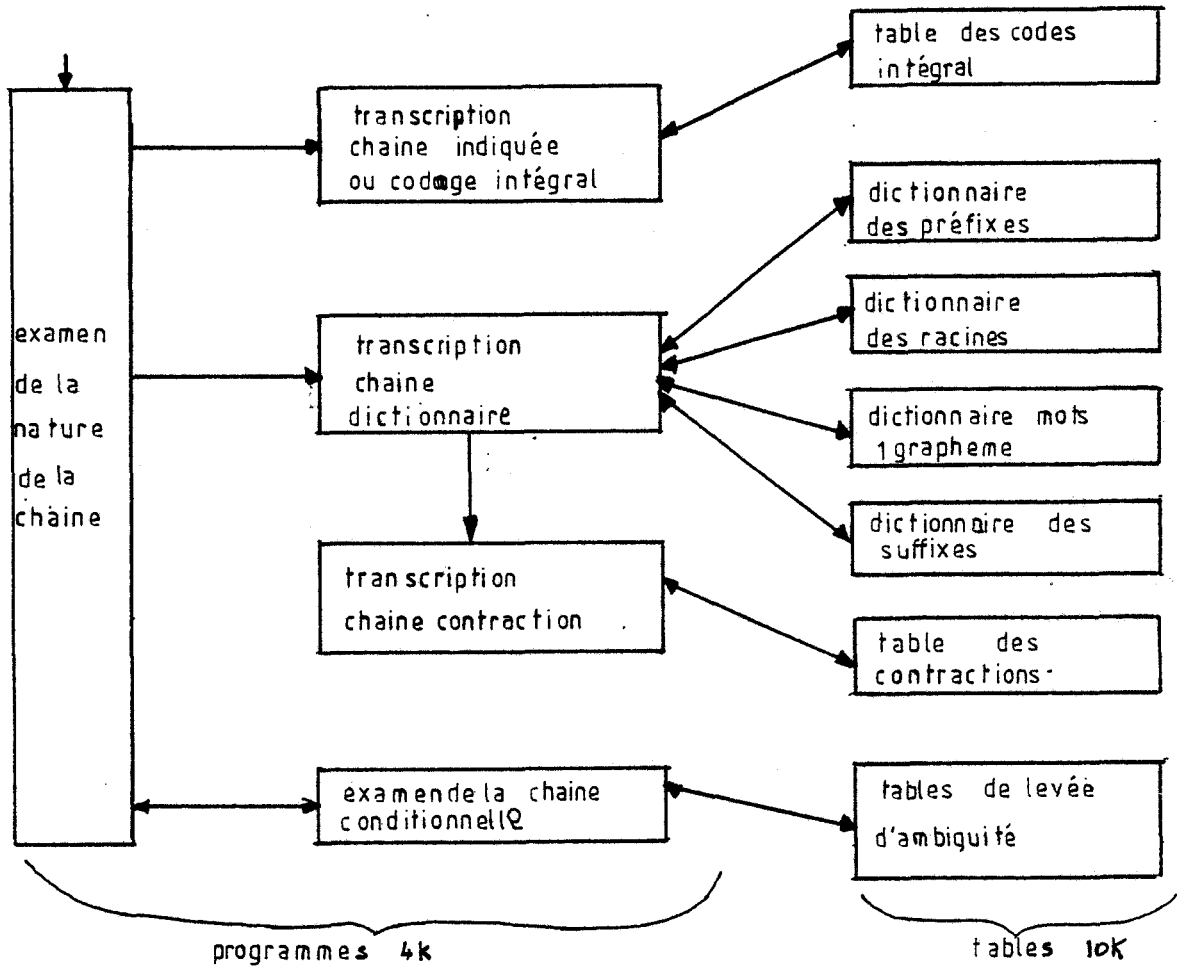
L'étude de la transcription inverse d'une chaîne Braille quelconque a été menée avec l'objectif d'obtenir, pour le logiciel support, une fonction de coût minimale. C'est la modélisation de la transcription Braille abrégé et la structure des données en mémoire qui conduisent à l'optimisation de la taille du dictionnaire, des programmes de gestion de ce dictionnaire et de la découpe en contractions. Le programme de transcription inverse occupe au total 14 kilooctets qui se répartissent selon la figure 30.

Les rares cas où l'on obtient une traduction noire inexacte sont liés aux ambiguïtés de type sémantique et, pour permettre une correction à posteriori, un éditeur de textes peut être utilisé en fin de traduction.

Ce logiciel de transcription inverse Braille-noir peut être directement utilisé dans le cas où l'on dispose de chaînes Braille déjà codées (couplage avec une machine six points ,...). Dans le cas de la traduction d'ouvrages Braille, il faut au préalable lire les reliefs Braille et leur associer les codes Braille correspondants.

Cette fonction fait l'objet de la seconde partie de ce mémoire et permet la reconnaissance d'un relief Braille .

FIGURE 30



DEUXIEME PARTIE :

LECTURE ET RECONNAISSANCE DU RELIEF BRAILLE

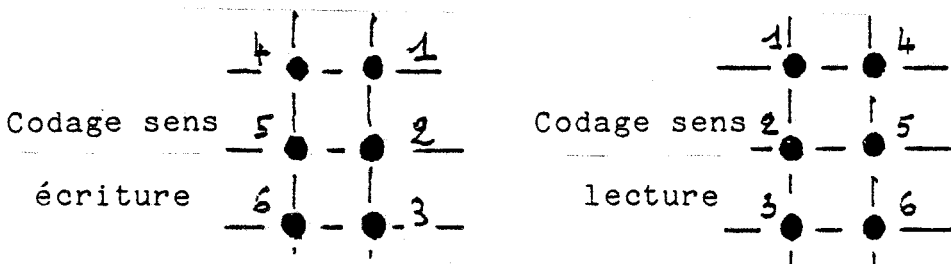
Le transcrip-teur automatique de relief Braille met en oeuvre deux fonctions bien distinctes qui sont la reconnaissance du relief et la transcription Braille noir.

La reconnaissance de relief transforme l'information imprimée en relief sur un support (relief Braille) en chaînes codées Braille, c'est-à-dire en chaînes de mots codes blocs binaires où chaque mot code représente un graphème ou caractère Braille. Ces chaînes codées Braille représentent soit du codage Braille intégral soit du codage Braille abrégé.

L'analyse de la transcription en noir d'une chaîne Braille faite précédemment montre que, pour obtenir une transcription noire exacte, il faut partir d'une chaîne Braille sans erreur de codage. Dans le cas du codage en Braille abrégé, la perte d'une seule information sur un symbole Braille peut conduire à une traduction noire complètement incohérente. Cette situation, illustrée par les exemples du tableau 31, peut se produire dans une chaîne Braille sans erreur de codage quand une erreur est introduite par la lecture de relief Braille.

TABLEAU 31

Relief Braille	Codage Braille abrégé	traduction noire
	â ; t	(fr) (ui) (t) fruit
	â ; i	(â) (br) (i) âbri



La perte de l'information (point 3, point 5) du graphème (t) transforme ce graphème en un (i) et la traduction de la chaîne résultante n'a plus aucun point commun avec la traduction exacte. Nous remarquons donc qu'il faut, lors de la saisie d'un texte sur un document Braille, mettre en oeuvre un dispositif de lecture performant.

Dans ce chapitre, nous exposerons les travaux menés sur la reconnaissance de forme et nous expliquerons les solutions retenues pour obtenir un outil adapté à la reconnaissance du relief Braille.

II-1) Position du problème

II-1-1) Définition des besoins

En réponse à la demande de nombreux organismes (l'école de Loos, le service de production du Braille du C.R.D.P. de Lille, l'A.V.H de Paris), nous avons étudié un système de reconnaissance de relief Braille. Le système qui comporte les deux fonctions précédemment décrites (reconnaissance de relief, transcription Braille noir) a deux champs d'applications :

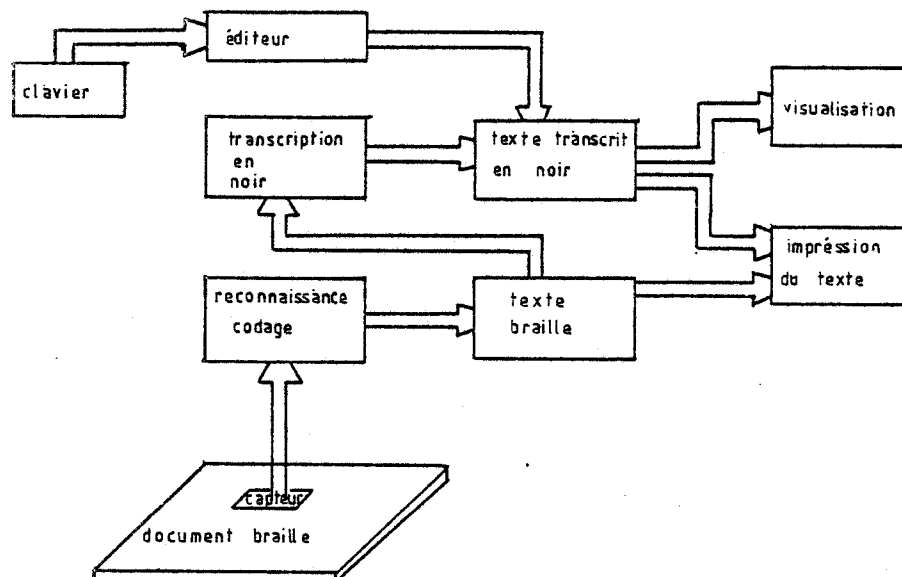
Le premier est la restitution en clair pour un voyant du relief Braille (cas de la communication écrite individuelle, de la correction d'épreuves...). Il nécessite l'utilisation des deux fonctions du système.

Le deuxième champ d'application est la duplication automatique d'ouvrages anciens pouvant être fortement altérés. Il ne nécessite en principe que la fonction reconnaissance de relief. Mais comme nous venons de le montrer, il faut être sûr que le relief a été bien acquis, c'est pour cela que la deuxième fonction est utilisée pourqu'au passage, entre la saisie du relief et sa restitution sur une embosseuse, il puisse y avoir vérification par une personne qui ne connaît pas le Braille de la qualité irréprochable du Braille reproduit. Une fonction "visualisation des chaînes codées" peut être utilisable si dans cette application l'utilisateur ne connaît pas le Braille.

L'intérêt de cette application réside dans le fait que la duplication de textes en relief n'est pas encore réalisable par une photocopieuse. De plus, grâce à ce système, toute erreur dans le codage Braille d'un texte peut être corrigée, ce qui, de toute manière, ne serait pas faisable à l'aide d'une photocopieuse.

Finalement le synoptique du système peut être celui de la figure 32.

FIGURE 32

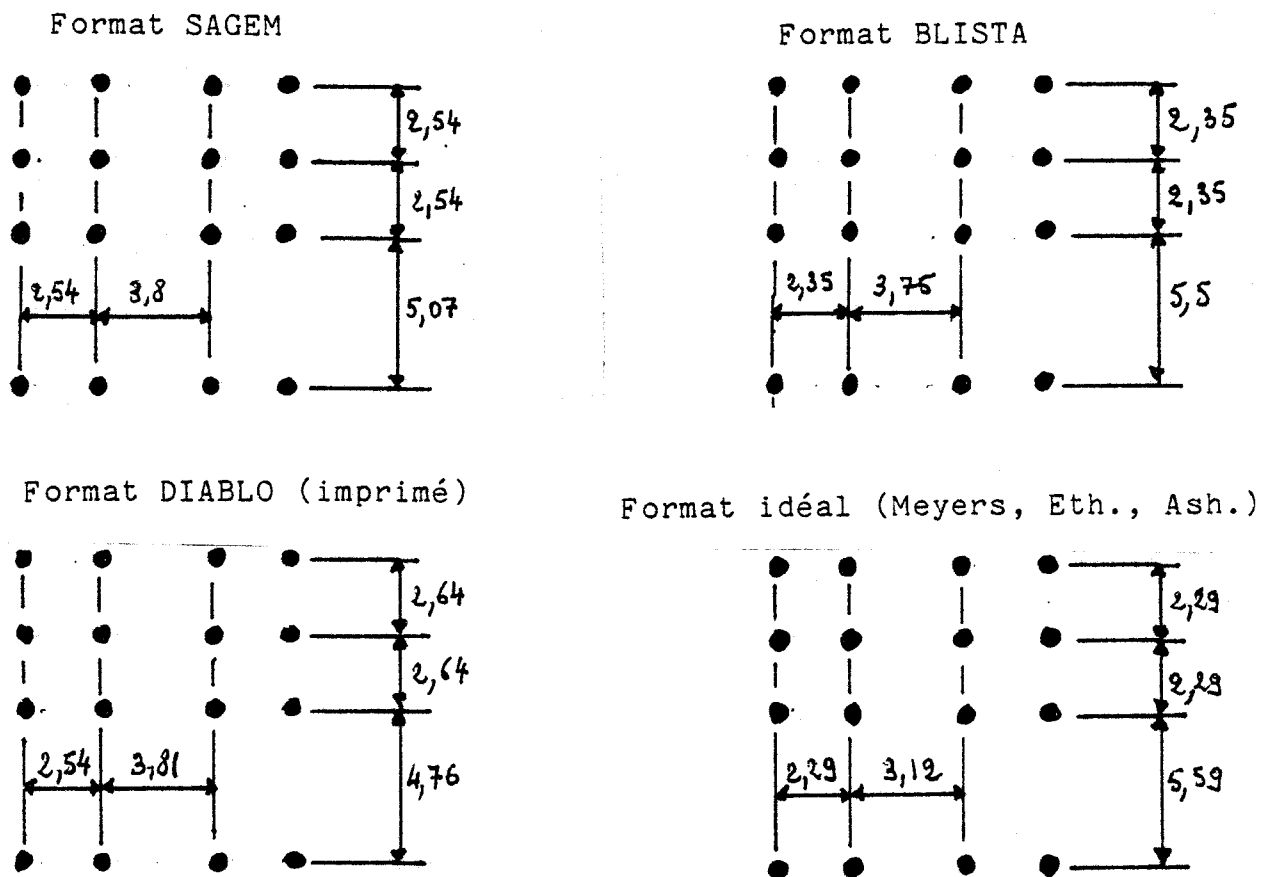


II-1-2) Identification des formes des reliefs à lire

C'est la simplicité de la lecture tactile d'un graphème Braille par un non voyant qui a rendu universel l'utilisation du Braille. Une étude physiologique menée par Meyers, Ethington et Ashcroft a montré que la reconnaissance au toucher d'un graphème Braille est facilitée lorsque la matrice de 6 points en relief a des dimensions adaptées à la taille de la zone sensible du doigt appelée pulpe.

Cependant selon le système utilisé pour produire le relief Braille, on remarque qu'il peut y avoir de légères variations des dimensions de la matrice Braille. Les quatres principaux formats sont ceux indiqués dans la figure 33.

FIGURE 33
Dimensions des différents formats d'embossage



Nous avons choisi pour commencer notre étude le format SAGEM qui présente une bonne régularité de format car le relief est produit par une embosseuse mécanique. Nous verrons comment l'on peut généraliser cette étude aux cas de formats moins régulier comme celui de la tablette qui est le principal moyen manuel de production de relief Braille et qui est jusqu'à présent utilisé par la plupart des aveugles.

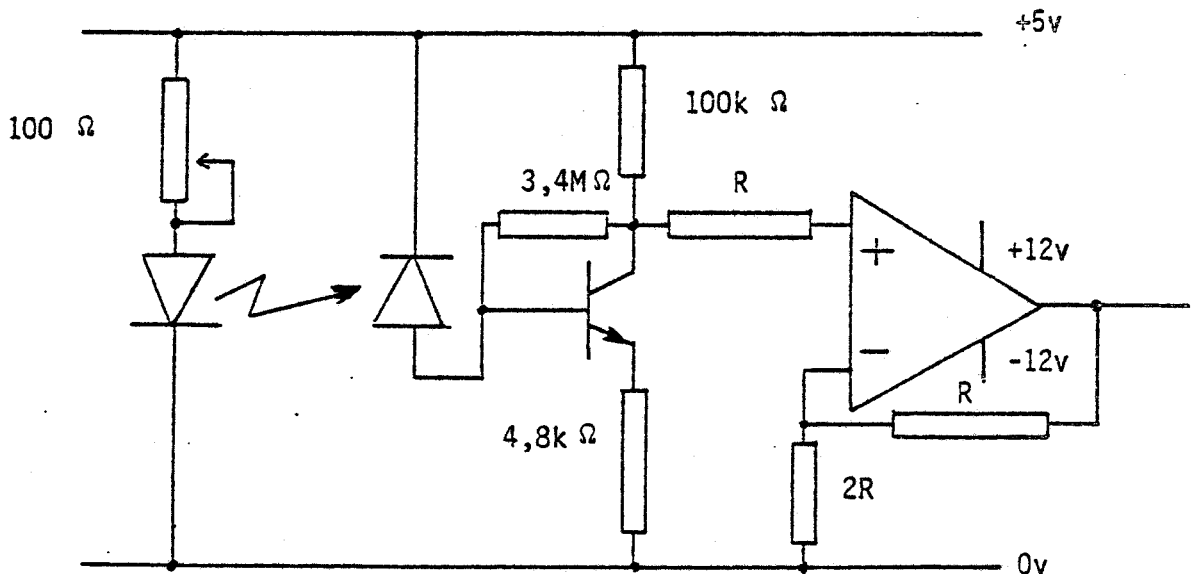
II-2) Etude d'un capteur de relief

Le principal problème lié à la reconnaissance d'un relief Braille est le choix du capteur. Parmi les différents principes adoptables pour faire une acquisition de relief (voir annexe 4), on distingue deux classes de capteurs : les capteurs ponctuels et les capteurs analysant la totalité d'une page relief. Pour des raisons de coût et de facilité de mise en oeuvre dues à la disponibilité des composants au moment de notre étude, c'est la solution du capteur ponctuel qui a été retenue. Le capteur choisi est un capteur optique, commercialisé par la société Helwett Packard sous la désignation HEDS 1000 .

Le capteur HEDS 1000 est principalement utilisé pour détecter des variations de contraste . Une de ses applications est la lecture des codes barre .Il est constitué d'une diode électroluminescente émettant dans le spectre visible à 700 nm et d'une photodiode.

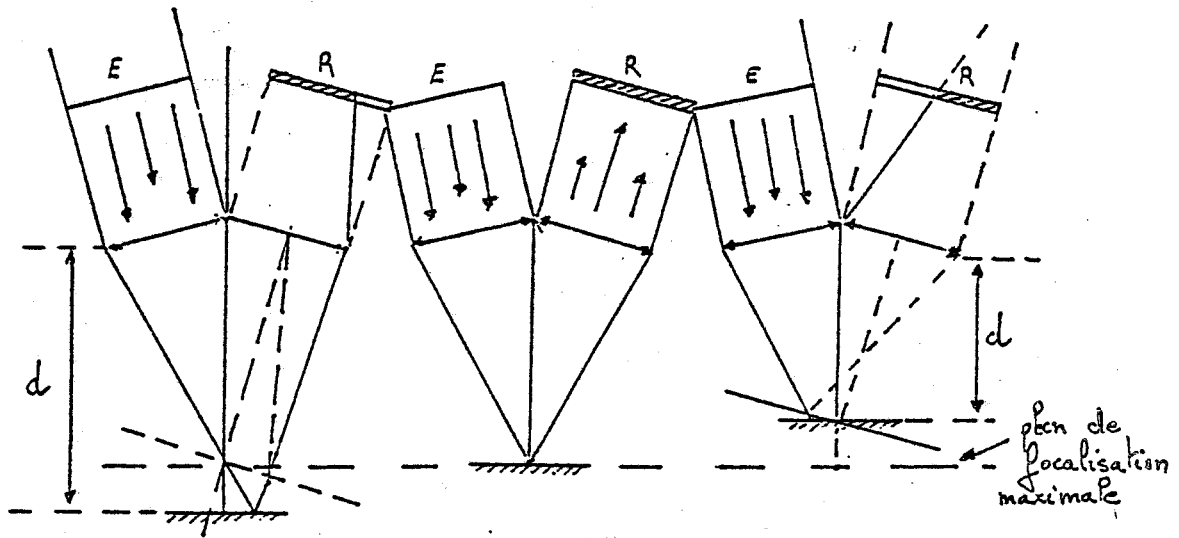
Une double lentille focalise les rayons lumineux émis par la diode et reçus par la photodiode.L'intensité du courant sortant de la photodiode est maximale lorsque la réflexion se produit dans le plan de focalisation de la bi-lentille qui se situe à 4.34 mm du plan formé par cette lentille. La figure 34 montre la constitution du capteur.

FIGURE 34
Constitution du capteur



Pour détecter un relief, nous utilisons le fait que le flux lumineux reçu par la photodiode varie avec la distance de focalisation. Dès que le plan de réflexion correspondant à la surface à analyser ne coïncide plus avec le plan de focalisation, il y a défocalisation et réduction du flux lumineux frappant la surface sensible de la photodiode. Les figures (35 a,b,c) expliquent le fonctionnement de la détection de relief.

FIGURE 35
Principe de détection d'un relief

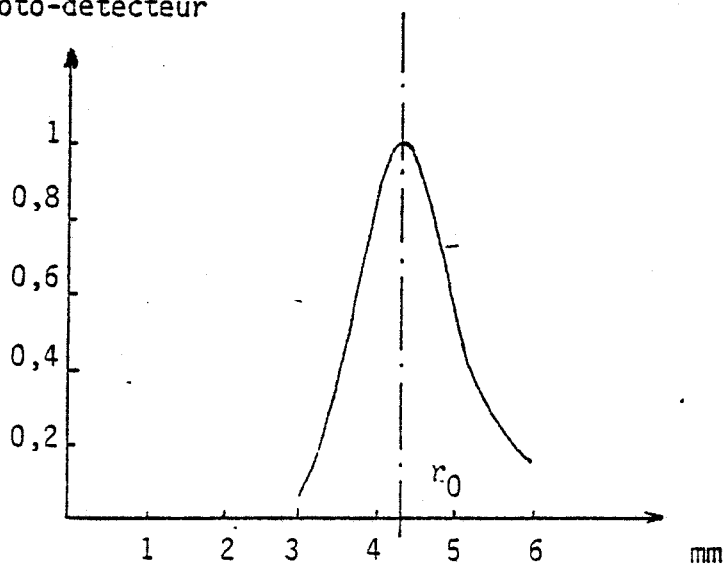


Les surfaces hachurées correspondent à la surface sensible de la photodiode éclairée par le flux lumineux réfléchi. E est la diode émettrice et R est la photodiode réceptrice.

La courbe (figure 36) donne la caractéristique du courant sortant de la photodiode en fonction de la distance de réflexion. La valeur de ce courant est exprimé par rapport à sa valeur maximum, obtenue lorsque la réflexion se produit dans le plan de focalisation.

FIGURE 36

Courant de sortie normalisé
du photo-détecteur

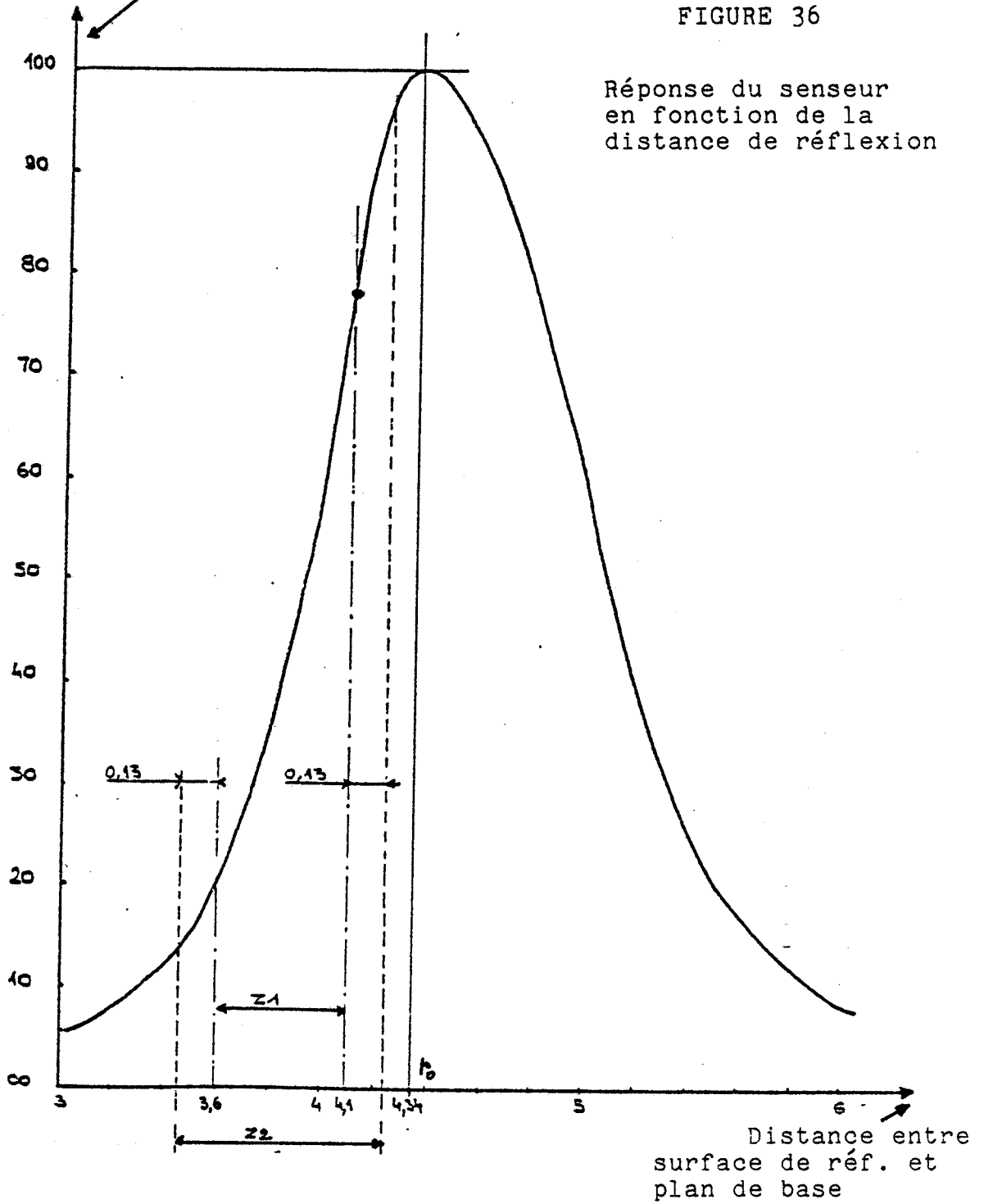


voir relevé expérimental au verso

Réponse
photodiode
normalisée

FIGURE 36

Réponse du senseur
en fonction de la
distance de réflexion



Z1 = zone de fonctionnement normal
Z2 = zone de fonctionnement extrême

II-2-2) Inconvénients et contraintes d'utilisation du capteur optique ponctuel

A) Limitation de la sensibilité du capteur

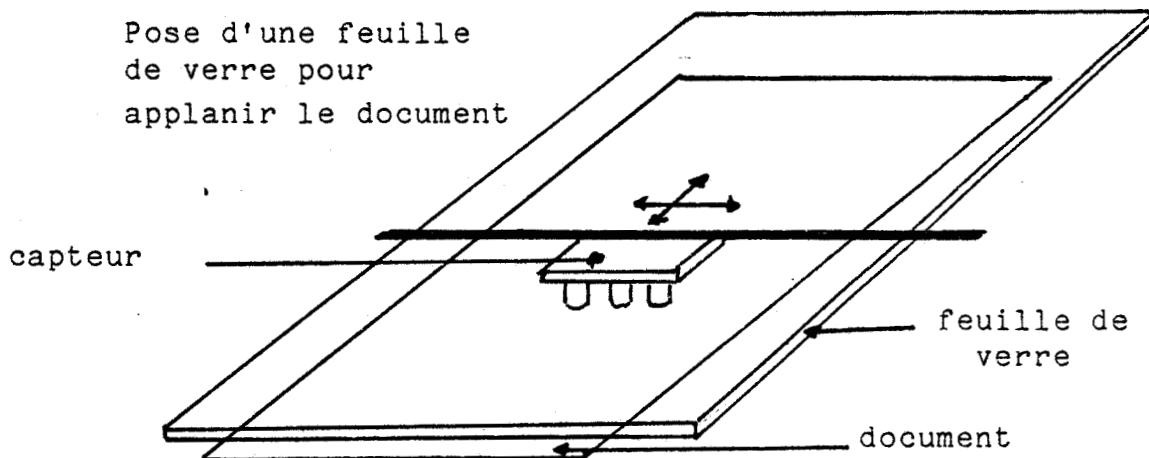
La figure 36 représente la réponse du capteur en fonction de la distance du plan focal (plan de base) au plan de réflexion. On remarque sur cette figure qu'une zone de sensibilité quasi-linéaire existe pour une distance telle que :

$$\Delta l < Z_1$$

où Z_1 est la variation de hauteur maximale détectable.

Compte tenu de la variation de hauteur d'un point Braille, on constate que ce capteur convient à cette détection, à condition que le fond du relief ne possède pas lui-même une ondulation dont l'amplitude est de l'ordre de grandeur de la zone de sensibilité du capteur. On satisfait cette condition en applanissant le relief par la pose d'une feuille de verre selon le principe représenté sur la figure 37.

FIGURE 37



B) Sensibilité du capteur aux variations de contraste

Le capteur est sensible non seulement à la variation de hauteur du plan de réflexion, correspondant à la surface à analyser, mais aussi à une variation du coefficient de réflexion de cette surface. On remarque donc que la présence de taches sur le support du relief Braille ainsi que la variation de couleur de ce support peuvent fortement compromettre la reconnaissance du relief. La figure 38a représente l'évolution de la réponse du détecteur en fonction de la longueur d'onde du rayon réfléchi et la figure 38b le relevé expérimental du courant de sortie du capteur en fonction de la couleur de divers supports de relief Braille pour une granulométrie du support constante.

FIGURE 38a
 Evolution de la réponse du capteur
 en fonction de la fréquence

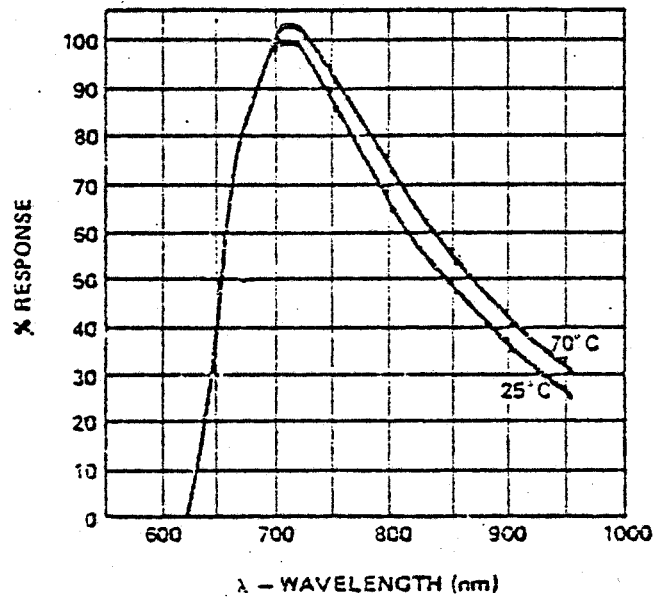
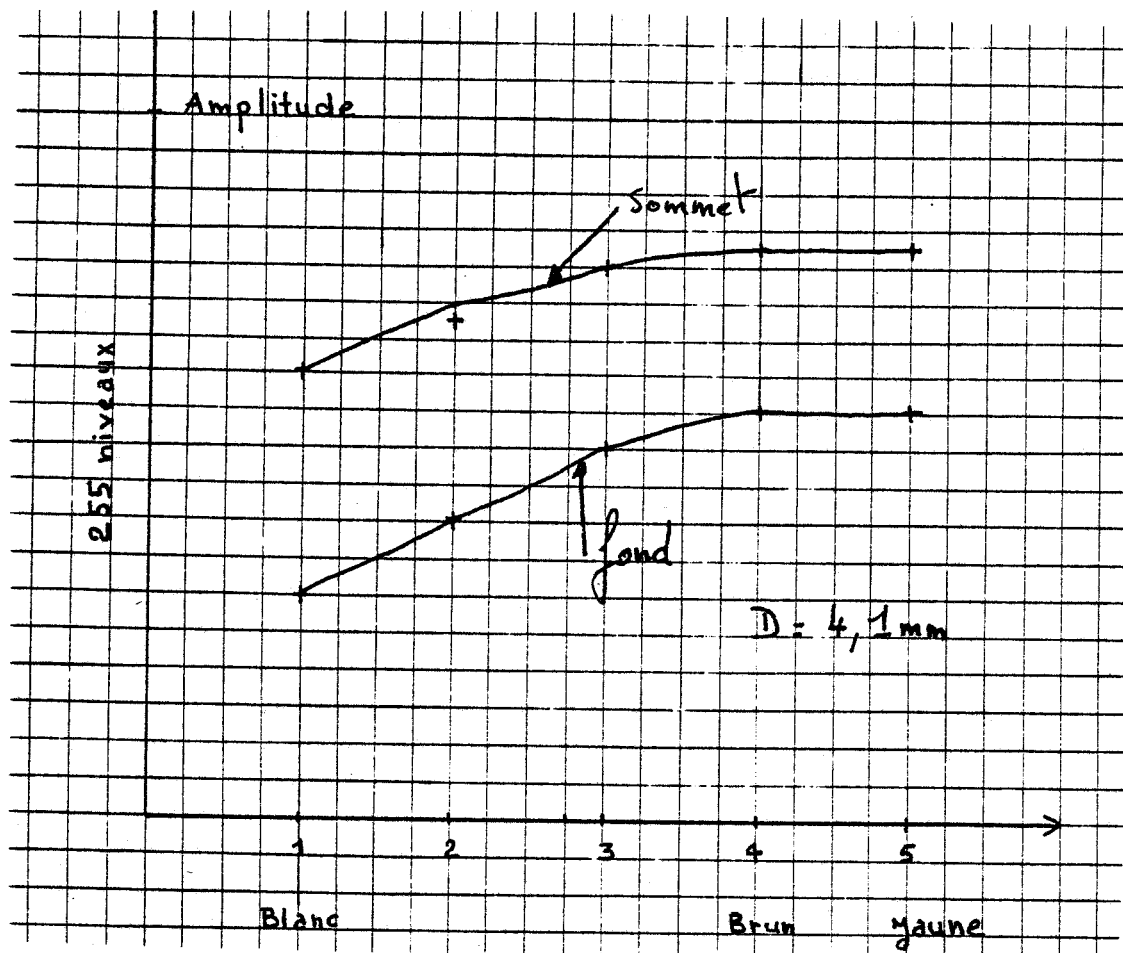


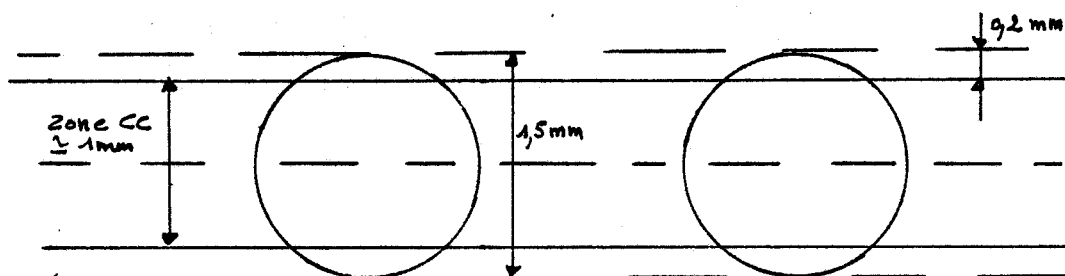
FIGURE 38b
 Relevé du signal de sortie du capteur
 en fonction de la couleur du support



C) Finesse de la zone explorée par le capteur

Le diamètre de l'image reçue par la photodiode étant de 0.2mm, le capteur a un pouvoir séparateur permettant de repérer facilement un point Braille à condition que ce capteur ait été positionné sur l'axe du point et, dans le cas le plus défavorable, dans la zone cc indiquée sur la figure 39.

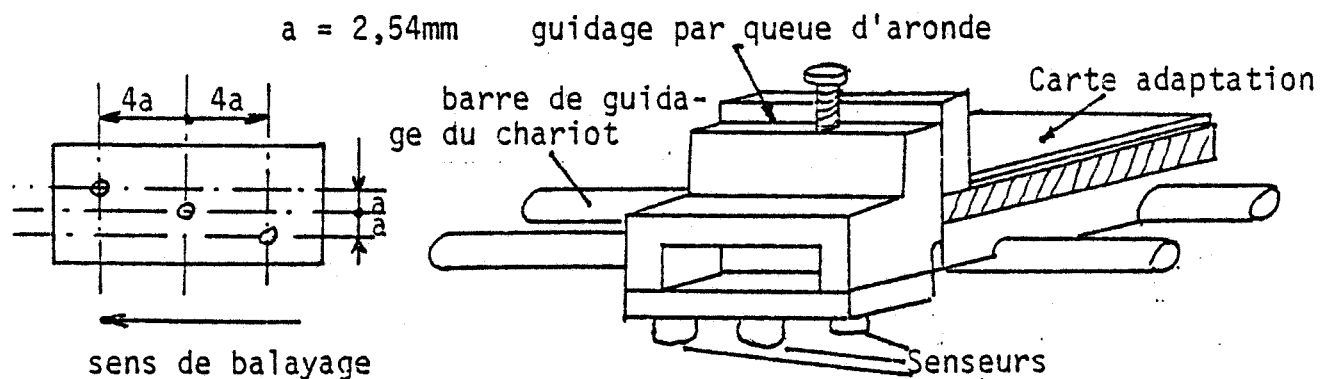
FIGURE 39



Par ailleurs pour accroître au maximum la rapidité de lecture en ne balayant qu'une seule fois une rangée de graphèmes, nous avons placé sur le même support (figure 40) trois capteurs identiques. Cette disposition est rendue possible car la variation de "a" d'un graphème, dépendant du mode de fabrication du relief, est toujours inférieure au diamètre d'un point relief.

FIGURE 40

Montage des capteurs sur le chariot



Position des senseurs sur le support

Montage du capteur sur le chariot de la table

Nous remarquons que la finesse de la zone d'exploration du capteur ponctuel nécessite la mise en oeuvre d'un système de guidage performant.

II-2-3) Choix d'un système de guidage

En tenant compte des contraintes liées à l'utilisation du capteur optique et en étudiant la nature des différents types d'ouvrages susceptibles d'être lus, nous avons déterminé et énuméré ci-dessous les exigences auxquelles devait répondre le système de guidage :

a) - Nature du document Braille

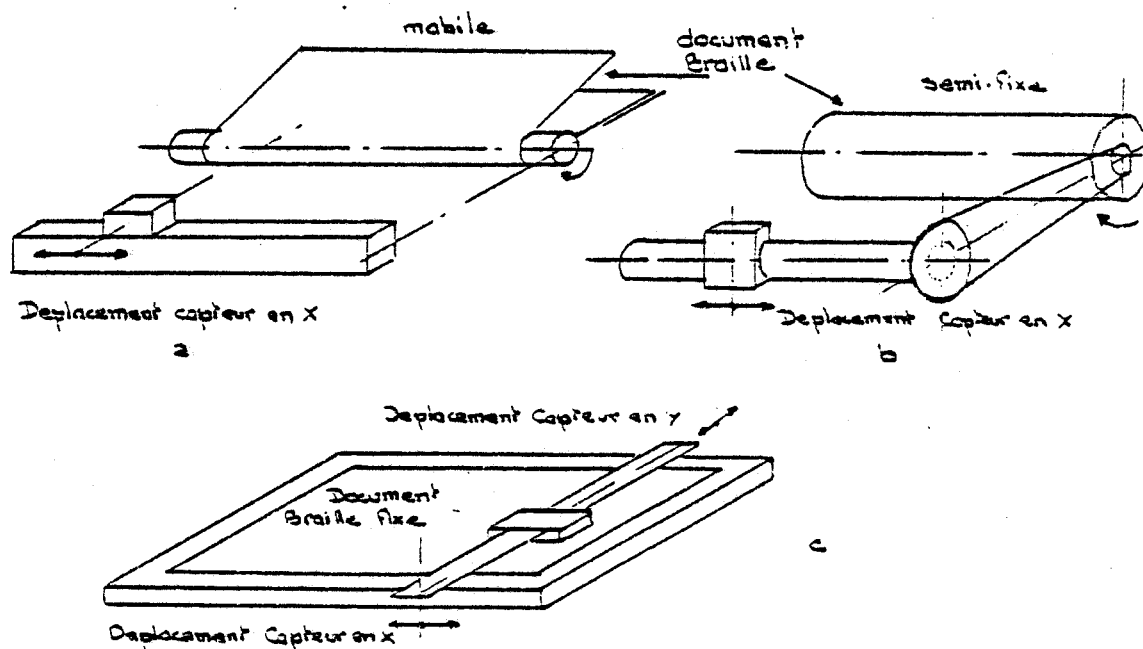
- rigidité du document (reliure d'un livre),
- dimensions variables de la page support,
- biais du texte par rapport aux bords du document ou par rapport aux axes de guidage.

b) - Utilisation du capteur

- variation de la distance intergraphème sur une même ligne,
- variation de la distance interligne,
- la surface du document n'est pas absolument plane (perte éventuelle de l'information relief si la surface du document est déformée et sort de la zone de sensibilité du capteur).

La figure 41 décrit les principes de divers systèmes de guidage possibles.

FIGURE 41



La table X,Y utilisée est une table traçante à commande numérique pour laquelle le document reste fixe et est exploré par le capteur monté sur le chariot à la place de la plume.

Cette table doit non seulement effectuer la fonction table traçante lors de la lecture d'un document, par déplacement commandé du chariot, mais elle doit aussi réaliser la fonction lecture de la position de la plume pour permettre le repérage automatique d'un point.

La table que nous avons choisie pour la réalisation du montage de faisabilité a l'avantage d'offrir la possibilité d'étendre les applications de l'automate mis au point à beaucoup d'autres domaines que celui du relevé d'un relief Braille. Le coût élevé de cette table est justifié par les caractéristiques suivantes :

- format A3 avec surface de tracé de 250 x 380 mm,
- résolution inférieure à 15/100 mm,
- vitesse de tracé ou de balayage de 400 mm/s,
- fixation électrostatique du papier.

Parallèlement au choix de cette table. une étude de marché sur les tables traçantes a été effectué par P.Vincke (3). Cette étude, résumée en annexe 5, a conclu que, dans le cadre d'une réalisation industrielle, une table traçante présentant des caractéristiques moins performantes mais d'un coût moindre pouvait être utilisée.

II-2-4) Etude de la fonction acquisition

Nous rappelons que l'acquisition d'une ligne de graphèmes Braille est réalisée par l'acquisition simultanée de chacune des trois lignes de points balayée par un capteur.

Le séquençement de l'acquisition d'une ligne de points peut s'effectuer par le déplacement pas à pas du capteur ou au vol avec une fréquence d'échantillonnage constante. Pour des raisons de rapidité, c'est le deuxième principe qui a été retenu.

La vitesse maximum de balayage V_m est de l'ordre de 0.4 m/s et la bande passante des circuits doit être supérieure à 500Hz. Pour respecter le théorème de Shannon, le pas d'échantillonnage P_e maximal doit être inférieur à la moitié du diamètre moyen D_m d'un point Braille. Avec $D_m = 1.5$ mm, nous avons choisi un pas d'échantillonnage P_e de 0.25 mm. La fréquence d'échantillonnage est alors donnée par :

$$F_e = V_m / P_e = 1600\text{Hz}$$

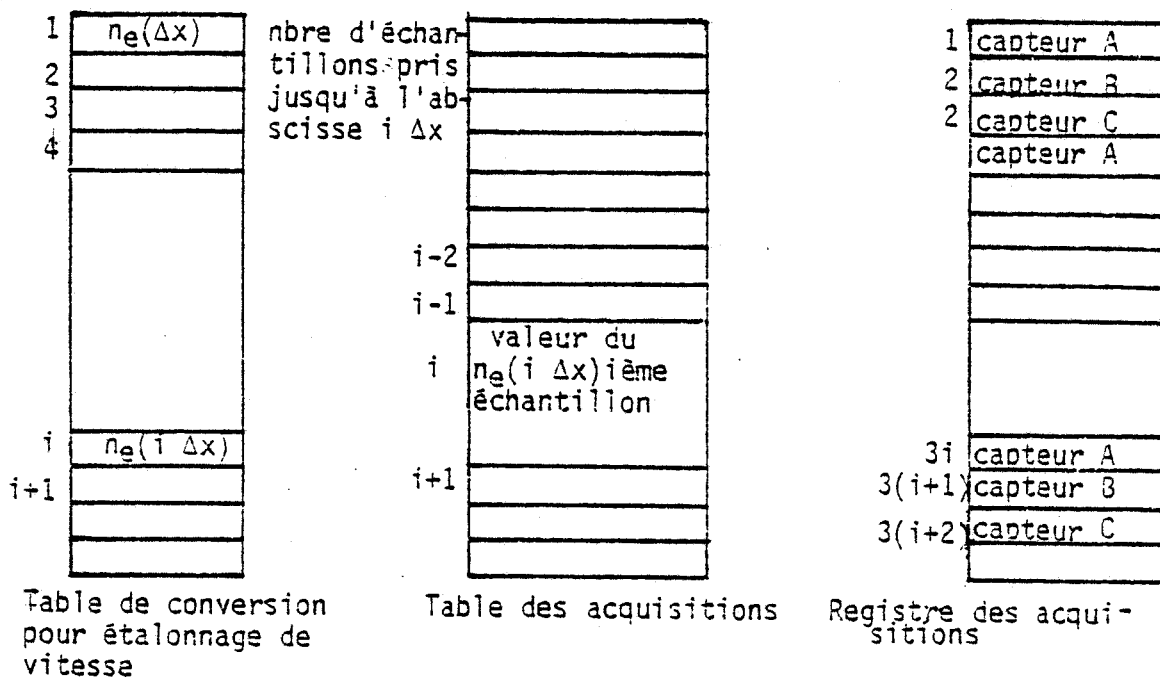
Le nombre des acquisitions prélevées sur le relief d'un point Braille est alors de sept, ce qui est suffisant pour effectuer un traitement du type filtrage numérique.

Lors du balayage d'une ligne de graphèmes, le chariot démarre et s'arrête en début et fin de ligne. Il y a donc une légère variation de la vitesse de balayage et les acquisitions faites à fréquence constante ne peuvent plus être considérées comme équidistantes ($P_e = Cte$).

Pour se placer dans le cas d'un pas P_e constant, on peut soit attendre que la vitesse du chariot soit stabilisée avant de démarrer les acquisitions, soit transformer, à l'aide d'une conversion temps-espace l'échantillonnage à fréquence constante en ne conservant que les acquisitions qui ont été repérées spatialement lors d'un étalonnage en vitesse. Pour des raisons d'adaptativité, c'est la deuxième méthode qui a été retenue car elle permet de s'affranchir de la variation des caractéristiques de la table.

Le principe de cette méthode consiste à déclencher les acquisitions à une fréquence fixe nettement supérieure à la fréquence qui serait utilisée lors d'un balayage à vitesse constante. Lorsqu'il y a une demande d'acquisition, l'acquisition est réalisée si le numéro d'ordre de cette demande est le même que celui qui a été mémorisé dans une table de conversion. Cette table de conversion temps-espace est construite durant l'étalonnage en vitesse et son utilisation peut être représentée sur la figure 42.

FIGURE 42



La fonction acquisition consiste donc à transformer le signal analogique issu du capteur en une suite ordonnée d'informations relief rangées sous forme numérique dans une zone mémoire au niveau de laquelle deux informations adjacentes ont été prélevées avec un pas d'échantillonnage P_e constant.

II-2-5) Etalonnage en vitesse

Ce que nous appelons étalonnage en vitesse est en réalité le repérage des numéros d'ordre des échantillons pris suivant une direction sur la table, en des positions espacées de 0.25mm l'une de l'autre et repérées à l'aide d'une trame étalon. Le programme de conversion qui génère la table permet d'affecter un numéro Ne d'échantillons de relevé de relief en fonction du temps au rang i de chaque trait de la trame en vérifiant la relation :

$$i \quad Y = V(Ne) \quad Ne \quad T$$

soit

$$Ne = (Y / V(Ne)T) \quad i$$

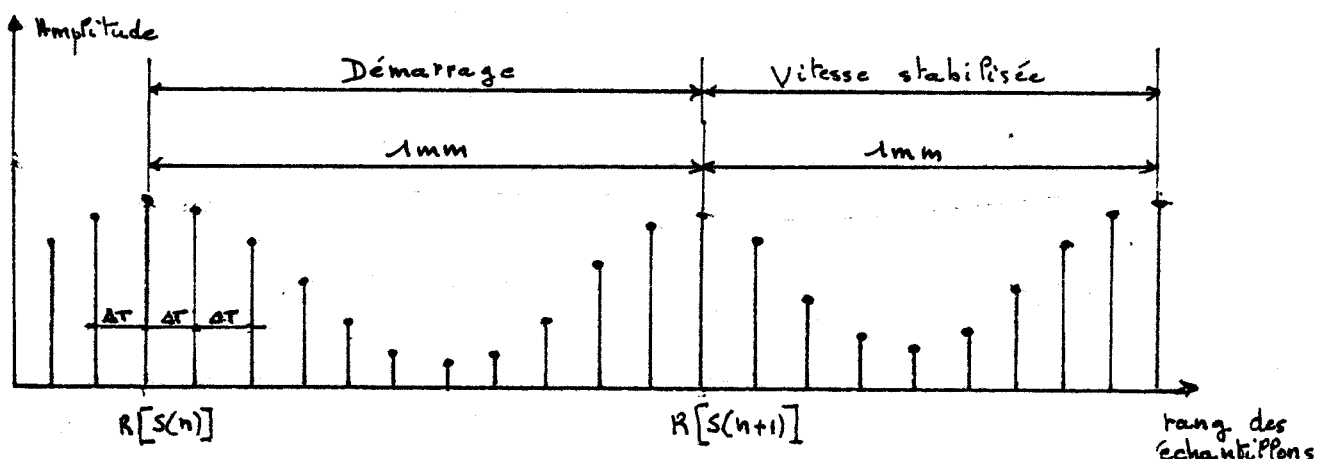
Il faut donc que l'étalonnage en vitesse génère une table dans laquelle est stocké le numéro d'ordre de toutes les acquisitions repérées avec un pas d'échantillonnage de 0.25mm.

On utilise pour cela une trame étalon constituée d'une succession de traits noirs et de traits blancs au pas de 1mm. L'association d'un trait noir et d'un trait blanc constitue le pas de la trame dont la valeur résulte d'un compromis entre la nécessité d'être bien supérieur au pouvoir séparateur du capteur (0.2 mm) et l'approximation qui consiste à considérer la vitesse constante entre deux traits noirs ou blancs.

Pour obtenir une trame avec un pas équivalent à 0.25 mm à l'aide de la trame au pas de 1 mm, nous avons estimé que la vitesse du chariot est constante sur 1 mm et qu'il est possible de diviser cet intervalle en quatre zones égales.

Le relevé du signal (figure 43) acquis sur cette trame montre que pour effectuer le repérage spatial des acquisitions, il est nécessaire, d'en un premier temps de repérer les maximums du signal (traits blancs) et ensuite d'effectuer une répartition des acquisitions obtenues entre ces maximums.

FIGURE 43



Soit $r(S(n))$ le nombre total d'acquisitions effectuées après l'acquisition du sommet $S(n)$.

Soit $r(S(n+1))$ le nombre total d'acquisitions après l'acquisition du sommet $S(n+1)$

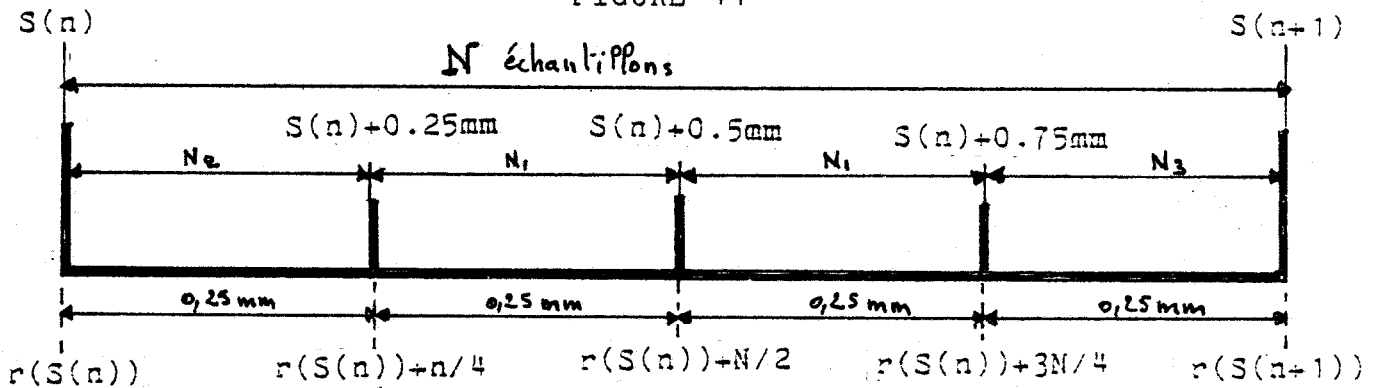
Le nombre N d'acquisitions effectuées entre les deux sommets est alors de :

$$N = r(S(n+1)) - r(S(n))$$

L'intervalle de 1mm séparant les sommets $S(n)$ et $S(n+1)$ peut alors être divisé en quatre zones égales (figure 44) telles que le nombre total des acquisitions effectuées à la limite de chaque zone soit respectivement égal à :

$S(n)$	$S(n)+0.25\text{mm}$	$S(n)+0.5\text{mm}$	$S(n)+0.75\text{mm}$	$S(n+1)$
$r(S(n))$	$r(S(n))+n/4$	$r(S(n))+N/2$	$r(S(n))+3N/4$	$r(S(n+1))$

FIGURE 44



Comme le nombre N n'est pas toujours un multiple de quatre, nous avons construit une table de division pour minimiser l'erreur sur la détermination des valeurs intermédiaires. L'erreur maximale sur la valeur de P_e est alors de 1/10 mm et les quatre zones ne diffèrent au maximum que d'un seul échantillon.

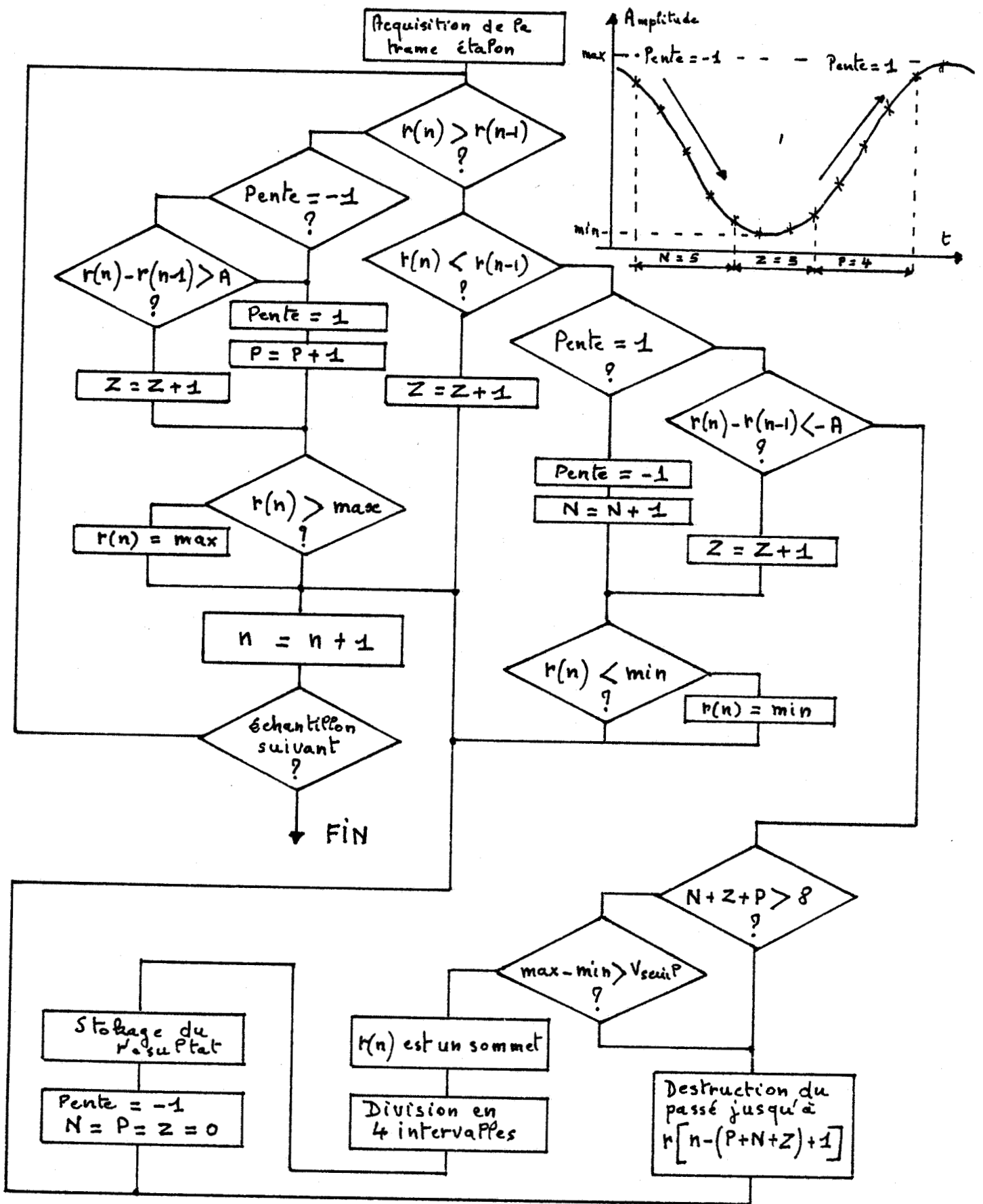
L'algorithme utilisé pour le repérage des maximums et pour la construction de la table de conversion est illustré à l'aide de l'organigramme figure 45. On peut remarquer que le repérage des sommets nécessite un filtrage du type analyse de scène.

Pour utiliser cet algorithme, il est impératif que le nombre minimal d'échantillons par millimètre ne soit pas inférieur à 4, même lorsque la vitesse du chariot est maximale. Si ce nombre minimal est fixé à 8, le pas d'échantillonnage à vitesse maximale est alors de 1/8mm et nous pouvons en déduire la valeur de la période d'échantillonnage sur la trame étalon qui sera de :

$$T_e (\text{trame}) = P_e / V_m = 302 \text{ s} \quad \text{et} \quad F_e = 3304\text{Hz}$$

avec une vitesse maximum V_m de 0.413 m/s

FIGURE 45
Organigramme de l'étalonnage en vitesse



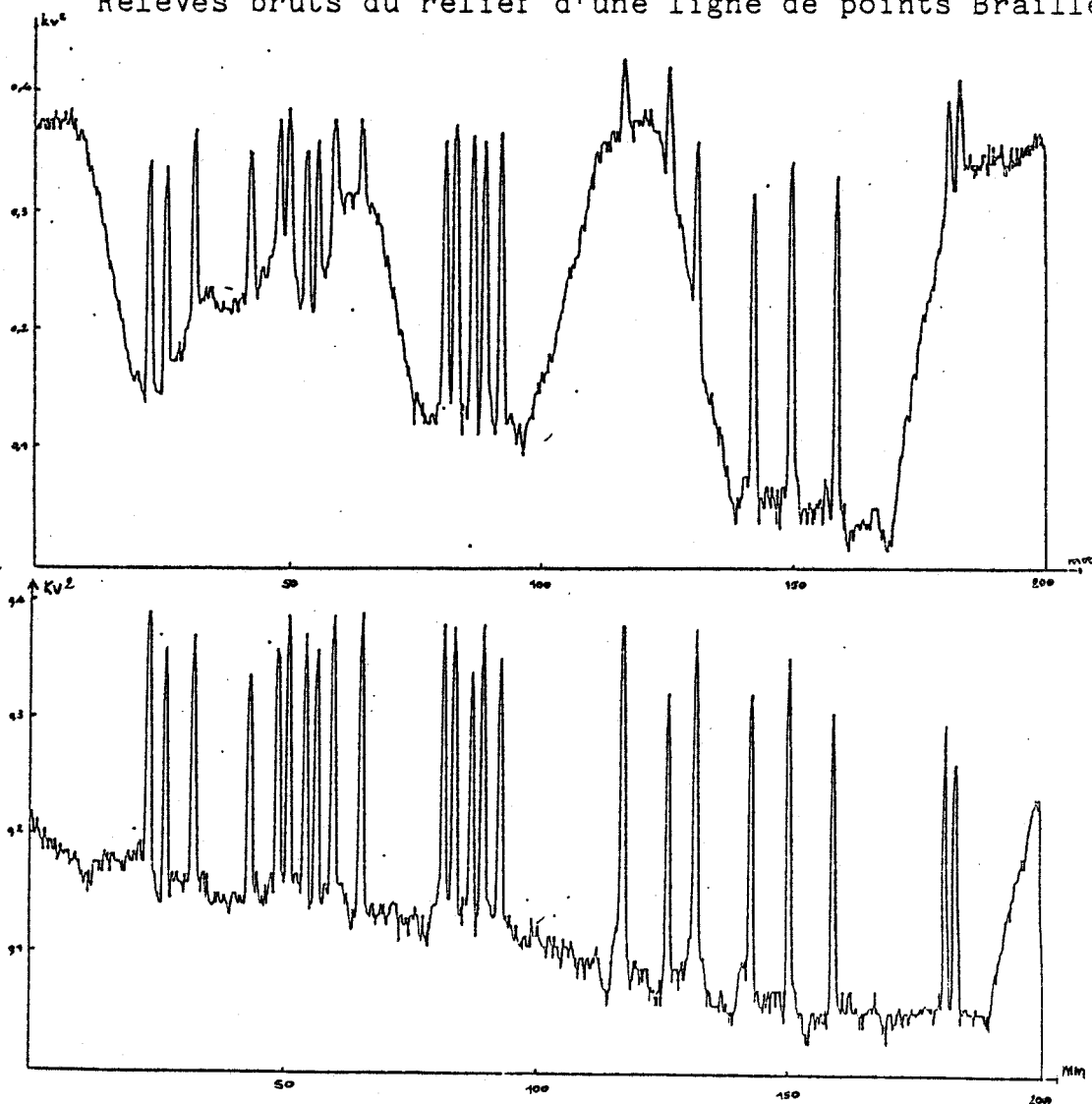
II-3) Etude et analyse du filtrage des relevés bruts du capteur

Les caractéristiques et les contraintes liées à l'utilisation d'un capteur optique ponctuel, nous montrent qu'il sera difficile de décider directement de la présence ou de l'absence des points Braille lors de l'analyse du relevé brut du signal relief prélevé sur un document quelconque.

En effet, un défaut de planéité ou une variation rapide de la réflexion du support (taches parasites) peuvent, comme nous l'avons vu précédemment, modifier la valeur du signal sortant du capteur. L'examen des relevés bruts (figures 45 a,b) montre facilement que pour affirmer qu'un échantillon donné est acquis à un endroit du document où se trouve un relief Braille, il faut au moins pratiquer un centrage de signal associé à un seuil, mais que cela peut ne pas être suffisant dans beaucoup de cas de supports fortement altérés. Il faut donc, pour réaliser une reconnaissance performante, associer au centrage, un filtrage de signal efficace.

FIGURE 45

Relevés bruts du relief d'une ligne de points Braille



Nous avons donc examiné les différents principes de filtrage susceptibles d'être mis en oeuvre. Bien que l'utilisation d'un filtre de forme nous paraisse d'emblée être la solution, nous exposerons le principe et les avantages de deux autres filtres.

II-3-1) Filtrage de fréquence

Le signal issu du capteur peut se mettre sous la forme:

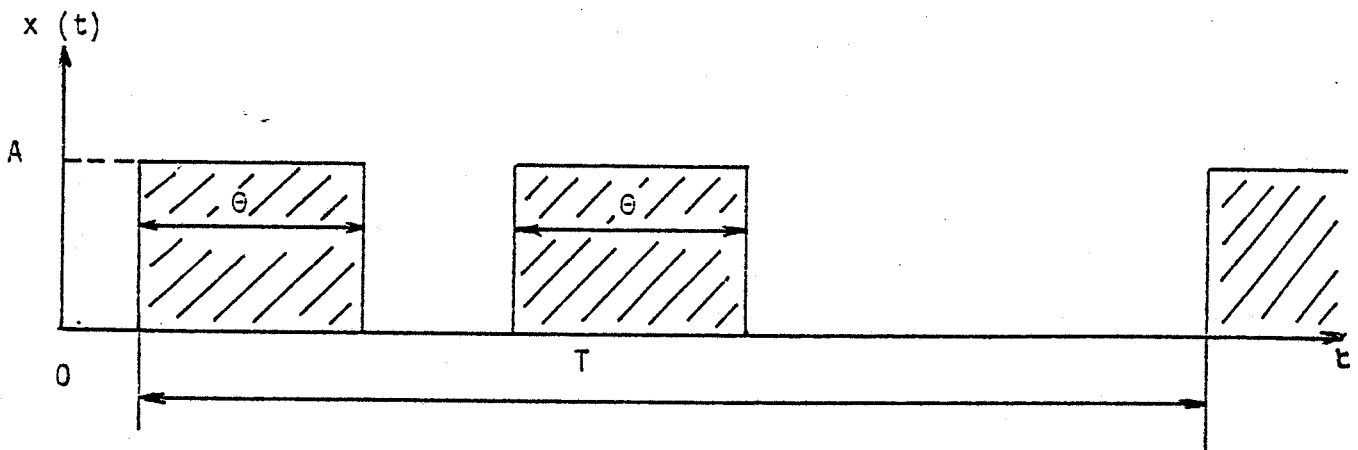
$$s(t) = u(t) + b(t)$$

où $u(t)$ est le signal relief utile à la reconnaissance et $b(t)$ est le bruit dû à la nature du support, aux caractéristiques du capteur et aux perturbations extérieures.

Par définition, un filtrage de fréquence élimine toutes les composantes fréquentielles d'un signal qui se trouvent à l'extérieur d'une bande passante ΔL délimitée par deux fréquences qui caractérisent le filtre.

Pour cette application, le filtrage de fréquence doit donc éliminer toutes les informations en dehors de la bande passante du signal utile ; si l'on désire que l'efficacité du filtre soit maximale il faut que le spectre du signal utile soit distinct de celui du bruit. L'étendue fréquentielle du signal utile peut être déterminée par le calcul de la densité spectrale de puissance. Compte tenu de la vitesse de balayage du capteur et de la fréquence d'échantillonnage du signal, le signal peut être modélisé sous la forme indiquée dans la figure 46.

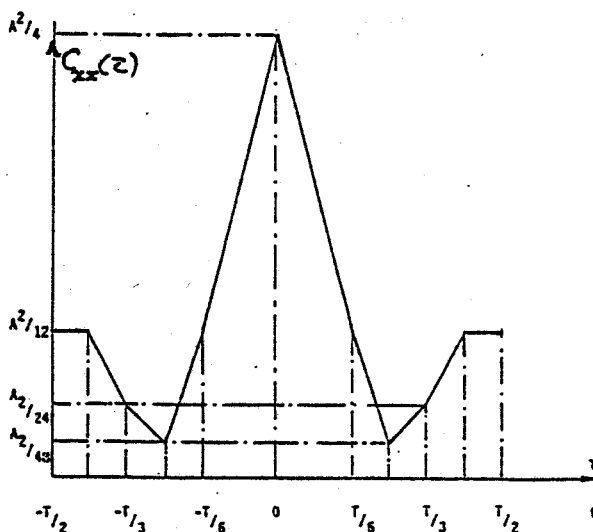
FIGURE 46



La période T du signal correspond au temps de balayage d'un symbole constitué d'un graphème et de la distance le séparant d'un graphème voisin. Les zones hachurées représentent le signal idéalisé du relief d'un point d'un même graphème qui, sur le relevé d'un grand nombre de points, apparaît avec une probabilité voisine de 0.5 .

Dans ces conditions, le calcul donné en annexe 6 , permet de tracer la fonction d'autocorrélation dont la forme est reproduite dans la figure 47.

FIGURE 47
Tracé de la fonction d'autocorrélation



En calculant la transformée de Fourier de cette fonction d'autocorrélation par décomposition en signaux élémentaires, on aboutit à la densité spectrale de puissance qui a pour expression :

$$F(\omega) = A^2 \theta \left[\frac{1}{3\theta} - \frac{25}{18} \frac{\sin^2(5\omega\theta/6)}{(5\omega\theta/6)^2} + \frac{4}{9} \frac{\sin^2(2\omega\theta/3)}{(2\omega\theta/3)^2} + \frac{\sin^2(\omega\theta/2)}{(\omega\theta/2)^2} + \frac{1}{9} \frac{\sin^2(\omega\theta/3)}{(\omega\theta/3)^2} \right]$$

La densité spectrale de puissance (figure 48) a un spectre de raies car le signal Braille élémentaire est périodique.

F (fθ)

FIGURE 48

Densité spectrale de puissance

r ₁	=	0,460		65 Hz
r ₂	=	0,506		130 Hz
r ₃	=	0,09		195 Hz
r ₄	=	0	Fθ = 1	260 Hz
r ₅	=	0,046		325 Hz
r ₆	=	0,022		390 Hz
r ₇	=	0,024		455 Hz
r ₈	=	0	Fθ = 2	520 Hz
r ₉	=	0,01		585 Hz
r ₁₀	=	0,02		650 Hz

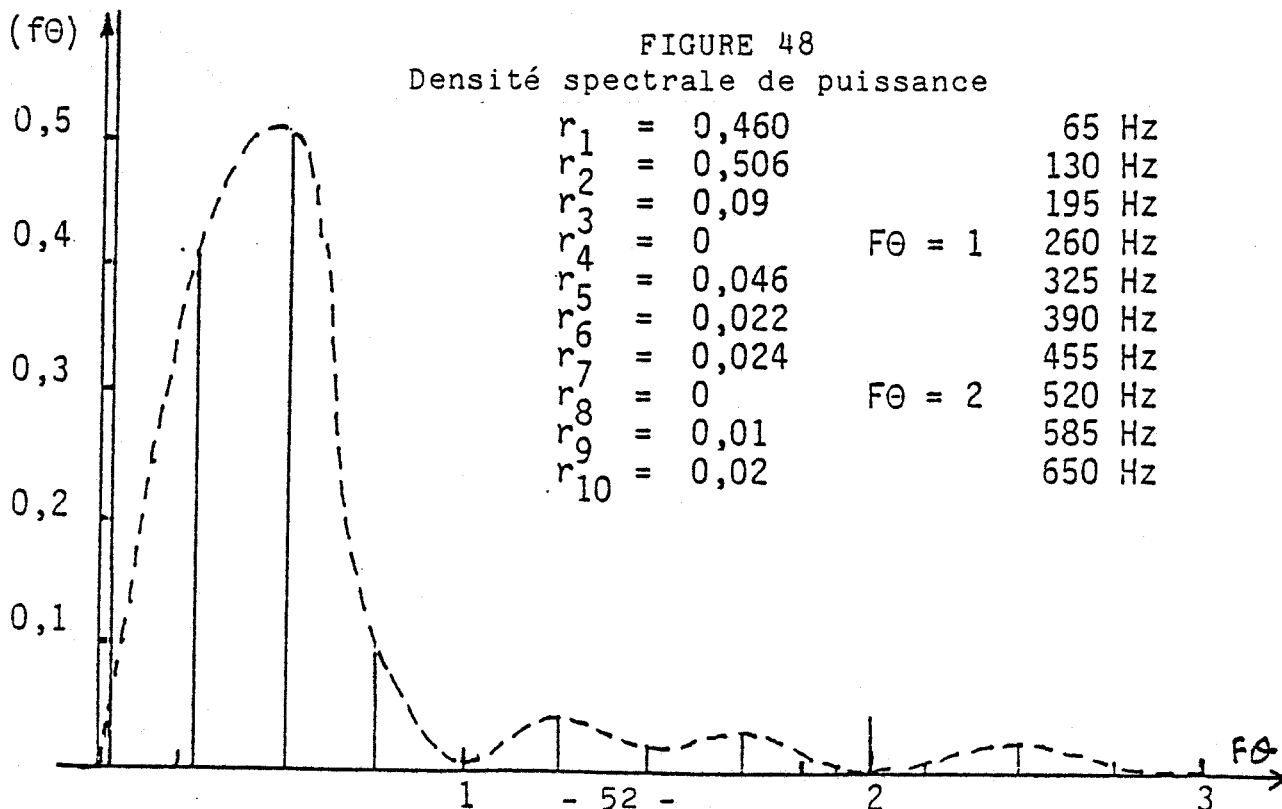
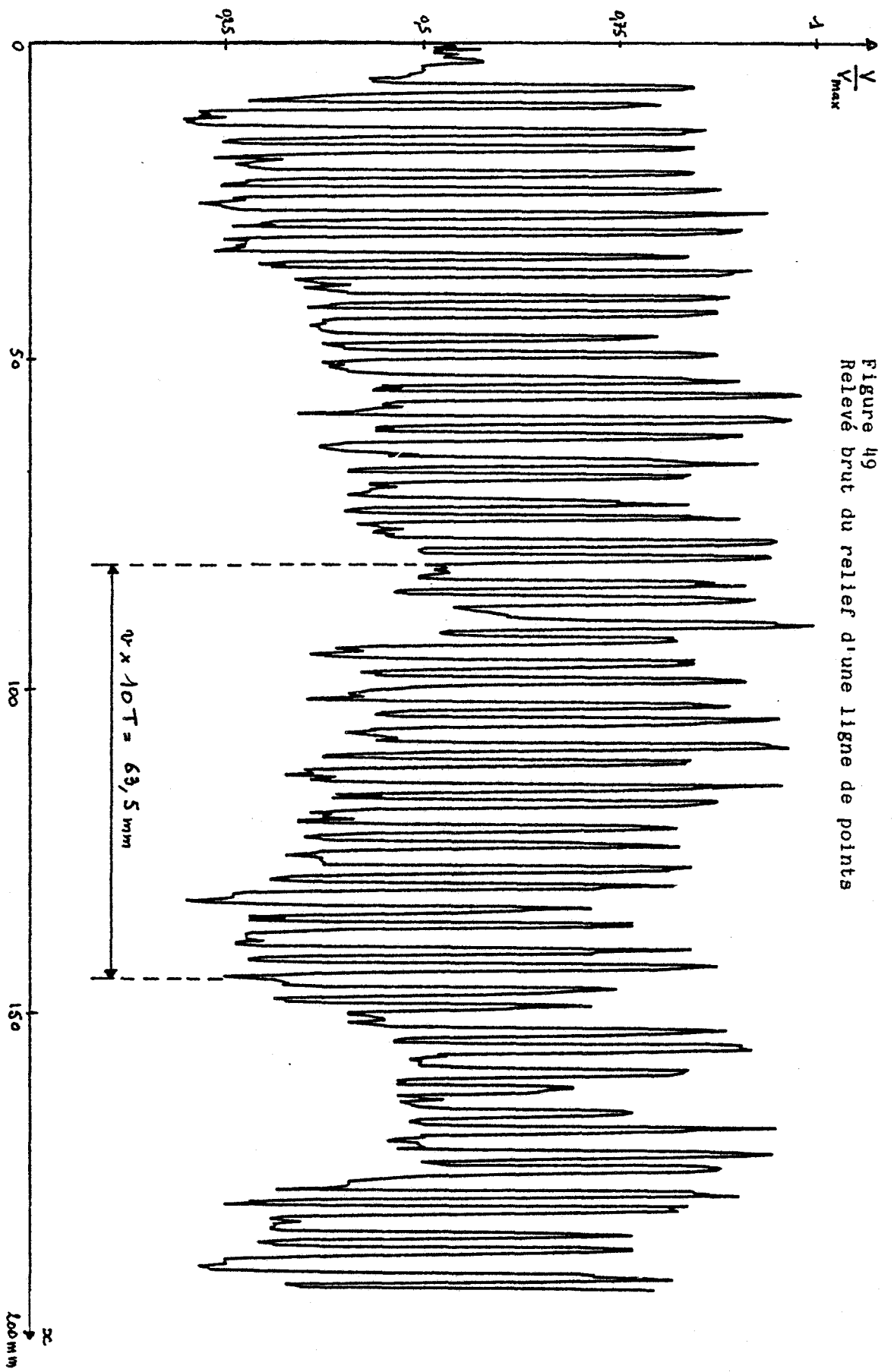


Figure 49
Relevé brut du relief d'une ligne de points



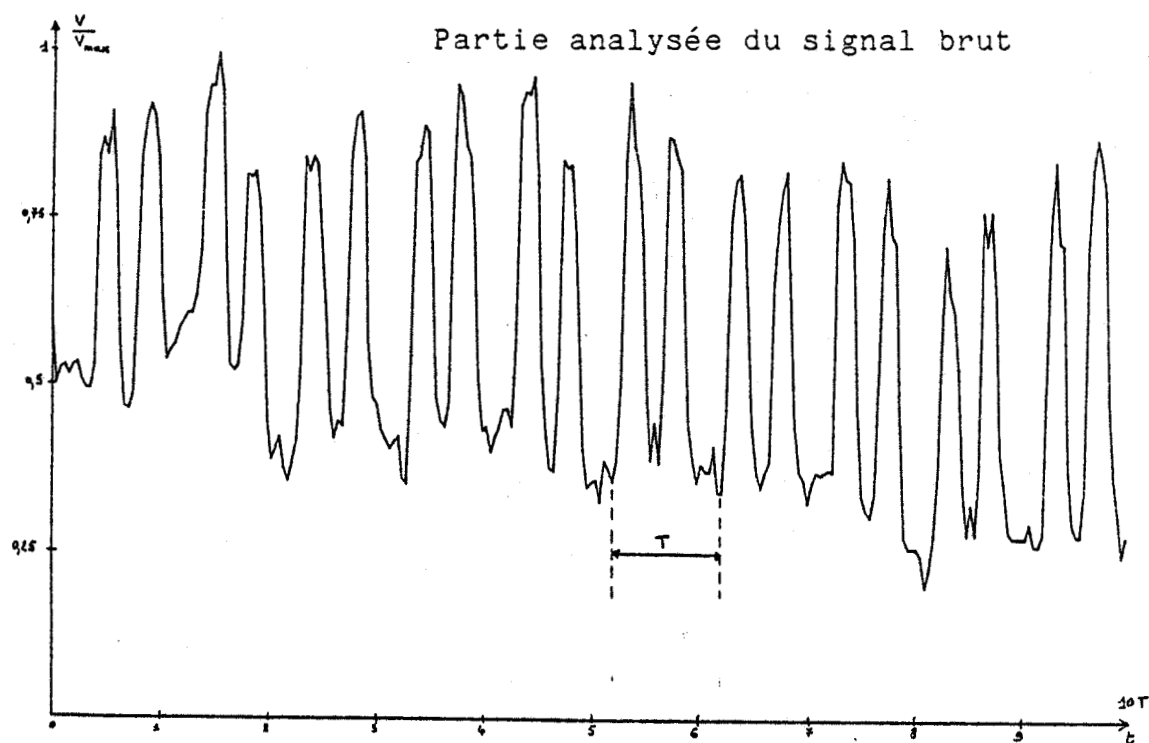
L'analyse de ce spectre obtenu par la modélisation du relief Braille (figure 48) ne peut nous donner directement des informations sur la nature du filtre de fréquence à mettre en oeuvre lors de l'acquisition d'un signal relief. Cependant, on peut estimer que le spectre de bruit sera constitué d'une part, du spectre de la fluctuation parasite lente due à l'ondulation du support papier d'autre part, du spectre des fluctuations rapides dues au fond de relief.

Dans ces conditions, l'extraction du signal Braille seul pourrait se faire à l'aide d'un étage passe haut de fréquence de coupure F_1 pour l'élimination des ondulations de papier et d'un étage passe bas de fréquence de coupure F_2 pour l'élimination des réflexions parasites du support.

Afin de vérifier ces hypothèses, nous devons comparer le spectre de raies obtenu par modélisation (figure 48) aux spectres de plusieurs relevés de relief effectués sur une ligne de points Braille.

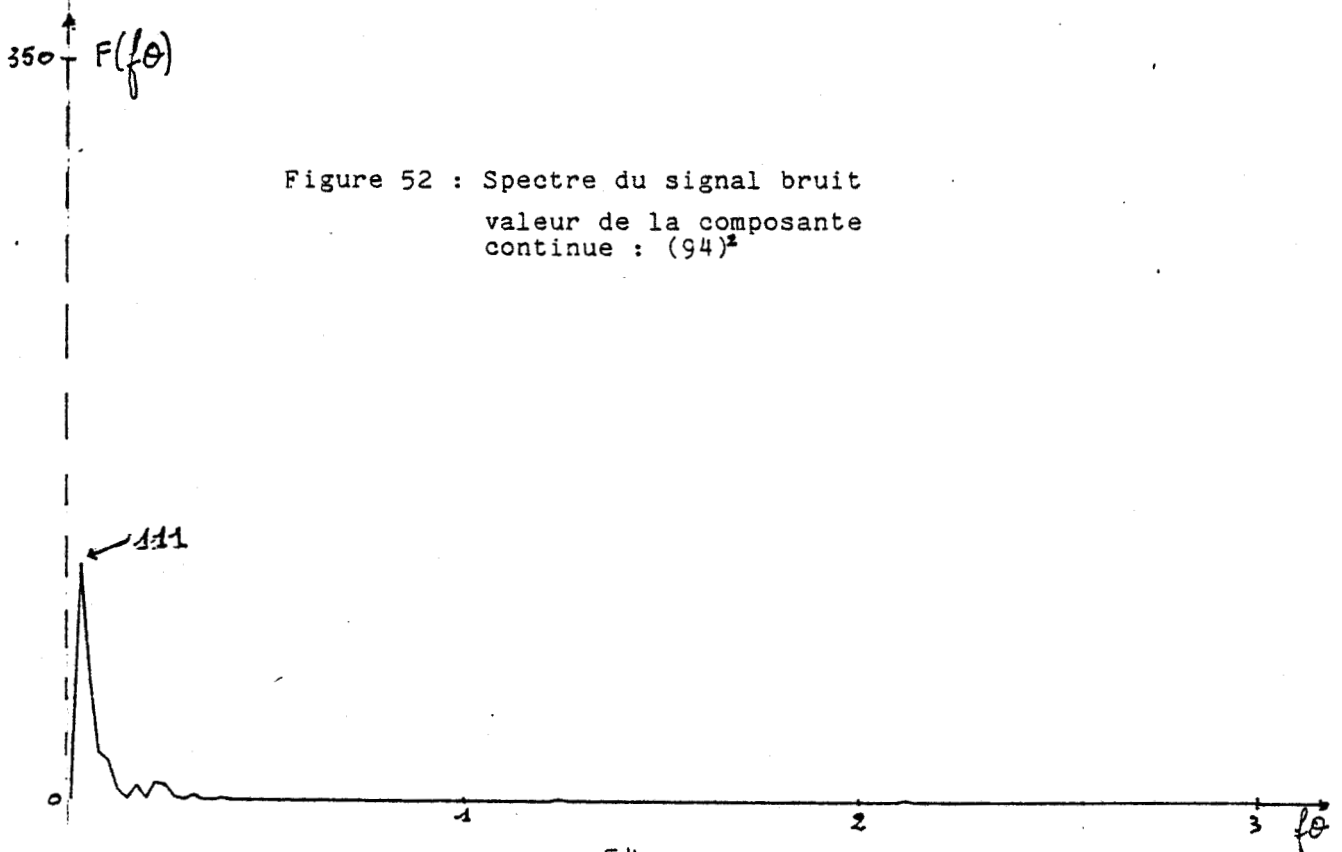
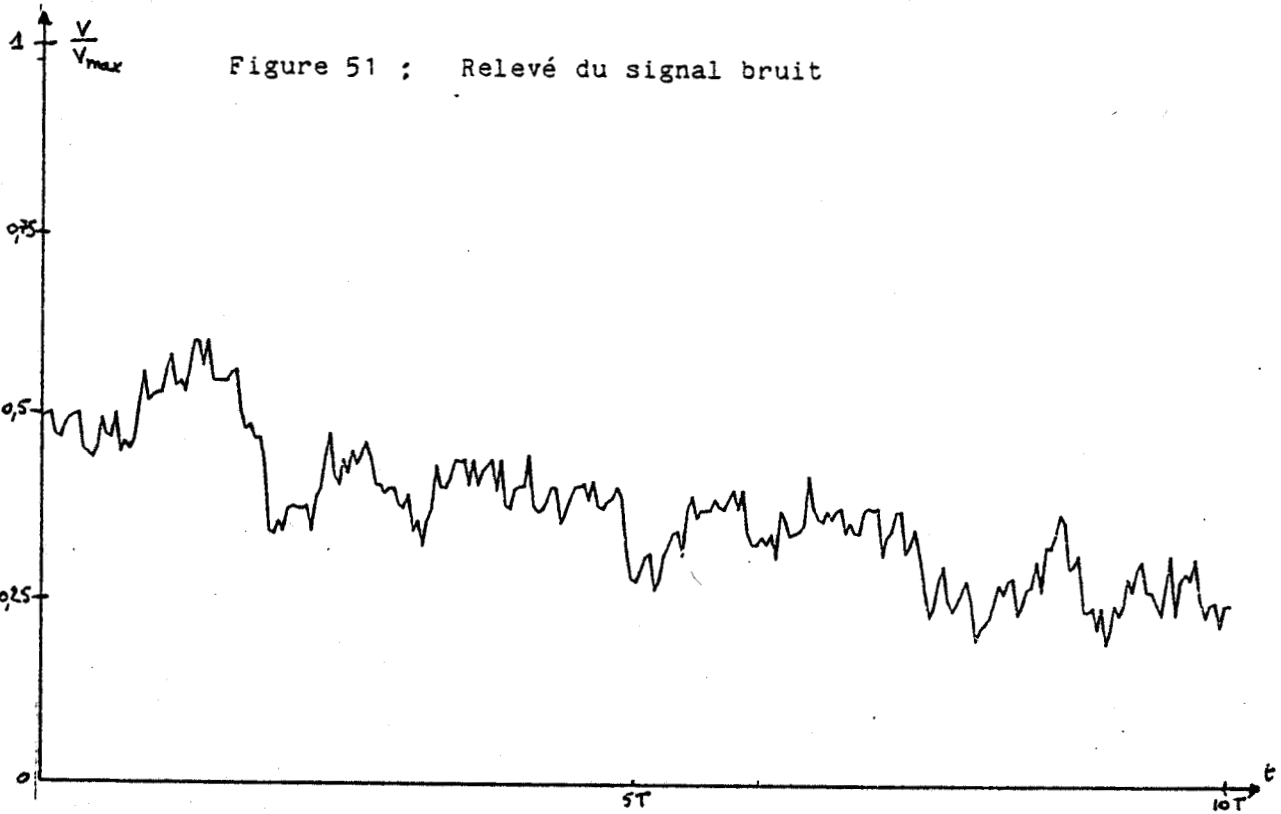
Pour faire cette comparaison, nous avons calculé les spectres par une transformée de Fourier rapide des relevés $r(t)$ définis sur un module de 256 échantillons qui correspond à 10 fois la période du signal Braille élémentaire. L'exemple de la figure 50 représente la partie analysée du signal $r(t)$ (figure 49) prélevé sur la totalité d'une ligne de points. L'analyse de ce relevé montre qu'il est nécessaire, pour effectuer une comparaison du spectre du signal avec le spectre du signal modélisé, que le spectre analysé soit celui du signal non bruité.

FIGURE 50



La méthode employée pour obtenir le spectre du signal non bruité est décrite ci-dessous à l'aide du relevé de la figure 50.

Nous relevons le signal bruité (figure 51) en pratiquant une acquisition du relief du support au voisinage de la ligne de points Braille sur laquelle a été prélevé le signal bruité de la figure 49. La figure 52 représente le spectre de ce signal bruité.



Il en résulte que le spectre du signal non bruité, représenté figure 54, est obtenu en soustrayant les parties réelles et imaginaires du spectre du signal bruité (figure 52) à celles du spectre du signal bruité (figure 53).

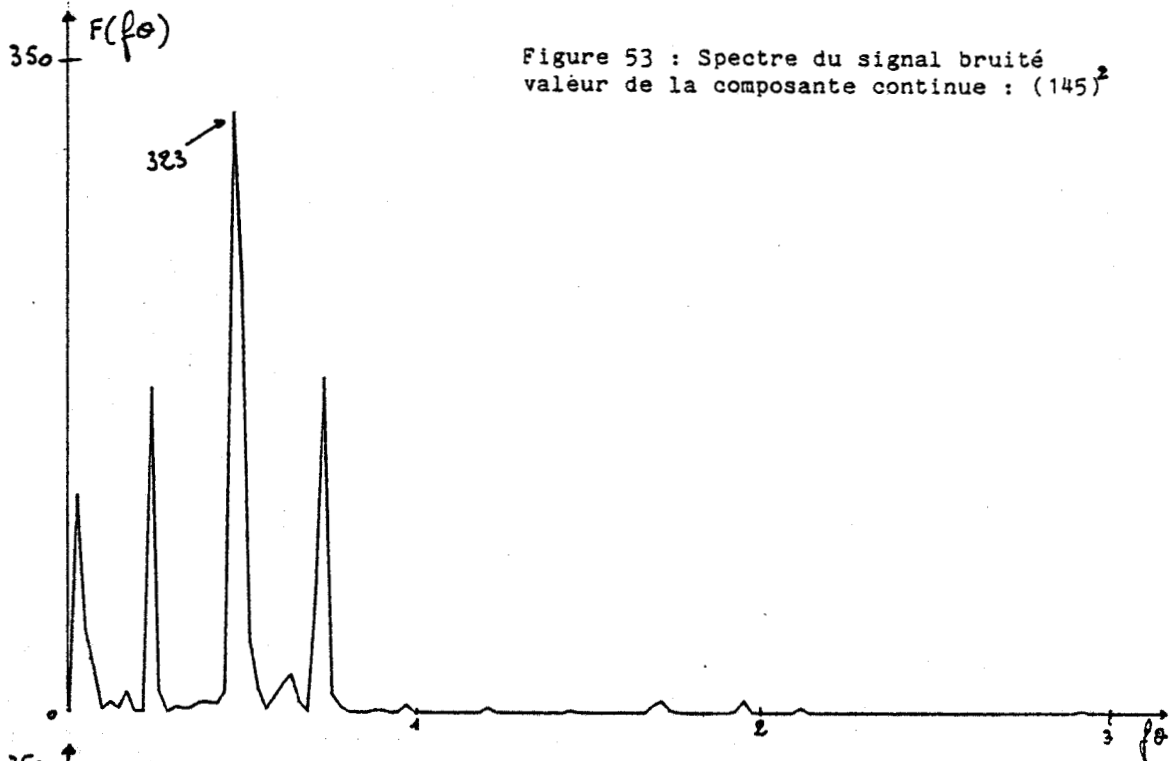


Figure 53 : Spectre du signal bruité
valeur de la composante continue : $(145)^2$

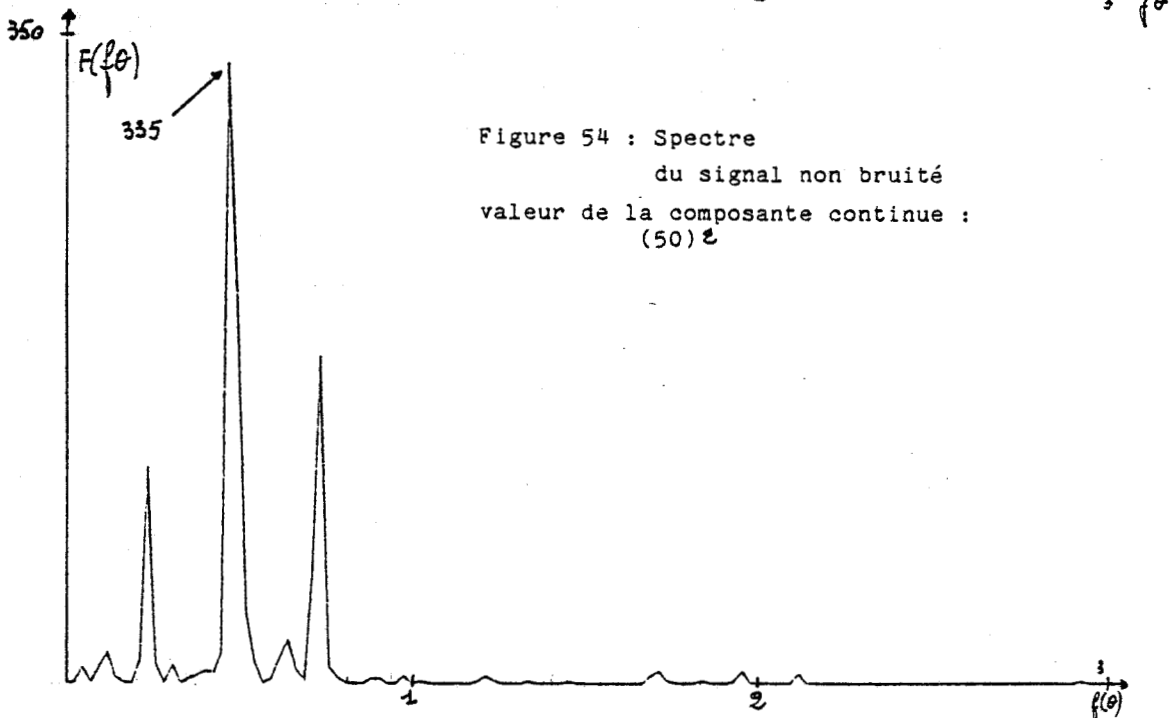
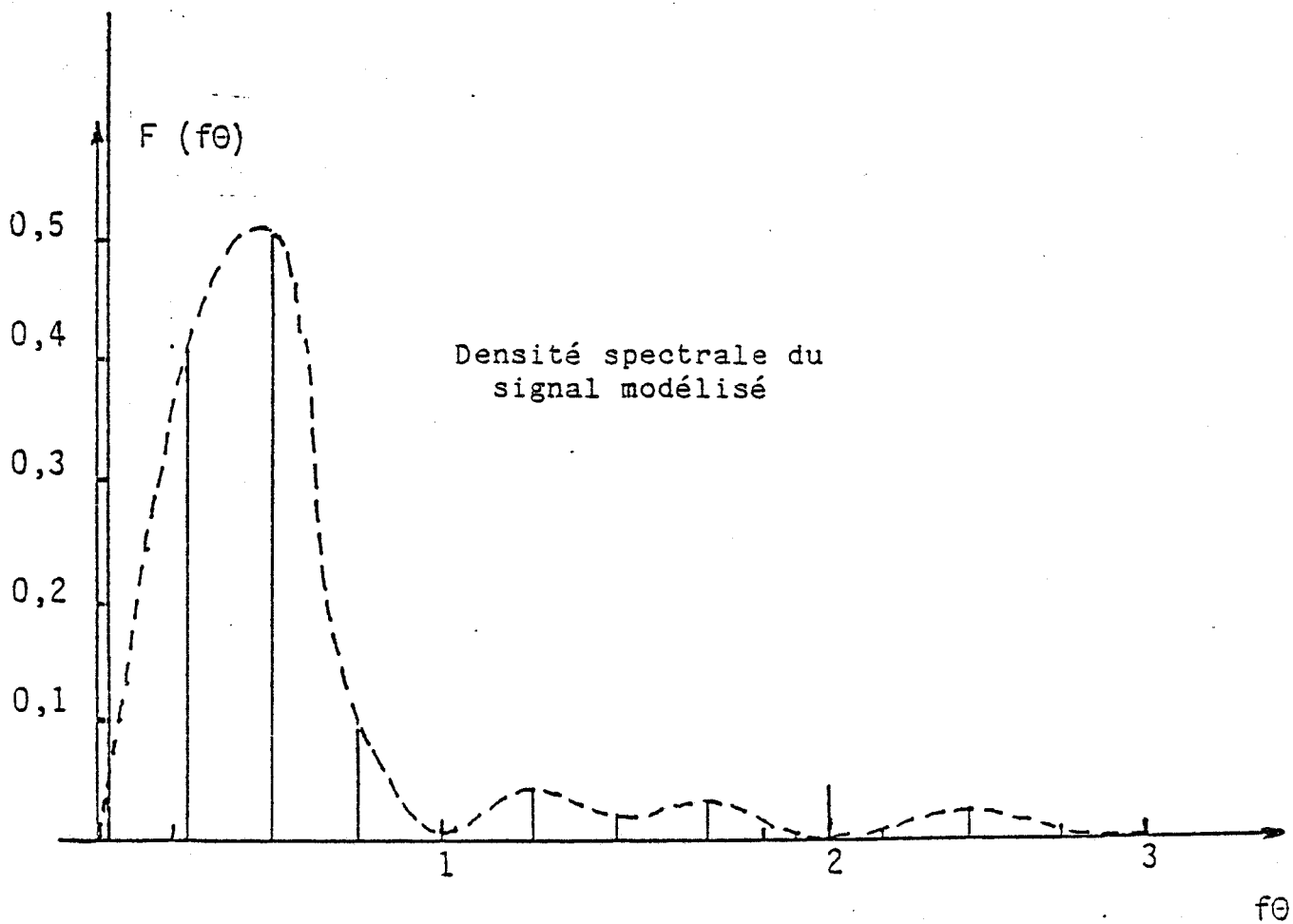
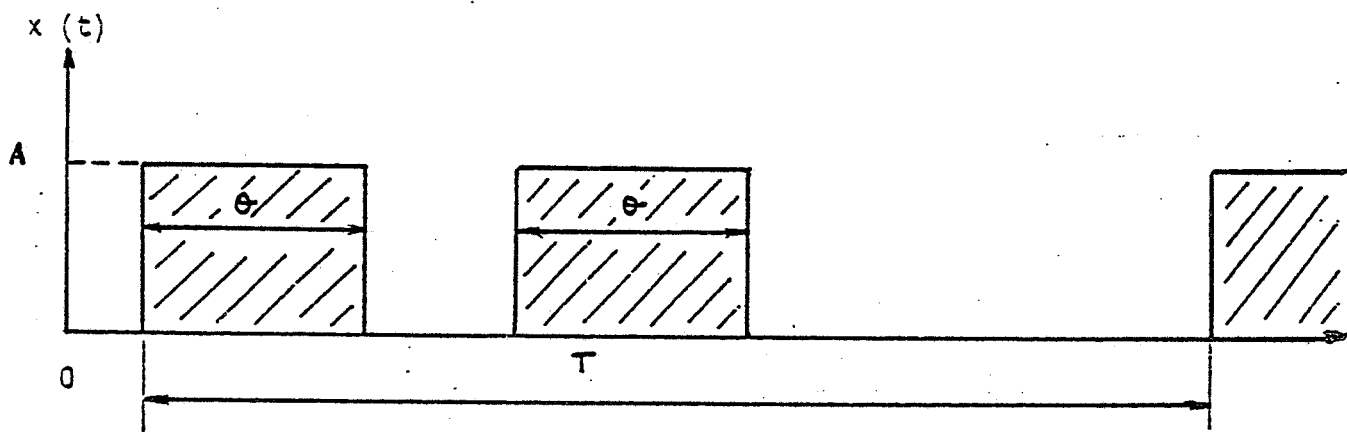


Figure 54 : Spectre
du signal non bruité
valeur de la composante continue : $(50)^2$

Les spectres résultants seront ensuite comparés au spectre du signal modélisé de la figure 48. Pour faciliter cette comparaison, les spectres sont calculés en prenant le carré du module des raies qui est une grandeur énergétique, proportionnelle à la densité spectrale de puissance. Comme le temps d'observation du signal reste constant, nous pourrions comparer directement ces spectres à celui de la densité spectrale de puissance (D.S.P.).

Forme du signal modélisé



La figure 56 représente le spectre d'un relief (figure 55) choisi sur un support presque parfaitement plan et présentant une répartition de points qui s'approche le plus de celle calculée dans la modélisation. En effet les probabilités respectives d'avoir un point sur la gauche ou sur la droite d'un graphème sont toutes deux égales à 1 tandis que dans le calcul du signal modélisé, elles étaient de 0.5 . On constate alors une assez bonne concordance entre ce spectre et la D.S.P issue de la modélisation.

Figure 55 : Relevé de relief

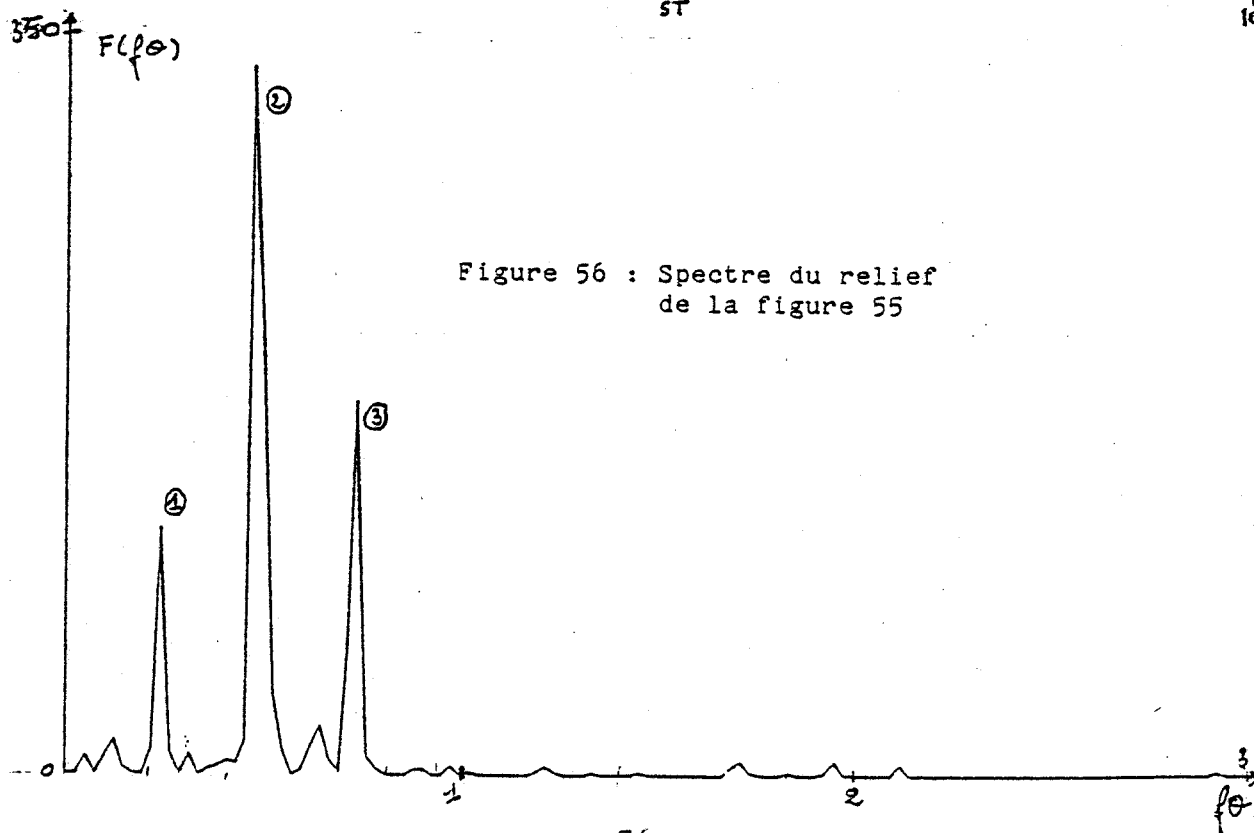
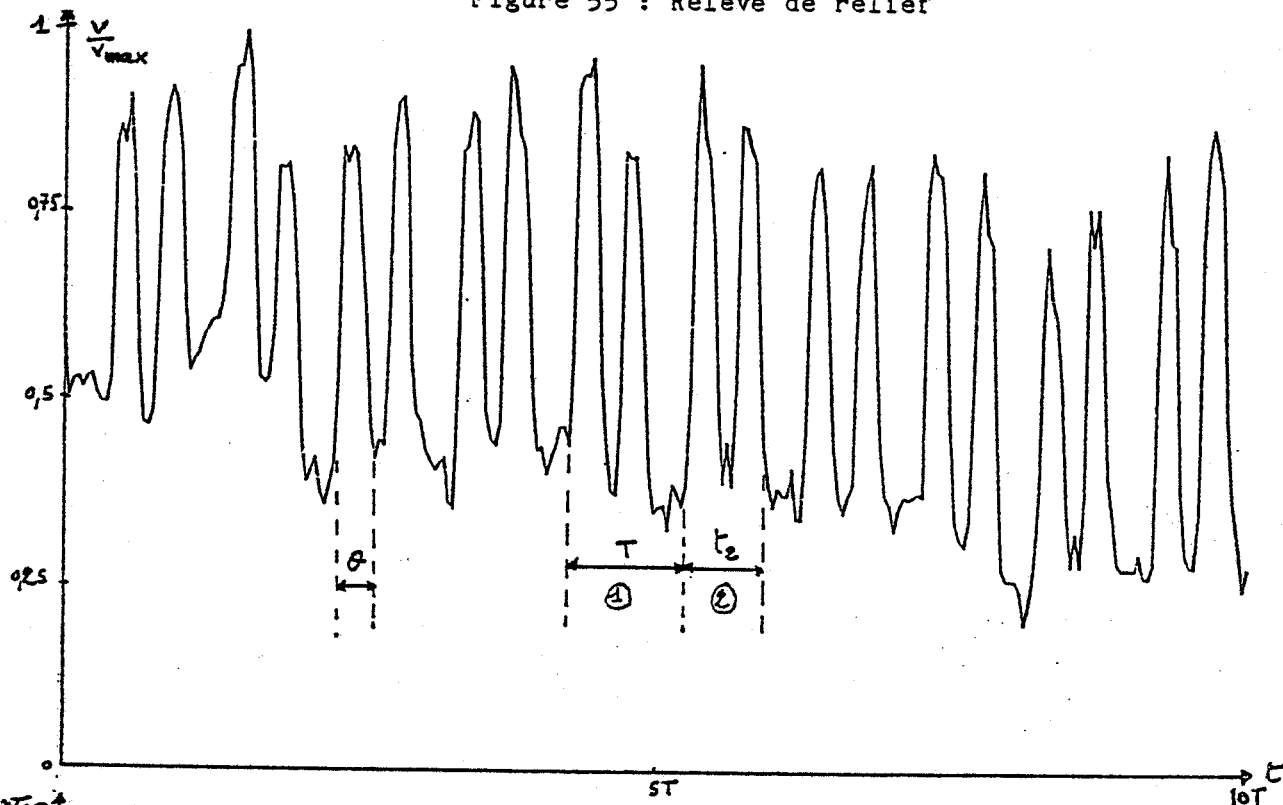
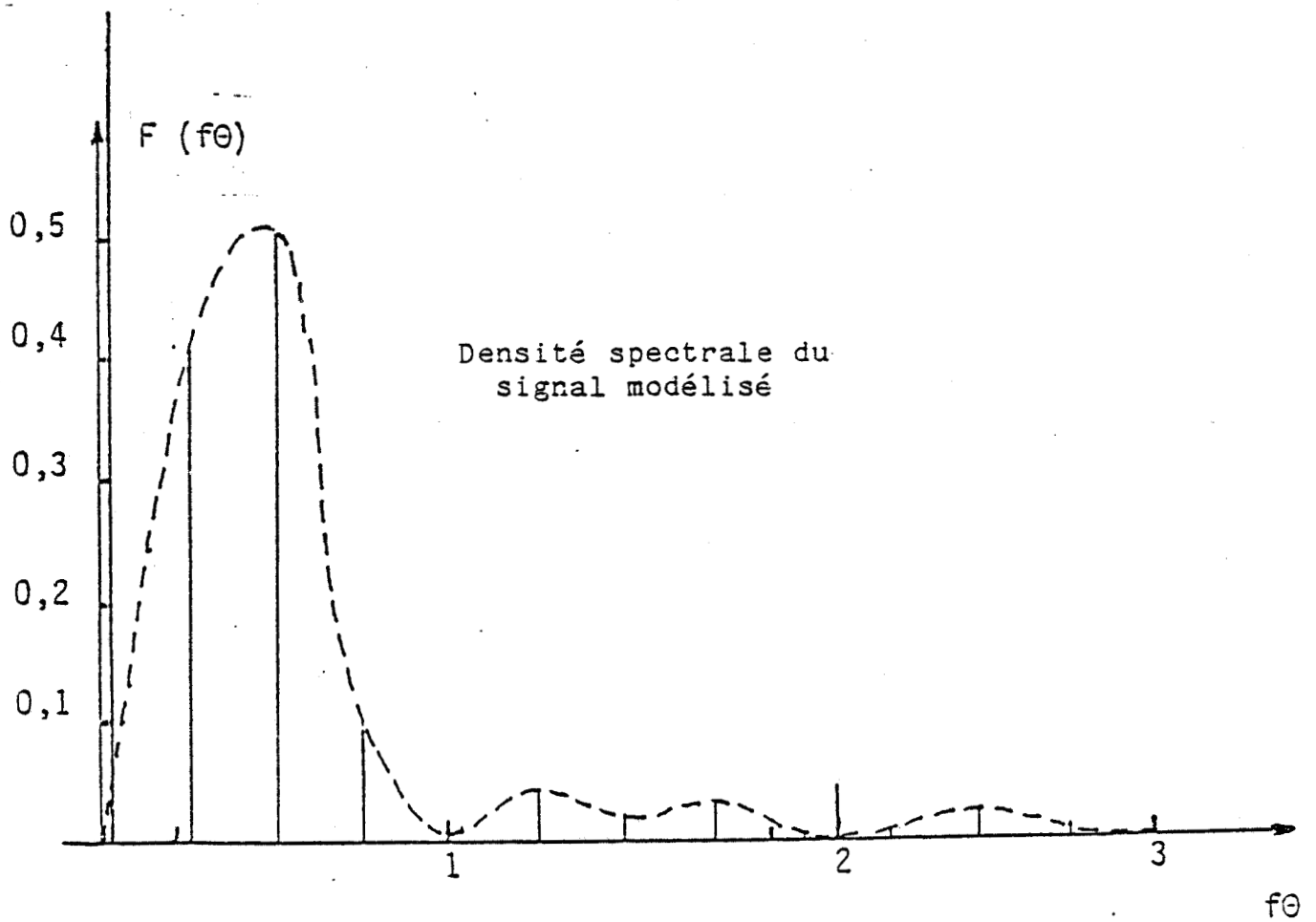
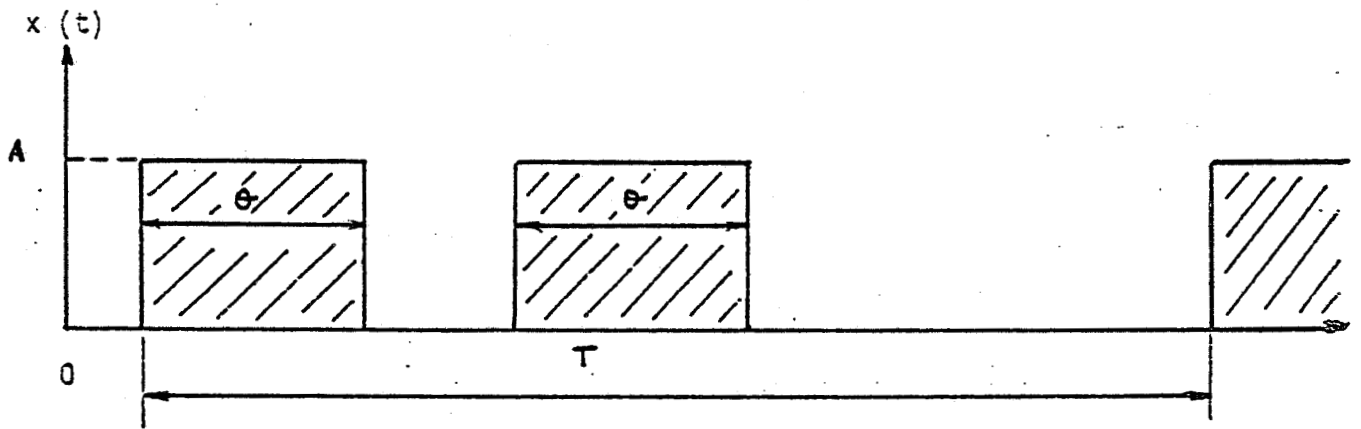


Figure 56 : Spectre du relief de la figure 55

Forme du signal modélisé



Nous avons effectué la même opération dans le cas d'un relief type présenté figure 57. Il est alors très difficile de comparer le spectre obtenu (figure 58) avec la D.S.P. On peut cependant remarquer de nombreuses raies en basse fréquence dont la présence semble liée au nombre réduit de points Braille (6 points au lieu de 20 précédemment). En effet à la largeur d'un point Braille correspond, dans le domaine fréquentiel, une raie caractéristique. Si le nombre de points Braille est faible, l'amplitude de la raie correspondante est faible et les intervalles séparant deux points font au contraire apparaître, dans le domaine fréquentiel, des raies en basse fréquence.

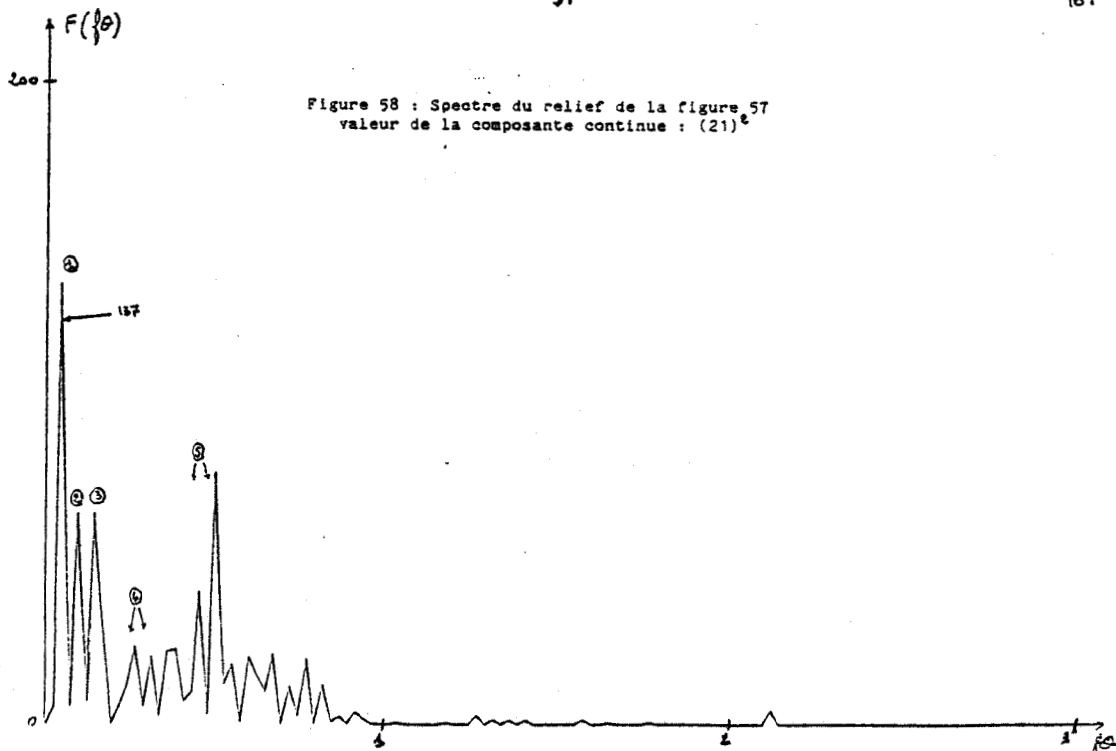
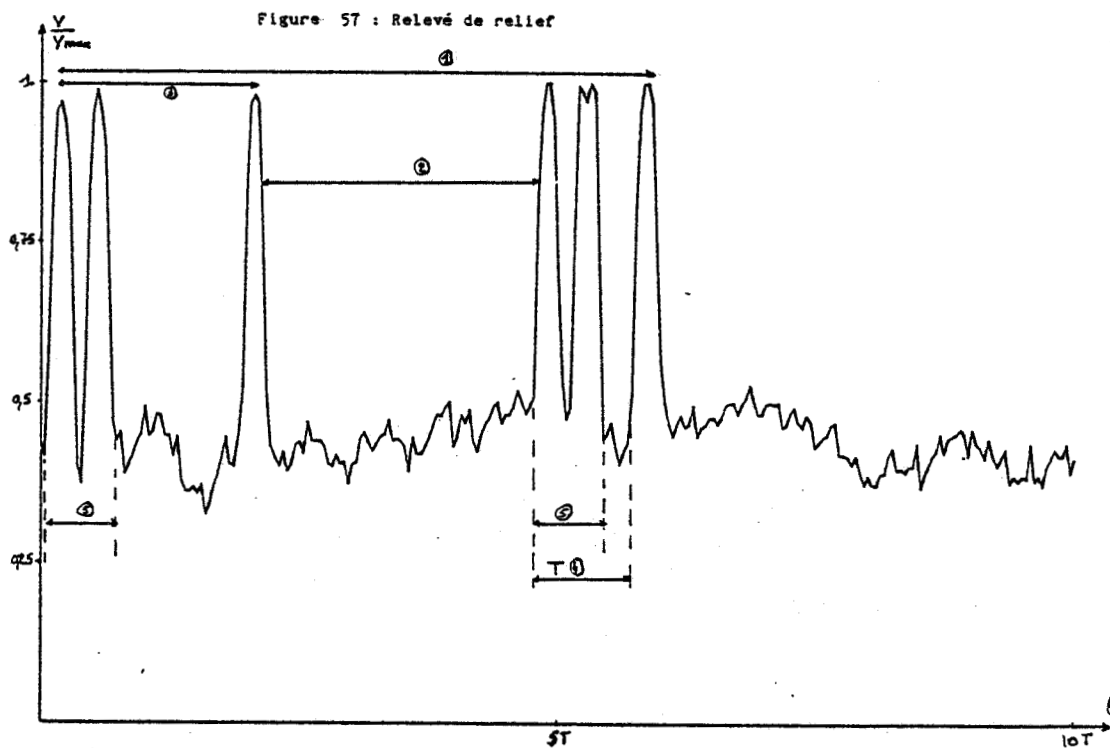


Figure 59a : Relevé de relief

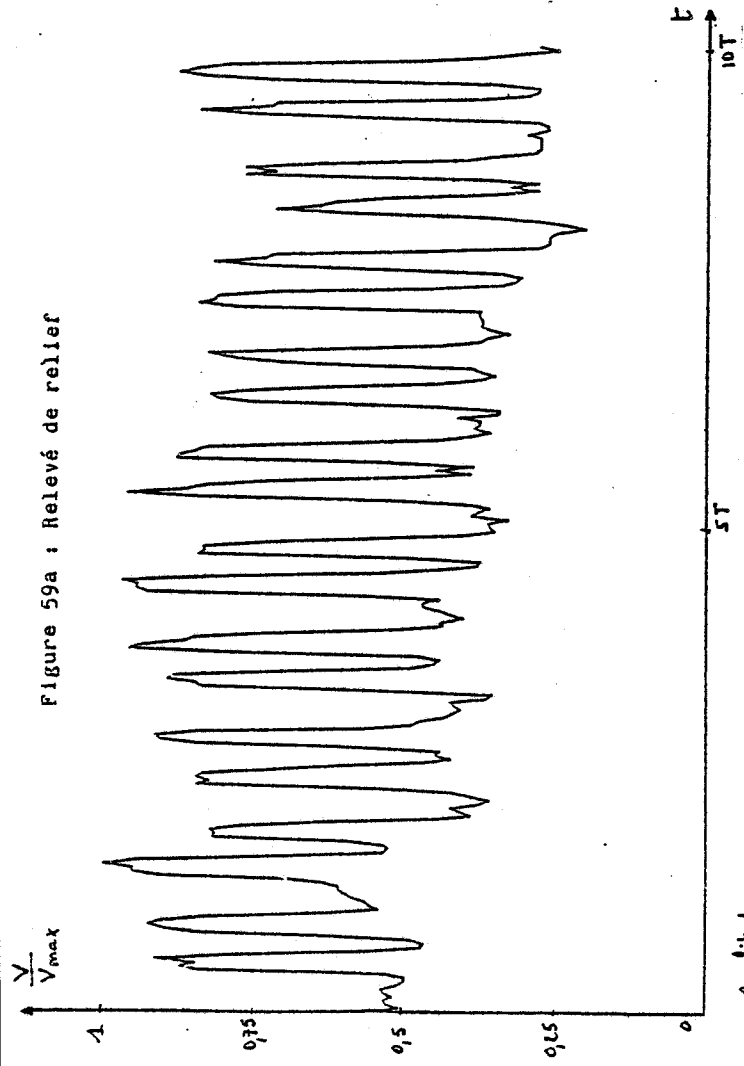


Figure 59b : Signal issu de la transformée inverse de Fourier du spectre de la figure 59a

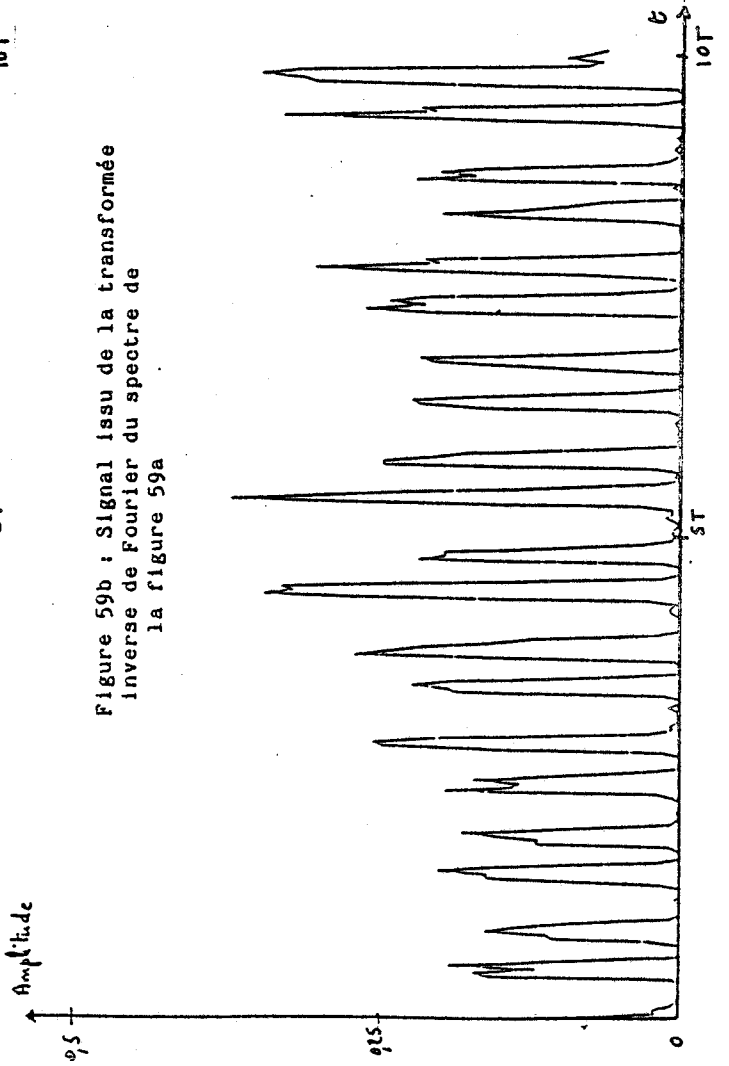


Figure 60a : Relevé de relief

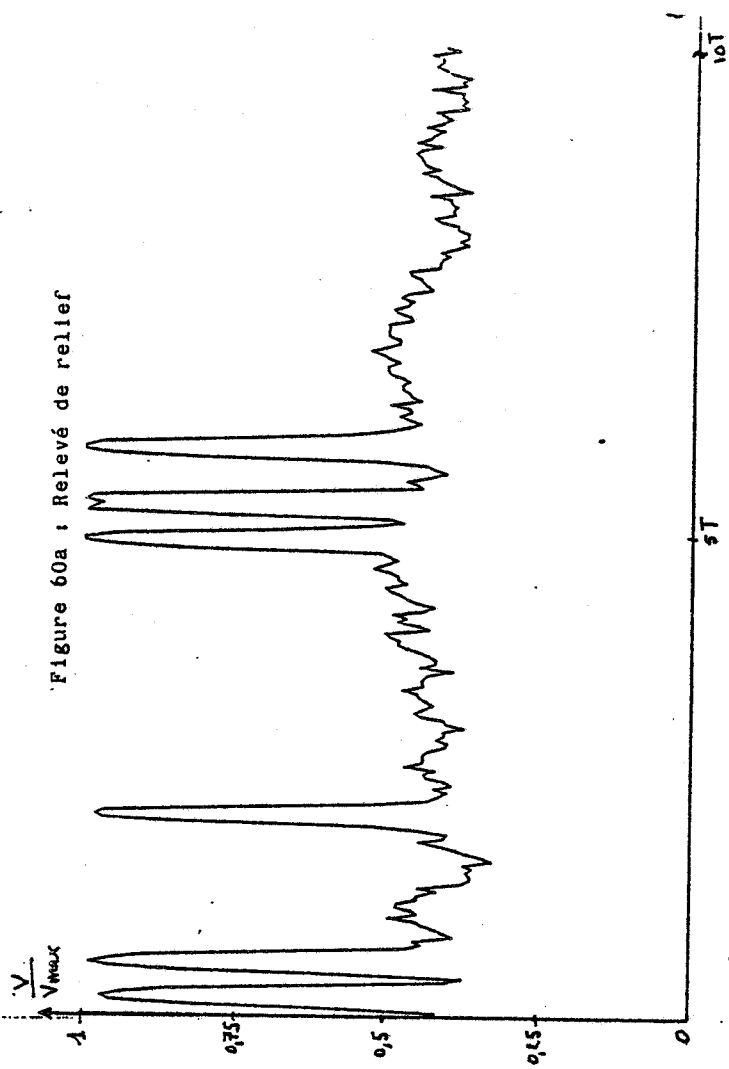
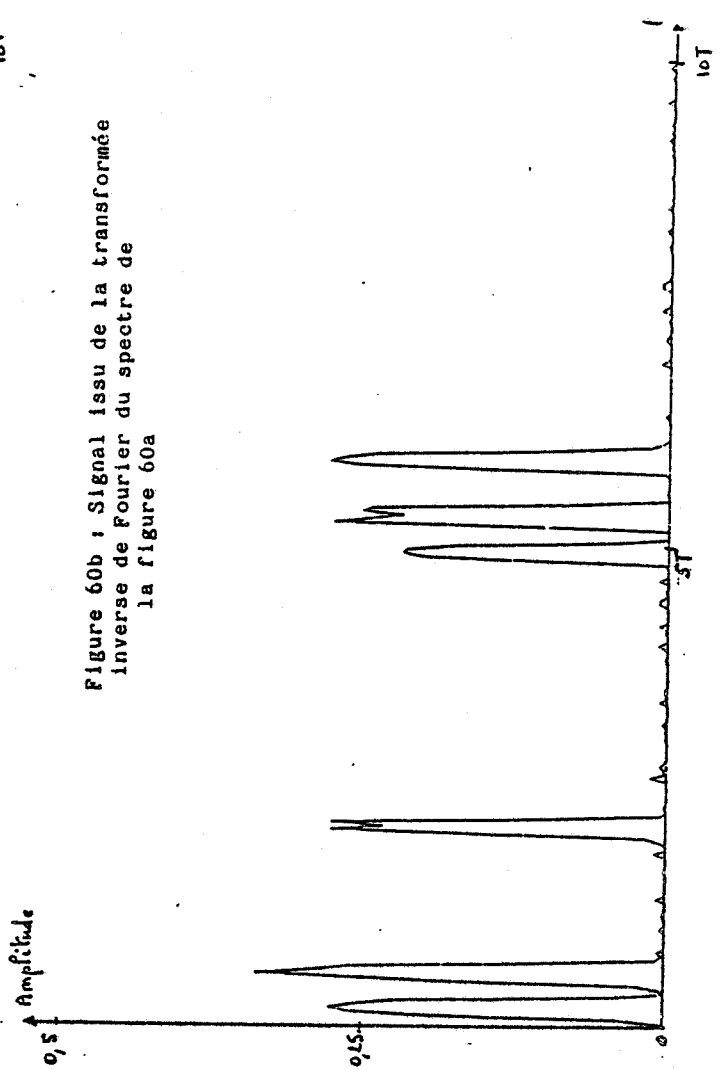


Figure 60b : Signal issu de la transformée inverse de Fourier du spectre de la figure 60a



Ces résultats nous ont permis de constater que l'extraction du signal Braille seul est difficile à réaliser à l'aide d'un filtre de fréquence. En effet, le spectre du signal utile a une étendue variable selon la nature du relevé et les fréquences F_1 et F_2 correspondant respectivement aux fréquences de coupure du filtre passe-bas et du filtre passe-haut ne peuvent plus être entrées une fois pour toute comme des constantes dans les algorithmes dont les expressions bien connues sont les suivantes :

$$s[nT] = \frac{1-a}{1+a} s[(n-1)T] + \frac{e[nT] + e[(n-1)T]}{1+a}$$

$$\text{avec } a = \cotg \pi F_1 T_0 \quad \text{et} \quad T_0 = \frac{\sigma}{6}$$

pour le filtre passe-bas et

$$s[nT] = \frac{1-b}{1+b} s[(n-1)T] + \frac{e[nT] - e[(n-1)T]}{1+b}$$

$$\text{avec } b = \tg \pi F_2 T_0$$

pour le filtre passe-haut

D'autre part, les fréquences F_1 et F_2 dépendent de la vitesse de balayage du capteur ; ce qui ne permet pas de posséder un automate de grande souplesse d'utilisation.

Il en résulte que de telles solutions offrent peu d'intérêt.

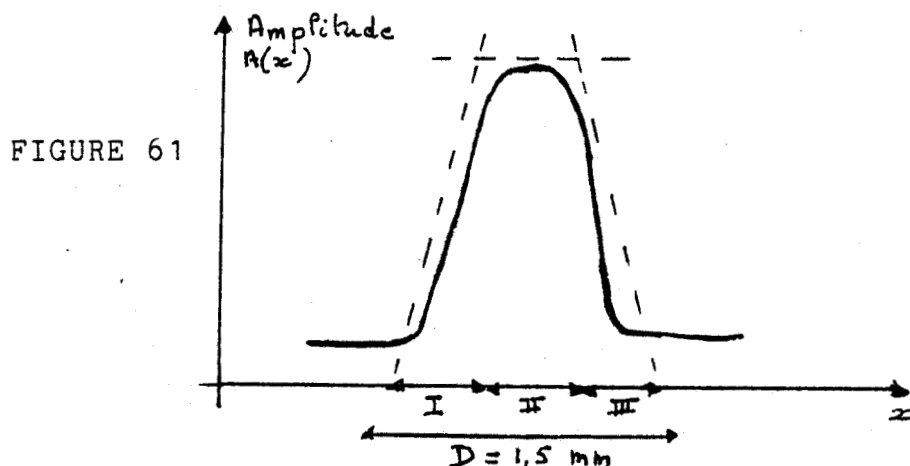
Cependant les signaux (figures 59b et 60b) respectivement issus de la transformée Fourier inverse des spectres (figures 56 et 58) montrent qu'un filtrage utilisant la transformée de Fourier et la méthode décrite précédemment pourrait constituer un filtre de relief Braille très efficace.

Mais cette solution ne peut être retenue car un tel filtrage demanderait un processeur de calcul spécialisé et un temps d'exécution non compatible avec le cahier des charges que nous nous sommes fixé (traitement temps réel).

II-3-2) Filtrage par analyse de scène

L'utilisation d'un tel type de filtre nécessite la connaissance de la forme du signal utile. Cette forme doit être distincte de la forme du signal de bruit.

Le capteur étant sensible aux différences de réflexion, la dynamique du signal de réponse à deux points Braille identiques embossés sur des supports qui ont des coefficients de réflexion différents, n'est pas constante. Cependant, l'évolution du signal est constante et peut être modélisée selon la figure 61.



On peut décomposer cette forme en trois zones :

- la zone I ou flanc gauche dans laquelle la dérivée $s(n+1)-s(n)$ est comprise entre deux valeurs $A+\alpha$ et $A-\alpha$:

$$A + \alpha > s(i+1)-s(i) > A - \alpha$$

- la zone II ou sommet dans laquelle la dérivée est pratiquement nulle et est de la forme :

$$+\varepsilon > s(i+1)-s(i) > -\varepsilon$$

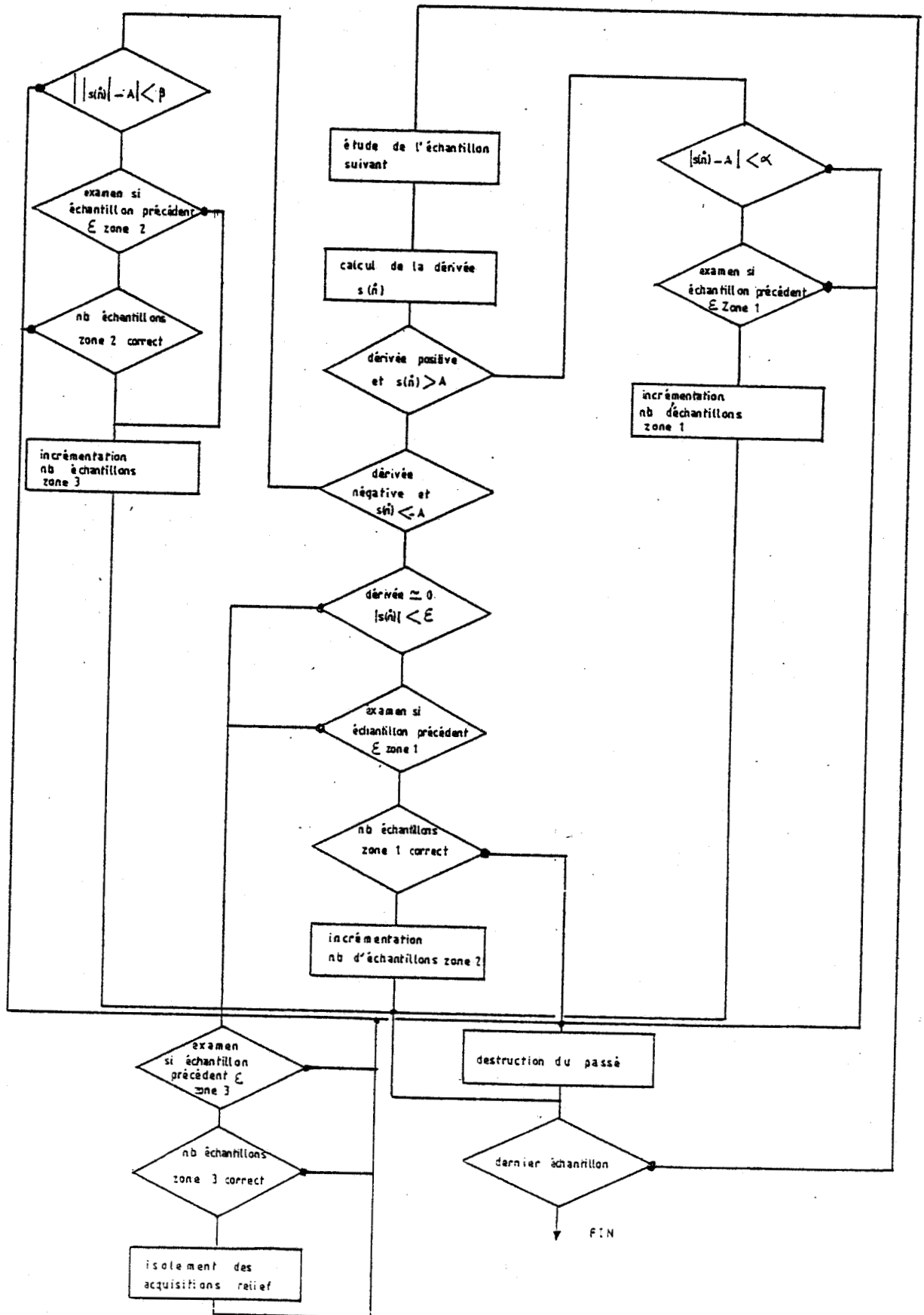
- la zone III ou flanc droit dans laquelle la dérivée est négative et est de la forme :

$$0 > -A + \beta > s(i+1)-s(i) > -A - \beta$$

Lorsque le signal de sortie est composé de l'enchaînement continu de ces trois zones I, II et III (dont l'étendue est connue), on peut affirmer qu'il correspond à la réponse à un point Braille. La détermination des zones est effectuée par l'étude de la dérivée seconde du signal, c'est-à-dire par la valeur de $(s(n+1)-s(n)) - (s(n)-s(n-1))$.

Les valeurs A , α , β , ε sont des constantes introduites une fois pour toutes dans l'algorithme du filtre dont l'organigramme est représentée figure 62.

FIGURE 62
 Organigramme de filtrage par étude de dérivée et analyse de scène



Cet algorithme de filtrage n'a pu cependant permettre d'extraire le signal Braille seul. En effet, les dimensions d'un point peuvent présenter de grandes variations selon le type d'embossage et l'usure du relief et il n'est pas possible d'ajuster les paramètres $A, \alpha, \beta, \varepsilon$.

Pour cette raison, il n'est nécessaire de donner aux paramètres des valeurs approximatives. Il en résulte une baisse de la qualité du filtre qui ne permet plus alors d'éliminer la composante du bruit due à la fluctuation rapide du fond de relief.

Nous avons donc étudié la mise en oeuvre d'un filtre qui, tout en utilisant l'étude de la dérivée pour le repérage de zone, permettrait d'éliminer cette composante du bruit.

Nous avons pour cela effectué un centrage du signal sur l'horizon caractéristique d'un point Braille (7 échantillons). Chaque échantillon $s(n)$ du signal est comparé à sa valeur centrée $E(s(n))$. Dans le cas où la différence $s(n) - E(s(n))$ entre ces deux valeurs est positive, cette différence est cumulée dans un registre de sommation. Dès qu'elle devient négative, on effectue une analyse du passé.

Cette analyse consiste à examiner le nombre de valeurs cumulées. Dans le cas d'un point Braille, ce nombre ne peut excéder la valeur de 4 et toute valeur supérieure permet de conclure à la détection d'un bruit. Pour augmenter le rapport signal sur bruit, nous avons fait intervenir la largeur de la zone où la différence $s(n) - E(s(n))$ est positive en effectuant de nouveau une sommation des acquisitions sur cette zone. Nous pouvons ensuite substituer aux acquisitions les résultats de ces opérations.

Cette méthode de filtrage a été appliquée à plusieurs relevés bruts de diverses origines. Les figures 63b et 64b montrent le résultat obtenu respectivement sur les relevés de relief des figures 63a et 64a.

Bien que le rapport signal sur bruit soit considérablement augmenté, nous n'avons pas utilisé ce filtre pour la reconnaissance du relief Braille. En effet, la qualité des résultats obtenus dépend non seulement de la forme estimée du signal de réponse à un point Braille (figure 61) mais aussi de la précision du positionnement du capteur sur l'axe des points Braille où le signal a été défini.

Pour ces raisons, ce type de filtrage ne peut, à lui seul permettre l'extraction de l'information sur les points relief mais, du fait de sa sensibilité par rapport à la forme d'un point, il a été utilisé pour effectuer le bon positionnement du capteur sur l'axe des points Braille.

Figure 63a
Relevé brut

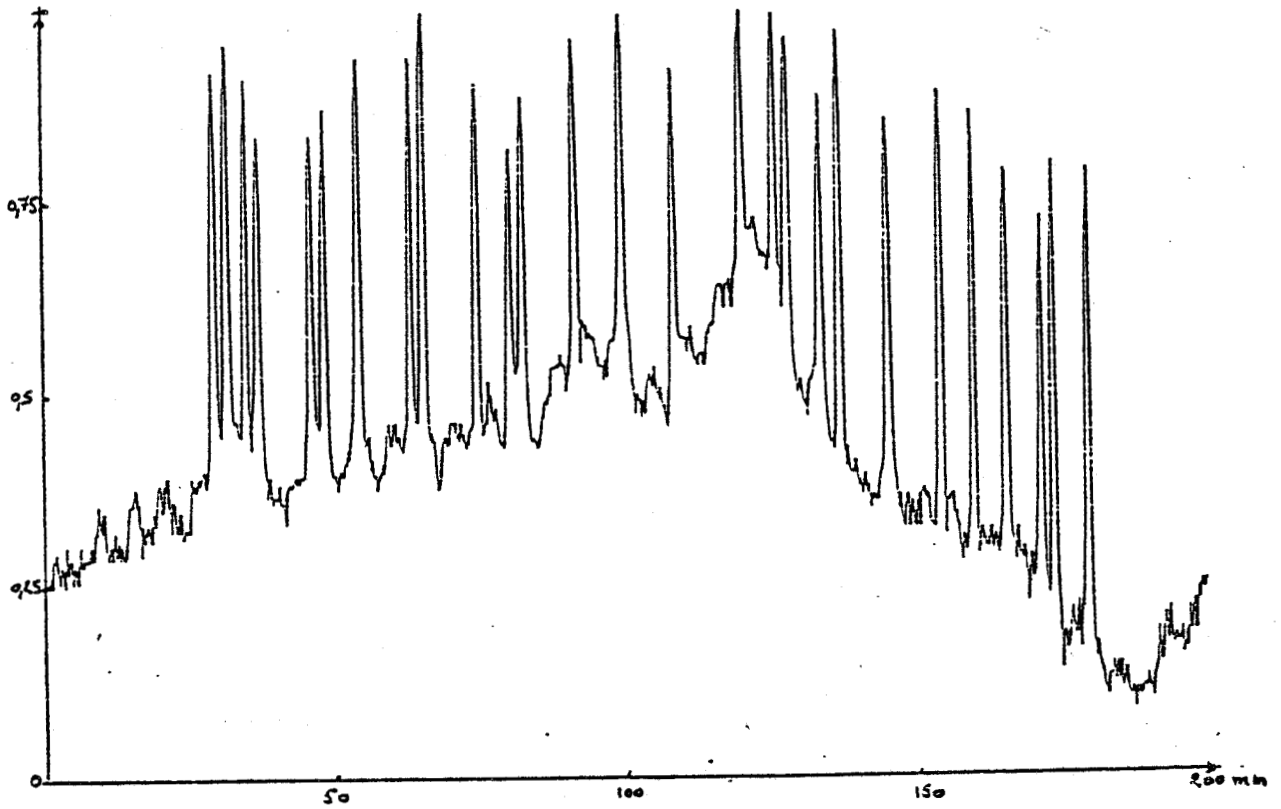
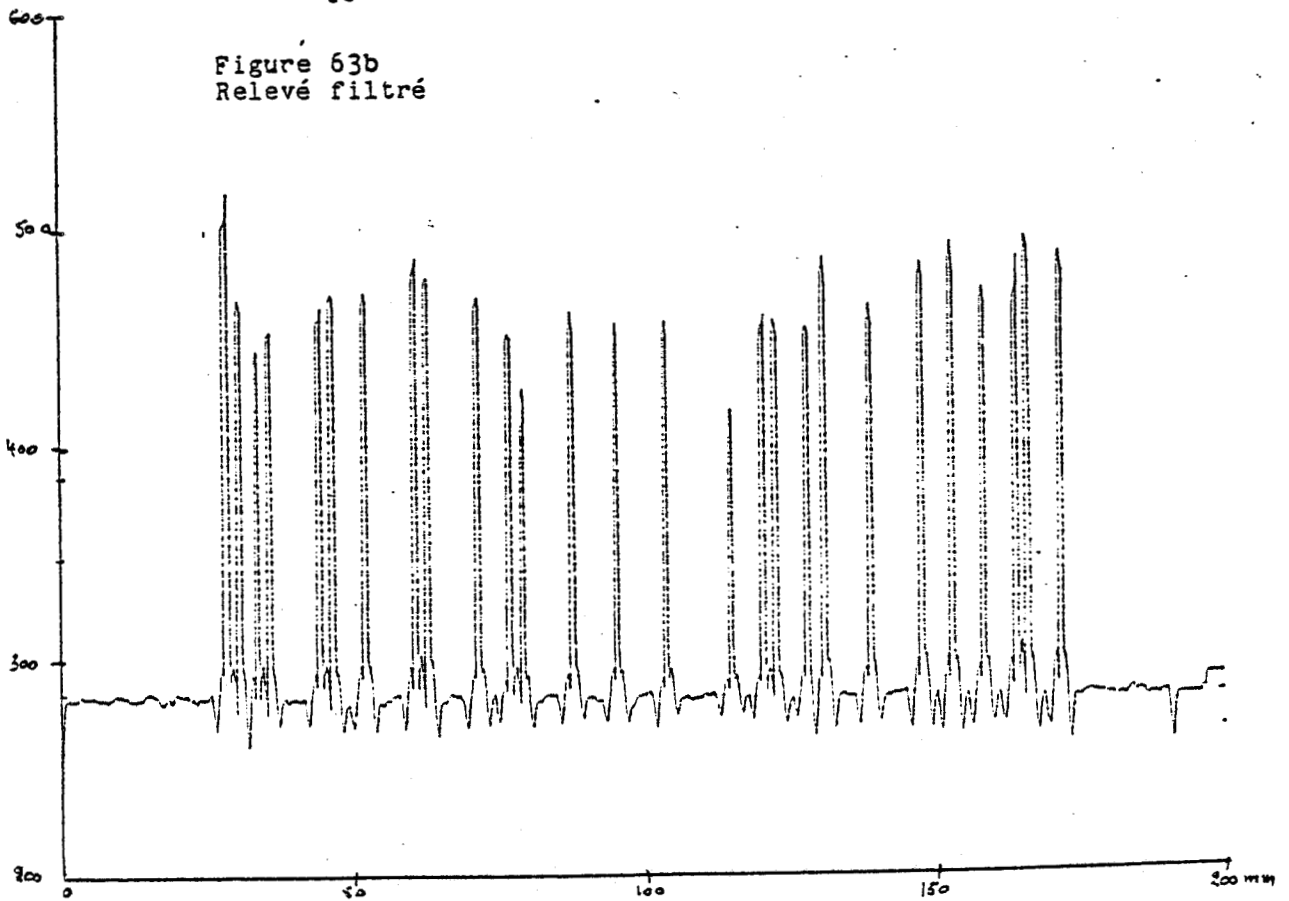
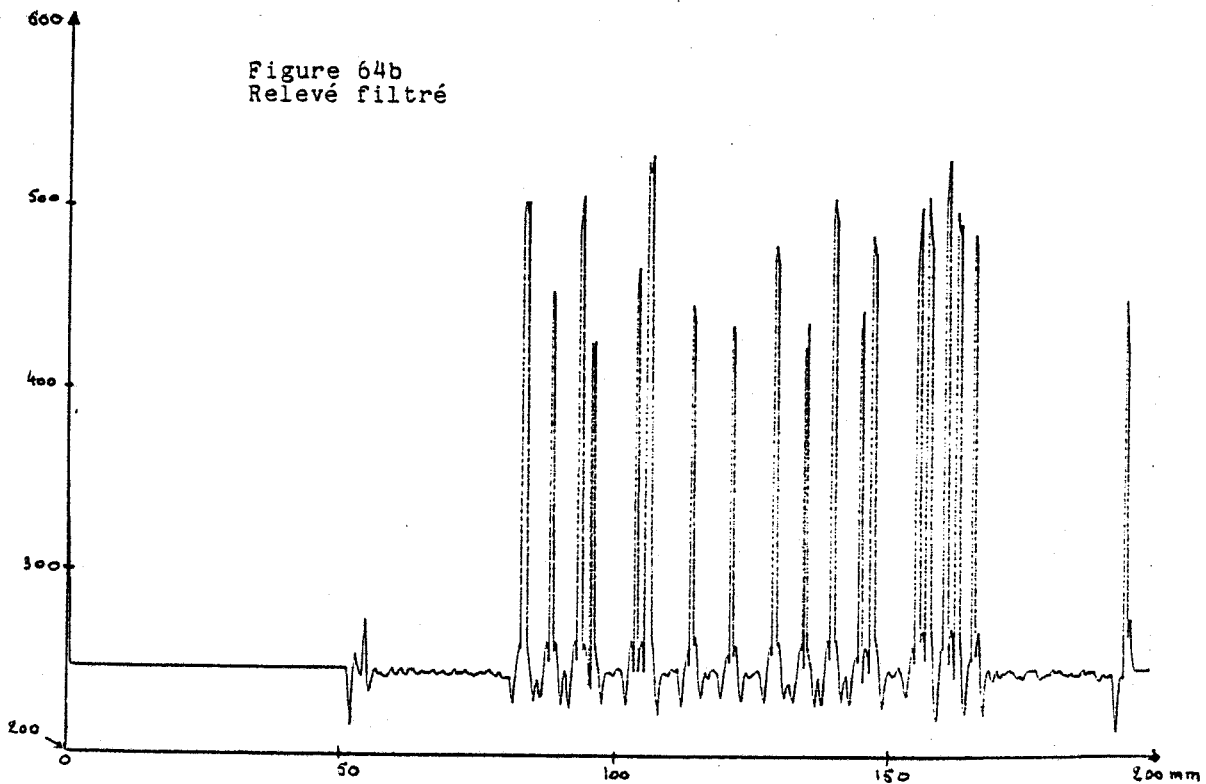
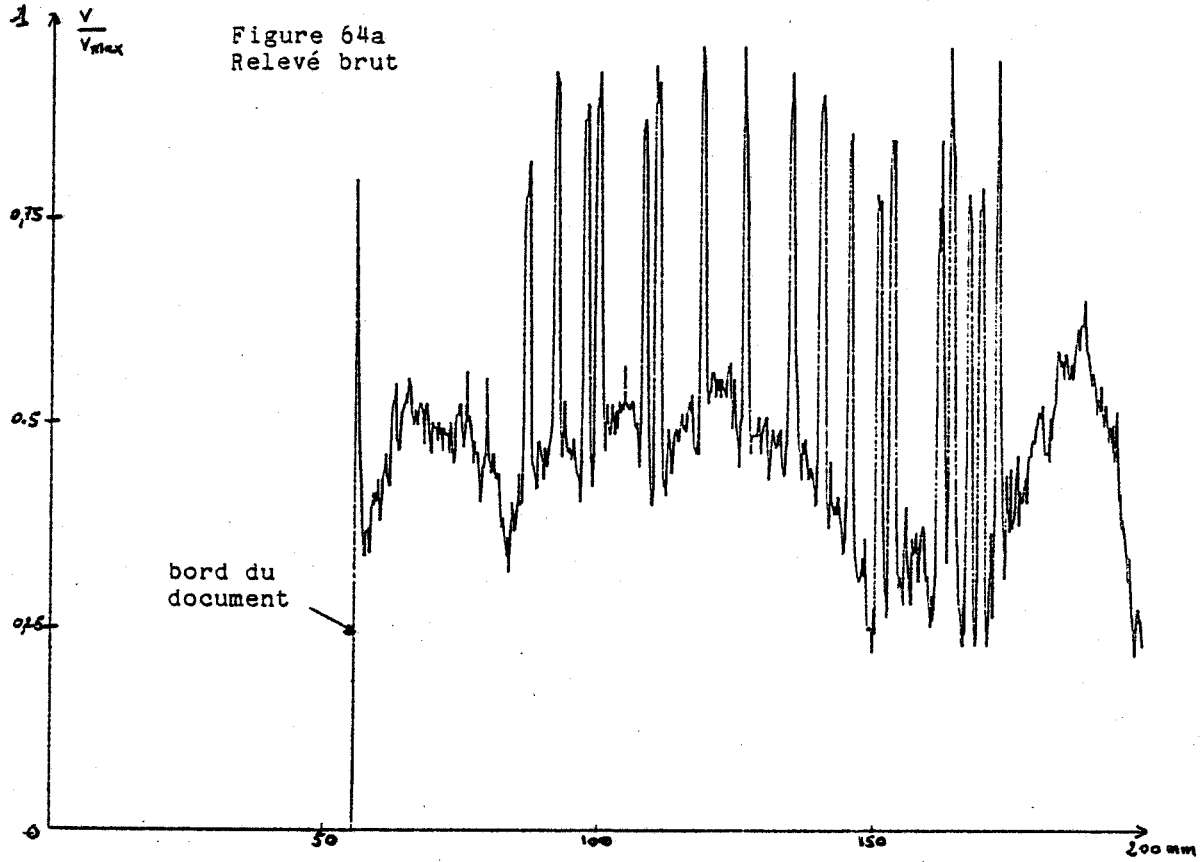


Figure 63b
Relevé filtré



Dans ce cas, le nombre de points Braille détectés n'est pas pris en compte et le bon positionnement du capteur est vérifié si la sommation de l'ensemble des valeurs des acquisitions centrées est maximale, c'est-à-dire que le capteur a balayé l'axe d'une ligne de points Braille lorsque : $S(n) - E(s(n))$ est maximale.

FIGURE 64



II-3-3) Filtrage adapté

Nous rappelons la propriété bien connue du filtre adapté qui consiste à rendre maximal le rapport signal sur bruit $Y(t_0)$ donné par l'expression :

$$\gamma(t_0) = \frac{|\Delta_1(t_0)|^2}{C b_1 b_1} = \frac{|\Delta_1(t_0)|^2}{n^2(t)}$$

La fonction de transfert $H(jf)$ du filtre adapté qui rend maximal $Y(t_0)$ est donnée par la relation :

$$H(f) = \frac{E^*(f)}{S_{bb}(f)} e^{-2\pi j f t_0}$$

En effet (4) la puissance moyenne du bruit à la sortie du filtre est donnée par la relation générale :

$$n^2(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} |H(jf)|^2 \cdot N(f) \cdot df$$

Dans notre cas, le bruit est différent suivant les supports et il faudrait idéalement autant de fonctions de transfert différentes qu'il y a de natures de bruit. Pratiquement, nous avons choisi le cas d'un bruit blanc d'entrée qui a l'avantage d'avoir une densité spectrale de puissance constante, définie par :

$$N(\omega) = \frac{N_0}{2}$$

On obtient donc pour la puissance moyenne du bruit à la sortie :

$$n^2(t) = \frac{N_0}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} |H(jf)|^2 \cdot df$$

Comme le signal de sortie du filtre peut être exprimé par :

$$\Delta_1(t_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} H(jf) \cdot E(jf) \cdot e^{2\pi j f t_0} df$$

On obtient alors pour le rapport signal sur bruit :

$$\gamma(t_0) = \frac{\left[\int_{-\infty}^{+\infty} H(jf) \cdot E(jf) \cdot e^{2\pi j f t_0} df \right]^2}{\frac{N_0}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} |H(jf)|^2 df}$$

Pour calculer la valeur de ce rapport, on peut utiliser l'inégalité de Schwartz-Buniakowski qui pour toutes fonctions $A(\omega)$ et $B(\omega)$ de carré sommable s'écrit :

$$\left[\int_{-\infty}^{+\infty} A(\omega) \cdot B(\omega) d\omega \right]^2 \leq \int_{-\infty}^{+\infty} |A(\omega)|^2 d\omega \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} |B(\omega)|^2 d\omega$$

avec l'égalité pour $A(\omega) = B^*(\omega)$

En appliquant cette inégalité à la relation qui définit $Y(t)$, on obtient l'inégalité :

$$\left[\int_{-\infty}^{+\infty} H(j\omega) E(j\omega) e^{j\omega t_0} d\omega \right]^2 \leq \int_{-\infty}^{+\infty} |H(j\omega)|^2 d\omega \int_{-\infty}^{+\infty} |E(j\omega)|^2 d\omega$$

$$\text{soit } Y(t_0) \leq \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} |E(j\omega)|^2 d\omega}{N_0/2}$$

la valeur maximum de $Y(t)$ est obtenue lorsque il y a égalité, c'est-à-dire lorsque $H(j\omega)$ est défini par :

$$H(j\omega) = [E(j\omega) e^{j\omega t_0}]^* = e^{-j\omega t_0} E^*(j\omega)$$

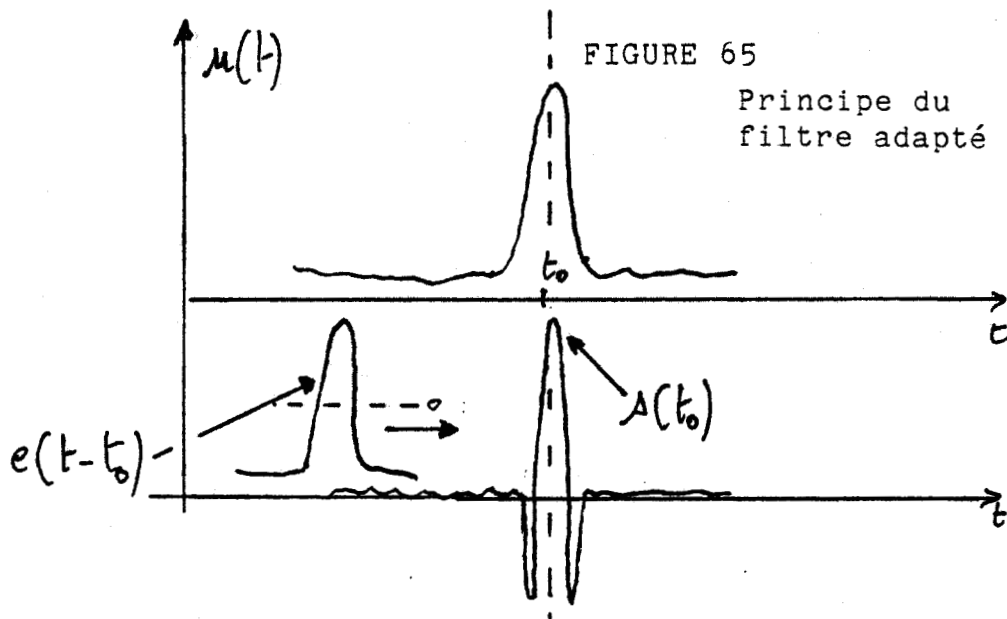
On obtient donc pour la réponse impulsionnelle du filtre adapté la relation suivante :

$$h(H) = \Delta [-(t-t_0)]$$

La réponse impulsionnelle du filtre est donc égale au signal $s(t)$ retourné dans le temps et décalé de T_0 . Si on appelle $e(t)$ la réponse impulsionnelle et $u(t)$ le signal délivré par le capteur, on peut exprimer le signal de sortie sous la forme :

$$s(H) = \lim_{T_0 \rightarrow \infty} \int_{-T_0}^{+T_0} u(\lambda) e(\lambda - (t-t_0)) d\lambda = \lambda C_{ue}(t-t_0)$$

Le signal de sortie est maximum lorsqu'il y a coïncidence entre la forme du signal à filtrer et la réponse du capteur à un point Braille ($t = t_0$). A ce moment, l'amplitude de $s(t)$ est proportionnelle à l'énergie du signal. t_0 est, par exemple (figure 65), l'instant où le capteur passe sur le sommet d'un point Braille. On admet, par ailleurs, que la réponse du capteur à un point Braille est d'étendue limitée dans le temps et n'interfère pas avec la réponse du point voisin.



Pour pratiquer le calcul de $s(t)$, réponse du filtre à chaque point dont le sommet est situé à l'abscisse t_0 , on peut alors pour chacun de ces points calculer séparément la fonction de corrélation en effectuant un changement de l'axe des abscisses qui annule t_0 . On obtient alors la réponse du filtre sous la forme $s(t) = K C u e(t)$.

Si le signal sortant du capteur est indépendant de la vitesse de balayage, le signal de sortie du filtre peut aussi s'écrire :

$$A(x_0) = \int_{-x_0}^{+x_0} u(x) e(x-x_0) dx$$

Le décalage x_0 est obtenu en déplaçant la réponse impulsionnelle $e(x-x_0)$ du filtre le long du signal $u(x)$ délivré par le capteur.

Dans la pratique, le signal de sortie du capteur est échantillonné. Si on appelle Δx la distance qui sépare deux échantillons successifs, la réponse impulsionnelle $e(x-x_0)$ du filtre s'étend sur $2 N$ échantillons et on obtient l'algorithme du filtre :

$$S(n \Delta x) = \sum_{i=-N}^{i=N-1} u(i \Delta x) e[(n-N+i) \Delta x]$$

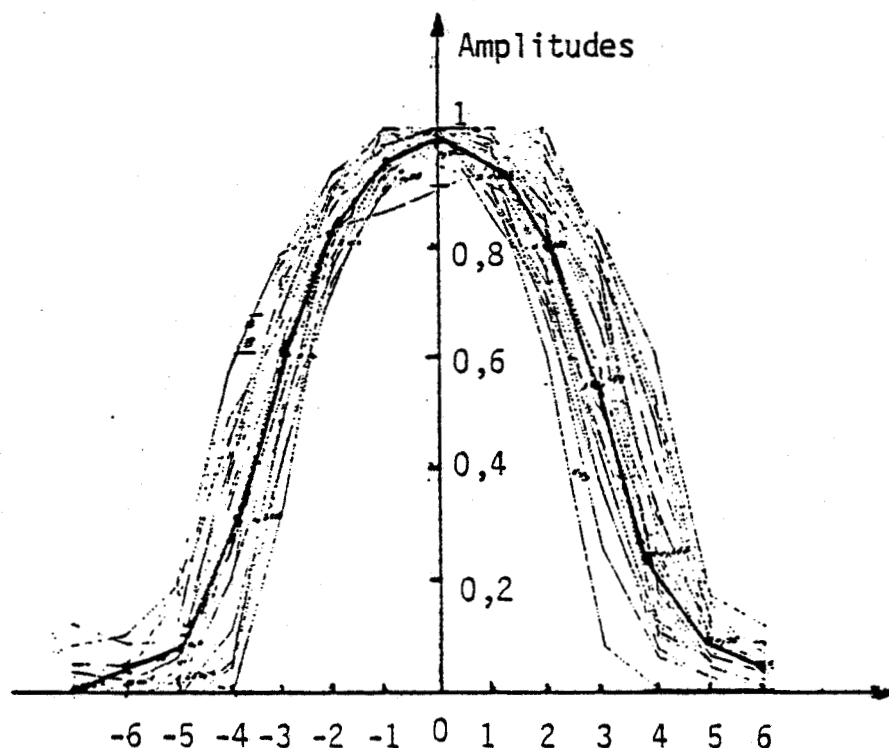
Pour conclure, le filtrage des informations reliefs à l'aide de cet algorithme nécessite d'une part la mise au point d'un logiciel support ayant une fonction de coût minimale, d'autre part la détermination de la réponse impulsionnelle du filtre, c'est-à-dire la valeur moyenne du signal de réponse à un point Braille.

II-4) Mise en oeuvre du filtre adapté

II-4-1) Modélisation de la réponse impulsionnelle du filtre

La réponse impulsionnelle du filtre appelée gabarit est obtenue en prenant la valeur moyenne de la réponse du capteur à la sollicitation d'un grand nombre de points Braille. Cette réponse (figure 66) est obtenue dans le cas où $N=14$.

FIGURE 66



On pratique un centrage du signal à filtrer en centrant la réponse impulsionnelle du filtre. L'application de ce filtre au signal relevé du relief de la figure 67a par exemple donne le résultat représenté figure 67b dans le cas où $N = 14$.

On constate que le rapport signal sur bruit est considérablement augmenté et il est alors beaucoup plus aisé de détecter automatiquement après filtrage la présence des points en relief.

En fait pour des raisons liées au pas d'échantillonnage (0.25mm), le relief d'un point (et par voie de conséquence l'étendue de la réponse impulsionnelle) est défini sur 7 échantillons. La valeur du rapport signal sur bruit diminue mais permet toujours la détection des points Braille.

II-4-2) Mise en oeuvre d'une mémoire en anneau

L'algorithme du filtre adapté dans le cas où N est choisi impair, est donné par la relation suivante:

$$Y(n \Delta x) = \sum_{i = -(N-1)/2}^{i = (N-1)/2} e(i \Delta x) u(n+i) \Delta x$$

Dans le cas du filtrage du signal relief d'un point Braille, la réponse impulsionnelle (ou gabarit) du filtre est symétrique et l'on peut écrire :

$$e(i \Delta x) = e(-i \Delta x)$$

On voit facilement que, pour le rang n de l'échantillon $y(n x)$ après filtrage, les termes correspondants à l'indice i positif ont déjà été calculés. Il en résulte que pour chaque nouvel échantillon du relief, il suffit de ne calculer que $((n-1)/2)+1$ nouveaux termes.

L'objectif que nous cherchons à atteindre consiste à augmenter au maximum le facteur de mérite du logiciel que l'on peut exprimer comme l'inverse du produit de la fonction de coût par la taille mémoire occupée par le traitement. Pour parvenir à une forme optimale, il faut se représenter les données pour mettre en évidence les redondances de calcul que l'on éliminera.

La représentation de la figure 68 permet à la fois de mettre en évidence ces redondances et de choisir les rangements des termes du filtrage dans un registre de taille minimale. Ce tableau, établi pour l'un des trois capteurs, représente dans la colonne de gauche, sur chaque ligne, le produit à calculer de l'échantillon $u((n+i) \Delta x)$ du relief avec chacun des échantillons $e(i \Delta x)$ du gabarit.

Les colonnes M0 et M6 peuvent être considérées comme représentant les cellules d'une mémoire en anneau qui contiendraient successivement les valeurs cumulées des résultats partiels du calcul de chaque échantillon du signal filtré.

Ainsi, on peut voir que l'échantillon filtré C(5), résultat de l'accumulation des valeurs des N=7 termes repérés par les étoiles de la colonne de la cellule M5, apparaît dans cette cellule sur la ligne du terme $u8 x e0$ repéré par une flèche. Ce tableau établi, permet de visualiser le rangement de chaque produit partiel accumulé au résultat précédent, à l'instant de son élaboration, dans la mémoire qui convient.

On peut alors, à partir de ce tableau, élaborer l'algorithme de la structure de données. Pour cela, nous repérons dans la colonne I de droite du tableau de la figure 68 un nombre i,

composé de chiffres représentant l'indice i de chacune des cellules mémoires M_i dans laquelle doit être rangé chaque produit partiel cumulé.

FIGURE 68

	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	I	
$u_1 e_3$::	::						17	<p>↓</p> <p>Fin du régime transitoire de l'algorithme</p> <hr/> <p>↓</p> <p>Régime permanent de l'algorithme</p> <p>$C(0) = u_0 e_3 + u_1 e_2 + u_2 e_1 + u_3 e_0$</p> <p>$C(1) = u_0 e_2 + u_1 e_3 + u_2 e_2 + u_3 e_1 + u_4 e_0$</p> <p>$C(2) = u_0 e_1 + u_1 e_2 + u_2 e_3 + u_3 e_2 + u_4 e_1 + u_5 e_0$</p> <p>$C(3) = u_0 e_0 + u_1 e_1 + u_2 e_2 + u_3 e_3 + u_4 e_2 + u_5 e_1 + u_6 e_0$</p> <p>$C(4) = u_1 e_0 + u_2 e_1 + u_3 e_2 + u_4 e_3 + u_5 e_2 + u_6 e_1 + u_7 e_0$</p> <p>$C(5) = u_2 e_0 + u_3 e_1 + u_4 e_2 + u_5 e_3 + u_6 e_2 + u_7 e_1 + u_8 e_0$</p> <p>$C(6) = u_3 e_0 + u_4 e_1 + u_5 e_2 + u_6 e_3 + u_7 e_2 + u_8 e_1 + u_9 e_0$</p> <p>$C(7) = u_4 e_0 + u_5 e_1 + u_6 e_2 + u_7 e_3 + u_8 e_2 + u_9 e_1 + u_{10} e_0$</p>
$u_1 e_2$	::		::					02
$u_1 e_1$				::				37
$u_1 e_0$					::			47
$u_2 e_3$			::					27
$u_2 e_2$		::		::				13
$u_2 e_1$	::				::			04
$u_2 e_0$						::		57
$u_3 e_3$				::				37
$u_3 e_2$		::			::			24
$u_3 e_1$						::		15
$u_3 e_0$	::						::	60
$u_4 e_3$					::			47
$u_4 e_2$						::		35
$u_4 e_1$		::					::	26
$u_4 e_0$	::							01
$u_5 e_3$						::		57
$u_5 e_2$							::	46
$u_5 e_1$	::							03
$u_5 e_0$		::						12
$u_6 e_3$							::	67
$u_6 e_2$								05	
$u_6 e_1$		::						14
$u_6 e_0$								23	
$u_7 e_3$								07	
$u_7 e_2$		::						16
$u_7 e_1$								25	
$u_7 e_0$								34	
$u_8 e_3$								17	
$u_8 e_2$								02	
$u_8 e_1$								36	
$u_8 e_0$								45	
$u_9 e_3$								27	
$u_9 e_2$								13	
$u_9 e_1$	::							04
$u_9 e_0$								56	
$u_{10} e_3$								37	
$u_{10} e_2$								24	
$u_{10} e_1$		::						15
$u_{10} e_0$	::							60

On constate que la séquence des nombres i qui déterminent l'ordre de rangement des produits partiels cumulés est périodique. Elle peut constituer alors une table d'adresses de rangement des termes de l'algorithme. Certains produits partiels (cas par exemple des produits $u_3 e_3$, $u_4 e_3$ etc...) ne sont à cumuler que dans une seule cellule M_i (exemple : cellule M_3 , M_4 etc...).

Pour constituer un algorithme systématique qui accumule chaque produit partiel dans deux cellules distinctes, on convient que, dans les cas cités ci-dessus, la seconde accumulation se fera dans une cellule mémoire fictive M7.

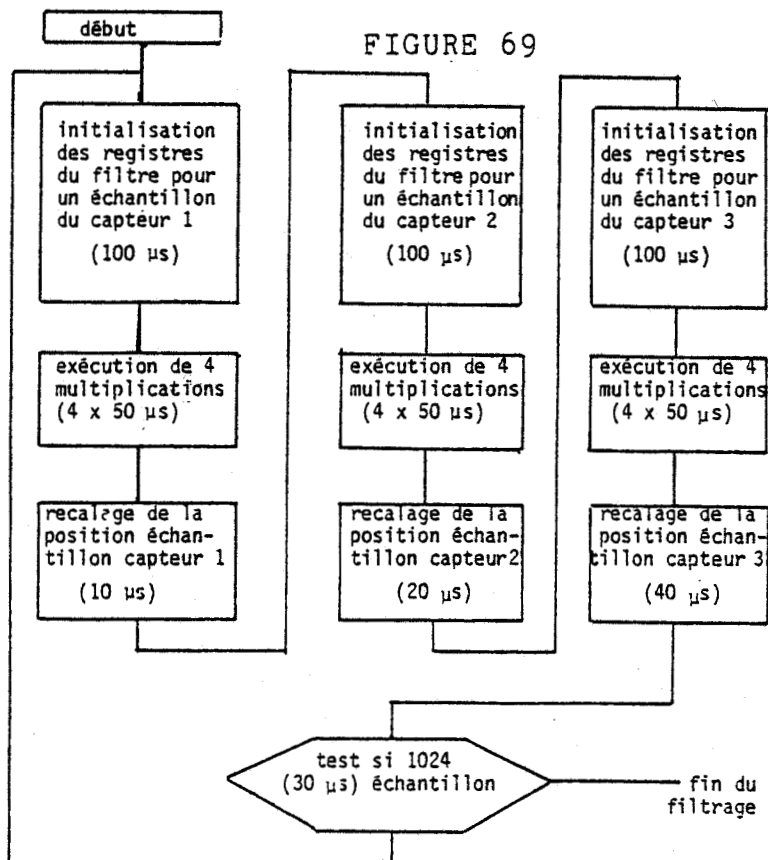
Cette méthode introduit l'ordre (7) dans les nombres décimaux contenus dans la table de rangement. Le contenu de la colonne 1 est périodique de période 28 lignes. Chaque ligne contient un nombre représenté en mémoire sur 2 octets.

Le filtre, muni de l'addition et de la multiplication sur 16 bits est donc constitué d'une table 56 octets pour le rangement de termes, d'un registre de 8 cellules et d'un registre résultat par capteur. Chaque cellule, contenant la somme de 7 termes produits de deux nombres fixes d'un octet, possède une taille égale à 2 octets.

Le registre résultat est en fait constitué physiquement par celui qui contient les échantillons d'entrée que le filtre remplace par les échantillons filtrés au fur et à mesure de l'avancement de son traitement filtrage.

On obtient ainsi une structure de données qui occupe une place mémoire minimum pour les trois capteurs de 3x16 octets de mémoires intermédiaires occupés par le 3x8 cellules de mémoire en anneau M0-M7 et en principe 3x1024 mots de 2 octets de résultats.

La mise en oeuvre de cet algorithme peut alors être représentée par l'organigramme figure 69.



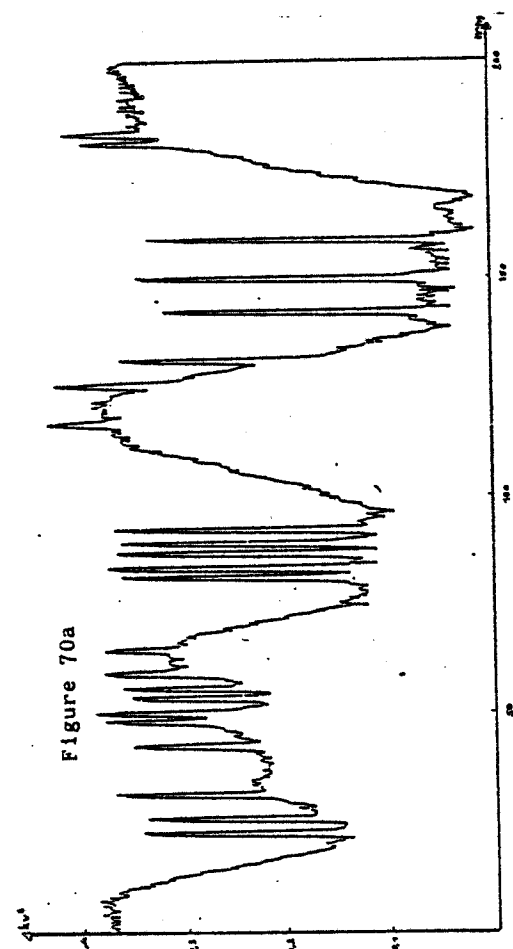


Figure 70a

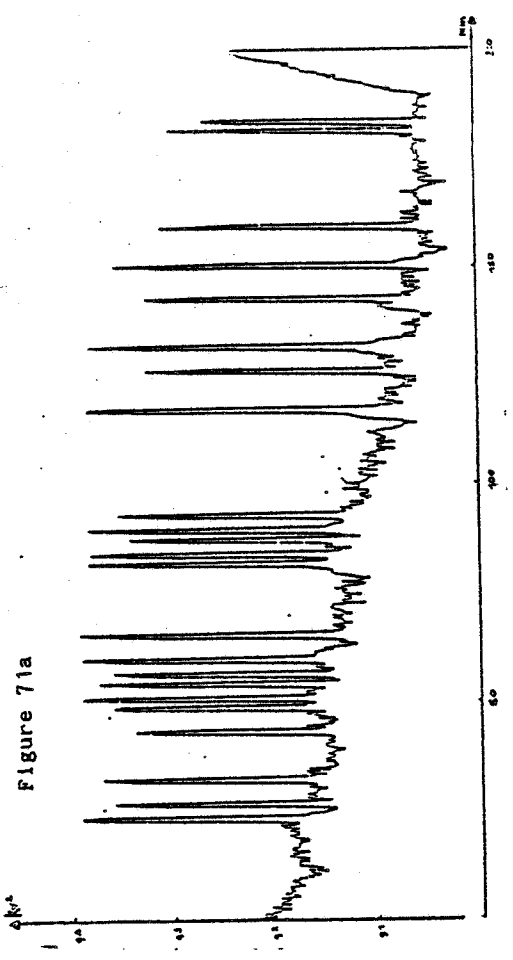


Figure 71a

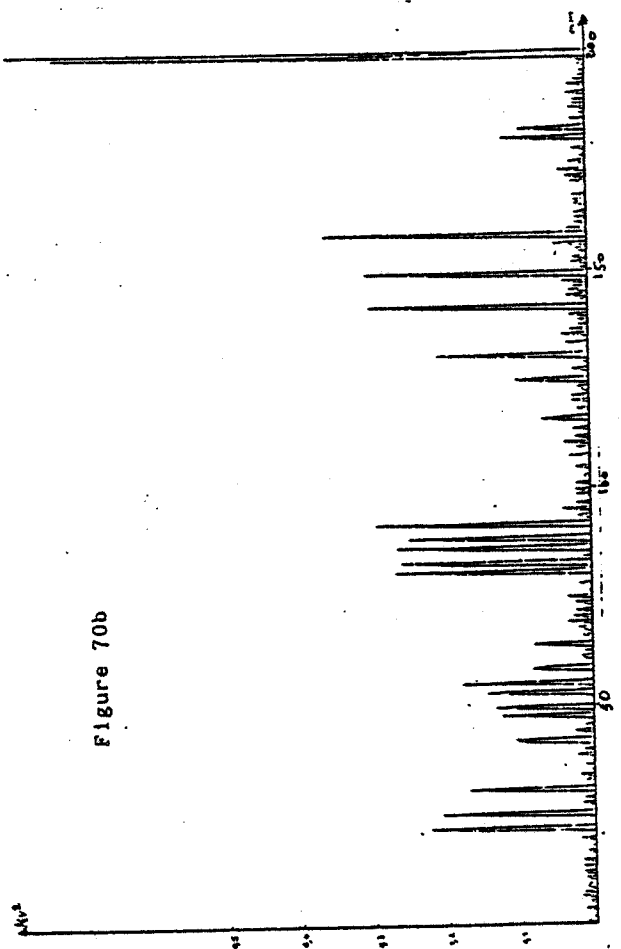


Figure 70b

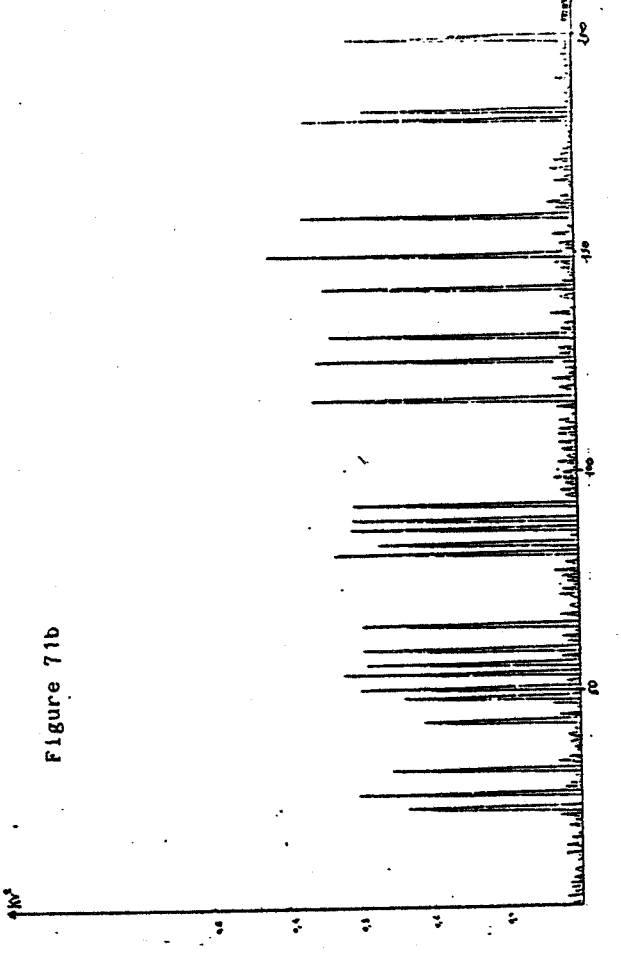


Figure 71b

Le résultat obtenu par l'application de ce filtre sur des relevés bruts (figures 70 et 71), montre que le rapport signal sur bruit est considérablement augmenté et qu'il est alors plus aisé de détecter automatiquement après filtrage la présence des points en relief.

Cette détection peut se faire en comparant le signal filtré à une tension de seuil. La détermination de la tension de seuil est effectuée à partir du concept de la théorie bayésienne de l'estimation et de la décision (4).

II-4-3) Etude du seuillage des acquisitions filtrées

Dans le cas présent, on peut considérer une source à deux symboles : l'absence (symbole S_0) ou la présence d'un point Braille (symbole S_1).

Chacun de ces symboles est présent avec une probabilité à priori respective P_0 et P_1 .

Pour décider de la présence ou de l'absence d'un point Braille, on compare la valeur u du sommet de chaque "pic" du signal délivré par le capteur après filtrage à une valeur de seuil de décision.

Le critère de Bayes consiste à choisir le seuil de décision de manière à ce que le coût moyen soit minimal.

Si on estime que prendre une bonne décision ne coûte pas, tandis que prendre une mauvaise décision conduit à un coût maximal égal à 1, le critère de décision de la présence d'un point Braille est donné par :

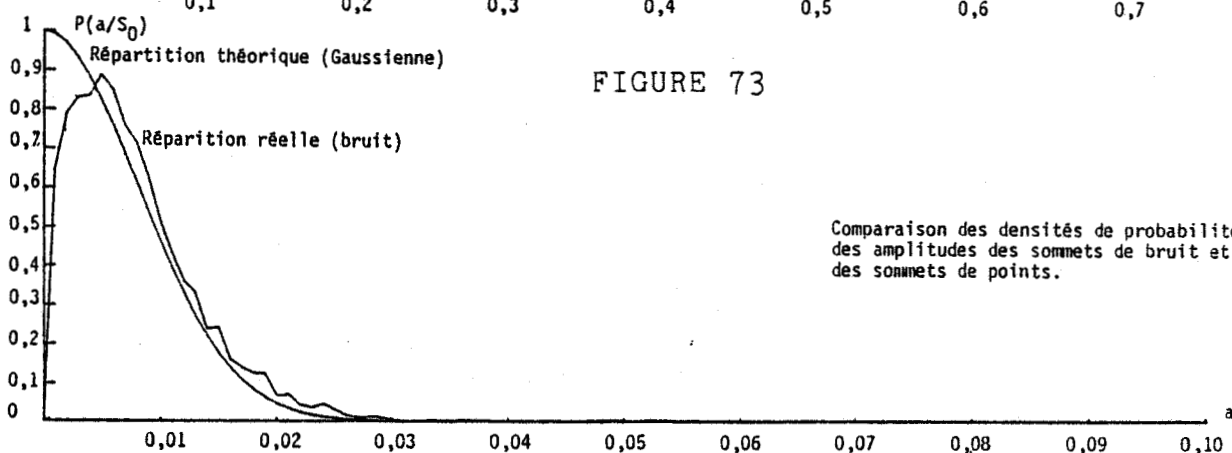
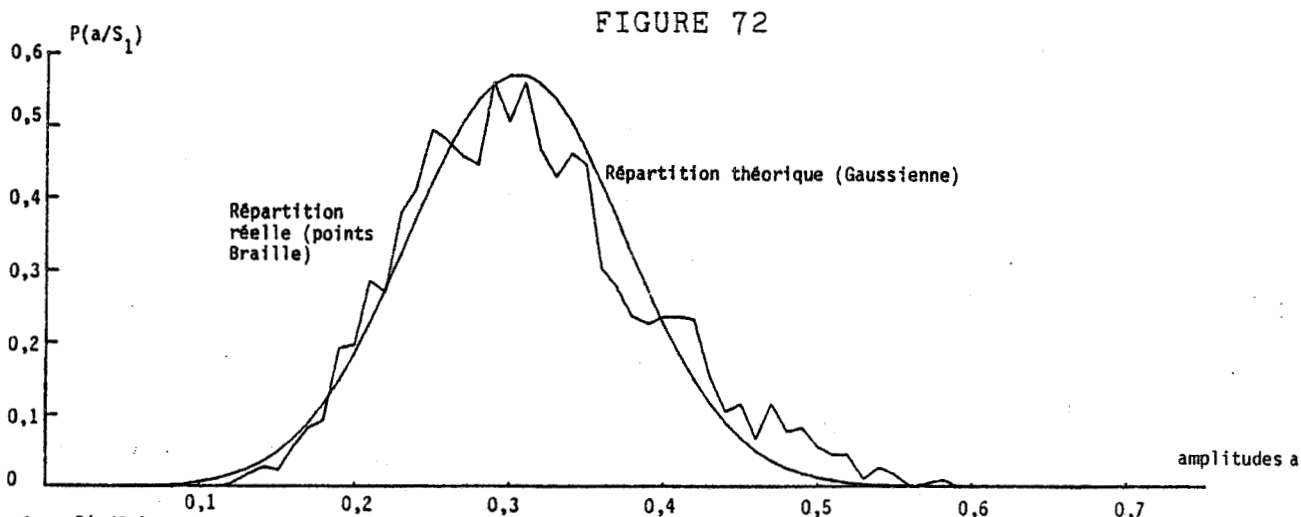
$$\frac{P(u/S_1)}{P(u/S_0)} = \text{rapport de vraisemblance} = P_0/P_1$$

Pour la réalisation du lecteur de relief Braille, nous devons tenir compte de l'usure ou de l'écrasement des points, en vue de la lecture de documents altérés (usagés).

Pour cela, nous avons fait une étude statistique du relief qui permet d'obtenir une approximation mathématique de la répartition des amplitudes des sommets des "pics" du signal. Cette modélisation est obtenue sous la forme de la répartition de la densité de probabilité d'apparition des sommets des "pics" du signal après filtrage.

Puisque l'on tient compte de l'écrasement des points, la source de points Braille apparaît alors comme étant constituée par l'ensemble : document en relief, capteur, échantillonneur et filtre numérique adapté. Pour faire la distinction entre le paramètre amplitude dû à l'écrasement dont est fonction la densité de probabilité d'émission des symboles S_1 de cette source et l'amplitude "u" du signal de mesure comparé au seuil, on appelle "a" la valeur de ce paramètre.

La mesure permet de représenter dans les figure 72 et 73, les fonctions de répartition des amplitudes des sommets de bruit et des sommets des points. Ces fonctions de répartition sont relatives à des mesures faites sur des relevés différents de ceux de la figure 71 et de meilleure qualité.



On voit que les répartition des sommets suivent approximativement la loi gaussienne:

$$P(a/s_i) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(a-A_i)^2}{2\sigma_i^2}}$$

avec

$$\sigma_0 = 0,008$$

et $A_0 = 0$

$$\sigma_1 = 0,07$$

et $A_1 = 0,31$

Dans le cas présent, la probabilité de présence ou d'absence de point Braille dans un graphème est le même.

Il en résulte que le critère de Bayes se réduit au cas particulier du critère de maximum de vraisemblance et la valeur du seuil est la valeur de "u" pour laquelle le rapport de vraisemblance est égal à l'unité.

Il s'écrit :

$$\frac{\int_{-\infty}^{+\infty} P(u/a) P(a/s_1) da}{P(u/s_0)} = 1 = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\left[\frac{(u-a)^2}{2\sigma_0^2} + \frac{(a-A_1)^2}{2\sigma_1^2} \right]} da$$

$$e^{-\left(\frac{u^2}{2\sigma_0^2} \right)}$$

Le paramètre amplitude est toujours positif et varie dans l'intervalle 0,P quel que soit le relief recto ou recto-verso car, dans ce dernier cas, on doit calculer deux seuils de décision. Dans ces conditions, le seuil est la valeur de u solution de l'équation :

$$\frac{1}{\sqrt{2} e^{\frac{A_1^2}{2\sigma_1^2}}} \frac{\sigma_0}{\sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_1^2}} \exp \left| \frac{\sigma_1^2 \sigma_0^2}{\sigma_1^2 + \sigma_0^2} \left(\frac{u}{\sigma_1^2} + \frac{A_1}{\sigma_1^2} \right)^2 \right| \left| \phi(R+B) - \phi(R) \right| = 1$$

$$\text{avec } R = \left(\frac{u}{\sigma_0^2} + \frac{A_1}{\sigma_1^2} \right) \frac{\sigma_1 \sigma_0}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_0^2}}$$

$$B = \frac{P}{2} \frac{\sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_1^2}}{\sigma_0 \sigma_1}$$

$$\phi(z) = \frac{2}{\pi} \int_0^z e^{-t^2} dt$$

Une expression simplifiée du rapport de vraisemblance peut être obtenue en attribuant les fluctuations des sommets des "pics" correspondant aux points Braille, à un bruit à répartition gaussienne. Alors le seuil est égal à la valeur de u solution de l'équation :

$$\frac{\sigma_0}{\sigma_1} \frac{e^{-\frac{(u-A_1)^2}{2\sigma_1^2}}}{e^{-\frac{u^2}{2\sigma_0^2}}} = \frac{P_0}{P_1} = \frac{\text{nombre de sommets de bruit}}{\text{nombre de sommets de points Braille}}$$

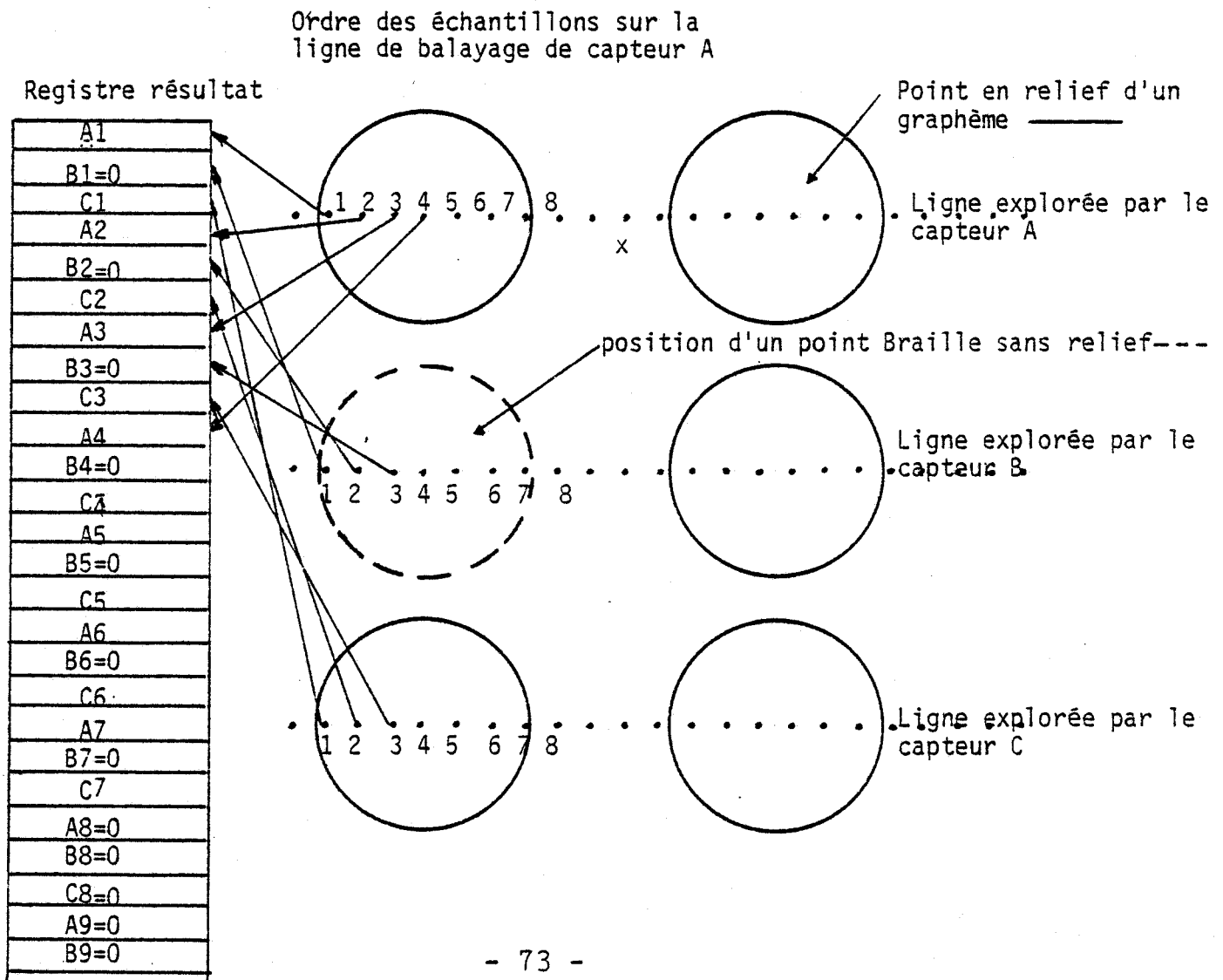
La valeur du seuil obtenue avec les valeurs numériques est égale à 0,034. Dans le cas présent, cette valeur est la valeur théorique minimale que l'on peut attribuer au seuil. Dans la pratique, le seuil est calculé hors ligne à l'aide de ces relations et après un ajustement de sa valeur avec des résultats expérimentaux effectués sur divers documents. Il est introduit une fois pour toute sous forme d'une constante de seuillage dans l'automate. Il est bien évident qu'il pourrait être calculé en ligne, mais cela conduirait à une complexité certainement inutile du matériel.

Les résultats issus du filtrage s'étendent sur 16 bits mais on ne stocke qu'une valeur, de format de un octet, de chaque échantillon filtré, différente suivant qu'elle est supérieure ou non à la valeur du seuil.

Après cette opération de seuillage, toute acquisition supérieure au seuil sera mémorisé sous forme d'une valeur représentant le numéro du capteur dont elle provient. Les acquisitions inférieures au seuil seront mises à une valeur nulle. Le résultat de cette opération est représenté figure 74a.

FIGURE 74a

FIGURE 74b



II-4-4) Squelettisation des acquisitions.

Après le filtrage et le seuillage, l'ensemble des acquisitions se présente sous la forme de 3 séries de 1024 valeurs (figure 74a) indiquant la présence ou l'absence de points Braille. Chaque point Braille est caractérisé par plusieurs valeurs résultats non nulles, égales au numéro du capteur dont elles proviennent.

La figure 74b représente la vue en plan d'un graphème Braille sur lequel est reportée la position relative de chaque échantillon. La squelettisation consiste à affecter une seule valeur binaire $\in \{0,1\}$ à la présence ou à l'absence d'un point en relief. Cette opération permet donc d'isoler les graphèmes Braille et réalise donc une compression des informations relief.

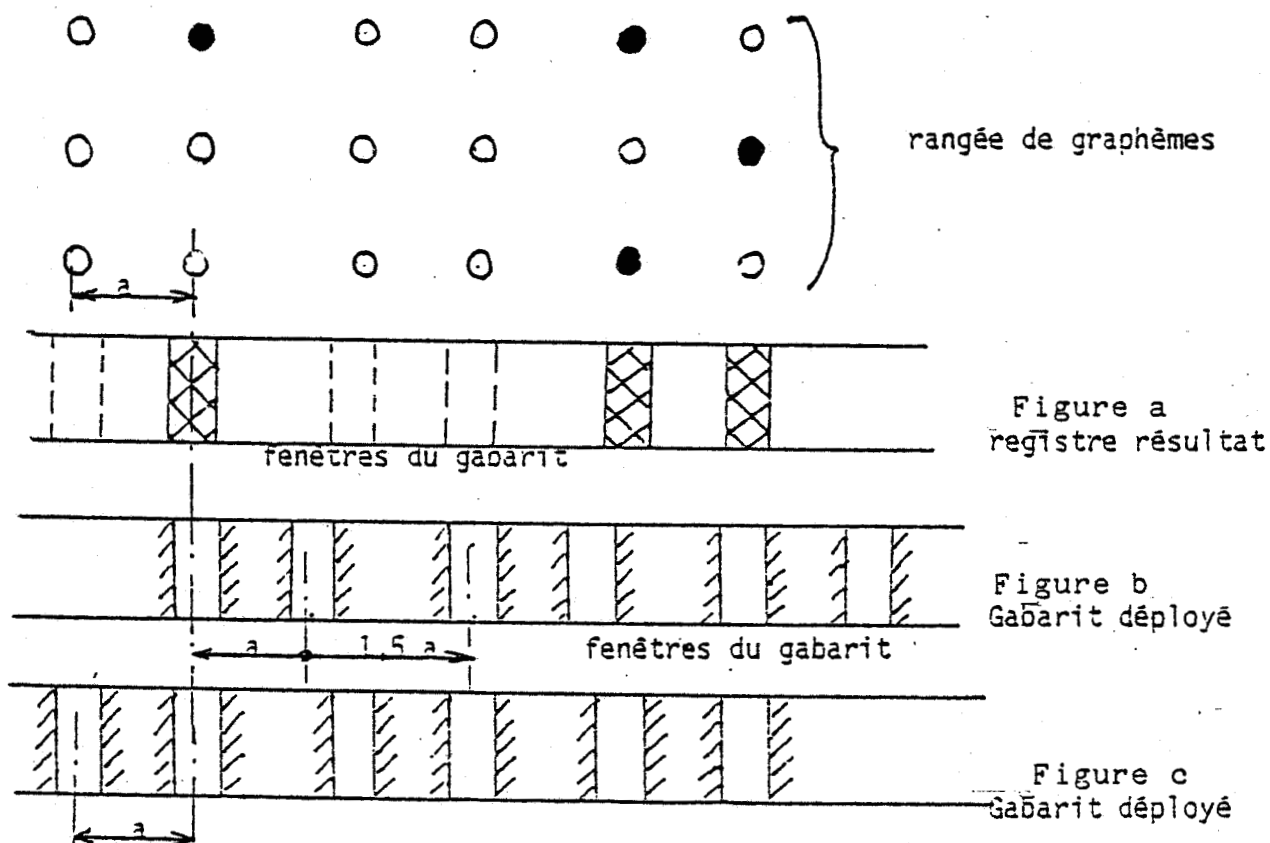
On constate sur la figure 74 que les acquisitions des 3 capteurs se trouvent enchevêtrées et qu'une rangée verticale de 3 points en relief d'un même graphème est représentée dans le registre résultat par un bloc de valeurs non nulles, tandis que les espaces plans sont représentés par un bloc de zéros. Il en résulte que la reconnaissance de la verticale des points d'un graphème consiste à isoler un bloc de valeurs pris à partir du premier échantillon non nul rencontré pendant la scrutation séquentielle du registre résultat. Ce bloc de données a, compte tenu des valeurs relatives du diamètre D d'un point Braille et de l'intervalle Δx qui sépare deux échantillons, une étendue E telle que :

$$E \gg \frac{3D}{\Delta x} \rightarrow \text{si } D = 1,5 \text{ mm et } \Delta x = 0,25 \text{ mm alors } E \gg 18$$

Dans la pratique, dès qu'une valeur non nulle est rencontrée, l'algorithme centre le bloc de données dans une fenêtre de 24 échantillons (3 x 8 échantillons caractérisant l'étendue d'un point Braille). à l'intérieur de laquelle il repère la présence ou l'absence de chaque point relief.

L'algorithme d'isolement des graphèmes est illustré sur l'exemple de la figure 75. Chaque zone quadrillée du registre résultat (figure 75a) matérialise un bloc de données non nulles, correspondant à l'existence d'un relief sur une des deux verticales d'un graphème. L'algorithme consiste, lorsqu'un relief a été repéré sur une verticale par la présence d'un bloc de données non nulles, à supposer que ce relief est situé sur la verticale de gauche d'un graphème et, en partant de cette origine, à déployer le gabarit de la figure 75b.

FIGURE 75



Si la supposition est fautive (cas de la figure 75b), on trouvera au moins un bloc de données non nulles situé entre les fenêtres.

Dans ce cas, on redéploie le gabarit décalé de (a) vers la gauche (figure 75c). L'algorithme est certain d'avoir déployé un bon gabarit dès qu'il rencontre un graphème ayant au moins un point relief sur chacune de ces deux verticales. Cette dernière remarque sert à perfectionner l'algorithme pour qu'il puisse décider que dans ces conditions, tout échantillon non nul qui apparaît en dehors d'un bloc représentant d'un graphème, est à interpréter comme une information parasite (reste de gommage d'un ancien relief ou écriture en noir sur le support).

La configuration de relief est codée sur une verticale de points. Une verticale est représentée par un mot binaire dont la valeur est obtenue en affectant les poids 2, 4, et 8 aux points relief en partant du point inférieur.

II-4-5) Codage des graphèmes Braille

Après la squelettisation des acquisitions filtrées et seuillées, nous obtenons une information sur la nature des graphèmes Braille. Chaque graphème est codé sur deux octets représentant chacun la configuration géométrique des points sur une verticale.

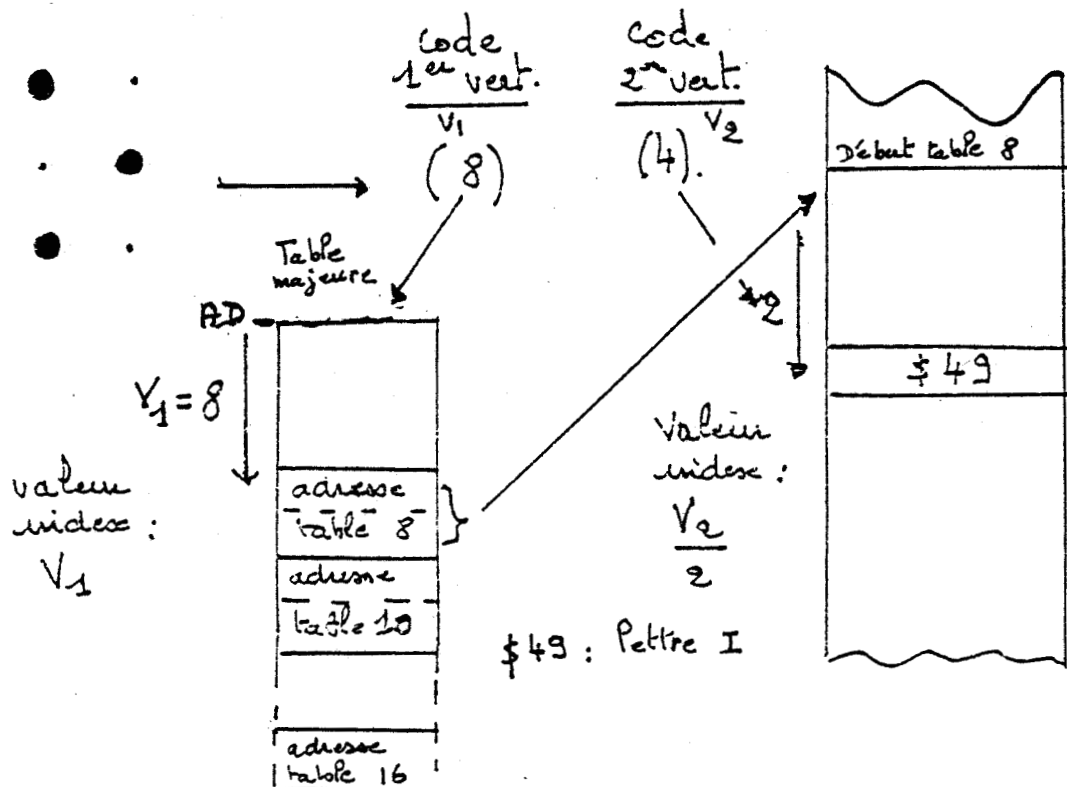
Le codage d'un graphème Braille consiste à transformer les deux octets représentant la répartition de ses points sur chacune des verticales en un octet correspondant au code A.S.C.I.I. Braille de ce graphème.

Nous avons utilisé pour cela une table de transcodage. La recherche du code A.S.C.I.I. du graphème est effectuée en utilisant d'une part un adressage indirect indexé de la valeur de l'octet de la première verticale et d'autre part un adressage indexé de la valeur de la deuxième verticale selon la figure 76. Si V_1 est la valeur de la première verticale et V_2 celle de la seconde, on peut alors dire que le code A.S.C.I.I. du graphème est trouvé par la relation:

$$\text{Code du graphème} = ((AD + V_1) + V_2 / 2)$$

où AD est l'adresse de début de la table majeure

FIGURE 76



II-5) Conclusion de la deuxième partie

Nous avons montré dans la seconde partie que l'utilisation d'un capteur ponctuel, exploitant le principe de la focalisation, permettait de relever linéairement un relief sans contraste optique dans la gamme de variation comprise entre 0.1 et 1 mm.

L'étude du filtrage que nous avons faite montre que parmi les diverses méthodes possibles, la méthode du filtre adapté réalise un compromis entre la complexité et le temps de traitement et se dégage des deux autres méthodes, l'une est de mise en oeuvre simple mais est très liée à la forme du signal et l'autre est très puissante mais s'adapte moins bien au traitement temps réel.

Le processeur de filtrage adopté occupe 1/4 de Kilooctets en mémoire et la structure des données, associée à ce processeur, ont été étudiées pour atteindre une fonction de coût minimale donnée par l'expression :

$$3 \times 1024 \times 4 M + 1024 (\text{Tr. capt.1} + \text{Tr. capt.2} + \text{Tr. capt.3})$$

où M = multiplication et Tr. capt. = traitement du capteur

L'application numérique indique un temps de filtrage de 1,024 secondes pour une ligne de graphèmes. Le facteur de mérite est d'alors environ 0,28 (K octets.sec.)⁻¹ si on inclut la mémoire occupée par les résultats et les données d'entrée.

Après avoir fait la reconnaissance du relief par la méthode du gabarit, nous présentons dans une troisième partie la mise en oeuvre de ces outils pour réaliser l'automate et son organisation fonctionnelle et matérielle.

TROISIEME PARTIE :

DESCRIPTION ET REALISATION DE L'AUTOMATE

Dans les deux chapitres précédents, nous avons exposé et décrit séparément les deux fonctions effectuant la lecture du relief et la transcription en noir d'un texte Braille. La mise en commun de ces fonctions pour réaliser un transcripteur automatique de relief Braille nécessite cependant la mise au point de fonctions complémentaires permettant d'organiser et de vérifier le bon déroulement de la lecture du relief.

Dans ce chapitre, nous décrirons l'ensemble des fonctions internes de l'automate et nous développerons les solutions retenues lors de sa réalisation matérielle pour obtenir un dispositif performant permettant la lecture d'un texte Braille de format variable.

III-1) Description générale de l'automate

Pour être capable de concevoir la façon dont sera réalisé l'automate, il est nécessaire de savoir quelles seront les tâches qu'il aura à assurer. En tenant compte des exigences liées aux conditions d'utilisation (cahier des charges), nous énumérerons l'ensemble de ces tâches et nous en déduiront la constitution de l'automate.

III-1-1) Définition des conditions d'utilisation de l'automate

a) Pour que l'automate puisse être utilisable par une personne non spécialisée, il faut que toute opération nécessitant l'intervention de l'opérateur soit commentée.

Ces interventions se situent à deux niveaux. Tout d'abord lors d'une phase initiale, l'utilisateur définit la nature et le format du document Braille à lire. En suite pendant le déroulement de la lecture, toute anomalie doit être indiquée car elle peut nécessiter une correction par l'intervention de l'opérateur. Ces différentes interventions ont donc été commentées à l'aide d'un dialogue homme-machine qui utilise d'une part un écran de visualisation pour l'affichage des questions et d'autre part un clavier pour l'entrée des réponses.

b) Toute erreur de transcription due soit à une mauvaise lecture, soit à un mauvais codage Braille doit pouvoir être corrigée.

Pour limiter les interventions de l'opérateur durant la lecture, ces corrections sont effectuées à l'aide d'un éditeur de texte après la lecture de la totalité d'une page. La mise en oeuvre de cet éditeur nécessite donc l'utilisation d'un clavier standard de dactylographie.

c) Pour augmenter l'efficacité du système, il est souhaitable lors de sa mise en service que toute anomalie de fonctionnement puisse être détectée automatiquement sans que cela nécessite l'intervention d'une personne spécialisée.

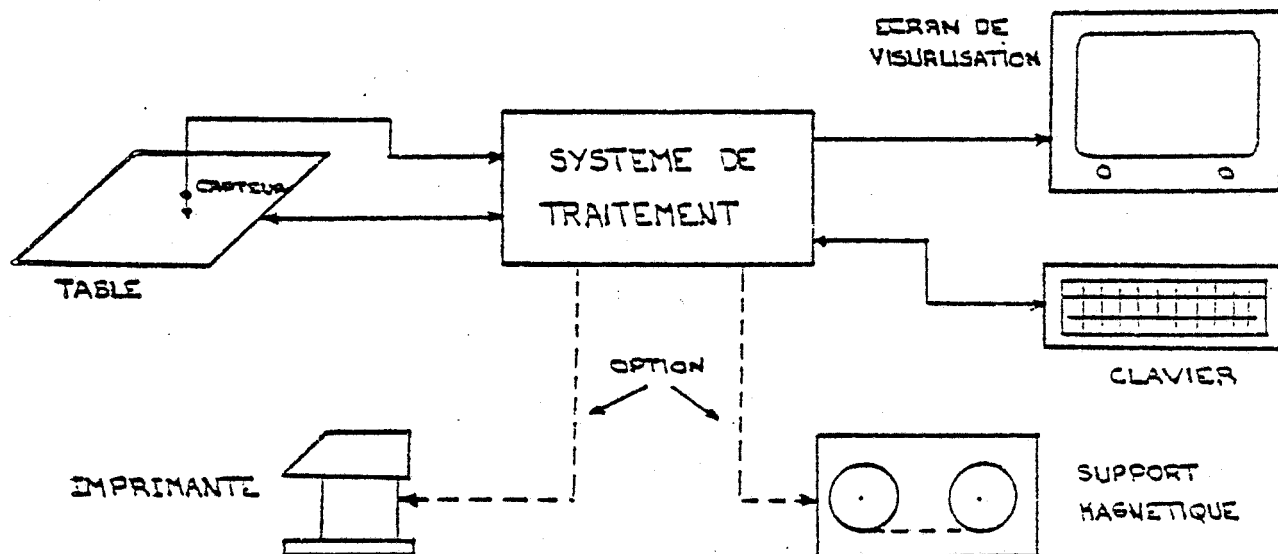
Un logiciel permettant d'effectuer des tests sur les différents organes de l'automate a donc été réalisé. Il permet connaître les informations suivantes :

- un périphérique n'est pas connecté,
- la mémoire du système est défaillante.

d) Nous avons vu précédemment que l'automate devait relire des documents Braille qui pouvaient avoir un format variable et qui pouvaient présenter des défauts de relief. Pour permettre l'entrée des informations sur la dimension du document à lire, nous avons donc utilisé une table traçante munie d'un système de déplacement manuel du chariot.

Ces différents impératifs nous ont permis de représenter schématiquement la constitution matérielle de l'automate (figure 77). Par ailleurs nous en avons déduit une organisation fonctionnelle permettant un enchaînement optimal des différentes tâches.

FIGURE 77



III-1-2) Définition des fonctions de l'automate

Pour faciliter la description fonctionnelle du système, nous avons considéré que chaque tâche, décrite précédemment, fait appel à un nombre variable de fonctions élémentaires.

Chaque fonction élémentaire du système est constitué par un enchaînement invariable de commandes qui réalisent soit un traitement logiciel, soit une opération d'entrée-sortie et l'exécution d'une tâche peut donc nécessiter plusieurs appels d'une même fonction élémentaire.

Nous avons classé ces fonctions en trois catégories.

A) Fonctions élémentaires n'utilisant qu'un traitement logiciel :

- initialisation des paramètres du système,
- étalonnage en vitesse de la table traçante,
- filtrage et reconnaissance des reliefs Braille,
- transcription des chaînes Braille en noir.

B) Fonctions élémentaires ne réalisant que des commandes d'entrée-sortie :

- test de fonctionnement des périphériques et des mémoires,
- commande de déplacement du chariot,
- visualisation d'une ligne ou d'une page de texte,
- restitution d'une page de texte sur imprimante.

C) Fonctions combinant un traitement logiciel et des commandes d'entrée-sortie.

- repérage d'un point Braille,
- acquisition du signal relief issu des capteurs,
- édition et correction de la transcription d'une page de texte.

On peut remarquer que la transcription Braille-noir qui a été étudiée précédemment est, malgré sa complexité, considérée comme une fonction élémentaire car le logiciel de transcription n'effectue qu'un transcodage d'informations.

III-1-3) Séquencement de la lecture

La procédure de lecture d'une page de relief Braille se décompose en quatre phases qui s'enchaînent chronologiquement :

- la première phase consiste à initialiser les paramètres du système et à tester le fonctionnement des périphériques,

- la deuxième phase permet à l'opérateur de définir d'une part le type de travail à effectuer et d'autre part d'entrer les paramètres liés à la géométrie du document à lire,

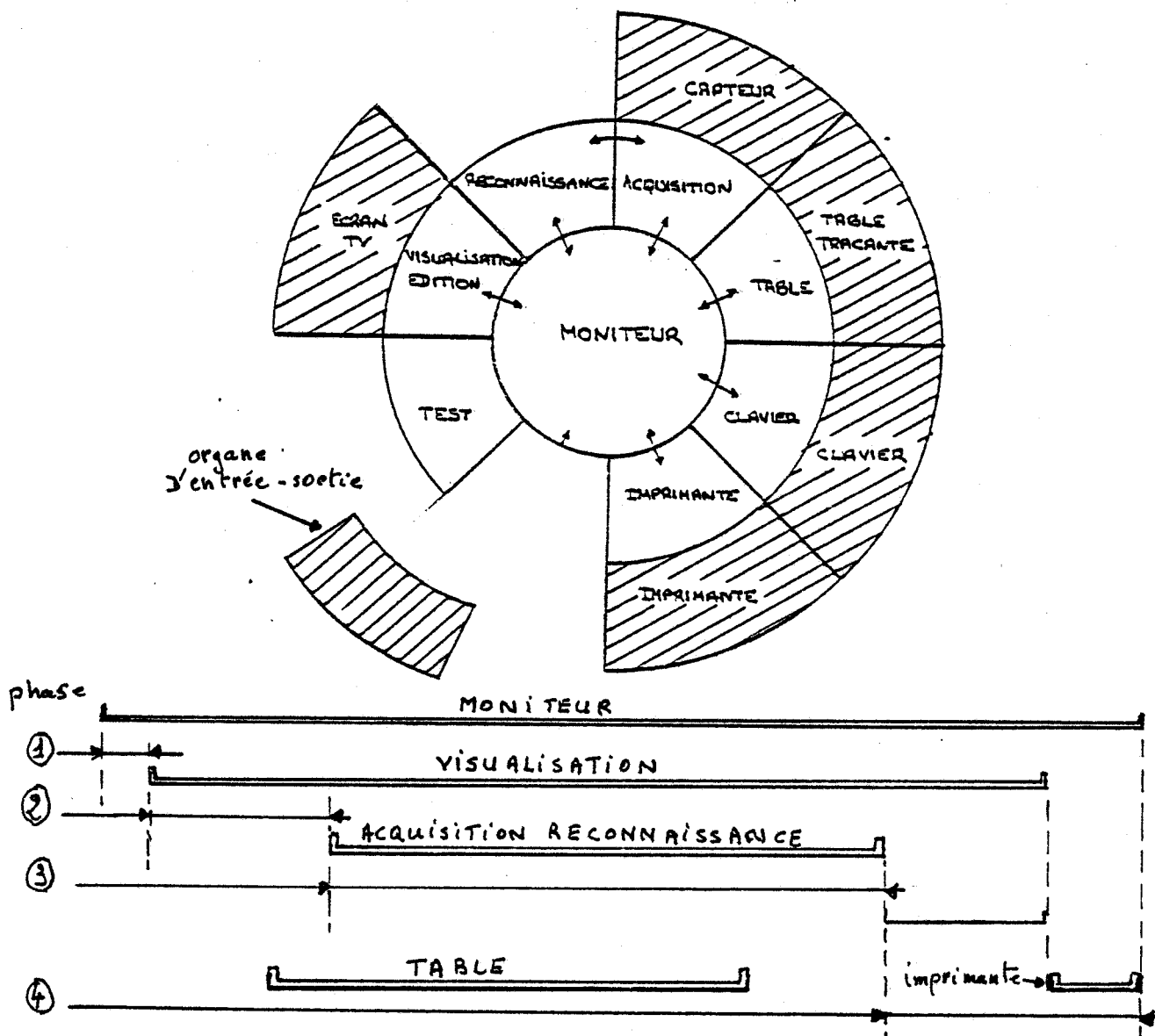
- la lecture du relief Braille et la transcription en noir sont effectués durant la troisième phase,

- la dernière phase consiste en une édition de la totalité du texte qui permettra une correction éventuelle des erreurs avant la restitution finale du texte sur imprimante.

Chaque phase est donc associée à un travail spécifique qui fait appel à des fonctions élémentaires.

Le schéma figure 78 explique le séquençement de la lecture. On peut remarquer que la gestion et le contrôle de l'enchaînement des phases sont réalisés par un module "moniteur" qui est le maître de l'application.

FIGURE 78



III-2) Description fonctionnelle de l'automate

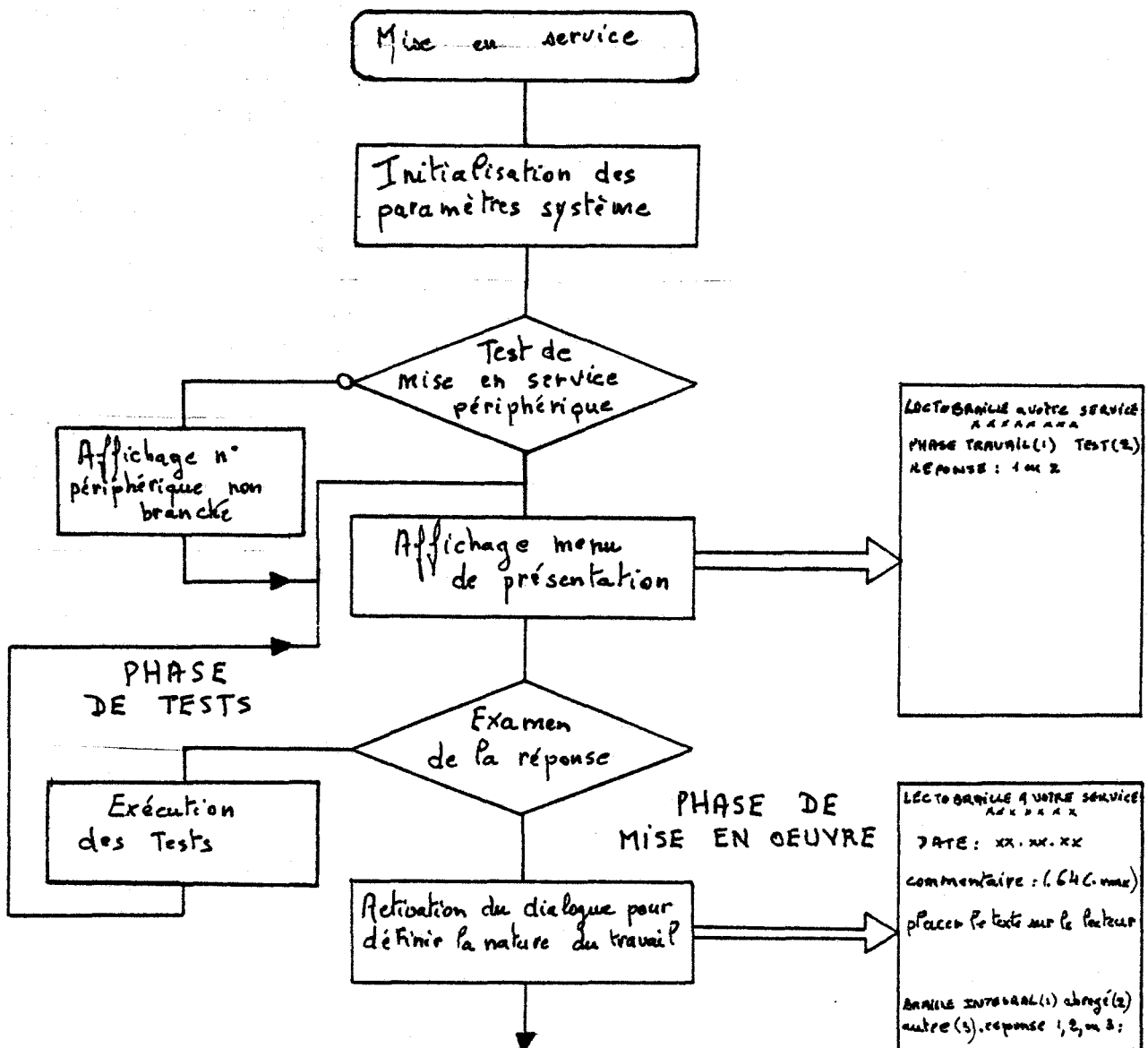
III-2-1) Description de la phase d'initialisation

Cette phase permet d'initialiser le système dès sa mise sous tension ou lors de la lecture d'un nouveau document.

Après cette initialisation, le système interroge l'opérateur pour savoir s'il désire effectuer des tests de fonctionnement ou commencer la lecture d'un document. Dans ce cas le système demande la nature du codage Braille (Braille abrégé ou Braille intégral) du document à lire.

Le séquençement de cette phase et les différents dialogues activés durant celle-ci sont décrits dans la figure 79.

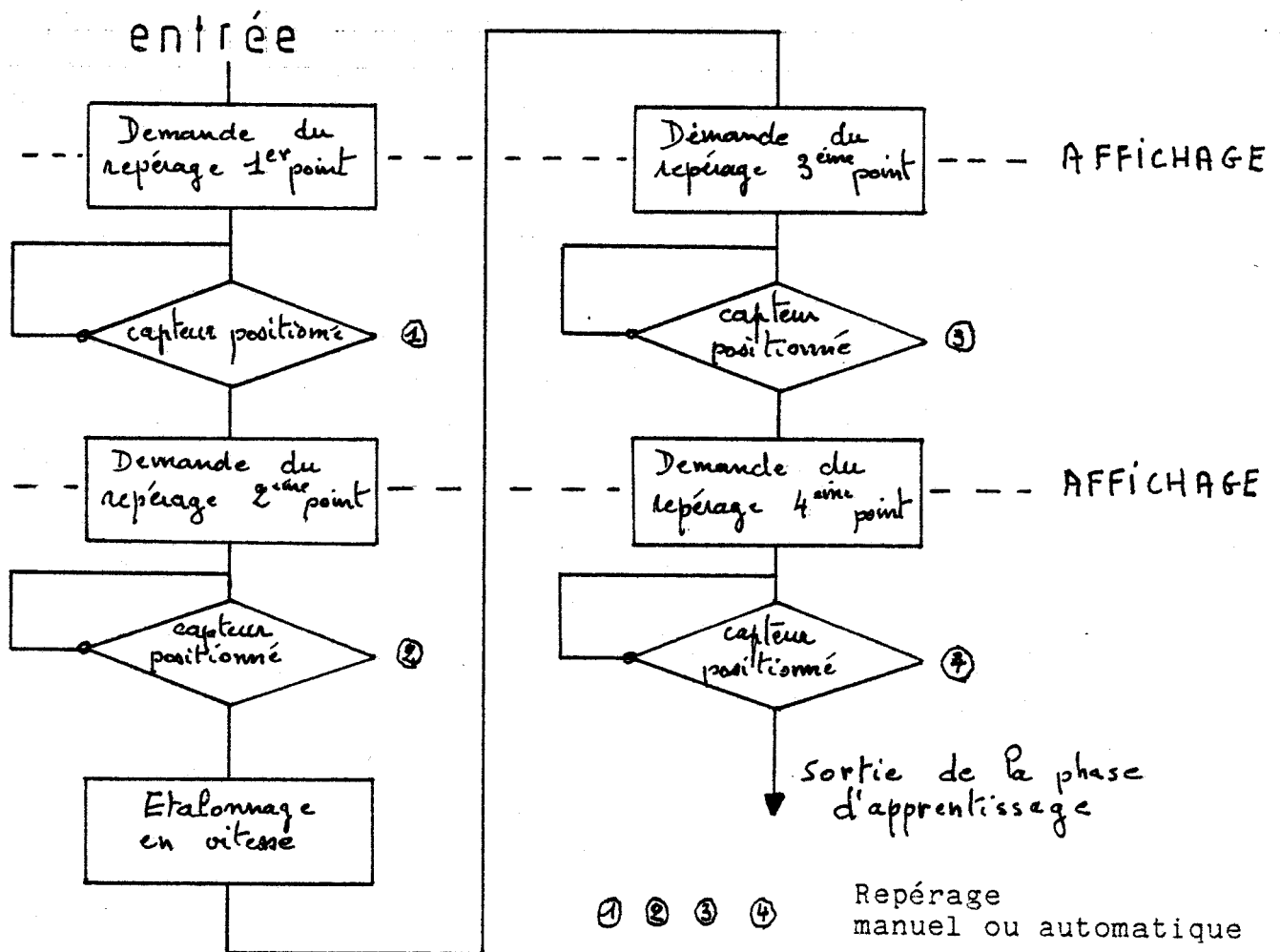
FIGURE 79



III-2-2) Description de la phase d'apprentissage.

Pendant cette phase, l'opérateur fournit au système les informations liées à la géométrie et au positionnement du document. Cette phase permet aussi d'effectuer le calcul du biais du texte en relief par rapport aux bords du document et l'étalonnage en vitesse de la table qui sera utilisé lors de l'acquisition du relief Braille. Les fonctions qui sont utilisées pour réaliser ces tâches s'enchaînent selon l'algorithme de la figure 80.

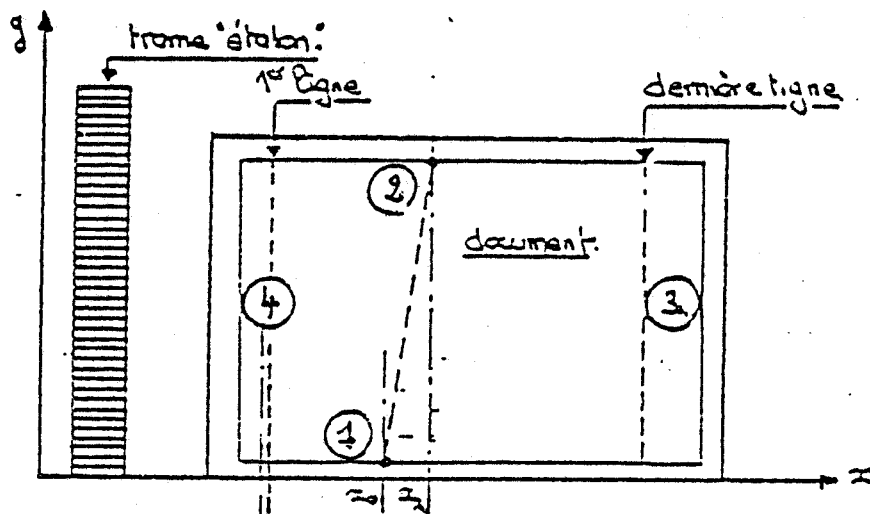
FIGURE 80



Les différentes informations nécessaires lors de cette phase sont les coordonnées des positions suivantes (figure 81) :

- 1- abscisse d'un point au début d'une ligne de graphèmes Ln
- 2- abscisse d'un point au bout de la ligne de graphème Ln
- 3- abscisse de la dernière ligne de graphèmes du texte
- 4- abscisse de la première ligne de graphème du texte

FIGURE 81



III-2-2-1) détermination du biais du document

Le biais de la première ligne de graphèmes par rapport aux bords du document peut être calculé de la manière suivante:

$$X0 - X1 = B0 \text{ (biais initial)}$$

où $X0$ est l'abscisse d'un point en début de ligne (1)
et $X1$ est l'abscisse du dernier point de la ligne (2)

Le biais $B0$ de la première ligne est la valeur initiale du biais car au fur et à mesure de la lecture, le système modifie cette valeur pour corriger au maximum les défauts de parallélisme entre lignes.

III-2-2-2) étalonnage en vitesse de la table traçante

Le traitement, effectué lors de l'étalonnage en vitesse, a été décrit dans la deuxième partie de ce mémoire (II-5-2). Nous rappelons qu'il comporte deux parties distinctes :

- l'acquisition du signal d'un capteur lors du balayage d'une trame étalon,
- la réalisation d'une table de conversion temps- espace.

La mise en oeuvre de ce traitement durant la phase d'apprentissage se résume donc aux opérations suivantes :

- 1- positionnement du capteur au début de la trame étalon,
- 2- acquisition du signal d'un capteur le long de la trame,

- 3- élaboration de la table de conversion,
- 4- positionnement au début de la première ligne du document.

III-2-2-3) définition de la taille du document à lire

Pour déterminer les dimensions du document, il suffit de connaître la position de la première et de la dernière ligne de graphèmes à lire. Cette opération est réalisée aux étapes 3 et 4 des figures 80 et 81.

L'entrée des informations sur les coordonnées des quatre positions, décrites précédemment, peut se faire :

- soit manuellement lorsque l'opérateur positionne précisément le capteur aux endroits indiqués,
- soit par logiciel lorsque l'opérateur a demandé un repérage automatique et qu'il place le capteur dans le voisinage des endroits recherchés. Il faut remarquer que le repérage automatique d'un point peut échouer. L'opérateur en est averti et il est alors nécessaire de recommencer l'opération.

La phase d'apprentissage se termine lorsque le capteur se positionne au début de la première ligne du document. La lecture de celui-ci peut alors commencer et le système entre alors dans la phase de lecture et de transcription en noir du document.

III-2-2-4) repérage automatique d'un point

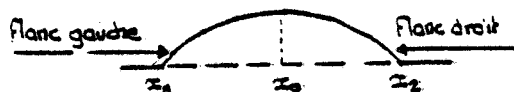
Les valeurs des coordonnées des positions à repérer doivent être connues avec précision car elles constituent les données initiales du processeur de lecture du relief.

Lorsque l'opérateur effectue le repérage manuel d'un point Braille, il est nécessaire que le capteur soit positionné sur le sommet du point. Comme cette opération est assez délicate (erreur de parallaxe, point déformé), nous avons étudié un algorithme de repérage automatique.

Cet algorithme est basé sur l'étude de la déformation d'un point Braille (voir annexe 7). Nous en avons déduit que la position du sommet d'un point peut être connue si les paramètres X_1 , X_0 , X_2 (figure 82) correspondant respectivement au flanc gauche, au maximum et au flanc droit du point peuvent être comparés à la taille théorique d'un point Braille.

FIGURE 82

point idéal
 $D = 1.5 \text{ mm}$ et $D = X_2 - X_1$
 $X_0 = (X_2 - X_1) / 2$



Soit P_c l'abscisse du sommet du point

Soit D le diamètre théorique de ce point

Lorsque le point est bien embossé (figure 82) on a :

$$D = (X_2 - X_1) / 2 \text{ et } P_c = X_1 + D / 2$$

On peut aussi déterminer la position P_c du sommet si les paramètres X_1, X_0, X_2 vérifient l'une des conditions suivantes :

- $X_0 = (X_2 - X_1) / 2$, $d = X_2 - X_1$
l'abscisse du sommet est égale à X_0 et cela quelque soit la taille du point (point sous-embossé ou sur-embossé).
- $X_0 = X_1 + D / 2$ ou $X_0 = X_2 - D / 2$, la distance entre le maximum X_0 et l'un des flancs correspond au rayon d'un point Braille.

Dans les autres cas, l'abscisse du sommet ne peut être repérée. L'utilisateur en est averti par un dialogue homme-machine et il doit répéter l'opération sur un autre point moins déformé.

Pour optimiser la recherche de l'abscisse du sommet, le repérage s'effectue en deux phases.

- Une première phase d'approche rapide permet, par une succession de balayage décalés entre eux d'un pas x important, de placer le capteur sur la périphérie du point. La figure 83a décrit cette opération. Lorsque le point est repéré, un déplacement arrière x de faible incrément, permet de déterminer la position du flanc gauche X_1 .

- Une deuxième étape permet de connaître finement l'abscisse des positions X_0 et X_2 . La figure 83b montre que ce repérage se fait par acquisition pas à pas du relief.

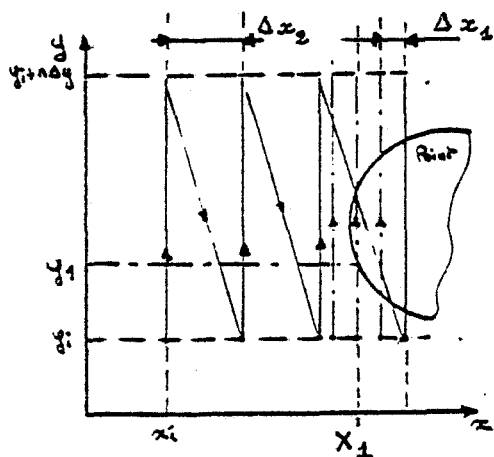


FIGURE 38a
Approche du point et
détermination de X_1

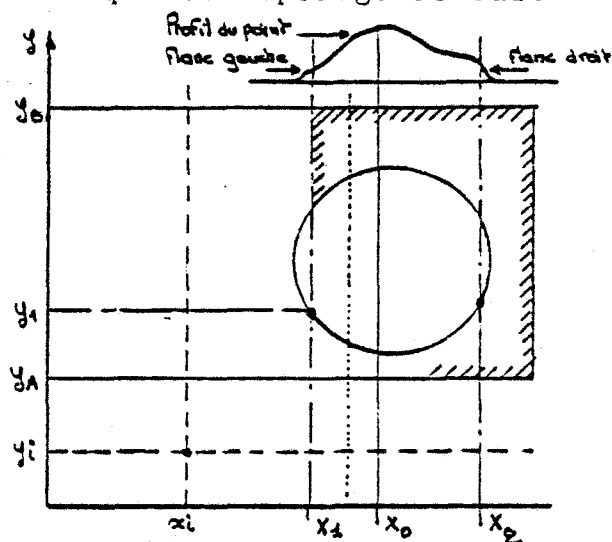


FIGURE 38b
Exploration pas à pas
de la zone du point

III-2-3) Description de la phase lecture et transcription

Après le déroulement de la phase initiale, le capteur se situe au début de la première ligne à lire et les paramètres nécessaires à la lecture et à la transcription sont connus :

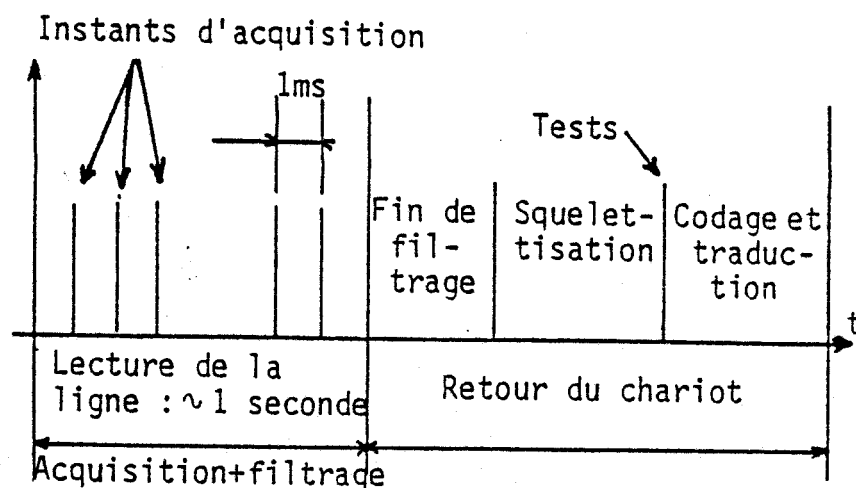
- coordonnées de la dernière ligne (fin du texte à lire),
- table de conversion temps-espace nécessaire à la réalisation d'un échantillonnage à pas constant,
- valeur du biais initial,
- type de codage Braille (intégral ou abrégé).

Comme nous l'avons vu précédemment, l'acquisition de relief est effectué en déplaçant le chariot d'un bout à l'autre d'une rangée de graphèmes Braille à l'aide d'une seule commande de déplacement. Lors de ce parcours, le chariot évolue avec une vitesse variable et les acquisitions faites à fréquence constante sont transformées à l'aide de la table de conversion temps-espace en acquisitions équidistantes.

III-2-3-1) lecture d'un document sans défaut de format

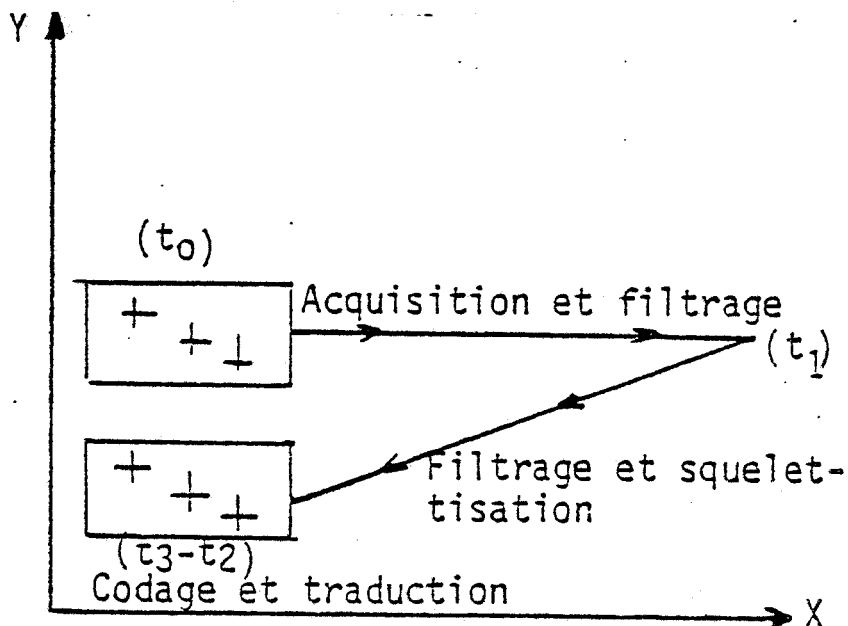
Si l'on suppose que le biais et l'interlignage du document à lire est rigoureusement constant, on peut dire que la phase lecture et transcription est composée de l'application successive d'une séquence fonctionnelle correspondant à la reconnaissance d'une ligne (figure 84). En effet, on peut, après la lecture de la première ligne, sa reconnaissance et sa transcription déplacer le chariot au début de la deuxième ligne. La lecture de la totalité de la page est alors réalisée en répétant cette opération jusqu'à ce que les coordonnées du chariot soient celles de la dernière ligne de texte à lire.

FIGURE 84



La séquence de lecture d'une ligne comprend : le lancement du chariot, l'acquisition et le filtrage des échantillons relief. Pendant le retour du chariot le processeur pratique la squelettisation et effectue des tests sur la qualité des acquisitions. Si ces tests sont positifs, il y a codage et transcription en noir de la ligne Braille (figure 85).

FIGURE 85



Les tests permettant d'apprécier la qualité des acquisitions sont de deux types. Un premier test permet de savoir si l'acquisition a été effectuée sur l'axe des points, le deuxième test permet de savoir si les acquisitions donneront, après codage, une transcription sans erreur au niveau de la lecture.

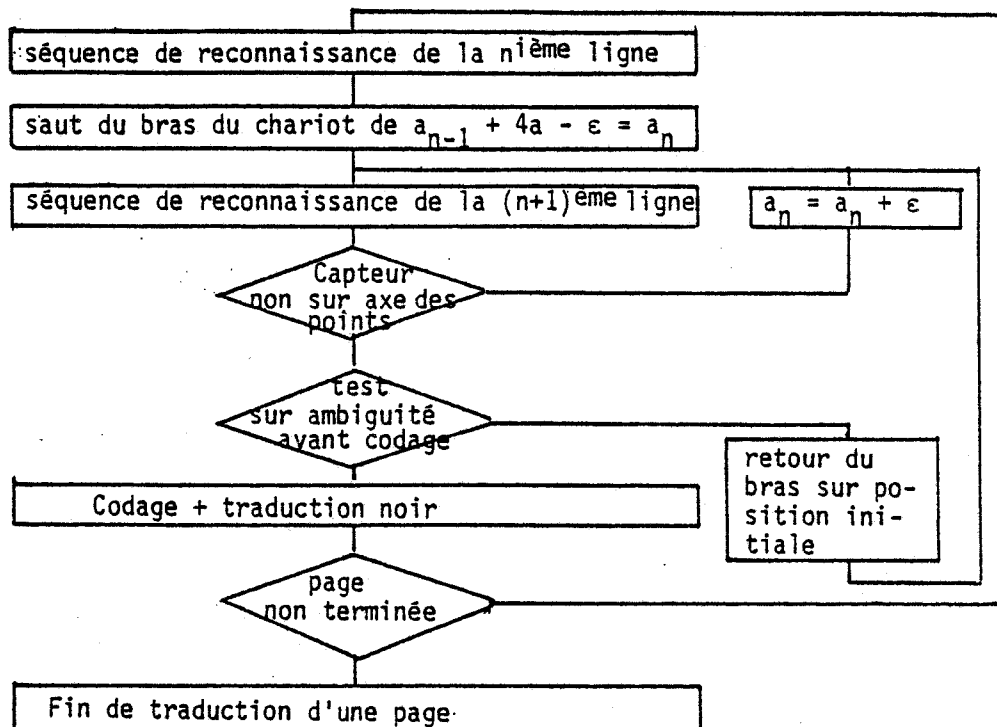
Ces tests sont basés sur les informations issues de la squelettisation :

- la moyenne du nombre d'échantillons par point Braille supérieur au seuil permet de savoir si le chariot est sur l'axe des points,
- le nombre d'échantillons, qui tout en étant supérieur au seuil sont en dehors des zones de présence de points (voir la squelettisation des acquisitions filtrées II-4-4), permet de savoir si l'acquisition est de bonne qualité, c'est-à-dire qu'il n'y aura pas d'erreur de lecture.

La mise en oeuvre de ces tests est réalisée selon l'organigramme figure 86.

Dans le cas où le chariot n'était pas positionné sur l'axe des points, une deuxième lecture est effectuée avec un décalage x positif. Cet accroissement positif lui permet de se recaler sur l'axe car la valeur de l'interlignage ($4a$) (figure 86) est une constante introduite par défaut.

FIGURE 86



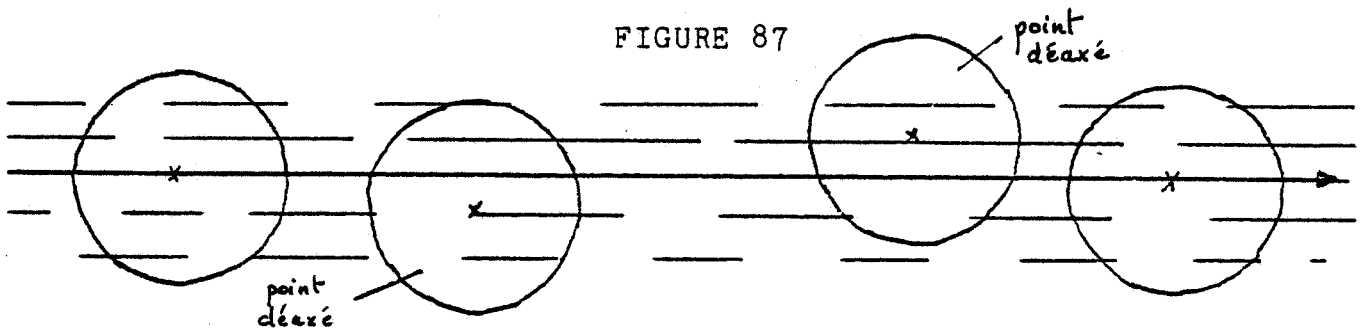
Si la séquence que nous venons de décrire permet d'obtenir, dans le cas d'un document Braille régulier (format SAGEM), un dispositif de lecture rapide, il faut cependant remarquer que lors de la lecture de document présentant des variations de biais importantes, la probabilité d'une lecture sans erreur de la totalité du texte est faible.

Nous avons donc modifié la phase lecture et transcription de l'automate pour obtenir un outil fiable. Les deux principaux défauts à éliminer sont les suivants :

- un mauvais alignement d'une rangée de points à l'intérieur d'une ligne de graphèmes (figure 87),
- une variation du biais de la ligne par rapport aux bords du document,
- une variation de l'interlignage.

III-2-3-2) amélioration de la lecture

Le défaut d'alignement d'une rangée de points peut être corrigé par cumul des acquisitions faites lors de plusieurs passages légèrement décalés de part et d'autre de l'axe des points comme représenté figure 87.



III-2-3-3) correction automatique du biais

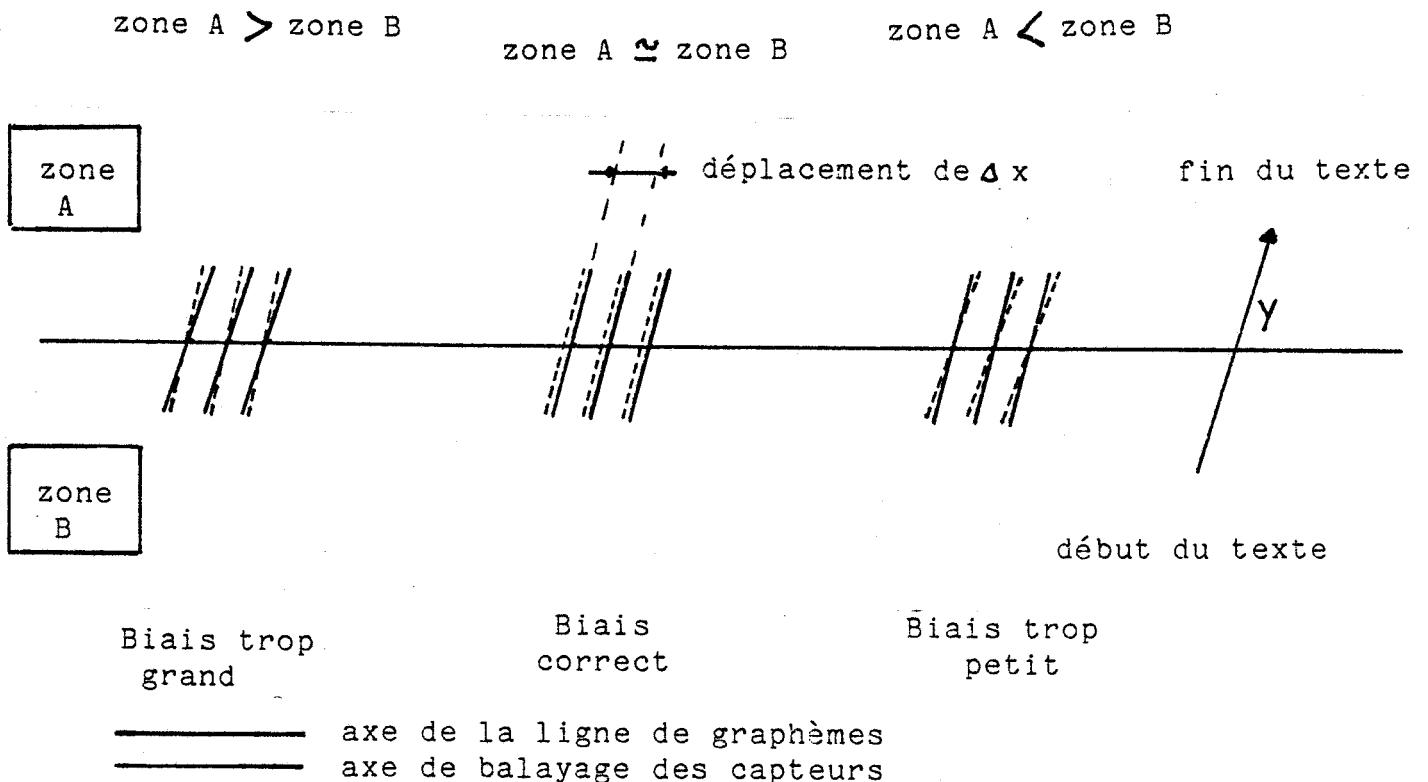
La variation du biais est calculée en comparant la qualité des acquisitions effectuées en début de ligne par rapport à celles effectuées en bout de ligne.

La valeur du biais est correctement ajustée dans le cas où les acquisitions des deux zones sont de même qualité.

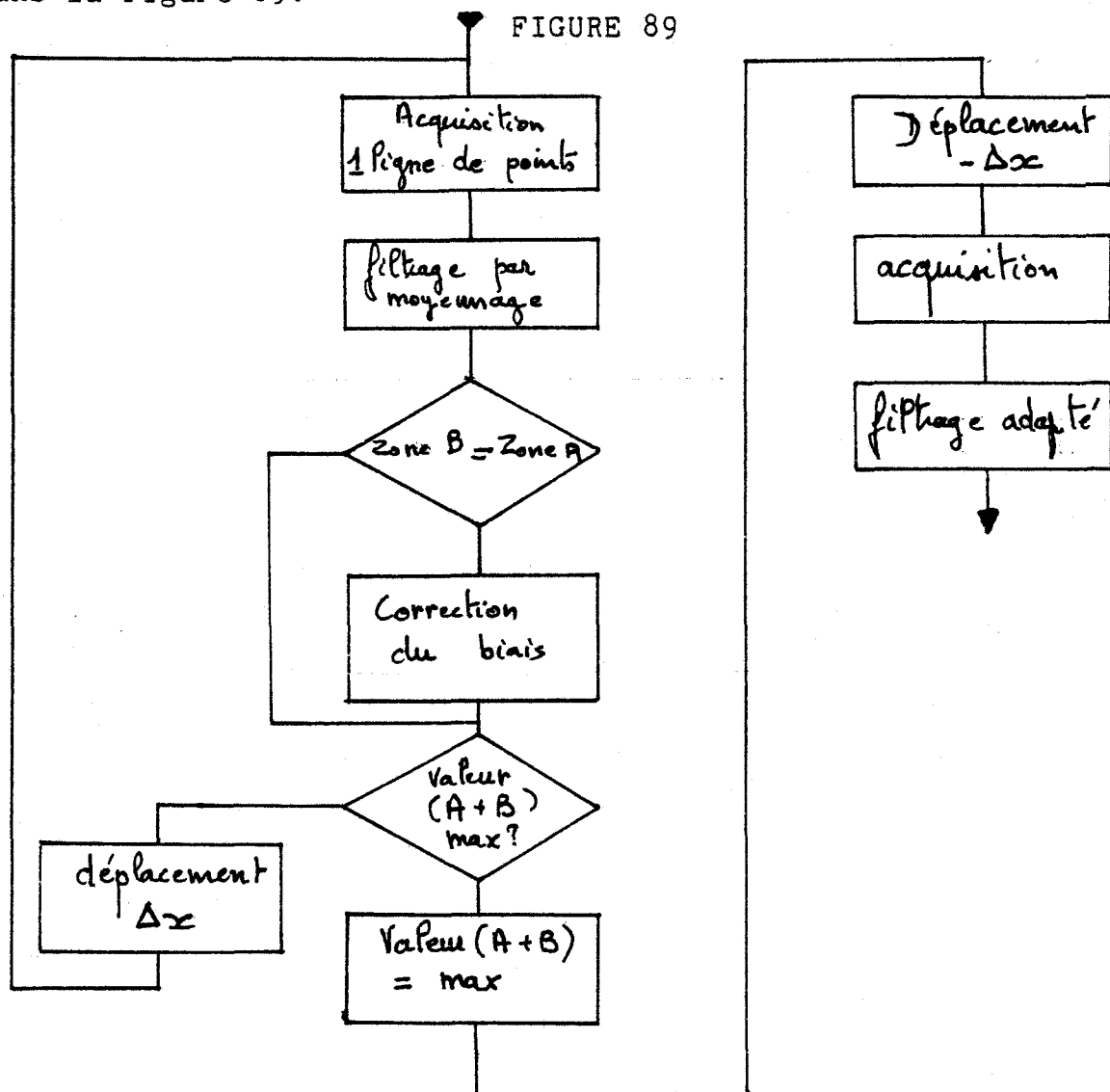
La recherche du sens de variation du biais ne peut se faire que par l'analyse des acquisitions issues de balayages successifs légèrement décalés entre eux.

La figure 88 illustre les différentes situations que l'on peut rencontrer.

FIGURE 88



Pour éviter d'augmenter considérablement le temps de lecture d'une ligne, le calcul du biais n'est pas effectué par le traitement d'informations issues de la squelettisation. Au lieu de mettre en oeuvre le filtre adapté, nous avons utilisé un filtrage par analyse de scène qui a un temps d'exécution beaucoup plus court. De plus le calcul du biais permet d'effectuer en même temps le repérage de l'axe des points. L'algorithme permettant le calcul du biais et le repérage de l'axe des points est décrit dans la figure 89.



La mise en oeuvre du filtre par analyse de scène décrit dans le chapitre précédent ne présente aucune difficulté. Les acquisitions filtrées sont seuillées. Dans chacune des deux zones, on effectue la sommation des acquisitions supérieures au seuil et les deux valeurs ainsi obtenues sont utilisées par l'algorithme de repérage et de calcul de biais décrit précédemment.

On peut remarquer que le choix de la valeur de seuil n'est pas critique car, contrairement au cas de la lecture d'une ligne de relief, la perte de plusieurs points Braille n'influe pas sur l'algorithme de positionnement du chariot.

Contrairement à la séquence de lecture sans calcul de biais. le test qui est effectué après la squelettisation des acquisitions filtrées ne sert pas à vérifier et à corriger si nécessaire le positionnement du chariot sur l'axe des points. Ce test stoppe momentanément la lecture dans le cas où le nombre d'échantillons par point Braille est insuffisant (bien que le chariot ait été positionné par logiciel sur l'axe des points). Il est alors nécessaire de reprendre manuellement les coordonnées de la ligne de graphèmes.

Dans ce cas, le processeur indique à l'opérateur à l'aide d'un dialogue homme-machine qu'il est nécessaire de fournir :

- la position du premier graphème de la ligne,
- la position du dernier graphème de la ligne.

La phase de lecture est alors réactivée. le processeur utilise les coordonnées qui viennent d'être entrées et calcule une nouvelle valeur de biais.

III-2-4) Description de la phase d'édition correction

Cette phase regroupe l'ensemble des fonctions permettant l'édition du texte noir, sa correction et sa restitution sur une imprimante. Après la lecture du document Braille, le moniteur active directement la fonction édition et l'opérateur en est averti par l'affichage du message : PHASE D'EDITION

Cette fonction a été étudiée et mise au point par P.Vincke (3).

Afin de mieux comprendre les possibilités de correction de texte offertes à l'opérateur, nous allons résumer l'ensemble des fonctions réalisées par cet éditeur :

- visualisation du texte,
- gestion du curseur,
- insertion de caractères,
- suppression de caractères,
- correction.

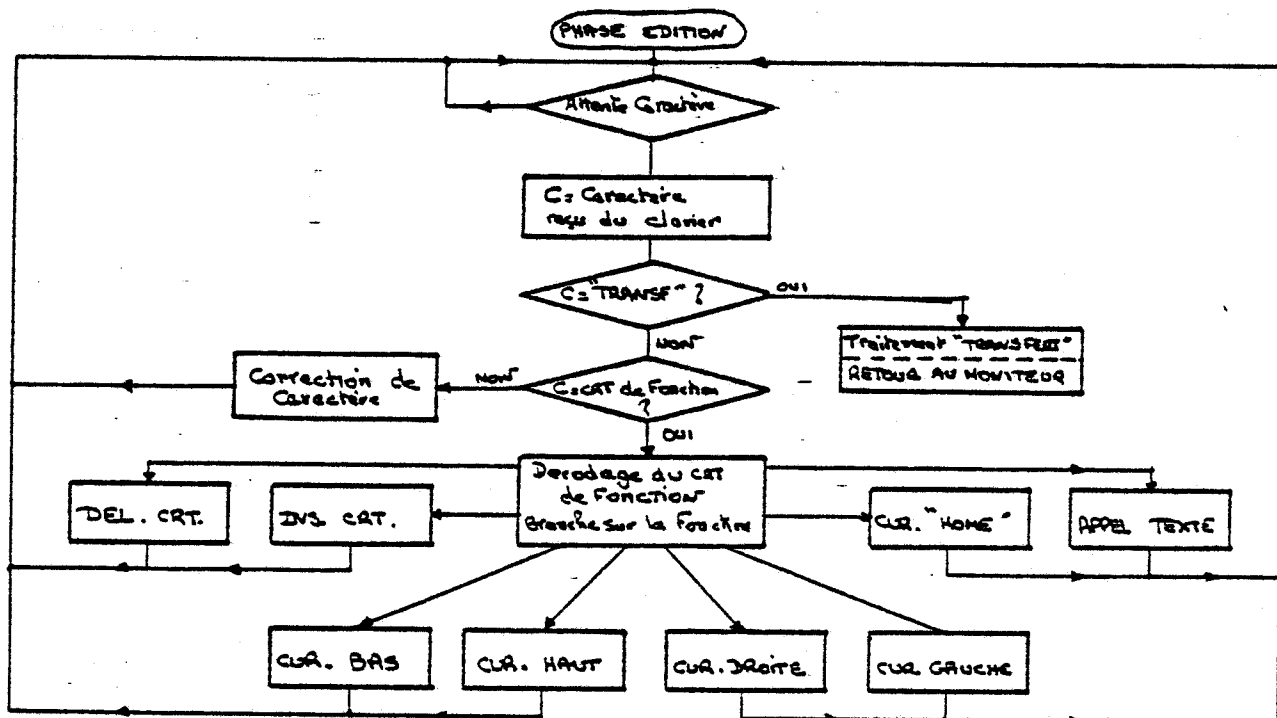
L'utilisateur a donc à sa disposition plusieurs fonctions qui lui permettent :

- une relecture complète ou partielle du texte transcrit ligne par ligne ou par blocs successifs de 12 lignes,
- des corrections par insertion, suppression de caractères ou par substitution.

Cependant, le format du texte transcrit (nombre de lignes du texte) ne peut être modifié car, pour faciliter la correction

d'éventuelles erreurs dans le texte Braille, nous avons décidé de conserver le format du texte original. Pour cette raison, l'utilisateur ne peut ni insérer des caractères au-delà de l'indicateur de fin de ligne, ni supprimer complètement une ligne.

L'organigramme de la figure 90 montre le principe d'appel des différentes fonctions. **FIGURE 90**



Les fonctions d'édition sont commandées à partir d'un clavier annexe où sont regroupées les touches réalisant les opérations suivantes :

- CURSEUR DEPART : Curseur en haut à gauche de l'écran
- CURSEUR HAUT : Déplacement de 1 ligne vers le haut
- CURSEUR BAS : Déplacement de 1 ligne vers le bas
- CURSEUR DROITE : Déplacement de 1 position à droite
- CURSEUR GAUCHE : Déplacement de 1 position à gauche
- INSERTION CARACTERE : Insertion d'1 caractère
- SUPPRESSION CARACTERE : Suppression d'1 caractère
- APPEL TEXTE : Défilement du texte bloc par bloc
- TRANSFERT : Retour au moniteur

A tout moment, l'utilisateur a la possibilité de quitter la phase d'édition (à l'aide d'une touche spécifique sur le clavier) afin de poursuivre le travail en cours.

III-3) Description détaillée des circuits de l'automate

III-3-1) Aspect modulaire de la réalisation

Pour augmenter la fiabilité et pour faciliter le dépannage, la réalisation matérielle de l'automate a été effectuée sous forme modulaire à l'aide de sept cartes (format Europe) dont les différentes fonctions sont les suivantes :

- une carte acquisition permettant de commander et de numériser le signal issu du capteur,
- une carte PIA-ACIA d'interface pour le clavier et l'imprimante,
- une carte unité centrale muni d'un interface série pour la commande de la table traçante,
- une carte de visualisation,
- une carte mémoire image (visualisation),
- une carte mémoire vive (RAM) permettant le stockage momentané des informations,
- une carte mémoire permanente (EPROM) permettant le stockage des différents logiciels.

L'automate que nous avons décrit peut être représenté par le schéma de la figure 91.

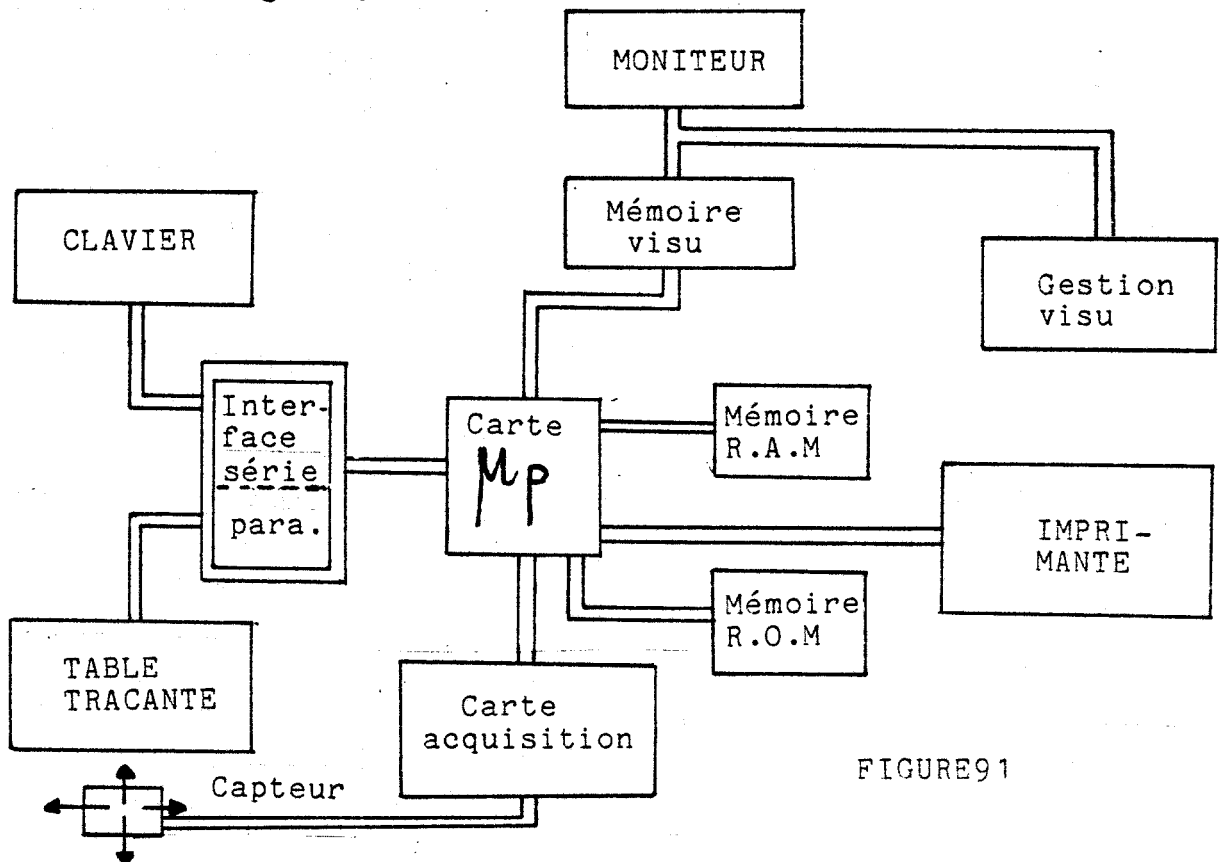


FIGURE 91

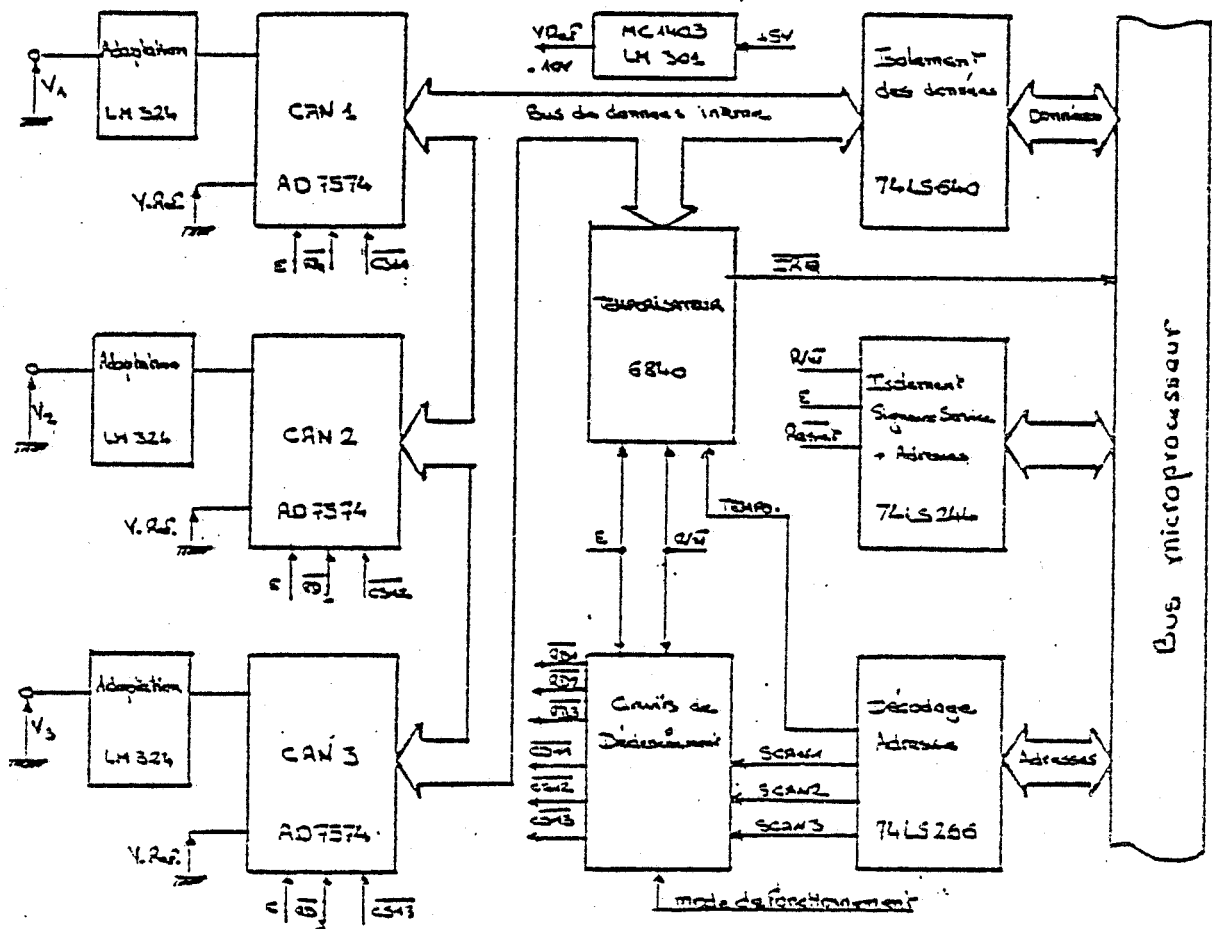
III-3-2) Etude de la carte acquisition

La carte d'acquisition permet d'effectuer des acquisitions de relief à partir des signaux analogiques issus des trois capteurs opto-électroniques que nous avons décrits précédemment.

Les différents circuits utilisés permettent de transformer le signal analogique issu de chaque capteur en un signal numérique échantillonné à une fréquence F_e (déterminée précédemment).

Le synoptique général de la carte est donnée dans la figure 92.

FIGURE 92



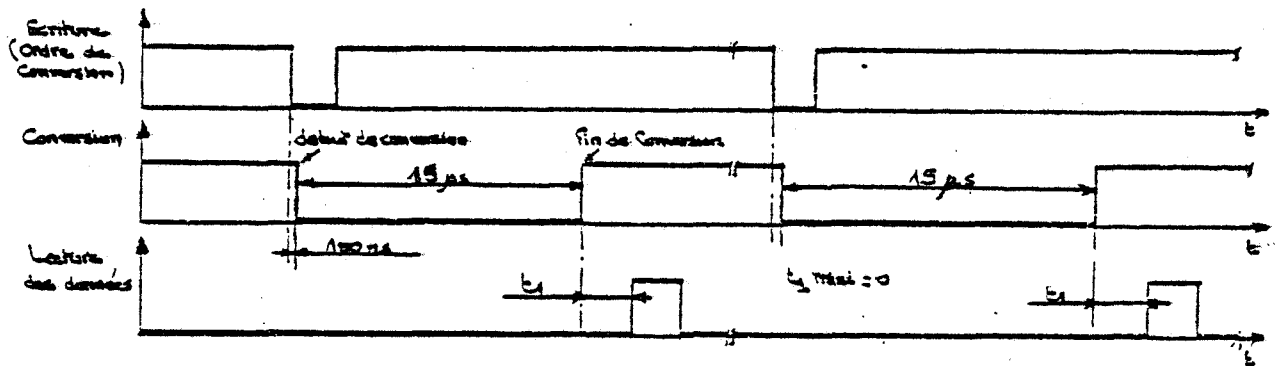
Lors de la réalisation de cette carte, nous avons décidé que son application ne devait pas être spécifique, c'est-à-dire qu'elle devait offrir de larges possibilités dans le domaine de la conversion analogique digital.

Nous avons donc fait les choix suivants :

- 1- le câblage d'une voie supplémentaire a été réalisé dans le but de faciliter une évolution future du capteur et disposer ainsi de quatre voies de conversion analogique digitale.
- 2- Nous avons utilisé des convertisseurs 8 bits ayant des temps de conversion de 15 microsecondes et pouvant donc être utilisés dans de nombreux domaines. De plus ces convertisseurs présentent différents modes de fonctionnement (voir annexe 8) et permettent d'augmenter la souplesse d'utilisation de la carte de conversion.
- 3- Nous avons utilisé un temporisateur programmable pour faire varier facilement la fréquence F_e des acquisitions et permettre un déclenchement matériel des convertisseurs.

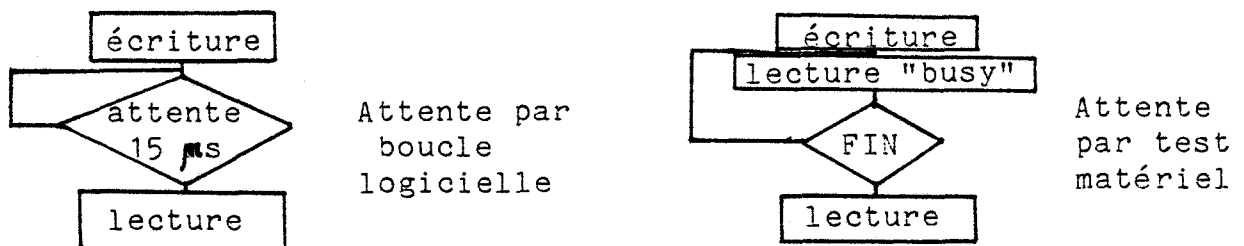
Lors de la mise en oeuvre de la carte, nous avons choisi le mode "RAM" comme mode de fonctionnement des convertisseurs. Le chronogramme (figure 93) montre que la conversion est obtenue par un cycle d'écriture-lecture qui nécessite une attente de 15 μ s entre la demande de conversion (écriture) et la réponse du convertisseur (lecture).

FIGURE 93
Fonctionnement en mode RAM

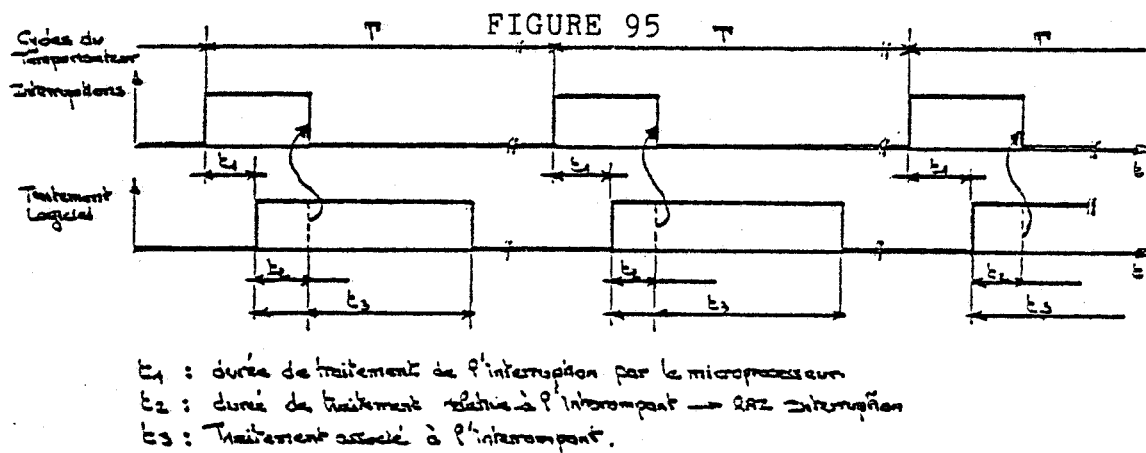


Cette attente qui correspond au temps de conversion peut être obtenue (figure 94) par logiciel (boucle d'attente) ou par un test matériel d'occupation du convertisseur (signal BUSY).

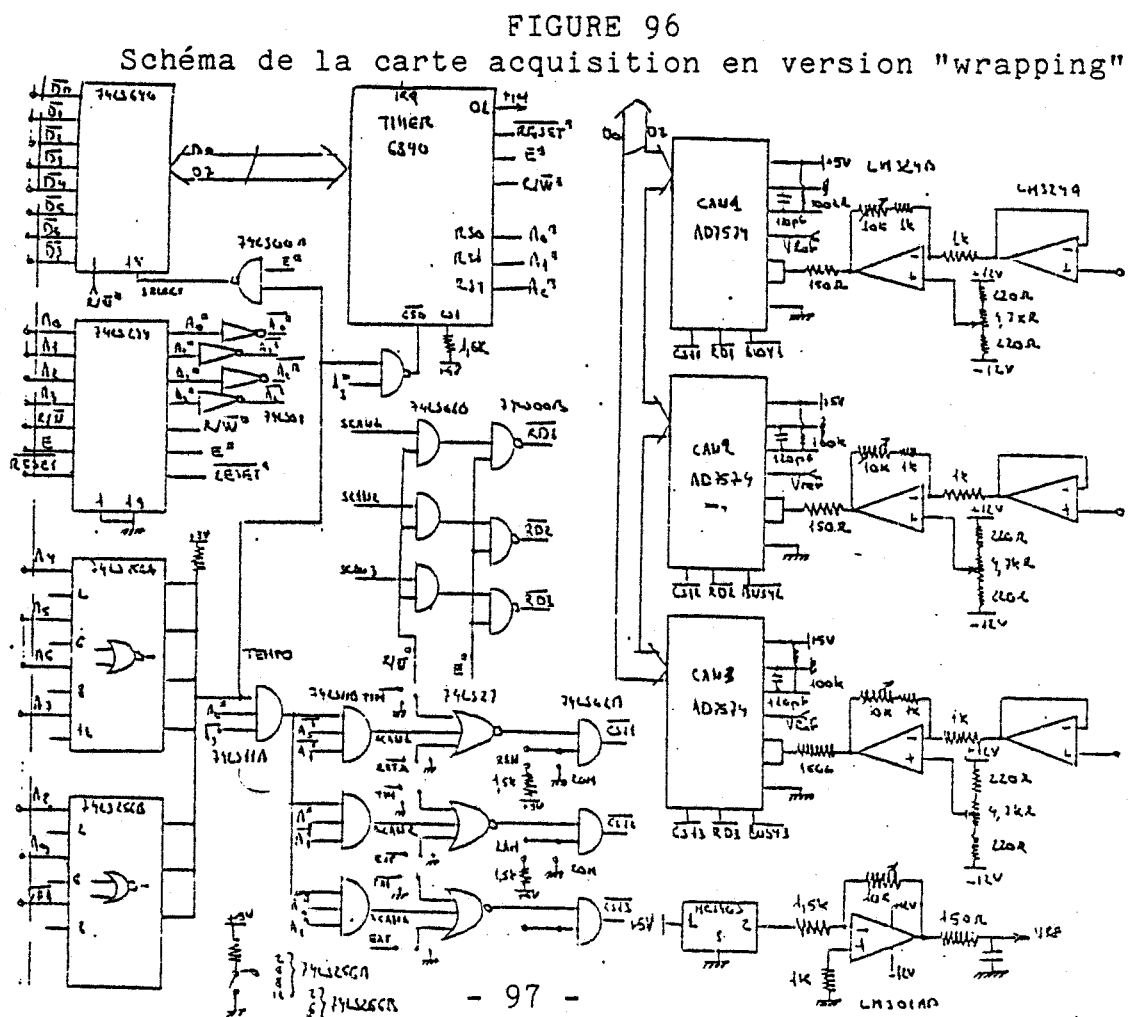
FIGURE 94



Nous avons choisi pour cette application une attente logicielle. Le déclenchement de l'acquisition des données est obtenu à l'aide du temporisateur qui génère, à chaque cycle de comptage, une interruption vers le le microprocesseur. Le traitement spécifique à cette interruption permet d'effectuer la conversion en mode RAM ou en mode ROM selon le processus décrit dans la figure 95.



La réalisation de la carte acquisition a été effectuée en deux temps. Une première carte a été réalisée par une méthode de "wrapping". La carte universelle de conversion, présentant les caractéristiques que nous avons décrites, a ensuite été réalisée en version circuit imprimé. Le schéma de la figure 96 décrit la constitution de la carte en version "wrapping".



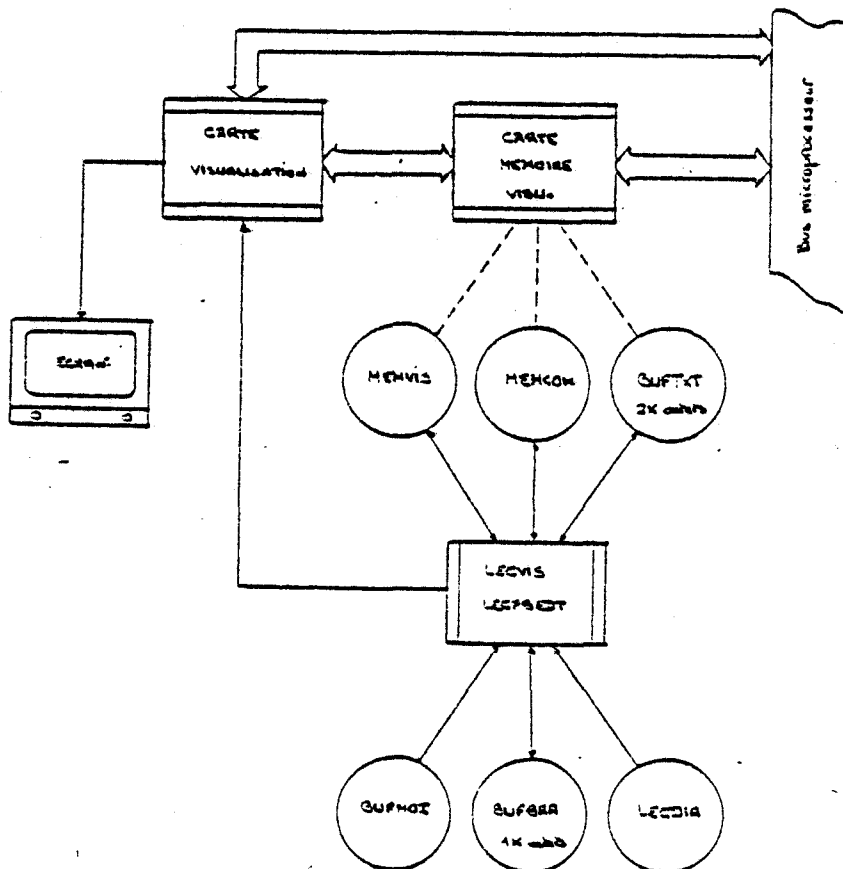
III-3-3) Description de la fonction visualisation

Cette fonction est réalisée par la mise en oeuvre d'un module de visualisation dont la structure matérielle est composée par :

- une carte visualisation qui supporte les circuits spécifiques de génération de l'image,
- une carte mémoire affectée à la visualisation,
- un organe de sortie: moniteur standard de télévision.

Le synoptique général de la fonction visualisation est représenté figure 97.

FIGURE 97



III-3-4) Description de l'interfacage

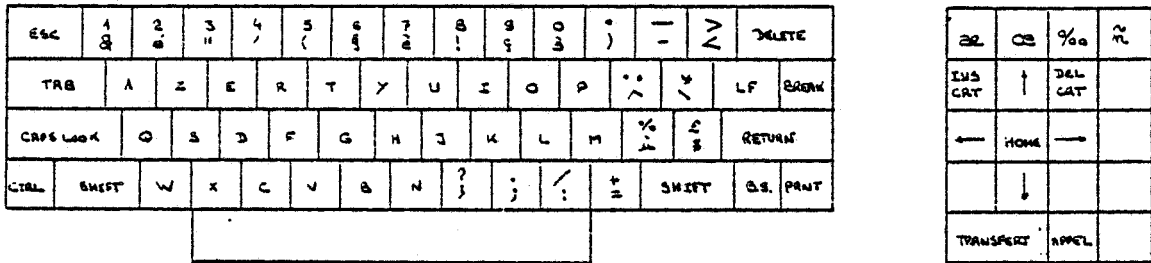
III-3-4-1) Interfacage du clavier

Nous avons choisi un clavier muni d'un encodeur de caractères afin de libérer au maximum le système et de lui permettre d'effectuer des tâches de fond du type filtrage en temps réel.

Le clavier utilisé (figure 98) est divisé en deux parties :

- un clavier type machine à écrire au standard français,
- un ensemble de touches annexe permettant d'intégrer les touches relatives aux commandes de l'éditeur.

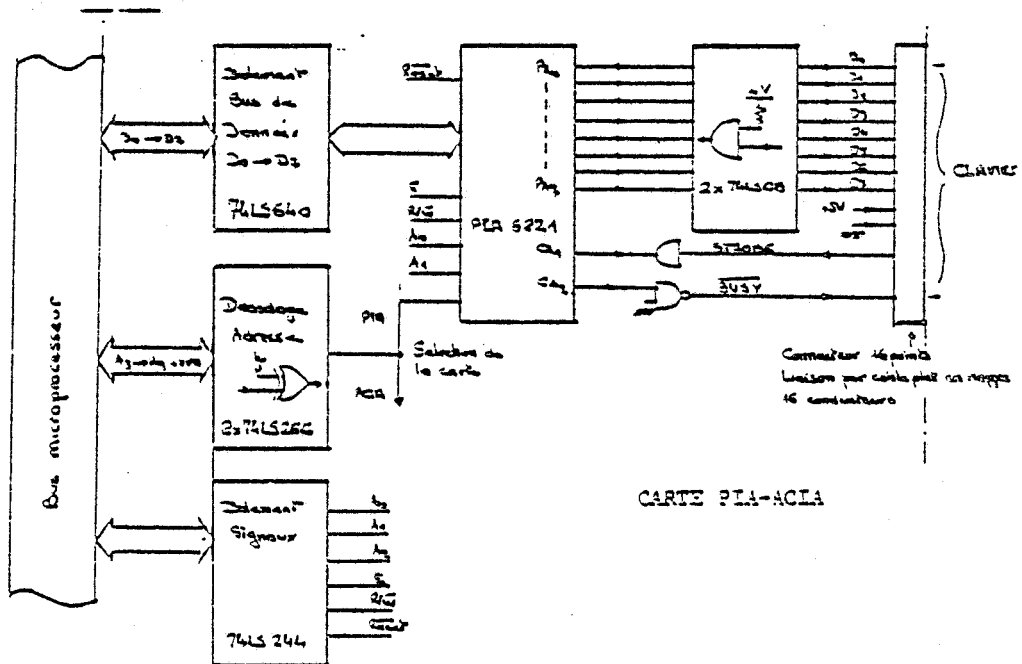
FIGURE 98



L'interfacage de ce clavier au système est réalisé par un circuit adaptateur parallèle (PIA). Les informations issues du clavier sont transmises en parallèle sur 8 bits sous le contrôle de deux lignes - STROBE - et - BUSY -

Ces deux lignes de contrôle du clavier sont reliées aux lignes CA1 et CA2 du PIA selon la figure 99.

FIGURE 99



CARTE PIA-ACIA



III-3-4-2) interfacage de la table traçante

Nous rappelons que la table utilisée est une table traçante à commande numérique et que les deux types de commande utilisés par l'automate sont les suivantes :

- 1- Une commande déplacement du chariot vers une position de coordonnées absolues X,Y pour effectuer d'une part le balayage du document lors de la lecture du relief, d'autre part le balayage de la trame lors de l'étalonnage en vitesse.
- 2- Une commande de digitalisation permettant le repérage de la position du capteur par envoi à partir de la table des coordonnées absolues X,Y du chariot. Cette commande, principalement utilisée lors de la phase initiale, permet de déterminer le début et la fin de la zone écrite du document.

Les échanges entre la table et le système se font par une liaison série asynchrone à la vitesse de 1200 Bauds. L'interfacage est réalisé par un circuit adaptateur série (ACIA 6850 de Motorola) implanté sur la carte unité centrale.

Les dimensions de la surface utilisable sont de 320mm sur 320 mm. Pour définir cette surface la table utilise 2731 pas graphiques en X et 4094 pas graphiques sur l'axe Y, ce qui permet donc une précision de l'ordre de 0.01 mm. Chaque coordonnée absolue X ou Y peut donc être codée sur deux octets. Cependant le format des coordonnées utilisé par la table (voir annexe 9) exige que le système envoie un mot de commande de 5 octets pour le déplacement et qu'il décode, à la réception, un mot de 7 octets.

Nous avons donc mis au point un utilitaire qui permet la conversion des deux octets, correspondant aux coordonnées absolues du chariot, en mots de commande utilisables par la table.

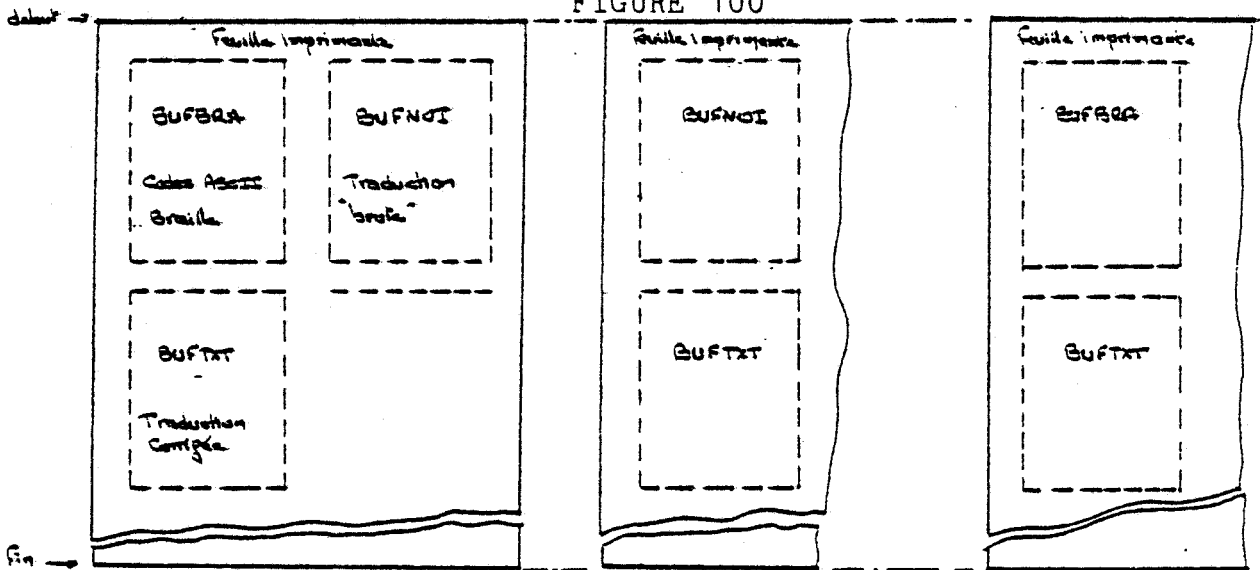
III-3-4-3) interfacage et description de la restitution sur l'imprimante

Cette opération permet de restituer selon le choix de l'opérateur:

- le texte correspondant aux codes ASCII Braille,
- le texte noir après transcription,
- l'ensemble: texte Braille et transcription noire.

Le type de restitution est choisi par l'opérateur à l'aide d'un dialogue "homme-machine" et la mise en page des différentes restitutions se fait alors selon la figure 100.

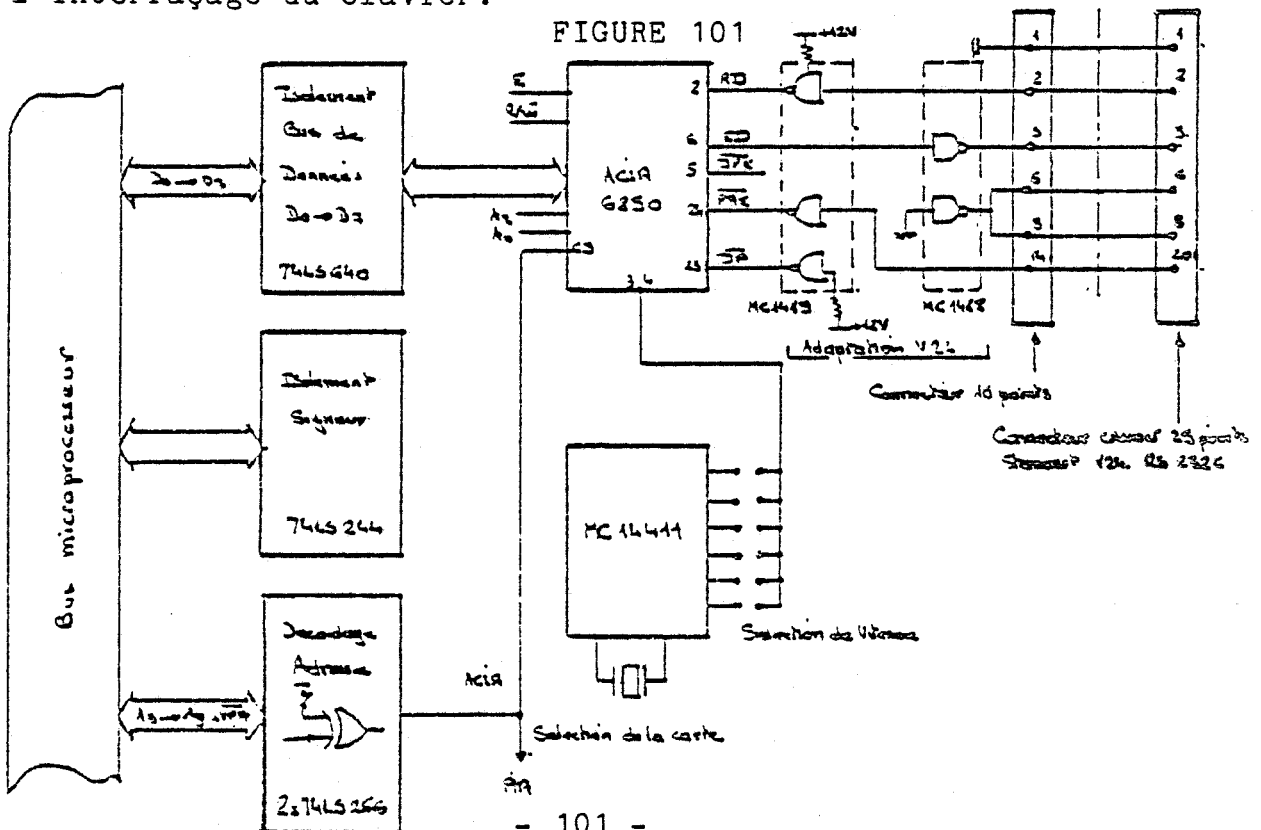
FIGURE 100



Afin de conserver le format du texte et de permettre une vérification, chaque ligne du texte imprimé correspond à une ligne de graphèmes Braille. La transmission des caractères est effectuée par blocs à l'aide d'un indicateur de fin de bloc.

L'imprimante utilisée (Diablo) utilise une liaison série asynchrone (norme RS232 C/CCITT V24). Cette imprimante possède une mémoire tampon de 256 octets et permet une vitesse d'impression de l'ordre de 38 caractères par seconde. L'interfaçage de l'imprimante a donc été réalisé à l'aide d'un circuit adaptateur série (ACIA 6850 de Motorola) permettant une vitesse de transmission de 1200 Bauds. Cet interfaçage, dont l'intégration est décrite dans la figure 101, a été implanté sur la carte interface parallèle série précédemment utilisée lors de l'interfaçage du clavier.

FIGURE 101

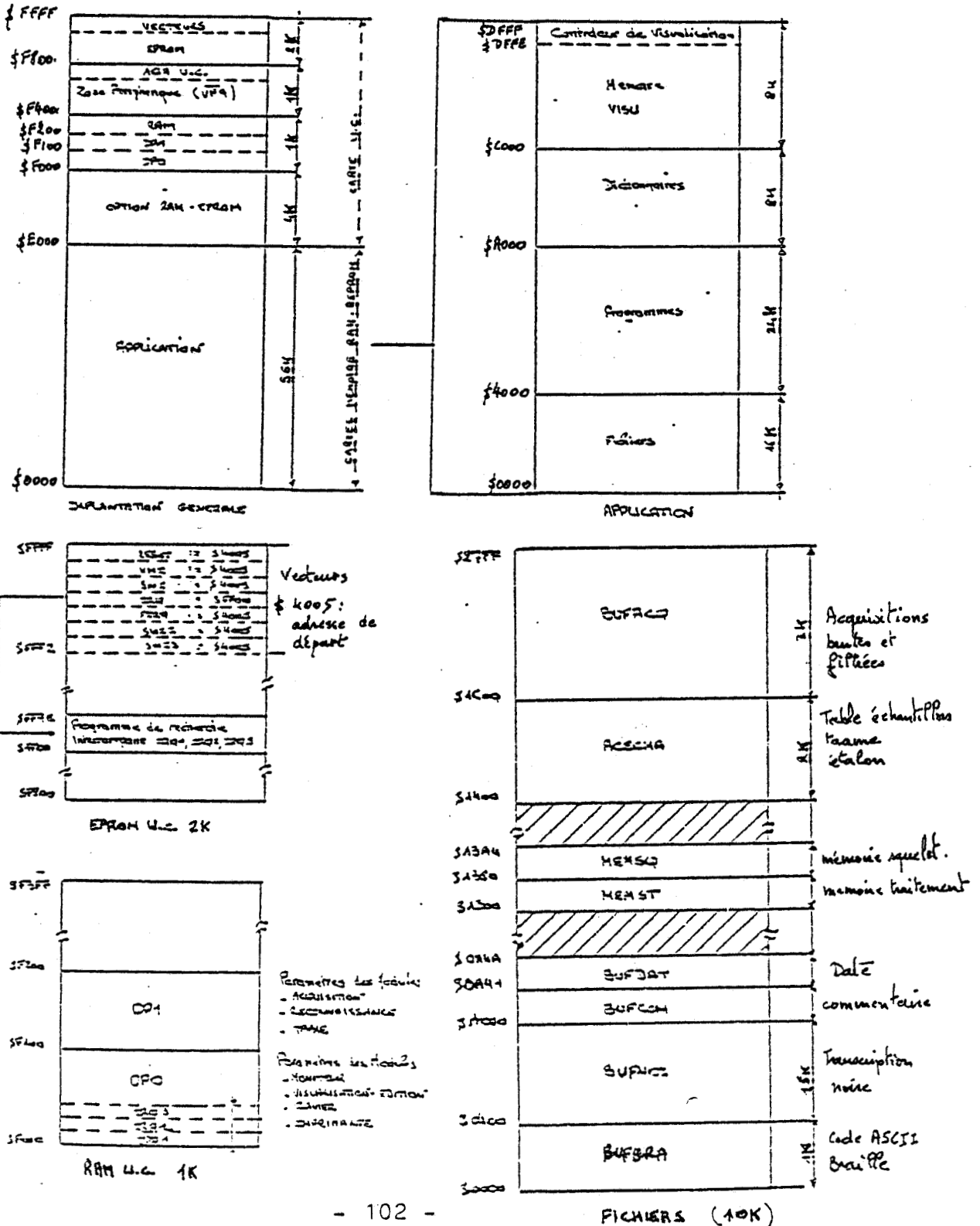


III-3-5) Organisation logicielle

L'ensemble des logiciels utilisés par l'automate ont été regroupés sur la carte mémoire R.O.M. (16 K).

La répartition de l'adressage mémoire du système, décrit dans la figure 102, a été choisie pour faciliter toute modification éventuelle des logiciels de traitement ou des tables dictionnaire de l'algorithme de transcription inverse.

FIGURE 102



CONCLUSION

C O N C L U S I O N

L'étude que nous avons décrite a permis la réalisation d'un système opérationnel sur un support régulier, normalement embossé. Le taux de réussite est alors de 100 %, c'est le cas de la lecture d'un texte Braille réalisé à l'aide d'une embosseuse mécanique.

Dans le cas d'un relief mal embossé ou usagé, le taux de réussite est nettement moins bon (70 % à 80 %).

Le capteur ponctuel a l'avantage d'une mise en oeuvre aisée et il est bien adapté à l'obtention du relief Braille. L'utilisation d'un balayage mécanique par contre rend difficile l'analyse bidimensionnelle du document.

L'arrivée sur le marché de capteurs optoélectroniques à transfert de charge bidimensionnels à haute résolution (576 x 384 pixels) a permis d'une part d'envisager l'étude d'un système de lecture de relief Braille, par balayage électronique de l'image du document rendue nette sur le plan d'une cellule CCD, d'autre part d'éviter les inconvénients du balayage mécanique.

Actuellement, un système de lecture de relief basé sur le traitement d'images est en cours d'étude au laboratoire et viendra remplacer, à l'avenir, la tête de lecture de notre système constitué du capteur ponctuel et de la table traçante.

Les travaux que nous venons de présenter constituent une recherche de base sur la mise au point du processeur de transcription Braille-noir, sur les algorithmes de filtrage du signal et de reconnaissance des formes, sur l'organisation du système électronique et sur les différents modules logiciels du banc d'étude et de mise au point des travaux menés au cours de notre thèse.

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

- (1) BLANCHIN, HENRI, LE GUEVEL
Abrégé orthographique étendue
Ed. Valentin Haüy, Paris, 1964, 38 pages.
- (2) MANDAR (A.)
" Etude théorique et réalisation d'un système autonome interactif de transcription Braille"
thèse de Docteur-ingénieur, 22 avril 1982 à Lille.
- (3) VINCKE (P.)
" Réalisation d'un transcripteur automatique de relief Braille."
Mémoire d'ingénieur CNAM, 26 novembre 1983 à Lille.
- (4) SPATARU (A.)
Théorie de la transmission de l'information
éd. Masson, 1970.
- (5) MAX (J.)
Méthodes et techniques de traitement du signal
éd. Masson, 1972.
- (6) ARQUES (P.Y.)
Décisions en traitement du signal
Collection technique et scientifique des Télécommunications
Masson, 1979.
- (7) ANGOT (A.)
Compléments de Mathématiques
éd. collection scientifique et technique CNET.
- (8) RABINER (LR.), GOLD (B.)
Theory and application of digital signal processing.
- (9) DUBUS (J.P.), MANDAR (A.)
"Démarche adoptée pour établir la faisabilité d'un traducteur autonome temps réel Braille abrégé à l'aide d'un microprocesseur. Description détaillée d'une partie des solutions adoptées"
I.T.B.M., France, Vol. 1. n 2, 1980, pp. 4-20.
- (10) DONNEDU (A.)
Structures fondamentales,
tome I, Vuibert, Paris (1976).
- (11) TRUQUET (M.)
Transcription en Braille intégral ou abrégé.
Thèse d'état, Toulouse (30 nov. 1979), 180 p.
- (12) COURTIN (J.)
Algorithme pour le traitement interactif des langues naturelles.
Thèse d'état, Université Grenoble (1977).

- (13) SNELDERS (J.A.H.), SPANJERSBERG (H.A.)
An integrated Braille system.
Euromicro 1978. North-holland, Amsterdam.
- (14) OSAMUN-SUEDA
Braille translation by micro-computer and a paper less
Braille Dictionary. Conference internationale "on compute-
rized Braille production today and to morrow".
Londres (juin 1979). Osaka Univ., Jap.
- (15) BERTIL-MALBERG
Phonétique française.
Hermods, Suède (1969).
- (16) CARINALLI (C.)
Slash CRT-terminal component count with an I.C. controller.
Electronic Design, 14 July 5, 1978, pp. 88-95.
- (17) DUBUS (J.P.) WATTRELOT (F.), MANDAR (A.)
Description of a system for the edition and duplication of
texts either in integral or abbreviated Braille for the
blind, or in large size characters for the partially
sighted.
Sensory World, Lusby, Maryland (1980), pp. 11-16.
- (18) DUBUS (J.P.), MANDAR (A.)
Méthode d'élaboration des algorithmes de traduction en
Braille abrégé par dactylographie d'un texte. Optimisation
de la taille mémoire et du temps de traduction pour implan-
tation sur microprocesseur .
Innov. Tech. Biol. Méd., Fr. (1980), 1, n 4, pp.53-71.
- (19) DUBUS (J.P.), WATTRELOT (F.)
Etude de la visualisation de textes alphanumériques sur
écran de télévision à format variable à usage des
amblyopes.
Innov. Tech. Biol. Méd., Fr. (1980), 1, n 4, pp. 25-41.
- (20) CHRISTOPHERSEN (J.)
The Nord Braille system.
Colloque international Inf. et Braille (23-26 sept.,
Toulouse 1981).
- (21) DUBUS (J.P.), WATTRELOT (F.)
Interpréteur-éditeur Braille automatique autonome avec
clavier de machine à écrire.
Le Nouvel Automatismes, Fr (juin-juil. 1979), pp. 31-35.
- (22) MATHIEU (B.)
Utilisation d'un transcritteur général d'états finis pour
la saisie de textes et leur traduction en Braille abrégé.
Congrès AFCET, Paris (nov. 1978).

- (23) PAIR (C.), GAUDEL (M.C.)
Les structures de données et leur représentation en mémoire
2e édition, INRIA, Fr. (1979).
- (24) LOOSFELT (P.)
Sur un ensemble technico-pédagogique de traitement numérique et de communication sur écran de télévision.
Thèse de Docteur-ingénieur, Lille (15 juin 1977), 80 p.
- (26) GOODRICH (G.L.), BENETT (R.R.)
Computer access for the blind.
Revue Tekniques - Tektronix (juin 1979)
- (27) COLEMAN (P.W.F.)
Tactile displays : their current state and a new approach.
Conference internationale "on computerized Braille production today and to morrow".
Londres (juin 1979). Univ. Warwick, GB.
- (28) GRANDJEAN (E.)
Conception et réalisation d'un dictionnaire pour un analyseur interactif de langues naturelles.
Mémoires CNAM, Université Grenoble (1975), 80 p.
- (29) VARLET (D.)
Faisabilité d'une machine autonome de traduction de texte Braille en clair
D.E.A. 1980 Lille
- (30) DUBUS (J.P.), MORTREUX (M.), VINCKE (P.), SION (C.)
Etude et réalisation d'un lecteur optique de relief Braille avec transcription automatique en texte "noir".
Innov. tech. Biol. Med. 4, n 6, pp. 592-616 Fr (1983).
- (31) DUBUS (J.P.), MORTREUX (M.), DURAND (M.)
Méthode d'élaboration des algorithmes de transcription automatique Braille abrégé-noir en vue de leur implantation dans une architecture de transcripteur autonome.
Innov. Tech. Biol. Med. 3, n 4, pp. 433-443, Fr (1982).
- (32) DUBUS (J.P.), MANDAR (A.), MORTREUX (M.)
"Modélisation des règles de transcription Braille.
Application à l'étude des processeurs de communication individuelle entre voyant et aveugle".
Annales des Télécommunications, 38, n 3-4, 1983.

A N N E X E

ANNEXE 1

Liste des mots du dictionnaire pour lesquels il faut tronquer la racine si celle-ci est suffixée avec (numéro de la règle suffixe):

- | | |
|---------------------|-------------------|
| - bienfait (27) | - objet (4) |
| - circonstance (19) | - personne (27) |
| - facile (1) | - rythme (11) |
| - force (10) | - subjective (1) |
| - humanité (8) | - somme (8) |
| - idée (10) | - théorie (23) |
| - image (26) | - type (11) |
| - multiple (11) | - utile (17) |
| - mobile (17) | - volonté (8) |
| - mystère (19) | - principe (10) |
| - nécessité (2) | - grâce (19) |
| - nature (12) | - grave (1) |
| - office (19) | - tranquille (17) |
| - origine (10) | - une (1) |

Liste des mots du dictionnaire pour lesquels la recherche d'une sous-racine, dans le dictionnaire des suffixes, est nécessaire :

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| - apparent (3) nt | - progrès (20) ès |
| - bienveillant (3) nt | - produit (4) it |
| - conséquent (3) nt | - disposition (14) ion |
| - différent (3) nt | - distant (3) nt |
| - fréquent (3) nt | - expression (14) ion |
| - hypothèse (30) se | - explication (14) ion |
| - libre (25) re | - excès (20) ès |
| - lumière (26) ère | - excellent (3) nt |
| - pensée (28) sée | - expérience (22) ence |
| - particulier (21) ier | - confiant (3) nt |
| - population (31) ation | - conscient (3) nt |
| - relation (14) ion | |

Annexe 2

Code A.S.C.I.I des graphèmes Braille

b.	0	0	0	0	1	1	1	1
b.	0	0	1	1	0	0	1	1
b.	0	1	0	1	0	1	0	1

b.	0	0	0	0	1	1	1	1
b.	0	0	1	1	0	0	1	1
b.	0	1	0	1	0	1	0	1

0	1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---

0	1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---

b. b. b. b.

0	0	0	0	0	NUL	TC. (OLE)	SP	⠠	⠠	⠠		
0	0	0	1	1	TC. (SOH)	DC.	⠠	⠠	⠠	⠠		
0	0	1	0	2	TC. (STX)	DC.	⠠	⠠	⠠	⠠		
0	0	1	1	3	TC. (ETX)	DC.	⠠	⠠	⠠	⠠		
0	1	0	0	4	TC. (EOT)	DC.	⠠	⠠	⠠	⠠		
0	1	0	1	5	TC. (ENQ)	TC. (NAK)	⠠	⠠	⠠	⠠		
0	1	1	0	6	TC. (ACK)	TC. (SYN)	⠠	⠠	⠠	⠠		
0	1	1	1	7	BEL	TC. (ETB)	⠠	⠠	⠠	⠠		
1	0	0	0	8	FE. (BS)	CAN	⠠	⠠	⠠	⠠		
1	0	0	1	9	FE. (HT)	EM	⠠	⠠	⠠	⠠		
1	0	1	0	10	FE. (LF)	SUB	⠠	⠠	⠠	⠠		
1	0	1	1	11	FE. (VT)	ESC	⠠	⠠	⠠	⠠		
1	1	0	0	12	FE. (FF)	IS. (FS)	⠠	⠠	⠠	⠠		
1	1	0	1	13	FE. (CR)	IS. (GS)	⠠	⠠	⠠	⠠		
1	1	1	0	14	SO	IS. (RS)	⠠	⠠	⠠	⠠		
1	1	1	1	15	SI	IS. (US)	⠠	⠠	⠠	⠠	DEL	

0	NUL	TC. (OLE)	SP	0	⠠ ^a	⠠ ^c	P		
1	TC. (SOH)	DC.	!	1	A	Q			
2	TC. (STX)	DC.	"	2	B	R			
3	TC. (ETX)	DC.	#	3	C	S			
4	TC. (EOT)	DC.	\$	4	D	T			
5	TC. (ENQ)	TC. (NAK)	%	5	E	U			
6	TC. (ACK)	TC. (SYN)	&	6	F	V			
7	BEL	TC. (ETB)	'	7	G	W			
8	FE. (BS)	CAN	(	8	H	X			
9	FE. (HT)	EM	)	9	I	Y			
10	FE. (LF)	SUB	*	:	J	Z			
11	FE. (VT)	ESC	+	;	K	⠠	⠠		
12	FE. (FF)	IS. (FS)	,	<	L	⠠	⠠		
13	FE. (CR)	IS. (GS)	-	=	M	⠠	⠠		
14	SO	IS. (RS)	.	>	N	⠠	⠠		
15	SI	IS. (US)	/	?	O	⠠	⠠	DEL	

Liste des mots terminant par ien					
lien	étolien	dévonien	opticien	voltérien	augustinien
mien	ourlien	brownien	francien	elzévirien	napoléonien
rien	paulien	olympien	bajocien	sénatorien	proudhonien
sien	adamien	saharien	toarcien	équatorien	californien
tien	permien	agrarien	akkadien	pasteurien	métacarpien
chien	wormien	césarien	canadien	faubourien	prolétarien
ilien	crânien	cambrien	comédien	austrasien	précambrien
arien	iranien	libérien	ophidien	mélanésien	grammairien
pubien	édénien	sibérien	hyôdien	indonésien	madréporien
ancien	asinien	algérien	méridien	ambrosien	zoroastrien
indien	bosnien	galérien	freudien	théodosien	rabelaisien
lydien	carpien	vomérien	plébéien	circassien	métatarsien
argien	icarien	vénérien	pompéien	parnassien	lilliputien
malien	ovarien	népérien	pélagien	paroissien	précolombien
salien	ombrien	ivoirien	géorgien	malthusien	hydraulicien
délien	ougrien	ligurien	phrygien	vaclusien	syntacticien
éolien	terrien	silurien	hawaïen	kolkhozien	dialecticien
julien	vaurien	illyrien	régalien	aurignacien	stylisticien
simien	étésien	assyrien	ouralien	académicien	statisticien
ionien	tarsien	eurasien	mycélien	platonicien	nécromancien
aérien	rhétien	salésien	hégélien	rhétoricien	chiromancien
dorien	haïtien	milésien	sicilien	électricien	oniromancien
syrien	kantien	arlésien	tyrolien	esthéticien	cartomancien
tyrien	laotien	artésien	rotulien	phonéticien	ptérygoïdien
oasien	béotien	fuchsien	bohémien	diététicien	arachnoïdien
jovien	martien	tunisien	lucanien	logisticien	antiméridien
amibien	soutien	parisien	océanien	acousticien	mésopotamien
combien	pelvien	prussien	mycénien	biquotidien	transuranien
lesbien	latvien	pharaonien	arménien	garibaldien	lacédémonien
gardien	danubien	bourbonien	racinien	oesophagien	transcaspien
gordien	alsacien	macédonien	arminien	carolingien	antécambrien
fuégien	magicien	calédonien	rétinien	mérovingien	presbytérien
vosgien	logicien	pyrrhonien	baconien	appalachien	phylloxérien
stygien	galicien	babylonien	urgonien	stendhalien	baudelairien
pythien	milicien	cicéronien	junonien	vénézuélien	thermidorien
italien	stoïcien	bergsonien	néonien	strombolien	préhistorien
chilien	musicien	végétarien	huronien	panathénien	hallstattien
		antiaérien	turonien	magdalénien	antédiluvien
		jupitérien	métonien	endocrinien	propharmacien
		moustérien	estonien	lamartinien	zootechnicien
				palestinien	électronicien

pythagoricien	darwinien	patricien	ambrosien	pygméen	ben
métaphysicien	draconien	métricien	haversien	ghanéen	sen
mathématicien	glyconien	physicien	jurassien	linnéen	yen
arithméticien	londonien	praticien	dalmatien	cornéen	éden
cybernéticien	chthonien	tacticien	entretien	élyséen	paen
rhabdomancien	daltonien	cadurcien	pharmacien	röntgen	amen
pennsylvanien	plutonien	tragédien	mécanicien	duramen	aven
shakespearien	newtonien	phocidien	technicien	abdomen	loden
transsaharien	alcyonien	rachidien	théoricien	albumen	égéen
transsibérien	saturnien	euclidien	généticien	cérumen	païen
carboniférien	hercynien	quotidien	politicien	citoyen	solen
phalanstérien	éthiopien	liquidien	cistercien	mitoyen	lumen
péloponnésien	euscarien	dravidien	xiphoïdien	maghzen	rumen
aristotélicien	tokharien	chérifien	thyroïdien	saducéen	hymen
télémechanicien	unitarien	collégien	mastoïdien	chaldéen	doyen
pyrotechnicien	luthérien	norvégien	parotidien	paludéen	moyen
polytechnicien	hitlérien	laryngien	amérindien	trachéen	aryen
astrophysicien	mesmérien	pélasgien	cambodgien	dédaléen	gulden
péripatéticien	wagnérien	coccygien	phalangien	galiléen	sabéen
astronauticien	jennérien	basochien	théologien	chelléen	lycéen
chlorophyllien	bactérien	eutychien	chirurgien	céruleen	péléen
transcaucasien	zostérien	pascalien	autrichien	dahoméen	coréen
psychotechnicien	grégorien	normalien	sabbathien	cananéen	lichen
électromécanicien	oratorien	israélien	corinthien	groschen	pollen
cristallophyllien	victorien	mandélien	australien	biscaïen	gramen
capétien	prétorien	cornélien	thessalien	cyclamen	examen
chrétien	pastorien	zwinglien	conchylien	réexamen	dolmen
vénitien	nestorien	brésilien	épïcrañien	spécimen	culmen
maintien	historien	reptilien	lusitanien	bazinnen	germen
égyptien	neustrien	corallien	campignien	biscayen	mionen
bolivien	épicurien	mongolien	abyssinien	sadducéen	bunsen
diluvien	tellurien	néocomien		manichéen	pecten
péruvien	hanovrien	vulcanien		herculéen	gluten
hertzien	zéphyrien	rhodanien		acheuléen	troyen
microbien	caucasien	jordanien		chananéen	phocéen
balzacien	magnésien	soudanien		arachnéen	mandéen
paulien	cartésien	campanien		cyclopéen	vendéen
phénicien	clunisien	touranien		marmoréen	archéen
clinicien	savoisien	lituanien		solutréen	aramien
ébroïcien	pharisien	ukrainien			
fabricien		stalinién			
			EN		
			concitoyen		
			hyperboréen		
			lepidosiren		
			méditerranéen		
			transpyrénéen		

Annexe 4

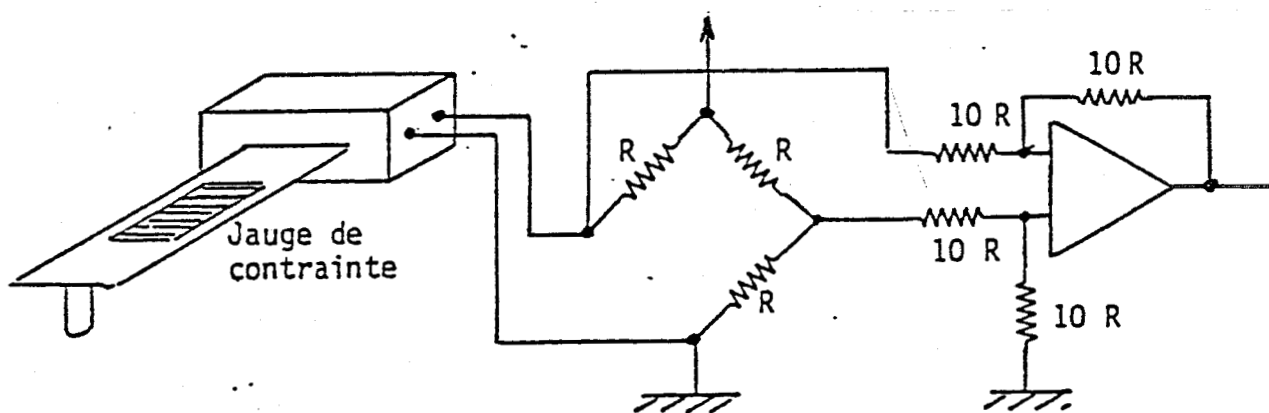
Principe des différents capteurs de relief

- 1- détecteur optique à lumière cohérente
- 2- détecteur hyperfréquence

Ces capteurs sont de mise en oeuvre sophistiquée et ne sont pas adaptés à la lecture de relief de l'ordre du millimètre.

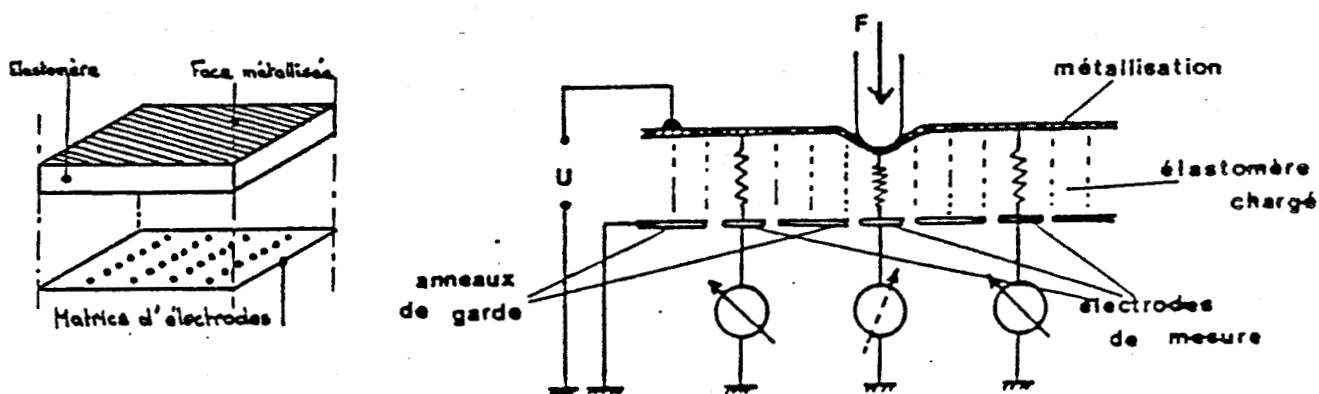
- 3- détecteur mécanique

Une étude de la faisabilité de la lecture de relief Braille à l'aide d'un capteur mécanique utilisant une jauge de contrainte a été effectuée au laboratoire (29). Les résultats ont été positifs et ont montrés, du fait de la fragilité du capteur, qu'un autre principe devait être choisi.



- 4- détecteur résistif

Principe basé sur la variation de résistances, nommés "peau artificielle"



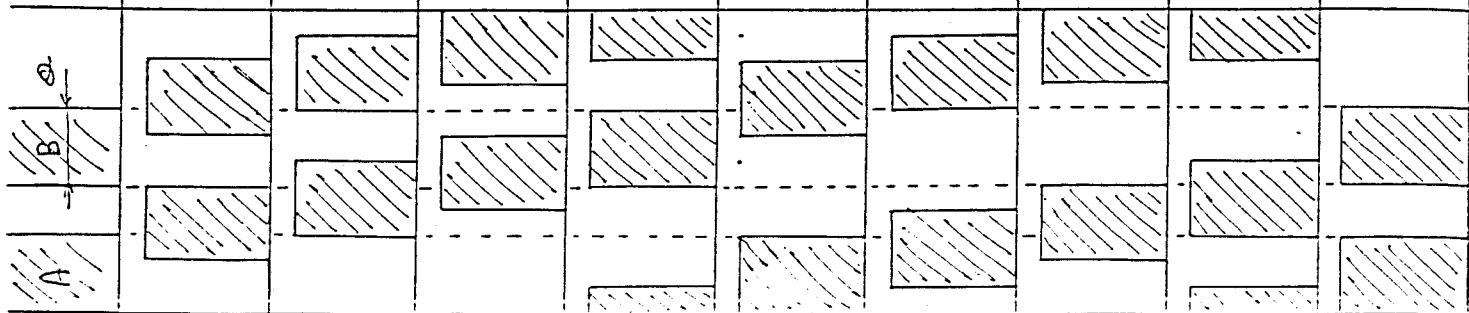
- 5- détecteur optoélectronique

Ce choix est détaillé dans notre mémoire

MARQUE	TYPE	DIMENSIONS PAPIER	SURFACE DE TRACE	VITESSE DE POSITION.	VITESSE DE TRACE	LIAISON	RESOLUTION	REPETABILITE	PRX
PHILIPS	IEC 625 Multi couleur	DIN A3	338x280 mm	100 cm/s	300mm/s ou 150mm/s	IEEE 488 CCITT V24	0,1 mm mini	± 0,1 mm avec ñ stylo	41.000 Fr
H.P. HEWLETT PACKARD	7220C Multi couleur	A3	400x285 mm		360mm/s x-y 509mm/s xy	RS 232 C CCITT V24	0,025 mm	± 0,1 mm	53.000 Fr
	7225B + 17600A	A4			250mm/s		0,032 mm		27.200 Fr
	7225B + 17603A	A4			250mm/s	RS 232 C CCITT V24	0,03 mm		33.000 Fr
	7470A/001	A4							14.600 Fr
CALCOMP	81	A3	280x338 mm	100 cm/s	300mm/s	RS 232 C	0,1 mm	± 0,1 mm	41.200 Fr
BRYANS SA	Computagraph A 52 100	A3	280x380 mm		350mm/s	RS 232 C (rs) bcl.de courant	0,1 mm		29.050 Fr
	Computagraph B 52 200	A3	280x380 mm		350mm/s	IEEE 488	0,1 mm		29.050 Fr
	Computagraph C	A3	280x380 mm		350mm/s	RS 232+IEEE	0,1 mm		30.240 Fr
JJ. LOYD	PD4	A4	180x250 mm		400mm/s	IEEE	0,04 mm		8.000 Fr
TEKTRONIX	4662	295x432 mm	250x380 mm		400mm/s	RS 232ouGPIB	0,127 mm	± 0,06 mm	42.000 Fr

- Etude du marché des tables traçantes
(Septembre 1982)

Calcul de la fonction d'autocorrélation du signal de réponse à un point Braille modélisé



pour $0 < \tau < \frac{2}{3}\theta$
 $c(\tau) = \frac{\theta}{4\theta} \left[\frac{1}{2} \left[\frac{\theta-\tau}{\theta} \right] + \frac{1}{2} \left[\frac{\theta-\tau}{\theta} \right] \right] = \frac{1}{4} \left[\frac{\theta-\tau}{\theta} \right]$

pour $\frac{2}{3}\theta < \tau < \theta$
 $c(\tau) = \frac{\theta}{4\theta} \left[\left[\frac{1}{2} \left[\frac{\theta-\tau}{\theta} \right] \right] + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \left(\frac{\tau-2/3\theta}{\theta} \right) \right] + \frac{1}{2} \left[\frac{\theta-\tau}{\theta} \right] + \frac{1}{2} \left[\frac{\theta-\tau}{\theta} \right]$
 $c(\tau) = \frac{1}{4} \left[\left[\frac{\theta-\tau}{\theta} \right] + \frac{1}{4} \left(\frac{\tau-2/3\theta}{\theta} \right) \right]$

pour $\theta < \tau < 4\theta/3$
 $c(\tau) = \frac{\theta}{4\theta} \left[\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \left(\frac{\tau-2/3\theta}{\theta} \right) \right] = \frac{1}{4} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\tau-2/3\theta}{\theta} \right) \right]$

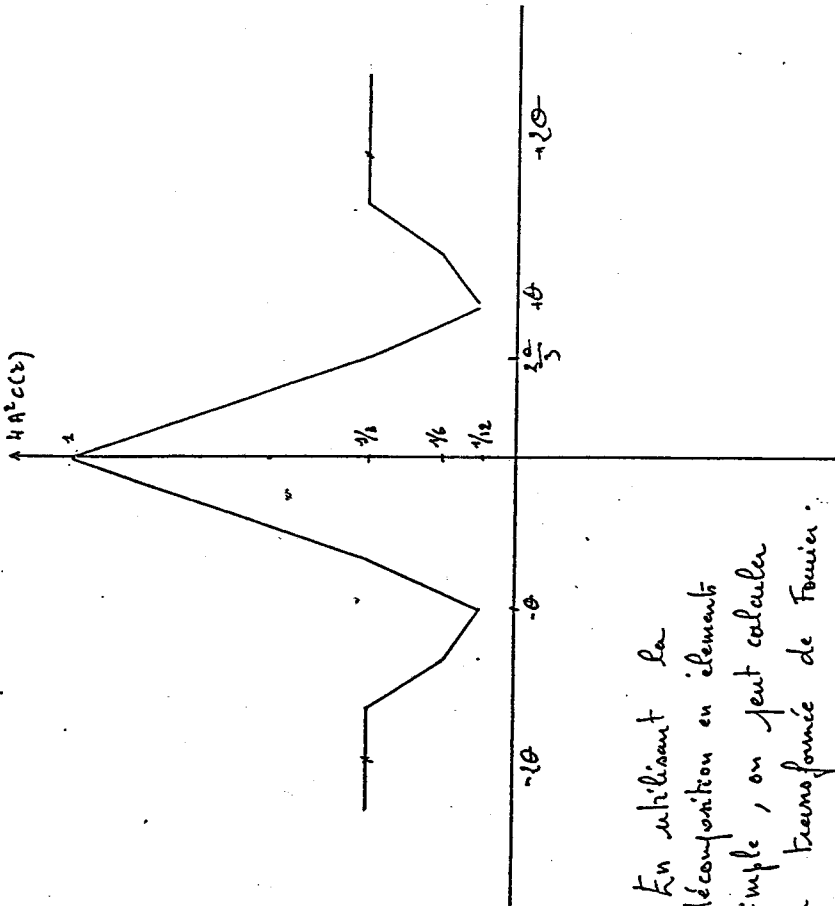
pour $4\theta/3 < \tau < 5\theta/3$
 $c(\tau) = \frac{\theta}{4\theta} \left[\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \left(\frac{\tau-4\theta/3}{\theta} \right) + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \left[\frac{\tau-2/3\theta}{\theta} \right] \right]$
 $c(\tau) = \frac{1}{16} \left[\left(\frac{\tau-4\theta/3}{\theta} \right) + \left(\frac{\tau-2/3\theta}{\theta} \right) \right]$

pour $5\theta/3 < \tau < 7\theta/3$
 $c(\tau) = \frac{\theta}{4\theta} \left[\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \left(\frac{\tau-4\theta/3}{\theta} \right) + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \left(\frac{8\theta/3-\tau}{\theta} \right) \right]$
 $c(\tau) = \frac{1}{16} \left[\left(\frac{\tau-4\theta/3}{\theta} \right) + \left(\frac{8\theta/3-\tau}{\theta} \right) \right]$
 pour $7\theta/3 < \tau < 8\theta/3$
 $c(\tau) = \frac{\theta}{4\theta} \times \left[\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \left(\frac{10\theta/3-\tau}{\theta} \right) + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \left(\frac{8\theta/3-\tau}{\theta} \right) \right]$
 $c(\tau) = \frac{1}{16} \left[\left(\frac{10\theta/3-\tau}{\theta} \right) + \left(\frac{8\theta/3-\tau}{\theta} \right) \right]$

pour $8\theta/3 < \tau < 9\theta/3$
 $c(\tau) = \frac{1}{16} \left[\frac{10\theta/3-\tau}{\theta} \right]$

pour $9\theta/3 < \tau < 10\theta/3$
 $c(\tau) = \frac{\theta}{4\theta} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\tau-9\theta/3}{\theta} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{10\theta/3-\tau}{\theta} \right) \right]$

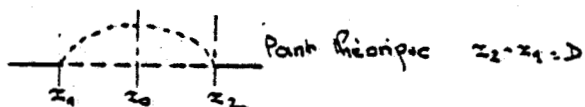
pour $10\theta/3 < \tau < 12\theta/3$
 $c(\tau) = \frac{\theta}{4\theta} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\tau-9\theta/3}{\theta} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{\tau-9\theta/3}{\theta} \right) \right]$
 $c(\tau) = \frac{1}{4} \left(\frac{\tau-9\theta/3}{\theta} \right)$



En utilisant la décomposition en éléments simples, on peut calculer la transformée de Fourier.

Annexe 7

Etude de la déformation d'un point Braille



a



Point sous-embossé

$$x_2 - x_1 = d < D$$

$$x_0 = x_1 + d/2$$



Point sur-embossé

$$x_2 - x_1 = d > D$$

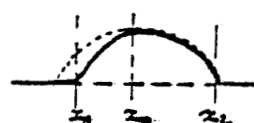
$$x_0 = x_1 + d/2$$

b



$$x_2 - x_1 = d < D$$

$$x_0 = x_1 + D/2$$



$$x_2 - x_1 = d < D$$

$$x_0 = x_2 - D/2$$

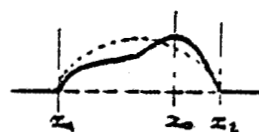
c



$$x_2 - x_1 = d = D$$

$$x_0 \neq x_1 + D/2$$

$$\neq x_2 - D/2$$

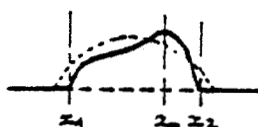


$$x_2 - x_1 = d = D$$

$$x_0 \neq x_1 + D/2$$

$$\neq x_2 - D/2$$

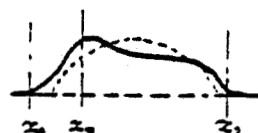
d



$$x_2 - x_1 = d < D$$

$$x_0 \neq x_1 + d/2$$

$$\neq x_2 - d/2$$



$$x_2 - x_1 = d > D$$

$$x_0 \neq x_1 + d/2$$

$$\neq x_2 - d/2$$

STATIC RAM INTERFACE MODE

Table 1 and Figure 1 show the truth table and timing requirements for AD7574 operation as a static RAM.

A convert start is initiated by executing a memory WRITE instruction to the address location occupied by the AD7574 (once conversion has started, subsequent memory WRITES have no effect). A data READ is performed by executing a memory READ instruction to the AD7574 address location.

$\overline{B}USY$ must be HIGH before a data READ is attempted, i.e. the total delay between a convert start and a data READ must be at least as great as the AD7574 conversion time. The delay

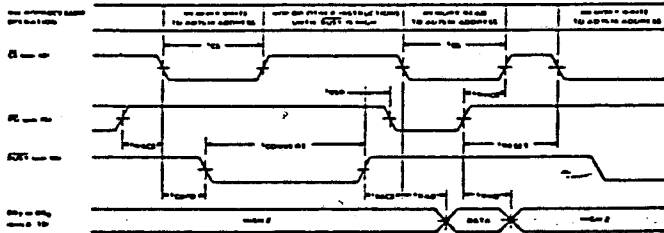


Figure 1. Static RAM Mode Timing Diagram

can be generated by inserting NOP instructions (or other program instructions) between the WRITE (start convert) and READ (read data) operations. Once $\overline{B}USY$ is HIGH (conversion complete), a data READ is performed by executing a memory READ instruction to the address location occupied by the AD7574. The data readout is destructive, i.e. when RD returns HIGH, the converter is internally reset.

The RAM interface mode uses distinctly different commands to start conversion (memory WRITE) or read the data (memory READ). This is in contrast to the ROM mode where a memory READ causes a data READ and a conversion restart.

AD7574 INPUTS		AD7574 OUTPUTS		AD7574 OPERATION
\overline{CS}	\overline{RD}	$\overline{B}USY$	DB_7-DB_0	
L	H	H	HIGH Z	WRITE CYCLE (START CONVERT) READ CYCLE (DATA READ) RESET CONVERTER
L	H	H	HIGH Z - DATA	
L	H	H	DATA - HIGH Z	
H	X ¹	X	HIGH Z	NOT SELECTED NO EFFECT, CONVERTER BUSY NO EFFECT, CONVERTER BUSY NOT ALLOWED, CAUSES INCORRECT CONVERSION
L	H	L	HIGH Z	
L	H	L	HIGH Z	

Note 1: If \overline{RD} goes LOW-to-HIGH, the ADC is internally reset, regardless of the state of \overline{CS} or $\overline{B}USY$.

Table 1. Truth Table, Static RAM Mode

ROM INTERFACE MODE

Table 2 and Figure 2 show the truth table and timing requirements for interfacing the AD7574 like Read Only Memory.

\overline{CS} is held LOW and converter operation is controlled by the \overline{RD} input. The AD7574 \overline{RD} input is derived from the decoded device address. MEMRD should be used to enable the address decoder in 8080 systems. VMA should be used to enable the address decoder in 6800 systems. A data READ is initiated by executing a memory READ instruction to the AD7574 address location. The converter is automatically restarted when \overline{RD}

returns HIGH. As in the RAM mode, attempting a data READ before $\overline{B}USY$ is HIGH will result in incorrect data being read.

The advantage of the ROM mode is its simplicity. The major disadvantage is that the data obtained is relatively poorly defined in time inasmuch as executing a data READ automatically starts a new conversion. This problem can be overcome by executing two READs separated by NO-OPS (or other program instructions) and using only the data obtained from the second READ.

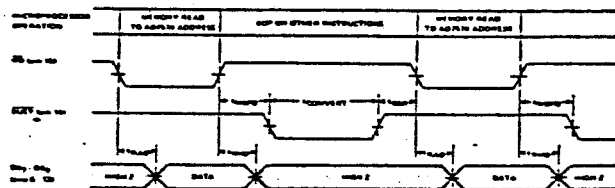


Figure 2. ROM Mode Timing Diagram (\overline{CS} Held LOW)

AD7574 INPUTS		AD7574 OUTPUTS		AD7574 OPERATION
\overline{CS}	\overline{RD}	$\overline{B}USY$	DB_7-DB_0	
L	H	H	HIGH Z - DATA	DATA READ RESET AND START NEW CONVERSION
L	H	H	DATA - HIGH Z	
L	H	L	HIGH Z	NO EFFECT, CONVERTER BUSY NOT ALLOWED, CAUSES INCORRECT CONVERSION
L	H	L	HIGH Z	

Table 2. Truth Table, ROM Mode

SLOW-MEMORY INTERFACE MODE

Table 3 and Figure 3 show the truth table and timing requirements for interfacing the AD7574 as a slow-memory. This mode is intended for use with processors which can be forced into a WAIT state for at least 12 μ s (such as the 8080, 8085 and SC/MP). The major advantage of this mode is that it allows the μ P to start conversion, WAIT, and then READ data with a single READ instruction.

In the slow-memory mode, \overline{CS} and \overline{RD} are tied together. It is suggested that the system ALE signal (8085 system) or SYNC signal (8080 system) be used to latch the address. The decoded

device address is subsequently used to drive the AD7574 \overline{CS} and \overline{RD} inputs. $\overline{B}USY$ is connected to the microprocessor READY input.

When the AD7574 is NOT addressed, the \overline{CS} and \overline{RD} inputs are HIGH. Conversion is initiated by executing a memory READ to the AD7574 address. $\overline{B}USY$ subsequently goes LOW (forcing the μ P READY input LOW) placing the μ P in a WAIT state. When conversion is complete ($\overline{B}USY$ is HIGH) the μ P completes the memory READ.

Do not attempt to perform a memory WRITE in this mode, since three-state bus conflicts will arise.

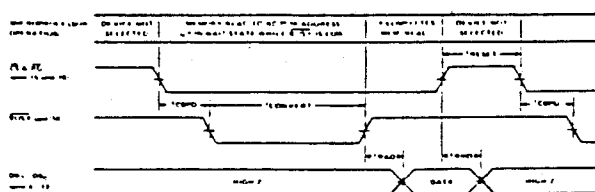


Figure 3. Slow Memory Mode Timing Diagram

AD7574 INPUTS		AD7574 OUTPUTS		AD7574 OPERATION
\overline{CS} & \overline{RD}	$\overline{B}USY$	DB_7-DB_0		
H	H	HIGH Z	NOT SELECTED START CONVERSION CONVERSION IN PROGRESS μ P IN WAIT STATE CONVERSION COMPLETE μ P READS DATA CONVERTER RESET AND DISSELECTED	
L	H - L	HIGH Z		
L	L	HIGH Z	CONVERSION COMPLETE μ P READS DATA CONVERTER RESET AND DISSELECTED	
L	L	HIGH Z		

Table 3. Truth Table, Slow Memory Mode

Annexe 9

CONVERSION DES COORDONNEES GRAPHIQUES EN OCTETS

Byte N°	Désignation	Caractères ASCII de 7 bits						
		Point	Bits	Adresse				
		7	6	5	4	3	2	1
1	Y état haut (HIY)	0	1	5 bits les plus significatifs des coordonnées Y (BPS)				
2	Octet supplémentaire (XLOY)	1	1	Ngn utilisé	2 BMS de Y		2 BMS de X	
3	Y état bas (LOY)	1	1	5 bits intermédiaires de coordonnées Y				
4	X état haut (HIX)	0	1	5 BPS de coordonnées X				
5	X état bas (LOX)	1	0	5 bits intermédiaires de coordonnées X				

OCTETS OBLIGATOIRES DANS LE CAS D'UNE REDUCTION D'ADRESSE

Octets changés	Octets devant être transmis				
	HIY	XLOY	LOY	HIX	LOX
HIY X	#				#
XLOY		#	#		#
LOY X			#		#
HIX X			#	#	#
LOX X					#

Ce système de transmission de coordonnées XY est calqué sur celui des terminaux 4014 et 4015 qui utilisent des adresses de 12 bits. Noter que l'octet XLOY est facultatif ; cet octet rend la table traçante compatible avec les adresses de 10 bits utilisées sur les terminaux 4006-1 et de la série 4010.

BYTES DE SORTIE DE LA TABLE TRACANTE

Byte N°	Désignation	Caractères ASCII de 7 bits						
		Point	Bits	Adresses de bits				
		7	6	5	4	3	2	1
1	Plus grand bit X	0	1	5BPS de X (15-11)				
2	Plus grand bit Y	0	1	5BPS de Y (15-11)				
3	X état haut	0	1	5 bits de X (10 - 6)				
4	Y état haut	0	1	5 bits de Y (10 - 6)				
5	X intermédiaire	0	1	5 bits de X (5-1)				
6	Y intermédiaire	0	1	5 bits de Y (5-1)				
7	X, Y état bas	1	0	Bit X état bas	Bit Y état bas	Position crayon	Type de donnée	



RESUME

L'étude présentée s'inscrit dans le cadre de la communauté aveugle-voyant et a permis la réalisation d'un transcrit automatique de relief Braille en noir.

Dans une première partie, une analyse exhaustive de la faisabilité de transcription inverse Braille-noir est présentée à l'aide d'une méthode de représentation structurale des mots en décomposant les règles de transcription en plusieurs classes. Pour chaque classe, il est présenté une solution algorithmique montrant que l'on peut ramener le problème à celui de la mise en oeuvre d'un logiciel d'analyse syntaxique de transcription a priori d'ordre sémantique sauf pour un cas à faible fréquence d'apparition où il est proposé une interactivité homme-machine. Ces méthodes, associées à une décomposition structurale des mots, conduisent à un logiciel compact de 14 K octets.

Dans une deuxième partie, il est présentée une étude systématique du filtrage du signal relief issu d'un capteur optique triponctuel réalisé au laboratoire. Des méthodes de filtrage par corrélation, par analyse de scène, par méthode spectrométrique ont été étudiées et expérimentées et ont conduit au choix du filtrage le mieux adapté au problème posé. Le relief Braille est codé à l'aide d'un algorithme mettant en oeuvre la notion de gabarit.

Dans une troisième partie, sont présentées la méthode de conception et la réalisation de l'automate qui conduisent à un système électronique opérationnel à 100 % sur des reliefs réguliers et à 80 % sur des reliefs irréguliers ou altérés.