



**HAL**  
open science

# Conception d'un générateur de programmes de test de microprocesseurs

Annie Liothin

► **To cite this version:**

Annie Liothin. Conception d'un générateur de programmes de test de microprocesseurs. Architectures Matérielles [cs.AR]. 1981. dumas-00298602

**HAL Id: dumas-00298602**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00298602>**

Submitted on 16 Jul 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS.

CENTRE AGREE  
DE GRENOBLE (C.U.E.F.A)

==  
MEMOIRE

présenté en vue d'obtenir  
le diplôme d'ingénieur  
du Conservatoire National des Arts et Métiers

en

Informatique

par

Annie LIOTHIN

==  
CONCEPTION D'UN GENERATEUR  
DE PROGRAMMES DE TEST DE MICROPROCESSEURS

==  
SOUTENU LE : 17 Février 1981

**JURY**

Président : L. BOLLIET

Membres : R. BOUTTAZ

F. GRILLOT

P. NAMIAN

C. ROBACH



CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS.

CENTRE AGREE  
DE GRENOBLE (C.U.E.F.A)

---

MEMOIRE

présenté en vue d'obtenir  
le diplôme d'ingénieur  
du Conservatoire National des Arts et Métiers

en

Informatique

par

Annie LIOTHIN

---

CONCEPTION D'UN GENERATEUR  
DE PROGRAMMES DE TEST DE MICROPROCESSEURS

---

SOUTENU LE : 17 Février 1981

**JURY**

Président : L. BOLLIET

Membres : R. BOUTTAZ

F. GRILLOT

P. NAMIAN

C. ROBACH



Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé dans le cadre de la Formation Permanente conjointement à l'Atelier de Microinformatique de Grenoble et dans l'équipe "Conception et Sécurité des systèmes" dirigée par Madame Gabrielle SAUCIER.

Je remercie très chaleureusement les membres du Jury :

Monsieur le Professeur NAMIAN, Directeur de la Chaire de Mathématiques et d'Informatique du Conservatoire National des Arts et Métiers, qui m'a fait l'honneur d'accepter mon dossier de Thèse,

Monsieur le Professeur Louis BOLLIET, Directeur du Groupement d'Intérêt Scientifique Mini et Micro Informatique de Grenoble, de m'avoir accueillie au sein de l'Atelier de Microinformatique de Grenoble et de me faire l'honneur de présider le Jury.

Mademoiselle Chantal ROBACH, Chargé de Recherche au CNRS, qui m'a témoigné sa confiance en dirigeant mes travaux et qui m'a aidé avec efficacité et compétence,

Monsieur Raymond BOUTIAZ, Directeur Technique de l'Atelier de Microinformatique de Grenoble, qui m'a toujours fourni l'aide matérielle dont j'ai eu besoin,

Monsieur François GRILLOT, Chef du service Test Automatique et Conception assistée sur Ordinateur à la Société Electronique Marcel Dassault, qui a bien voulu examiner ce travail et siéger dans ce Jury.

Je tiens aussi à remercier Monsieur Jean-Paul EYNARD, Ingénieur au CNRS, membre de l'Atelier de Microinformatique et Monsieur Raoul VELAZCO, Chercheur dans l'équipe "Conception et Sécurité des Systèmes" de l'IMAG pour leur aide précieuse lors de la réalisation de ce travail.

Que toutes les personnes de l'Atelier de Microinformatique qui m'ont apporté leur aide ou qui témoigné leur amitié trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude.

Le Système de Traitement de Texte REDAK m'a été d'une grande utilité pour la frappe de ce mémoire.

## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I. METHODOLOGIE DE TEST	4
1. Description des microprocesseurs	4
1.1. Définitions préalables	4
1.2. Graphe d'exécution abstraite	5
1.3 Exemples	7
2. Analyse des instructions	10
2.1. Analyse structurelle des graphes d'exécution abstraite	10
2.2. Analyse fonctionnelle des graphes	12
3. Ordonnancement des instructions pour le test	16
4. Algorithmes de test	20
4.1. Définitions préalables	20
4.2. Vérification de l'identité du graphe	23
4.3. Vérification des noeuds du graphe	25
4.4. Implémentation du test	26
CHAPITRE II. REALISATION D'UN GENERATEUR DE PROGRAMMES DE TEST	29
1. Introduction	29
2. Stratégie de réalisation	31
3. Les outils logiciels existants	34

3.1.	Le système de production d'assembleurs : GAGE	34
3.2.	Le générateur d'Analyseurs syntaxiques et lexicographiques	35
4.	Le générateur de programmes de test	39
4.1.	Algorithmes de test fonctionnel	39
4.2.	Objectifs du logiciel ROBIN	41
4.2.1.	Le langage ROBIN	42
4.2.2.	Le programme ROBIN	42
4.2.3.	Utilisation du programme ROBIN	46
4.3.	Description du langage ROBIN	49
4.3.1.	Le module DECLARE	49
4.3.2.	Le module PROCEDURE	50
4.3.3.	Le module ALGORITHM	51
4.3.4.	Particularités	60
4.3.5.	Exemple d'un programme complet	61
4.4.	Lexicographie et cartes syntaxiques	62
CHAPITRE III. EXEMPLE D'APPLICATION DU SYSTEME ROBIN		66
1.	Etape de préparation	66
1.1.	Architecture du microprocesseur	66
1.2.	Jeu d'instructions	68
1.3.	Classement des instructions	71
2.	Utilisation du système ROBIN	74
2.1.	Ecriture du programme de test en ROBIN	74

2.2. Résultats obtenus	80
CHAPITRE IV. PARTICIPATION A LA CONCEPTION D'UN TESTEUR	83
1. Introduction	83
2. Objectifs du testeur	83
3. Déroulement d'un programme de test	86
4. Choix d'une architecture pour la carte maitre	88
5. Problèmes d'adressage	89
CONCLUSION	91
ANNEXE 1. Langage ROBIN décrit par la grammaire de BACKUS	92
ANNEXE 2. Description du langage ROBIN en GASEL	96
ANNEXE 3. Codage interne des caractères	101
ANNEXE 4. Structure des tables	102
ANNEXE 5. Tables propres au logiciel ROBIN	104
ANNEXE 6. Actions sémantiques	108
ANNEXE 7. Listes des erreurs	112
ANNEXE 8. Graphes et programme de test du microprocesseur 6800	117
BIBLIOGRAPHIE	131

## INTRODUCTION

Les études sur le test fonctionnel d'un microprocesseur et de ses périphériques se situent dans le cadre d'un Projet Pilote de l'IRIA : "Sûreté de Fonctionnement des systèmes : SURF".

Nos efforts ont porté sur la réalisation d'une bibliothèque de programmes de test pour microprocesseurs standards.

Le problème du test des microprocesseurs se pose à tout concepteur quelle que soit la gamme d'application envisagée (systèmes grand public ou à haute sûreté de fonctionnement).

Ces programmes de test sont conçus de manière à être essentiellement utilisés en inspection d'entrée par le constructeur de systèmes informatiques à base de microprocesseurs.

Le test des microprocesseurs, et plus généralement des (V)LSI, se heurte aux problèmes suivants:

- on ne connaît pas de schémas logiques équivalents du circuit : ce schéma pour être représentatif, doit être

déduit de la structure du masque lui-même qui est du domaine du secret industriel.

- d'autre part la connaissance des schémas logiques équivalents est d'une utilisation délicate. En effet, les hypothèses de pannes classiques (collages, courts-circuits,...) qui ont permis des progrès considérables dans le domaine du test, sont remises en cause par les nouvelles technologies utilisées.

Ceci explique que la méthode de test proposée est de type fonctionnel, basée sur la notion d'erreur ou de mauvais fonctionnement du microprocesseur.

Ainsi, en première partie, on présentera cette méthode de test fonctionnel applicable à tout microprocesseur connu uniquement par son manuel d'utilisation et permettant une automatisation aisée.

La deuxième partie concerne l'aspect logiciel. Sachant que l'on veut produire à la demande et dans un délai très court, les programmes de test pour un microprocesseur donné, le travail exposé dans ce mémoire a consisté à créer un outil

-de description des microprocesseurs : le langage ROBIN.

-et de génération des programmes de test : le logiciel ROBIN.

En troisième partie, on donnera un exemple de mise en oeuvre pour la génération du programme de test pour le microprocesseur 6800 de Motorola.

En quatrième partie, on présentera notre participation à la conception d'un testeur qui permettra, entre autres, de valider les programmes de test.

## CHAPITRE I. METHODOLOGIE DE TEST [1], [2], [3]

### 1. DESCRIPTION DES MICROPROCESSEURS

La généralisation d'une méthode de test à tout microprocesseur passe par la définition d'une description normalisée des microprocesseurs.

Cette description doit être un outil de représentation :

- par lequel tout microprocesseur puisse être décrit,
- sur lequel une méthode de test fonctionnelle puisse être appliquée.

Cette description, déduite des opérations symboliques du microprocesseur, est définie à partir de deux types de renseignements :

- des renseignements fonctionnels qui décrivent les fonctions du microprocesseur : le jeu d'instructions.
- des renseignements matériels qui sont les informations relatives à l'architecture du microprocesseur (format des données, type et nombre d'unités fonctionnelles ..) : les diagrammes logiques.

Ces renseignements sont disponibles à tout un chacun, en l'occurrence le manuel utilisateur du microprocesseur.

#### 1.1. Définitions préalables

La description des microprocesseurs fait appel à des notions de théorie des graphes [4] et nécessite les définitions préalables suivantes :

a) Arborescence à puits ou p-arborescence

. Dans un graphe orienté  $G = (X, U)$  on appelle puits un sommet  $p \in X$  tel qu'il existe pour tout  $x \in X$  un chemin de  $x$  à  $p$  dans  $G$ .

. L'ensemble des prédécesseurs d'un sommet  $x \in X$  est l'ensemble  $\bar{\Gamma}(x)$  des sommets  $y$  tels que  $(y, x) \in U$ . On appelle source un sommet  $s$  tel que  $\bar{\Gamma}(s) = \emptyset$ .

. On appelle arborescence à puits ou p-arborescence un arbre qui possède un puits.

. On appelle forêt de p-arborescences un graphe dont chaque composante connexe est une p-arborescence.

b) p-arborescence bipartie

Une p-arborescence est bipartie si l'ensemble  $X$  de ses sommets est partitionné en deux classes  $X_1$  et  $X_2$  telles que tout  $u \in U$  a une de ses extrémités dans  $X_1$  et l'autre extrémité dans  $X_2$ .

On ne considère dans la suite que des p-arborescences biparties.

1.2. Graphe d'exécution abstraite

Tout microprocesseur est décrit par un ensemble de graphes caractérisant tous les fonctionnements possibles du microprocesseur ainsi que son architecture : pour cela on associe à chaque instruction du microprocesseur un graphe d'exécution abstraite représentant les fonctions et le matériel activés par cette instruction.

a) Définitions

Un graphe d'exécution abstraite est une p-arborescence bipartie ou une forêt de p-arborescences telles que :

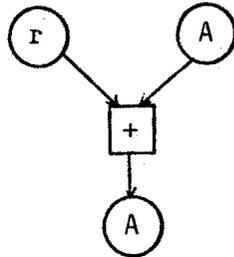
- aux noeuds du premier type sont associés les éléments de mémorisation utilisés par l'instruction,
- aux noeuds de deuxième type sont associées les micro-opérations (ou fonctions) activées par l'instruction,
- il y a un arc entre une micro-opération et un élément de mémorisation  $EM_i$  si la micro-opération envoie le résultat du traitement dans  $EM_i$ ,
- il y a un arc entre un élément de mémorisation  $EM_j$  et une micro-opération si la micro-opération traite la valeur contenue dans l'élément de mémorisation.
- un graphe d'exécution abstraite a, en outre, la propriété suivante : les feuilles du graphe (sources et puits) sont toutes des noeuds du premier type (éléments de mémorisation).

Un graphe d'exécution abstraite est dit simple s'il comporte une seule composante connexe. sinon il est dit multiple.

Par convention de représentation graphique, les noeuds de premier type sont représentés par des cercles et les noeuds de deuxième type par des carrés.

b) Exemple : soit l'instruction ADD r qui réalise l'addition du contenu de l'accumulateur et du registre r

et stocke le résultat dans l'accumulateur. Le graphe d'exécution abstraite associé est :

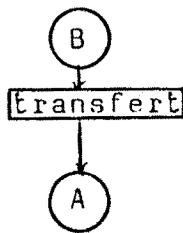


### 1.3. Exemples

Les concepts précédents sont illustrés par des instructions du microprocesseur ZILOG Z80.

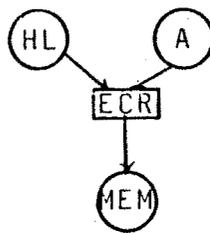
#### - Graphes d'exécution abstraite simples

load A,B



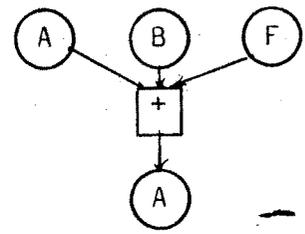
Charger le contenu  
du registre B  
dans A.

load (HL),A



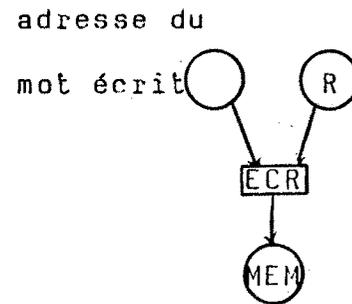
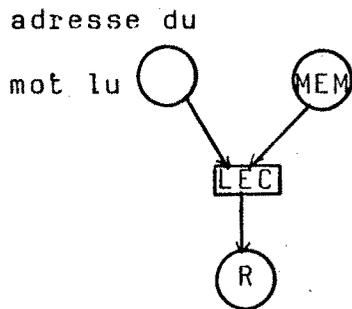
Charger en mémoire  
d'adresse HL le  
contenu de A.

ADDC A,B

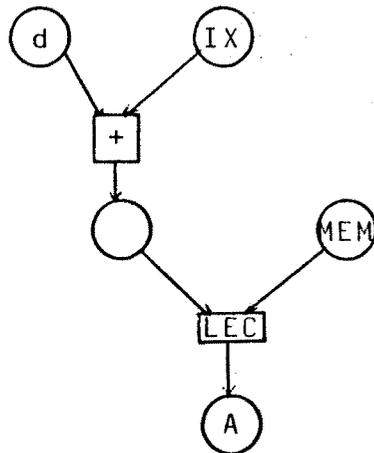


Addition entre A  
et B, avec retenue  
d'entrée.

Convention de représentation : pour une micro-opération de lecture ou écriture mémoire, on convient que la branche de gauche (incidente au noeud Lecture ou écriture) provient de la variable "adresse du mot lu ou écrit".



LOAD A, (IX+d)



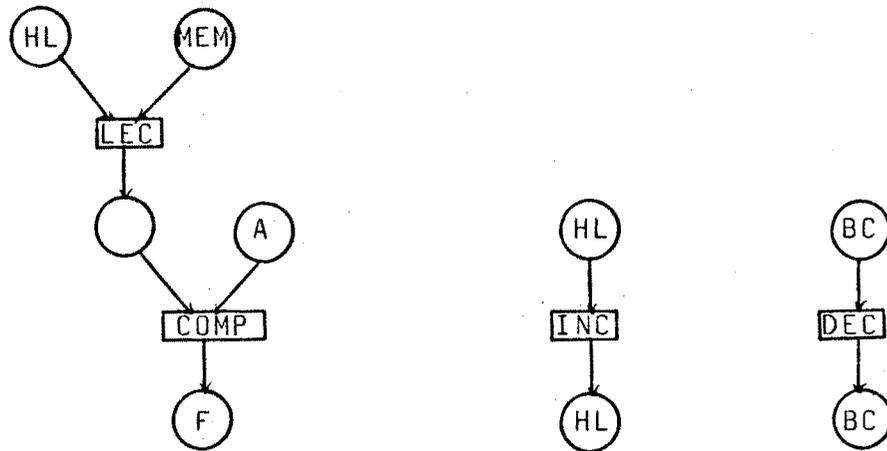
Un noeud de mémorisation intermédiaire peut ne pas être spécifié (non connu par l'utilisateur): il est alors représenté par un noeud vide (non étiqueté).

- Graphe d'exécution abstraite multiple

Instruction CPI :

Comparaison entre le contenu du mot mémoire dont l'adresse est contenue dans la paire de registres HL, et l'accumulateur A; le résultat est chargé dans le registre d'indicateurs F.

La comparaison est répétée tant que  $(A) \neq (\text{mem})$  et  $BC \neq 0$ .



## 2. ANALYSE DES INSTRUCTIONS

Chaque instruction étant représentée par son graphe d'exécution abstraite, on recherche des propriétés significatives de ces graphes face au test. On recherche des critères :

- de complexité, mesurée par la quantité de matériel activé par l'instruction,

- d'accessibilité, mesurée par la facilité d'accès de l'information de test pour cette instruction.

On utilisera deux niveaux d'analyse mettant en jeu des renseignements de plus en plus précis :

- sur les graphes non renseignés,
- puis sur les graphes renseignés.

### 2 1. Analyse structurelle des graphes d'exécution abstraite

Il s'agit de l'analyse de la "complexité" des graphes ne portant aucun renseignement sur la signification des noeuds. Il s'agit de considérer les graphes "nus".

On peut essentiellement définir :

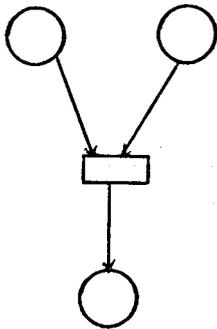
- une relation de dominance structurelle,
- des paramètres d'affinement structurels.

#### a) Relation de dominance structurelle

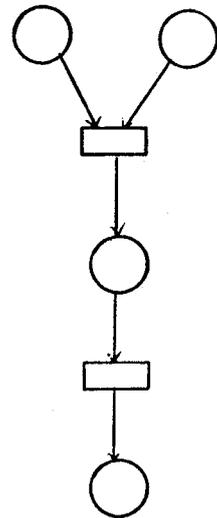
- Définition : le graphe d'une instruction I1 est structurellement dominé par le graphe d'une instruction I2

si le graphe de  $I_1$  peut être immergé dans le graphe de  $I_2$

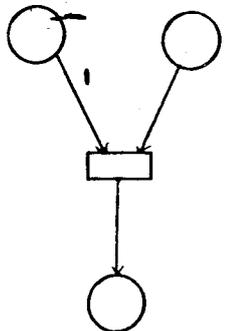
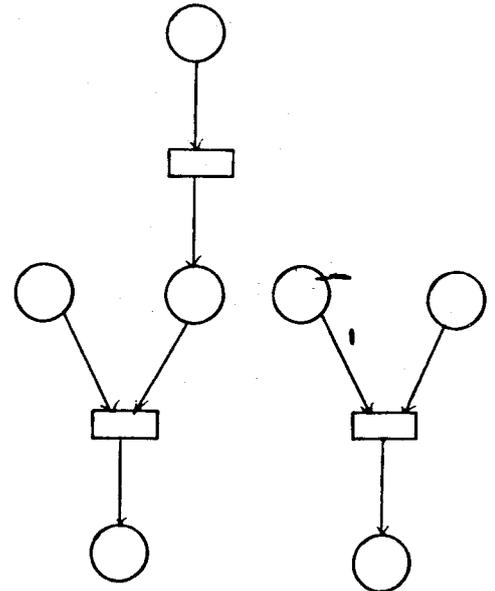
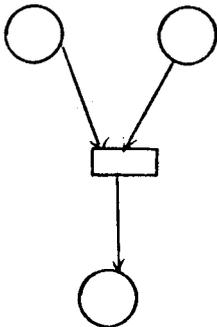
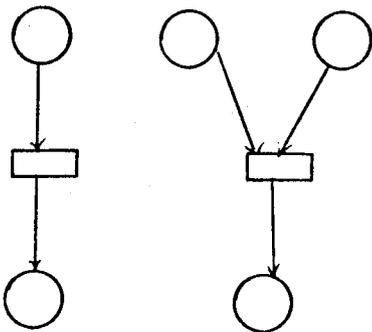
- Exemple :



est dominé par



est dominé par



### b) Paramètres d'affinement

Ce sont des paramètres classiques de la théorie des graphes. On peut associer au graphe d'exécution d'une instruction :

- la profondeur ou nombre de couches de l'arborescence la plus profonde,
- le degré de multiplicité qui est le nombre de composantes connexes (graphe multiple).

### 2.2. Analyse fonctionnelle des graphes

Cette analyse se fait par rapport aux graphes renseignés et permet d'étudier l'accessibilité des instructions. Ainsi, on définit :

- une relation de dominance fonctionnelle,
- des paramètres fonctionnels attachés aux noeuds c'est à dire aux éléments de mémorisation et aux micro-opérations.

#### a) Relation de dominance fonctionnelle

##### Définitions :

- la commandabilité d'un élément de mémorisation traduit la facilité d'amener une information de test vers cet élément;
- l'observabilité d'un élément de mémorisation traduit

la facilité d'observer un résultat de test issu de cet élément.

Les éléments de mémorisation peuvent être classés selon leur commandabilité et leur observabilité : on leur associe une valeur de commandabilité  $t$  et une valeur d'observabilité  $t'$ .

Un élément de mémorisation est dit de commandabilité  $i$  ( $i > 1$ ) si l'information amenée à cet élément depuis l'extérieur doit passer par au moins un élément de commandabilité  $i-1$ .

Un élément de mémorisation est dit d'observabilité  $j$  ( $j > 1$ ) si l'information issue de cet élément doit transiter par au moins un élément d'observabilité  $j-1$  avant d'être observé à l'extérieur.

Le monde extérieur est dit de commandabilité 1 et d'observabilité 1 : il est générateur de l'information de test et observateur du résultat de test.

Exemples :

- La mémoire de travail et les périphériques, qui sont le monde extérieur, sont directement commandables et observables.



$t=t'=1$

- Les registres internes, pouvant communiquer directement avec l'extérieur, sont de commandabilité 2 et d'observabilité 2.



$t=t'=2$

- Les registres internes ne pouvant communiquer avec l'extérieur que par l'intermédiaire d'un registre du type précédent sont de commandabilité 3 et d'observabilité 3.



$t=t'=3$

- Un cas particulier est celui des valeurs immédiates, qui au moment de l'exécution de l'instruction sont des valeurs internes au microprocesseur et sont définies comme étant de commandabilité 0.

- L'accessibilité d'une instruction est définie par la commandabilité de ses sources et l'observabilité de ses puits. Elle est représentée par le couple  $(t,t')$  où

.  $t$  est la plus grande des valeurs de commandabilité des différentes sources,

.  $t'$  est la plus grande des valeurs d'observabilité des puits.

L'instruction est dite  $(t,t')$ -accessible

#### Relation de dominance fonctionnelle

Une instruction  $(t_1,t'_1)$ -accessible est fonctionnellement dominée par une instruction  $(t_2,t'_2)$ -accessible si et seulement si  $(t_1,t'_1) < (t_2,t'_2)$ , sachant que  $(a,b) < (c,d) \Leftrightarrow (a < c \text{ et } b < d) \text{ et } (a,b) \neq (c,d)$ .

#### b) Paramètres fonctionnels

Des paramètres d'affinement sont associés aux feuilles du graphe et aux micro-opérations.

- Pour les feuilles : le format de l'élément de mémorisation associé à la feuille (8 bits, 16bits,...) par rapport au format élémentaire qui est défini comme la taille de la plus petite information adressable en mémoire.

- pour les micro-opérations : on peut essentiellement distinguer :

- . les micro-opérations effectuant un traitement ou manipulation de données,

- . les micro-opérations de transfert/lecture/écriture, et attacher un poids distinct à ces opérations.

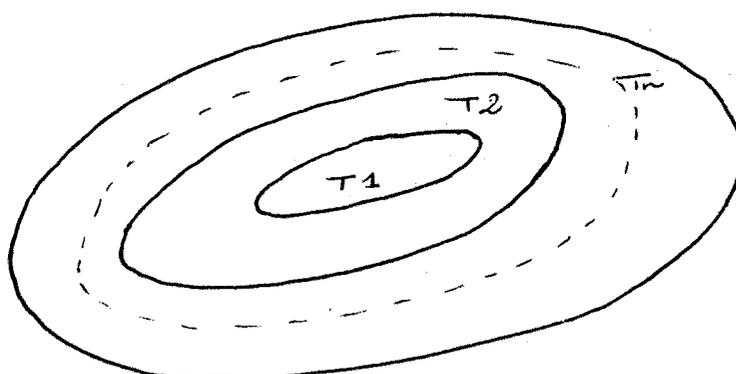
### 3. ORDONNANCEMENT DES INSTRUCTIONS POUR LE TEST

On recherche un ordre partiel ou total donnant un ordonnancement de test des instructions. Cet ordre est déduit des relations de dominance et des paramètres structurels et fonctionnels.

On étudie l'approche "boule de neige" ou "start-small" [5].

Cette approche consiste à tester au préalable une petite partie de matériel, en général la plus petite quantité permettant de dérouler les tests ultérieurs (hardcore) Pour chaque test supplémentaire, on considère une partie du matériel ne dépendant que des parties précédemment testées (accès et observation de l'information de test).

Lorsqu'un test détecte une erreur, on en déduit que l'élément défectueux appartient au matériel rajouté pour ce test.



L'utilisation de ce type d'approche nécessite donc un ordonnancement des instructions face au test. Les avantages d'une telle approche sont les suivants :

- pour une instruction donnée on ne teste, parmi le

matériel et les fonctions activées par cette instruction, que la partie non encore testée par des instructions classées et testées précédemment (test progressif et adaptatif),

- facilité de génération et d'observation de l'information de test pour le matériel testé,
- information sur la cause de l'erreur détectée et localisation à un ensemble d'instructions près,
- prise en compte possible des pannes multiples,
- programmes modulaires permettant une adaptation possible à tout microprocesseur et des facilités de modifications.

#### a) Partition structurelle

Etant donné un ensemble d'instructions, la relation de dominance structurelle induit une partition de ces instructions en classes  $C_0 \dots C_i, \dots$  telle que : une instruction appartient à  $C_i$  si et seulement si elle n'est dominée par aucune autre instruction  $\in \{C_0 \cup \dots \cup C_{i-1}\}$ .

#### b) Affinement structurel

Etant donné un ensemble d'instructions, les paramètres structurels

- degré de multiplicité.
- profondeur,

des graphes d'exécution abstraite associés aux instructions, induisent une partition de ces instructions

en sous-classes  $C_{k,p}$  telles que : une instruction appartient à  $C_{k,p}$  si et seulement si elle est de degré de multiplicité  $k$  et de profondeur  $p$ .

c) Partition fonctionnelle

Etant donné un ensemble d'instructions, la relation de dominance fonctionnelle induit une partition de ces instructions en blocs  $B_0, \dots, B_i, \dots$  tels que : une instruction appartient à  $B_j$  si et seulement si elle n'est fonctionnellement dominée par aucune autre instruction  $\in \{B_0 \cup \dots \cup B_{j-1}\}$ .

d) Affinement fonctionnel

Etant donné un ensemble d'instructions, les paramètres fonctionnels

- taille des éléments de mémorisation
- type de micro-opération.

des graphes d'exécution abstraite associés aux instructions, induisent une partition de ces instructions en sous-blocs  $B_{e,t}$  où

- $e$  représente le format maximum des sources et des puits.

- $t$  indique le type de micro-opération :  $t=1$  pour une micro-opération de traitement,  $t=0$  sinon.

Ces blocs sont tels que : une instruction appartient à  $B_{e,t}$  si le format maximum de ses sources ou puits est égal à  $e$  et la micro-opération réalisée est de type  $t$ .

e) Ordonnement des instructions pour le test

Dans une approche de type boule de neige, on définit l'algorithme d'ordonnement des instructions pour le test comme suit :

1) Partition structurelle sur l'ensemble des instructions du microprocesseur donnant l'ensemble ordonné  $\{C_0, \dots, C_n\}$ . Les instructions de la classe  $C_i$  sont testées avant les instructions de la classe  $C_{i+1}$ .

2) Pour chaque classe  $C_i$  ainsi définie, affinement structurel:  $C_i = \{C_{k,p}\}$ . Les sous-classes sont ordonnées de telle sorte que :  $C_{k,p}$  est testée avant  $C_{k',p'}$  si et seulement si  $(k < k')$  ou  $(k = k' \text{ et } p < p')$ .

3) A l'intérieur de chaque sous-classe ainsi définie, partition fonctionnelle donnant l'ensemble ordonné  $\{B_0, \dots, B_m\}$ . Les instructions d'un bloc  $B_j$  sont testées avant les instructions du bloc  $B_{j+1}$ .

4) Pour chaque bloc  $B_j$  ainsi défini, affinement fonctionnel  $B_j = \{B_{e,t}\}$ . Les sous-blocs sont ordonnés de telle sorte que  $B_{e,t}$  est testé avant  $B_{e',t'}$  si et seulement si  $(e < e')$  ou  $(e = e' \text{ et } t < t')$ .

#### 4. LES ALGORITHMES DE TEST

L'objectif du test est de détecter les erreurs ou mauvais fonctionnements possibles, en raisonnant sur les graphes d'exécution abstraite.

Le test d'une instruction comporte deux phases de vérification :

- vérification d'identité du graphe d'exécution abstraite associé à l'instruction,
- vérification des noeuds du graphe.

##### 4.1. Définitions préalables

###### a) Représentation d'une instruction

Une classe ou un groupe d'instructions est entièrement défini par son graphe d'exécution abstraite et peut être représenté comme suit :

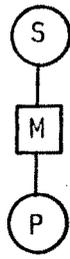
$$B = (\{sources\}, \{micro-opérations\}, \{puits\})$$

L'ensemble  $\{sources\}$  est l'ensemble des éléments de mémorisation où l'on doit générer l'information de test.

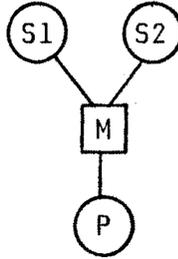
L'ensemble  $\{puits\}$  est l'ensemble des éléments de mémorisation où l'on doit observer un résultat de test.

Plus précisément on donnera à une classe une représentation infixée.

Exemples :



(S,M,P)



({S1,S2},M,P)



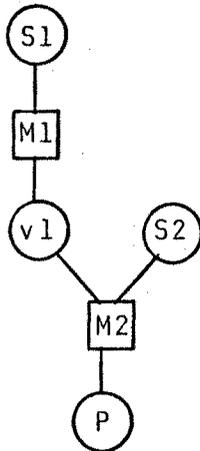
(S1,M1,P1)



(S2,M2,P2)

graphes simples

forêt de p-arborescences



graphe composé

(S1,M1,v1);({v1,S2},M2,P2)

b) Domaine de variation Dv

Pour chaque classe, on précisera le domaine de variation des sources, des puits et des micro-opérations. Les éléments de mémorisation sont classés en groupes homogènes selon leur format et leur mesure d'accessibilité.

Pour le Z80, on définit 5 groupes :

H (hardcore) = {mémoire extérieur, valeurs immédiates},

R = {A,F,B,C,D,E,H L} c'est à dire l'ensemble des registres pour lesquels  $(t,t') = (2,2)$  et de format 8

bits,

$V = \{SP, IX, IY\}$  les registres pour lesquels  $(t, t') = (2, 2)$  et de format 16 bits.

$T = \{A', F', B', C', D', E', H', L'\}$  l'ensemble des registres de 8 bits pour lesquels  $(t, t') = (3, 3)$ ,

$R2 = \{BC, DE, HL\}$  les paires de registres.

Pour une instruction donnée, le domaine de variation-sources est le domaine auquel appartient la source et le domaine de variation-puits le domaine auquel appartient le puits.

#### c) Domaine de conformité

Pour un groupe d'instructions (défini par la mesure d'accessibilité et le format des éléments de mémorisation) on définit le domaine de conformité comme l'union des domaines de variation-sources des différentes instructions de la classe.

Remarque : On considère que le domaine de variation de l'ensemble hardcore est vide.

#### Exemple :

- LD r, n	$Dv(S) = \emptyset$
	$Dv(P) = R$
- LD HL, (nn)	$Dv(S) = \emptyset, Dv(P) = R2$
LD rr', (nn)	$Dv(S) = \emptyset, Dv(P) = R2$
LD IX, (nn)	$Dv(S) = \emptyset, Dv(P) = V$
LD IY, (nn)	$Dv(S) = \emptyset, Dv(P) = V$

Pour l'ensemble des instructions,  $D_c = \emptyset$  et  $D_o = \{R2 \cup V\}$   
 c'est à dire  $D_o = \{BC, DE, HL, IX, IY, SP\}$

#### 4.2. Vérification de l'identité du graphe

Il s'agit de vérifier que le graphe réellement exécuté est bien le graphe décrit : on vérifie ici la conformité de l'activation.

Pour cela on considère trois types d'erreurs:

##### a) Erreur sur le choix des sources

- la source requise n'est pas sélectionnée,
- une autre source que celle requise est simultanément sélectionnée,
- une autre source est sélectionnée à la place de celle requise.

##### b) Erreur sur le choix du puits

- le puits requis n'est pas sélectionné,
- un autre puits que celui requis est simultanément sélectionné,
- un autre puits est sélectionné à la place du puits requis.

##### c) Erreur sur le choix de la micro-opération

- la fonction requise n'est pas exécutée,
- une autre fonction est activée simultanément,
- une autre fonction est activée à la place.

Le test de conformité du graphe d'exécution abstraite revient à vérifier le séquenceur du microprocesseur, tout au moins en partie. On vérifie que les commandes d'activation des éléments de mémorisation et des unités fonctionnelles sont générées correctement.

Algorithme de test de conformité

Soit un ensemble d'instructions dont les domaines de conformité et d'observation sont respectivement  $D_c$  et  $D_o$ .

Soit  $O_1, O_2, \dots, O_p$  les micro-opérations activées par les instructions de cet ensemble.

Pour une instruction  $I = \{S, O_i, P\}$ , l'algorithme de test d'identité est le suivant :

- initialiser  $S = X, D_c - S = Y, D_v(P) = Y,$   
tels que  $O_i(X) \neq O_j(X) \forall j \neq i$   
et  $O_i(X) \neq Y$ ;
- exécuter l'instruction;
- observer  $D_o$ .

#### 4.3 Vérification des noeuds du graphe d'exécution abstraite

Sachant que les noeuds du graphe sont correctement activés, il reste à vérifier le bon fonctionnement de ces noeuds.

##### a) Test des éléments de mémorisation

On peut vérifier

- soit un ensemble de registres considéré comme un plan mémoire,
- soit des registres indépendants.

Le meilleur test est celui qui considère des registres comme un plan mémoire mais il n'est pas toujours applicable : registres de différents niveaux d'accessibilité, formats différents, registres spéciaux.

On peut noter qu'un test global sur l'ensemble des registres pourra être généralement appliqué pour des microprocesseurs où les registres sont banalisés.

Les hypothèses de pannes retenues sont celles généralement admises lors du test des mémoires ; la méthode de test utilisée sera l'une des méthodes de test classiques de mémoires : "Galloping", "Marching".... [6] .

#### b) Test des micro-opérations

Les unités de traitement d'un microprocesseur (UAL, circuits de décalages, compteurs, ...) se vérifient par le bon déroulement de leurs actions, c'est à dire le bon déroulement de l'ensemble des micro-opérations. Ceci est d'autant plus intéressant que certaines instructions impliquent l'activation de plusieurs unités de traitement.

Le test des micro-opérations revient à déterminer un ensemble de valeurs pour les opérandes d'entrée suffisant pour assurer le bon fonctionnement de ces opérations. La méthode de test est fondée sur une analyse algébrique des opérations [3].

#### 4.4 Implémentation du test

Pour une instruction donnée trois ensembles de vecteurs de test sont ainsi définis :

- un ensemble  $V_g$  permettant d'assurer la conformité du graphe d'exécution abstraite associé à l'instruction,
- un ensemble  $V_m$  qui est l'ensemble des vecteurs de test vérifiant tous les éléments de mémorisation utilisés par l'instruction,
- un ensemble  $V_o$  qui est l'ensemble des vecteurs de test vérifiant le bon fonctionnemnt des

micro-opérations activées par l'instruction.

La procédure de test d'une instruction peut être représentée comme suit :

1) Mise à jour

- Lister les éléments de mémorisation et les micro-opérations de cette instruction qui ont été testées au cours d'un pas de test antérieur.
- Retirer des ensembles de test  $V_m$  et  $V_o$  les vecteurs de test qui sont relatifs à ces éléments de mémorisation et à ces micro-opérations. On obtient les ensembles  $V_m'$  et  $V_o'$ .

On définit l'ensemble d'initialisation comme :

$$V_g \cup V_m' \cup V_o'$$

2) Procédure d'initialisation : INIT

Cette procédure a pour but de charger un vecteur de test  $T_k = \{V_g \cup V_m' \cup V_o'\}$  dans un ensemble d'éléments de mémorisation donné :

- soit initialisation du domaine de conformité  $D_c$  dans la phase de test d'identité du graphe,
- soit initialisation des seules sources du graphe.

Remarque : On entend par vecteur de test l'ensemble des valeurs chargées dans les éléments de mémorisation.

On pourra considérer deux types d'initialisation :

- une procédure d'initialisation "hardcore" qui permettra de charger, en début de test, une donnée dans un élément de mémorisation en utilisant le minimum de matériel. Ce sera généralement, pour les registres d'accessibilité (2,2), un chargement par valeur immédiate.

- une procédure d'initialisation "minimale" permettant de charger un élément de mémorisation en un minimum de temps et de place mémoire. Ce sera un chargement direct à partir de la mémoire extérieure lorsque ce transfert aura été testé.

### 3) Procédure d'exécution : EXEC

L'instruction est alors exécutée.

### 4) Procédure d'observation : OBSV

Cette procédure permet de sortir vers une mémoire extérieure les résultats du test pour une comparaison ultérieure avec des résultats justes pré-établis.

Le choix du vecteur de test  $I_k$  nous conduit à observer

- soit les éléments du domaine d'observation  $Do$  dans la phase du test de l'identité du graphe,
- soit seulement les puits du graphes,
- soit, éventuellement, l'état du microprocesseur c'est à dire l'ensemble de tous les registres.

### 5) Itération

On itère les procédures 2,3 et 4 pour tous les  $k$  tels que:

$$I_k = \{Vg \cup Vm' \cup Vo'\}$$

## CHAPITRE II. REALISATION D'UN GENERATEUR DE PROGRAMMES DE TEST

### 1. INTRODUCTION

Le but de ce travail est de fournir une bibliothèque de programmes de test pour microprocesseurs.

Pour répondre à cet objectif, il faut donc définir un logiciel de test. qui soit capable de fournir des programmes de test pour un microprocesseur quelconque, à la demande et dans un délai très court.

Ce système de production de programmes de test pour microprocesseurs, à partir de leur description symbolique, s'appuie sur les deux remarques suivantes:

- l'expérience acquise dans ce domaine nous laisse prévoir un programme de test comportant plusieurs milliers d'instructions pour un microprocesseur donné. Ces instructions sont en langage d'assemblage car aucun langage de haut niveau existant ne peut convenir.

Plusieurs mois de programmation sont nécessaires pour un microprocesseur (une mise au point de 500 instructions par homme/mois est en général retenue). D'autre part ce travail sera à recommencer pour chaque nouveau microprocesseur.

A titre d'exemple, un programme de test fonctionnel, pour le microprocesseur Z80 de ZILOG a été écrit à l'Atelier de Micro-informatique de Grenoble.

Ce programme de test comportait environ 5000 instructions et a demandé 4 à 5 mois pour être opérationnel. De plus, l'écriture de ce programme de test en assembleur a été facilitée par l'utilisation d'un macro-assembleur.

- la méthode de test implique un aspect itératif dans l'écriture et l'exécution des instructions sous test. Chaque instruction testée doit se répéter plusieurs fois:

- itération sur un choix d'initialisation particulier à l'instruction,
- itération sur un ensemble d'opérandes de test,
- itération sur la destination des résultats obtenus.

Exemple: l'instruction "LD A,r" du ZILOG Z80 avec  $r \in (B,C,D,E,H,L)$

Cette instruction devra s'exécuter pour chaque registre r:

LD A,B

LD A,C

.....

LD A.L

De plus, un même ensemble d'opérandes peut s'appliquer à plusieurs instructions, et sera défini en fonction de la phase de test.

La conclusion qui s'impose est qu'il faut créer un outil de description des microprocesseurs et de génération des

programmes de test. Cet outil doit être universel: à partir de la description d'un microprocesseur par ses graphes d'exécution abstraite (développée dans le chapitre précédent) et des algorithmes de test pour chacun de ses graphes, cet outil fournira des instructions binaires exécutables pour ce microprocesseur.

Ces instructions constitueront donc le programme de test spécifique à ce microprocesseur.

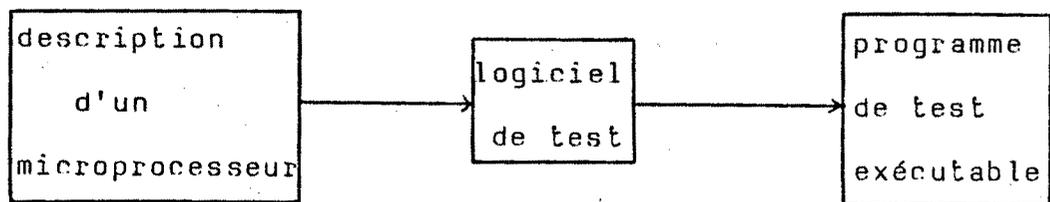


Figure 1. Outil de production des programmes de test

## 2. STRATEGIE DE REALISATION

Deux étapes de réalisation ont été prévues, elles s'appuieront sur les possibilités offertes par des outils logiciels développés à l'Atelier de Micro-informatique de Grenoble. Ces outils sont un générateur d'analyseurs (GASEL) et un générateur d'assembleurs (GAGE).

Première étape :

Elle consiste en un outil dit "minimal" de génération "semi-automatique" de programmes de test.

Le logiciel "minimal" est appelé ROBIN.

Il permet d'obtenir des programmes de test en assembleur pour certains microprocesseurs "cobayes" représentatifs et d'étudier leur comportement en environnement réel sur des outils de développement disponibles à l'Atelier de Micro-informatique (Tektronix, Exorciser).

Le logiciel ROBIN "minimal" est un outil non entièrement automatique, mais sa réalisation nous a permis de tirer divers enseignements pour la deuxième étape : le logiciel ROBIN "final".

Cette première étape est opérationnelle.

#### Deuxième étape

La deuxième étape consistera en une étude plus approfondie sur les possibilités du test. Elle devra nous conduire à un outil de génération de programmes de test "quasi-automatique" : le logiciel ROBIN "final".

Le logiciel ROBIN "final" devra, en plus du logiciel ROBIN "minimal", introduire l'aspect automatique du test

- dans la classification des instructions et leur ordonnancement pour le test et dans la détermination des opérandes pour chaque instruction de la classe,

- dans le choix de l'algorithme de test pour chaque classe.

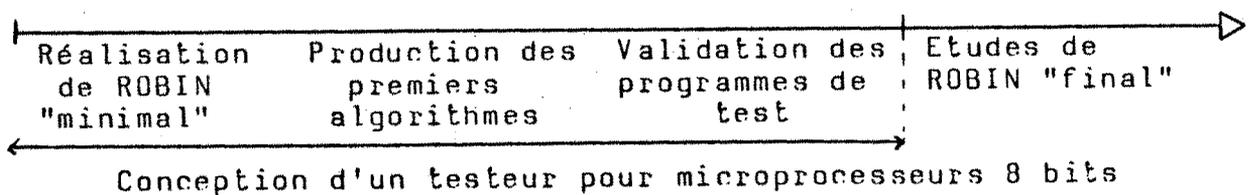
Suite à la première et parallèlement à la deuxième étape, on conduit les études sur la conception d'un testeur de microprocesseurs 8 bits qui permettra de valider les programmes de test produits par le système ROBIN en environnement réel.

Ainsi, à l'aide du logiciel ROBIN, l'écriture d'un programme de test pour un microprocesseur n'exigera qu'une semaine à 15 jours de travail au lieu de 4 à 5 mois.

Mais, dans la première étape, la procédure n'est pas entièrement automatique. La classification des instructions ainsi que la détermination des opérandes de test ne sont pas automatisées, il en résulte donc un travail préliminaire de préparation.

C'est pourquoi, nous développerons un outil logiciel ROBIN "final" qui sera plus souple et plus complet.

Ces étapes conduisent à la définition et à la réalisation de deux niveaux d'un langage spécifique au test fonctionnel : le langage ROBIN, ce langage facilitant l'écriture des algorithmes de test.



### 3. LES OUTILS LOGICIELS EXISTANTS [7], [8], [9]

Ces outils ont été développés à l'Atelier de Micro-informatique de Grenoble.

#### 3.1. Le système de production d'assembleurs : GAGE

Le système GAGE est un logiciel de développement (en fortran) qui, à partir d'une description symbolique d'un assembleur d'un microprocesseur particulier, génère l'assembleur croisé de ce microprocesseur.

Cette description symbolique est faite dans un langage appelé : le langage GAGE.

##### a) Le logiciel GAGE

Le logiciel GAGE est constitué de trois parties distinctes (cf. figure 2.1.) :

- l'analyseur du langage GAGE,
- une librairie de programmes,
- des actions sémantiques.

L'analyseur syntaxique du langage GAGE est produit à partir d'un générateur d'analyseurs appelé : GASEL (cf. §3.2.).

La librairie de programmes est constituée des programmes communs de service (édition de listings, gestion des identificateurs,...).

Les actions sémantiques constituent le générateur (GAGE lui-même) qui traduit sous forme de programmes et de tables les descriptions des assembleurs qui lui sont fournies.

#### b) Les assembleurs

Les assembleurs sont également en Fortran et comportent trois parties (cf. figure 2.2.) :

- une analyse syntaxique commune à tous les assembleurs,
- des parties spécifiques à un assembleur particulier,
- une librairie de programmes communs.

L'analyseur syntaxique est aussi généré par le logiciel GASEL.

Les parties spécifiques à un assembleur sont produites par le logiciel GAGE.

Ainsi, ce système GAGE nous permet de disposer de tous les assembleurs dont nous aurons besoin.

### 3.2. Le Générateur d'Analyseurs Syntaxiques et Lexicographiques: GASEL

Le générateur d'analyseurs syntaxiques et lexicographiques (GASEL) a été créé à l'origine pour faciliter la réalisation du programme GAGE (cf. figure 2.1.), et la réalisation des assembleurs (cf. figure 2.2).

GASEL est un logiciel (en Fortran) qui, à partir de la description symbolique d'un automate reconnaissant un langage L donné, génère des tables d'analyse syntaxique et lexicale propres à ce langage.

La description de cet automate se fait dans un langage spécifique : le langage GASEL, tenant compte des trois niveaux classiques des techniques de compilation :

- le codage,
- la lexicographie,
- l'analyse syntaxique et sémantique.

Les tables d'analyse sont sous la forme de tables Fortran qui sont interprétées par un programme spécifique : l'Analyseur.

La description de la lexicographie mène à la génération d'une table qui est l'automate lexical.

De même, la description de l'analyse syntaxique mène à la génération des tables propres à ce langage L.

La partie sémantique est traitée par des actions que l'utilisateur déclare dans la description de l'automate syntaxique . L'écriture de ces actions sémantiques, ainsi répertoriées, est à la charge de l'utilisateur sous la forme de un ou plusieurs programmes en Fortran.

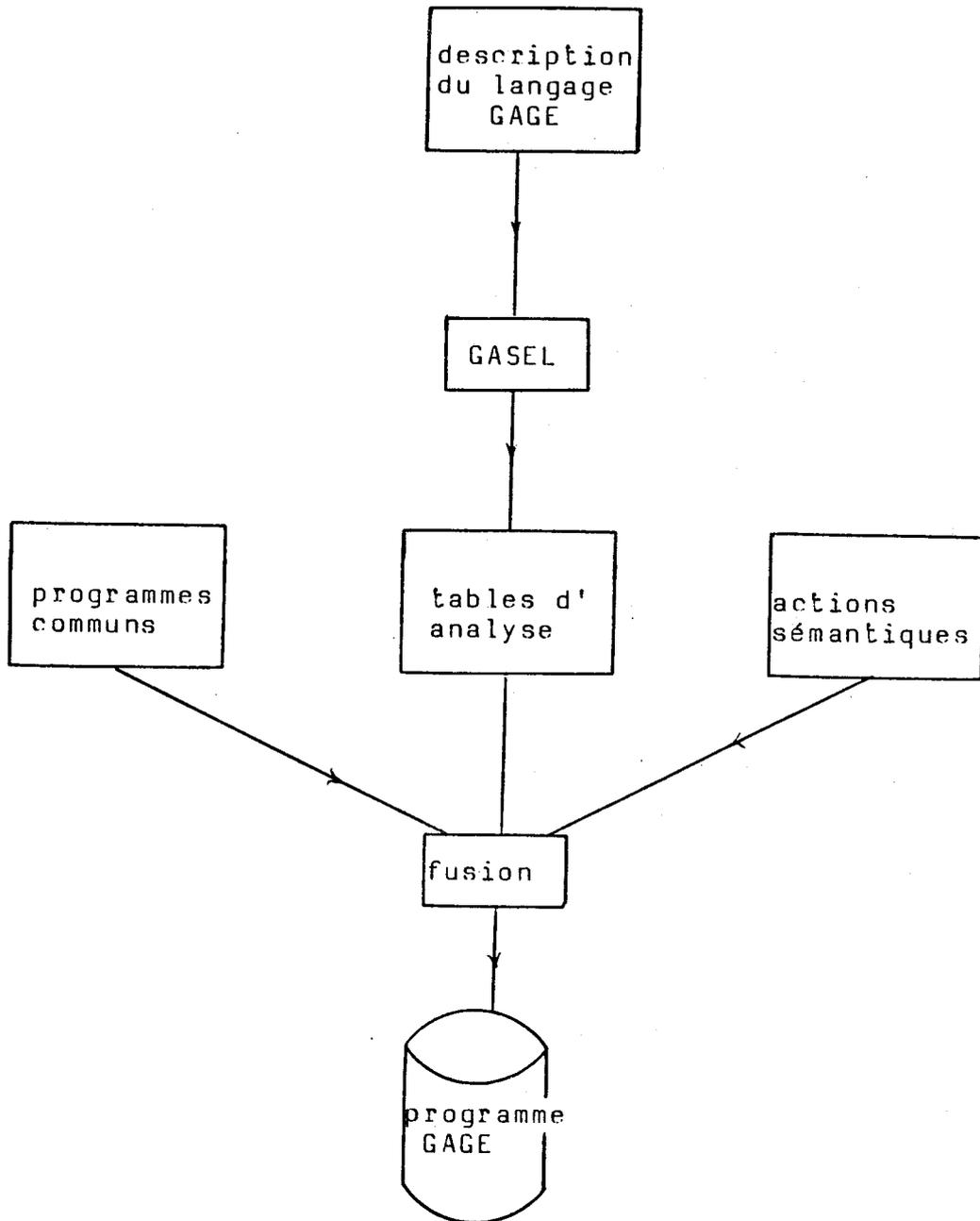


Figure 2.1. Réalisation de GAGE

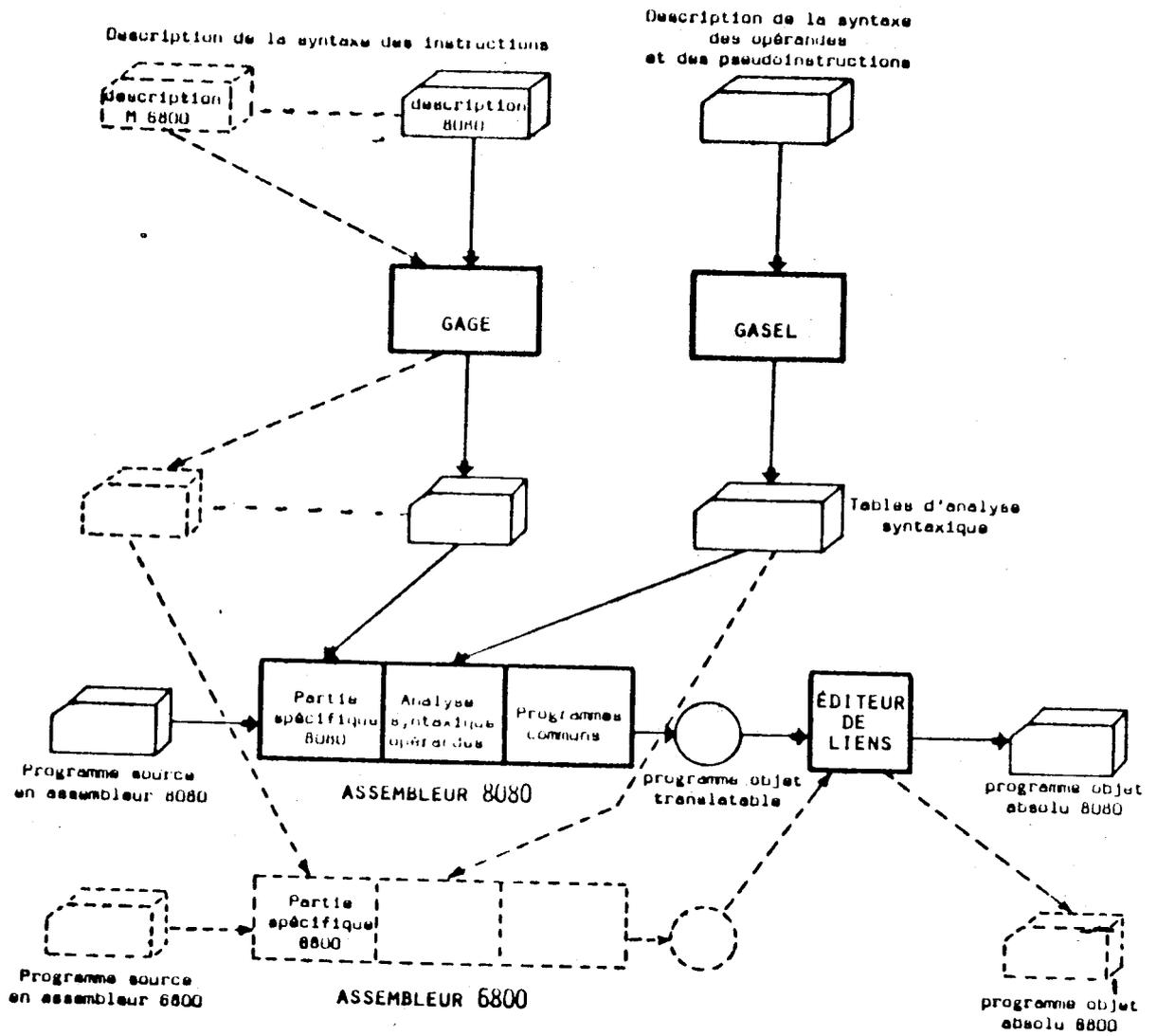


Figure 2.2. Génération et utilisation des assembleurs

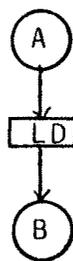
#### 4. LE GENERATEUR DE PROGRAMMES DE TEST

##### 4.1. Algorithmes de test fonctionnel

Le test fonctionnel d'une instruction, comme nous l'avons vu en première partie, est généralement composé de trois phases :

- une phase d'initialisation des sources, c'est à dire la génération de l'information de test vers les sources du graphe,
- une phase d'exécution de l'instruction sous test,
- une phase d'observation des résultats, c'est à dire l'émission des résultats de l'instruction testée à partir du puits du graphe vers l'extérieur.

Exemple: l'instruction "LD A,B" du microprocesseur Z80 de ZILOG.



"LD A,B"

Le test de cette instruction se déroulera de la manière suivante:

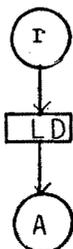
- initialisation des registres, en particulier le registre A avec une valeur différente du registre B,

- exécution de l'instruction "LD A,B",
- observation des registres, particulièrement le registre B.

D'autre part, le test d'une instruction implique son exécution sur des ensembles d'opérandes, pour une source donnée, ce qui conduit à une répétitivité de cette séquence de test. De plus, chaque instruction peut être exécutée avec des sources différentes.

Exemple: test de l'instruction "LD A,r" du ZILOG Z80

L'itération se fait sur  $r \in \text{Reg}$  et  $\text{Reg}=(A,B,C,D,E,H,L)$  l'ensembles des registres,  
et sur  $t \in T$  et  $T = (t_1,t_2,\dots,t_n)$  l'ensemble des vecteurs de test.



"LD A,r"

Ainsi, le test de cette instruction se déroulera suivant l'algorithme ci-dessous:

Pour tout  $r \in \text{Reg}$

faire

pour tout  $t \in T$

faire

- INIT: initialiser tous les autres registres de Reg à 0,

initialiser r avec t,

- EXEC : exécution de "LD A,r",
- OBSV: observation des résultats.  
          mémoriser soit r soit Reg,

fin\_faire

fin\_faire

En observant l'ensemble des registres du microprocesseur à chaque exécution d'une instruction, ceci nous permet de vérifier l'identité du graphe d'exécution abstraite pour son test de conformité.

C'est donc sur cet aspect itératif qu'est basé le logiciel ROBIN.

#### 4.2. Objectifs du logiciel ROBIN

Les objectifs du logiciel ROBIN est d'être un outil, qui à partir:

- d'une description symbolique d'un microprocesseur,
  - d'une classification de ses instructions suivant l'ordonnement défini en première partie,
  - et d'une définition de ses algorithmes de test,
- nous fournit le programme de test de ce microprocesseur.

La génération de ce logiciel de test passe par la définition d'un langage qu'on appellera le langage ROBIN.

#### 4.2.1. Le langage ROBIN

Ce langage a été défini pour faciliter l'écriture des algorithmes de test. Il permet donc

- la spécification des ensembles sur lesquels porteront les itérations,
- L'écriture des instructions assembleurs paramétrées qu'on appellera : instructions d'itérations,
- L'écriture des instructions assembleurs,
- un appel automatique de séquences d'instructions prédéfinies, qu'on appellera : macro-instructions.

#### 4.2.2 Le programme ROBIN

L'automate reconnaissant le langage ROBIN est capable d'analyser des instructions assembleurs, des macro-instructions et surtout les séquences particulières d'itérations.

Cet automate est décrit en GASEL (cf. annexe A2), et le logiciel GASEL nous fournit les tables d'analyse lexicale et syntaxique propres au langage ROBIN.

Les actions sémantiques (cf. annexe A6) assurent l'expansion séquentielle des instructions d'itérations.

Ainsi, les actions sémantiques, les tables d'analyse générées par GASEL, et les programmes d'interprétation de ces tables constituent le logiciel ROBIN.

Remarque: les actions sémantiques sont écrites en fortran

car elles opèrent sur des tables fournies par GASEL, ces tables étant générées en fortran.

La structure du logiciel ROBIN se décompose en :

- une partie principale où se trouve un analyseur lexicographique et syntaxique muni :
  - d'une table d'analyse lexicale (LEXI),
  - d'une table d'analyse syntaxique (AUTO)
  - d'une table de mots-clés réservés par le langage GASEL : (CLES),
  - d'une table des types internes des caractères (TYPCAR) (cf. Annexe A3).
  
- un ensemble de sous-programmes où se trouvent les actions sémantiques ainsi que tous les sous-programmes de gestion des tables d'identificateurs (cf. annexe A4), et des sous-programmes de gestion des tables propres à ROBIN (cf. Annexe A5).

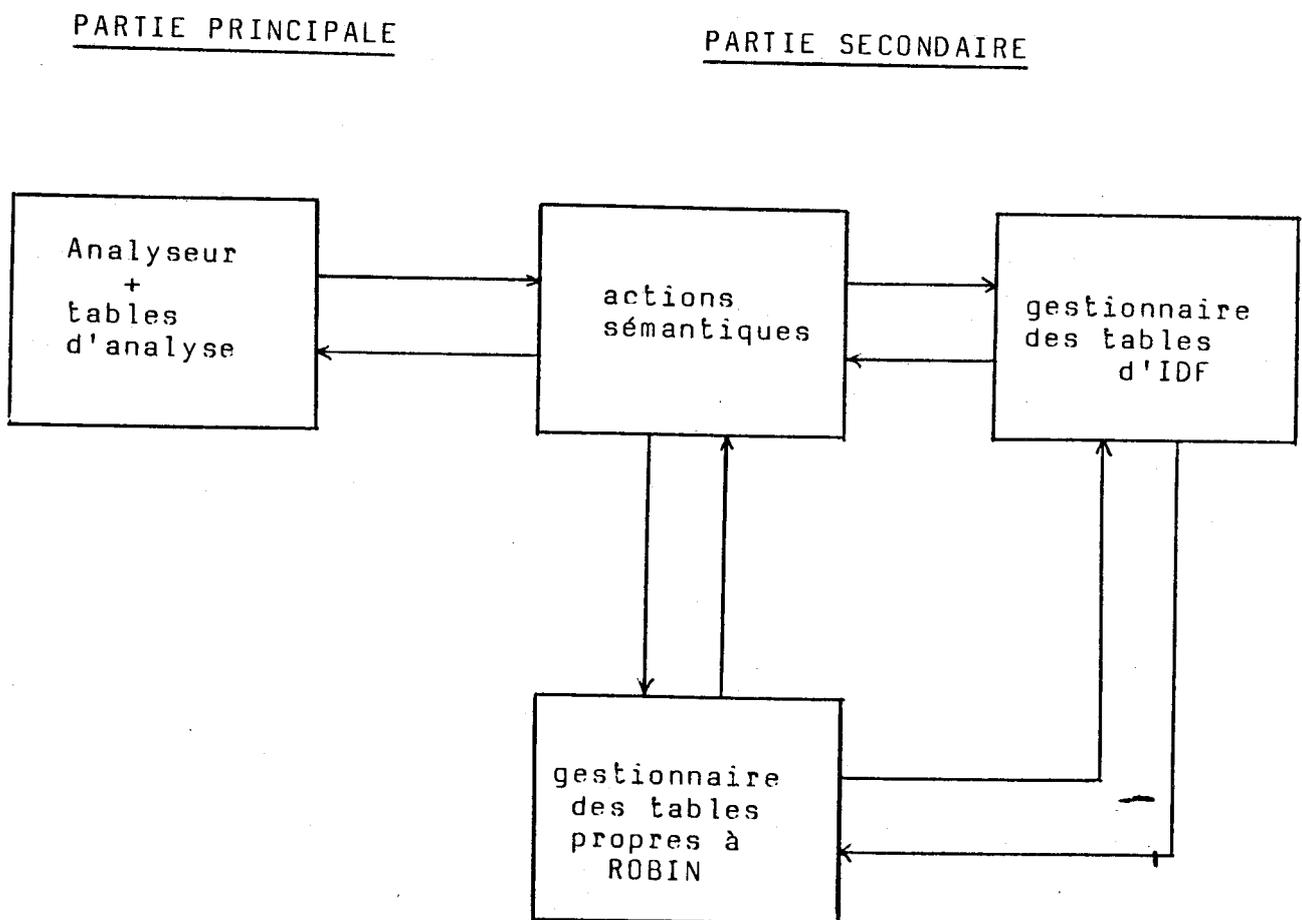


Figure 3. Configuration interne de ROBIN.

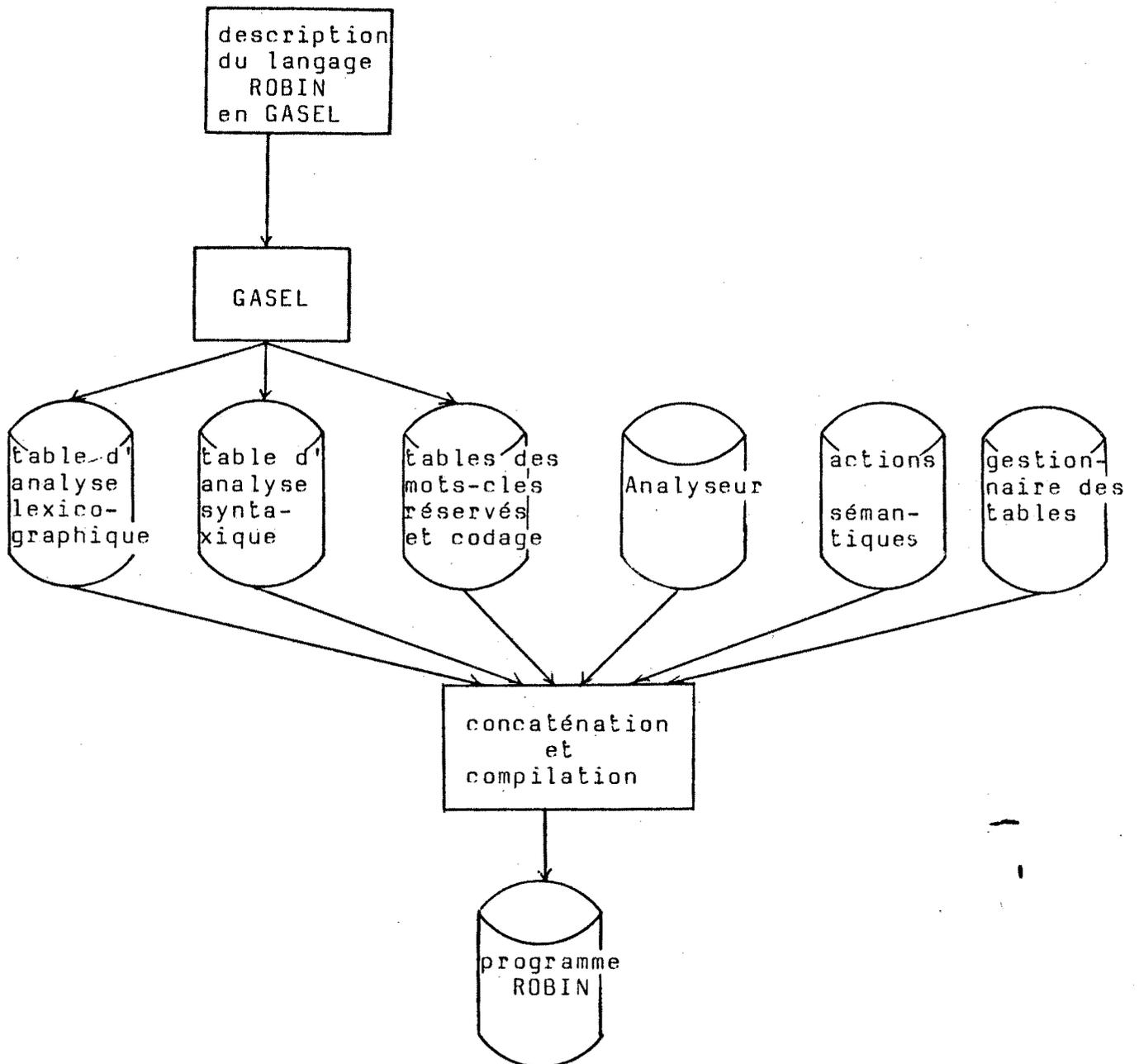


Figure 4. Réalisation fonctionnelle de ROBIN.

#### 4.2.3. Utilisation du programme ROBIN

L'exécution du programme ROBIN avec comme donnée : l'algorithme de test pour un microprocesseur particulier (écrit en ROBIN), fournit le programme de test en langage d'assemblage pour ce microprocesseur (cf. figures 5 et 6).

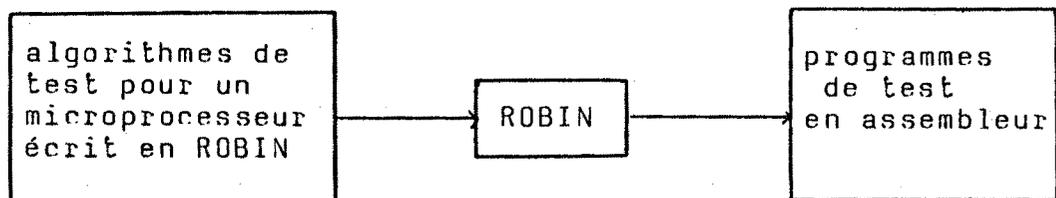


Figure 5. Utilisation du programme ROBIN.

Ainsi pour chaque microprocesseur, le programme de test en ROBIN sera à écrire.

Cette manière de procéder, c'est à dire la génération des programmes de test en langage d'assemblage et non, en binaire directement exécutable, peut paraître lourde, mais elle se justifie par les remarques suivantes :

- c'était la méthode la plus rapide pour l'obtention des premiers programmes de test qui nous permettent de définir plus précisément le testeur, et de mieux préparer le deuxième niveau de ROBIN,

- on a une totale liberté d'implantation des programmes de test, en outre, nous pouvons les assembler sur n'importe quel outil de développement possédant les assembleurs de ces microprocesseurs,
- le système GAGE permet de disposer de tous les assembleurs possibles, ce qui nous dispense dans un premier temps de générer du binaire exécutable.

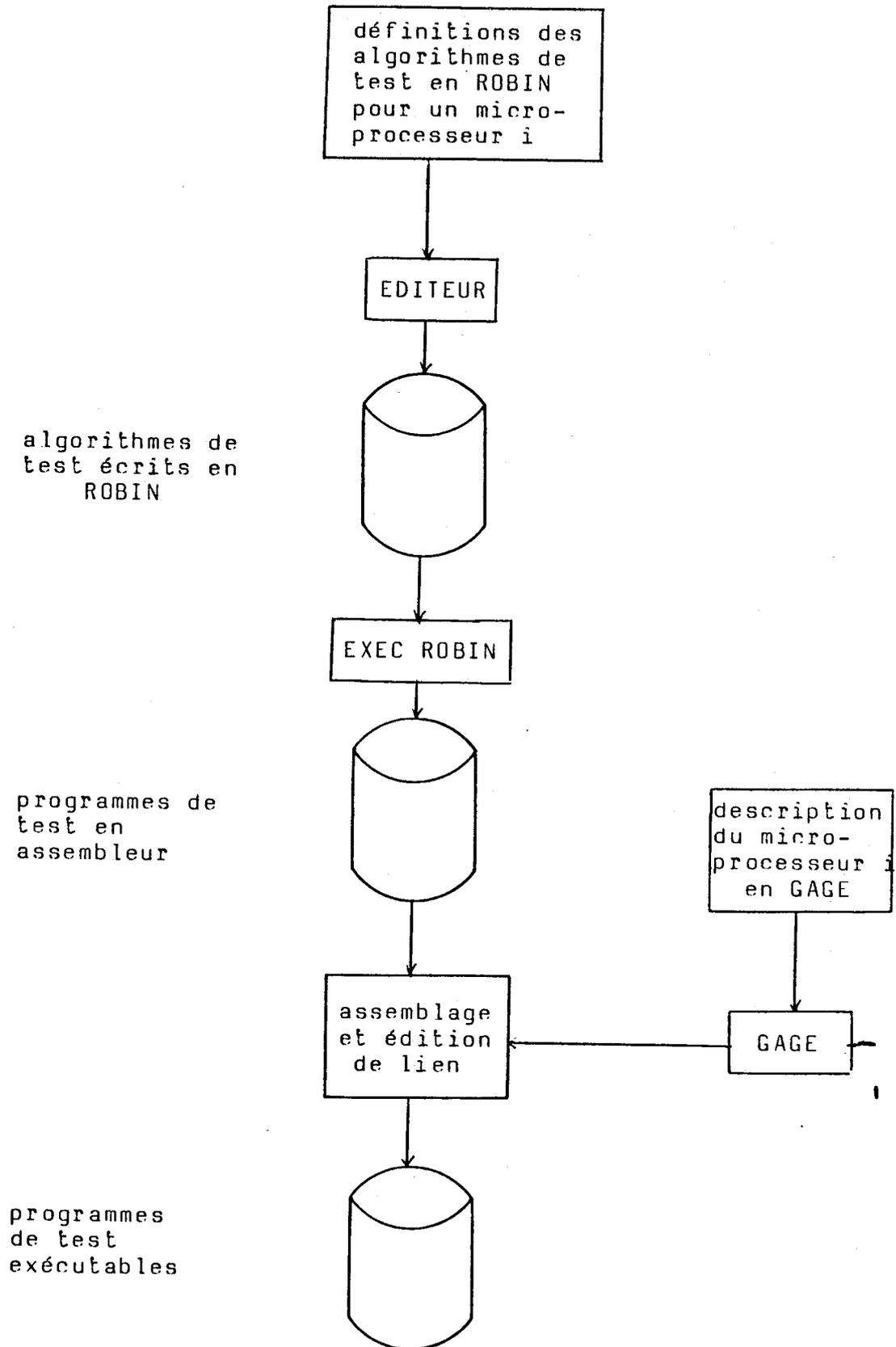


Figure 6. Réalisation des programmes de test pour un microprocesseur particulier

### 4.3. Description du langage ROBIN

Comme nous l'avons vu précédemment, ce langage a été créé pour faciliter l'entrée des algorithmes de test.

Un programme écrit en ROBIN comporte :

- un titre,
- deux modules principaux : DECLARE et ALGORITHM,
- un module secondaire : PROCEDURE.

L'automate reconnaissant ce langage exige un titre en première ligne suivant la syntaxe:

titre "test . . . . . "

et reconnaît les modules définis ci-dessus

#### 4.3.1. Le module DECLARE

Ce module contient toutes les déclarations d'ensembles sur lesquels porteront les itérations. Ces déclarations servent à définir :

- des ensembles de registres,
- des ensembles de vecteurs de test,
- des ensembles d'adresse mémoire,
- des ensembles de code-opérations qui auront le même algorithme de test.

Ainsi les éléments de ces ensembles seront soit des identificateurs, soit des valeurs hexadécimales,

décimales ou binaires. Toute autre reconnaissance déclanchera automatiquement une erreur.

Une déclaration aura la syntaxe suivante:

nom\_d'ensemble : (élément1.élément2,.....élémentn)

Exemple : l'ensemble des registres du Z80 de ZILOG pourra s'écrire de la manière suivante

Reg : (A,B,C,D,E,H,L)

#### 4 3.2. Le module PROCEDURE

Ce module a été défini pour mettre en évidence les sous-programmes d'initialisation et d'observation.

Par souci de simplicité pour l'automate du langage ROBIN c'est dans ce module que seront définies les macro-instructions si leur emploi est nécessaire pour la programmation des algorithmes de test.

Ces macro-instructions ont une procédure analogue à la macro-copy d'un macro-assembleur.

Une macro-instruction sera à définir suivant la syntaxe

```

FILE nom_de_macro
}
corps de la macro
}
ENDF

```

et devra être appelée dans le module ALGORITHM suivant la syntaxe:

```
COPY nom_de_macro
```

#### Avantages :

Le programme ROBIN génère l'expansion des macro-instructions. Pour l'assemblage des programmes de test, un assembleur simple suffira.

Ce module est optionnel, il peut ne pas être utilisé si l'algorithme de test ne prévoit pas de macro-instructions.

#### 4.4.3. Le module ALGORITHM

Ce module contient l'algorithme de test qui sera composé d'instructions assembleurs et surtout des séquences particulières d'itérations appelées aussi "boucle\_iter". Une "boucle\_iter" débute par le mot-clé "iter" et se termine par le mot-clé "f\_iter".

##### a) Forme générale de la "boucle\_iter"

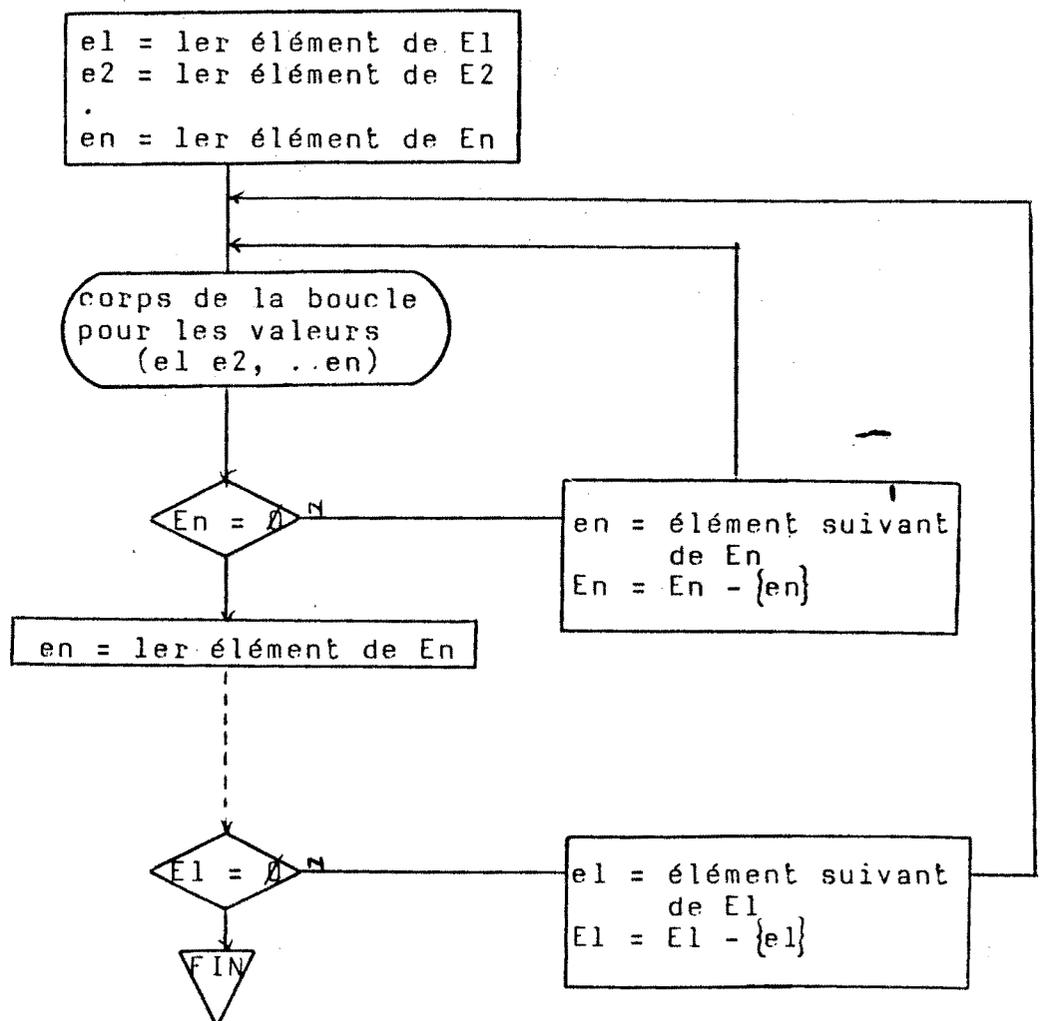
La forme générale d'une "boucle iter" est la suivante:

```

iter: E1 E2 E3 . . En
    {
        Corps de la boucle
    }
f_iter
  
```

où E1, E2....En sont des ensembles ordonnés sur lesquels porteront l'itération.

L'organigramme équivalent à une "boucle iter" sera le suivant:



b) Ensembles E1, E2, ..., En

Le nombre d'ensembles a été limité à 5 car ce nombre s'avérait suffisant pour l'écriture des algorithmes de test.

On a défini la syntaxe d'écriture de ces ensembles de la manière suivante :

mot-clé(nom\_d'ensemble ou suite d'éléments)

Les mots-clés réservés à cette syntaxe sont :

- "source" représentant la lère source du graphe,
- "si" représentant la ième source du graphe,
- "ti" représentant le ième vecteur de test ,
- "puits" représentant les puits du graphe,
- "codop" représentant le code-opération de l'instruction.

La syntaxe d'écriture de ces ensembles permet de préciser si le mot-clé correspondant à l'itération porte :

- sur un ensemble déjà déclaré dans le module DECLARE. Dans ce cas, le nom de l'ensemble sera précisé dans la "boucle iter" correspondante :

mot-clé(E1)

- sur un ensemble non déclaré dans le module

DECLARE. Dans ce cas, les éléments seront précisés directement dans la "boucle\_iter" :

mot-clé(e1,e2, . . .,en)

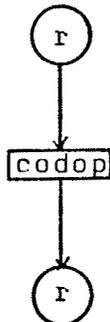
Cette possibilité offre un gain de place considérable en ne gardant en mémoire que les ensembles les plus souvent référencés (cf. annexe A5 a).

Exemple : soit les instructions "INC r" et "DEC r" du Z80,

avec  $r \in \text{Reg}$  et  $\text{Reg} = (\text{A B C.D.E,H.L})$

et le vecteur de test correspondant  $t \in T$

et  $T = (t1 t2,t3, . . .,tn)$ .



L'écriture en ROBIN des ensembles d'itération sera :

iter: codop(INC,DEC) source(Reg) t1(T)

} corps de 1 itération

f\_iter

Dans ce cas, le "codop" est l'itération la plus extérieure. jusqu'à "s2" qui est l'itération la plus intérieure. On a, ici, trois niveaux d'imbrication dans les ensembles d'itérations.

### c) Corps de l'itération

Le corps de l'itération concerne directement le test fonctionnel d'une instruction et comporte donc trois phases :

- INIT : initialisation des source,
- EXEC : exécution de l'instruction,
- OBSV : observation des résultats.

Ainsi, le corps de l'instruction d'itération est composé d'instructions assembleurs. Certaines de ces instructions sont modifiées par une partie itérative.

Cette partie itérative ou variable est précisée par un mot-clé précédé du symbole "<" et suivi du symbole ">":

<mot\_clé>

La partie variable peut donc être soit un code-opération, soit une source soit un puits, soit un vecteur de test.

On donne un exemple complet d'une "boucle iter" :

```

iter: codop(INC,DEC) source(Reg) t1(T)
      init: call initl;
           ld <source> <t1>;
      exec: <codop> <source>;
      obsv: copy observe,
f iter

```

Les premiers pas de cette itération nous créera la séquence suivante:

```

call initl
ld A,t1
INC A
...}
...} instructions générées par la macro-copy
...}
call initl
ld A,t2
INC A

jusqu'à

```

```

call initl
ld L,tn
INC L
...}

```

Ainsi toutes les instructions comprises dans une

"boucle\_iter" sont toutes générées à chaque pas d'itération, les parties variables prenant leur valeur courante à chaque itération.

Afin de faciliter la programmation du programme ROBIN, chaque instruction d'itération ou assembleur se trouvant dans une "boucle\_iter" devra se terminer par un ";" sinon elle ne sera pas prise en compte.

En effet, il était nécessaire de définir une fin d'instruction assembleur parce que l'analyse de l'instruction ITER ne s'arrête pas sur une fin de ligne et continue son analyse en séquence.

Pour le cas particulier d'une "boucle\_iter", toutes les instructions faisant partie de cette boucle doivent être sauvegardées en mémoire (cf. tableau TINSTR en annexe A5.c.).

Elles constituent la séquence de base pour la génération des itérations.

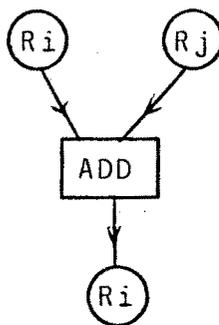
Par contre, toute instruction assembleur se trouvant à l'extérieur d'une "boucle\_iter" devra être écrite tout à fait normalement, c'est à dire sans l'ajout d'un ":".

d) Autres possibilités d'écritured.1.) Notion de parallélisme

Ces imbrications ne pouvaient pas s'appliquer dans tous les cas. Certaines instructions à tester exigeaient un certain parallélisme au lieu d'une imbrication dans les ensembles d'itérations.

Exemple: l'instruction d'addition de deux registres.

- Soit  $V_i$  : le vecteur de test de l'addition pour  $R_i$ ,
- Soit  $V_j$  : le vecteur de test de l'addition pour  $R_j$ ,
- avec  $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})$  et
- avec  $V_j = (v_{j1}, v_{j2}, \dots, v_{jn})$ .



"ADD  $R_i, R_j$ "

Dans ce cas, il faut qu'à chaque vecteur de test  $v_{ik}$  s'appliquant à  $R_i$  ne corresponde qu'un seul vecteur de test  $v_{jk}$  s'appliquant à  $R_j$  pour tester l'instruction "ADD  $R_i, R_j$ ".

Pour résoudre ce problème, on a défini la syntaxe

suivante :

```

iter: source(E1) * t1(E2)
      }
      } corps de la boucle
f_iter

```

Ainsi, une étoile placée entre deux ensembles signifie que ces ensembles itèreront en parallèle. Dans l'exemple ci-dessus, le premier élément de E1 sera associé au premier élément de E2, et etc., jusqu'au dernier élément de E1 qui sera associé au dernier élément de E2. Ces ensembles d'itérations doivent bien sûr posséder le même nombre d'éléments.

Tous les ensembles d'une "boucle\_iter" peuvent itérer en parallèle

```

codop(E1) * source(E2) * s2(E3) * t1(E4) *
puits(E5)

```

## d 2.) Isolation d'instructions

Cette possibilité d'écriture a été rajoutée au langage ROBIN pour faire face à certains problèmes bien particuliers. Cette écriture nous permet d'isoler certaines instructions.

```

iter: source(E1)
      init: ld A,<source>;
          iter: codop (E2) t1(E3)
              exec: <codop> B <t1>;
              obsv: copy observe;

f_iter

```

Dans cet exemple, nous voyons que l'instruction "ld a <source>" ne sera générée qu'à chaque changement de "source" et non à chaque changement de "codop" et de "t1".

#### 4.3.4. Particularités

Toute chaîne de caractères qui commence par le symbole "&" et qui se termine par ce symbole "&" est considéré comme commentaire par l'analyseur syntaxique.

D'autre part, tout programme écrit en ROBIN devra se terminer par le mot-clé : FIN, sinon une fin anormale sera détectée.

Toute erreur détectée à l'exécution du programme ROBIN peut aisément se corriger grâce aux listes d'erreurs jointes en annexes A7.

4 3.5. Exemple d'un programme complet écrit en ROBIN

```

titre "test du 68000"

declare:
&
    declarations d'ensembles de registres
&
regab:(a,b)
regxs:(x,s)
&
    valeurs immediates
&
valim1:(1h,2h,4h,8h,10h,20h,40h,80h)
valim2:(1,2,4,8,10h,20h,40h,80h,100h,200h,400h,800h,1000h,2000h,4000h,8000h)
procedure:
&
&
    file obs1
    staa adrsto
    stab adrsto-1
    tpa
    staa adrsto-2
    stx adrsto-3
    sts adrsto-5
adrsto set adrsto-7
    endf
algorithm:
&
*****
    classe1      s-classe1
*****
&
    section init
adrsto set 0fffh
    lds #2h
init1      clra
           clrb
           ldx #0
           tap
           rts
;
;           ldaa #n      ldab #n
;
iter: puts(regab) source(valim1)
    init:      jsr init1;
    exec:      lda<puts> #<source>;
    obsv:      copy obs1;
friter
;
;           ldx #n      lds #n
;
iter: puts(regxs) source(valim2)
    init:      jsr init1;
    exec:      lda<puts> #<source>;
    obsv:      copy obs1;
                lds #2;
friter
fin

```

#### 4.4. Lexicographie et cartes syntaxiques du langage ROBIN

Le langage ROBIN a été décrit dans la grammaire de Backus en annexe A1.

##### a) Lexicographie

Si nous ne déclarons aucune lexicographie celle de GASEL est prise par défaut. Mais pour le langage ROBIN il manquait seulement la reconnaissance d'une valeur hexadécimale de la forme Offh, Gasel ne reconnaissant comme valeur hexadécimale que les valeurs de la forme #ff.

C'est pourquoi il a fallu redéclarer une lexicographie pour ROBIN et écrire le traitement sémantique correspondant à cette nouvelle unité lexicale.

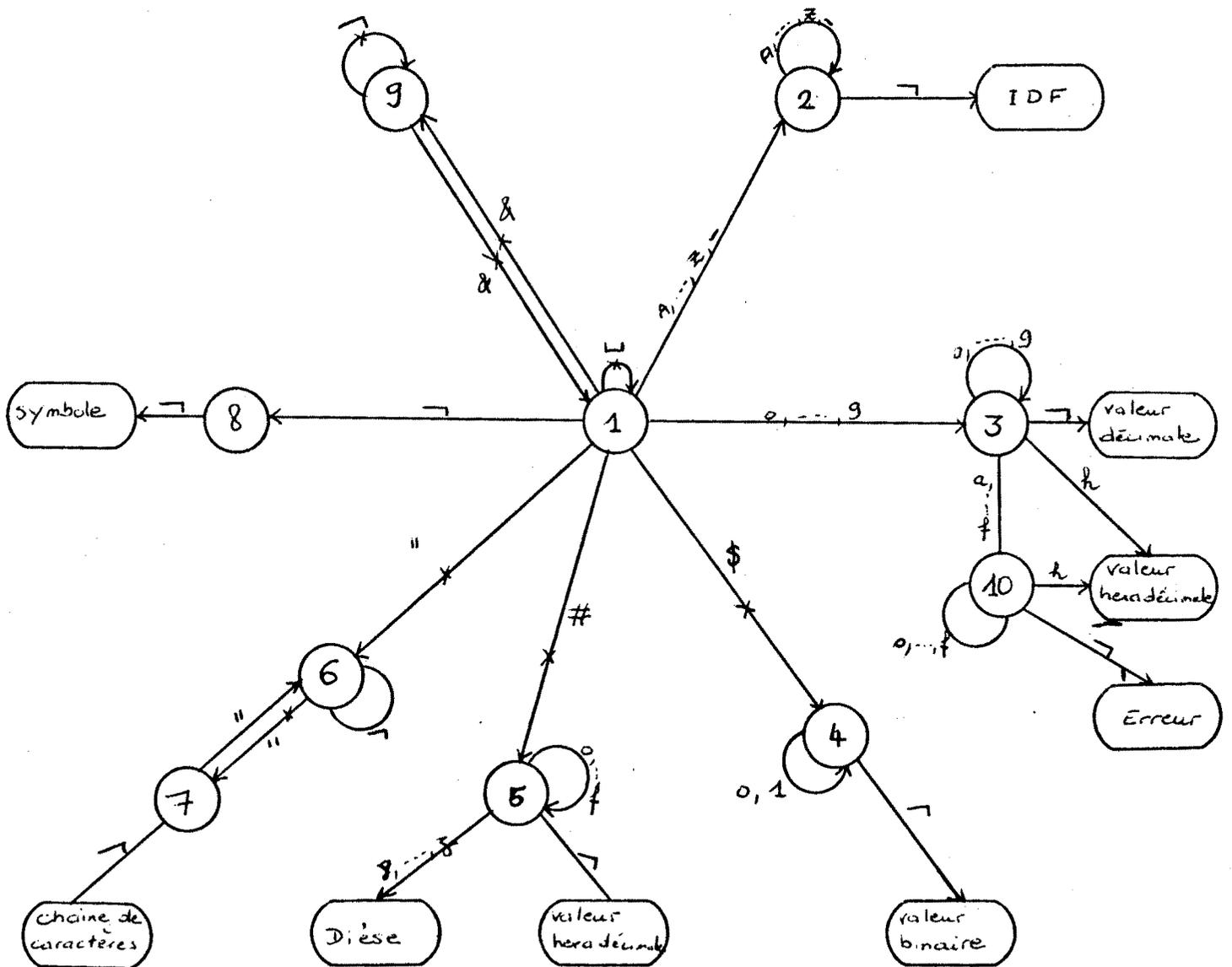
Les unités lexicales reconnues par ROBIN sont :

- valeur décimale (127),
- valeur binaire (\$001),
- valeur hexadécimale (#ff, Offh),
- chaîne de caractères ("chaîne"),
- symboles spéciaux qui sont ( ) < > ? + \* = % ' " , . / ; :
- identificateur (toto,t345).

## Schéma de l'automate lexical

→ transition avec conservation du caractère lu.

×→ transition sans conservation du caractère lu.

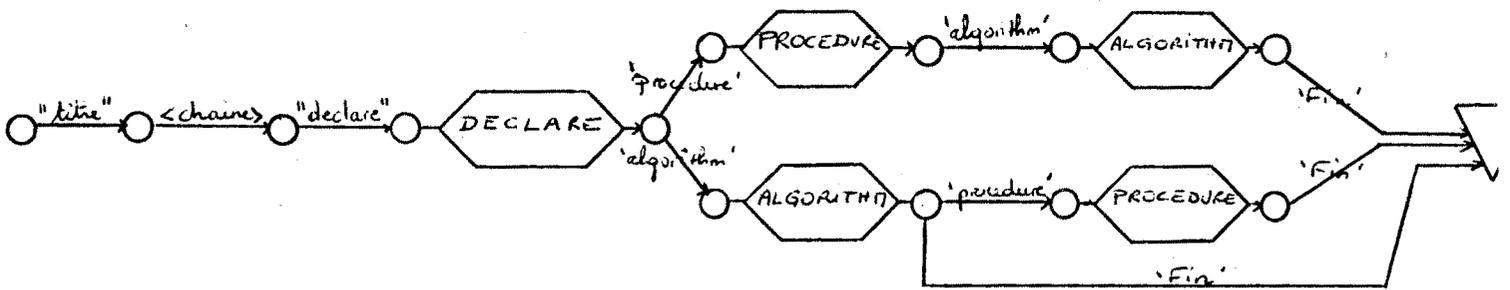


b) Cartes syntaxiques du langage ROBIN

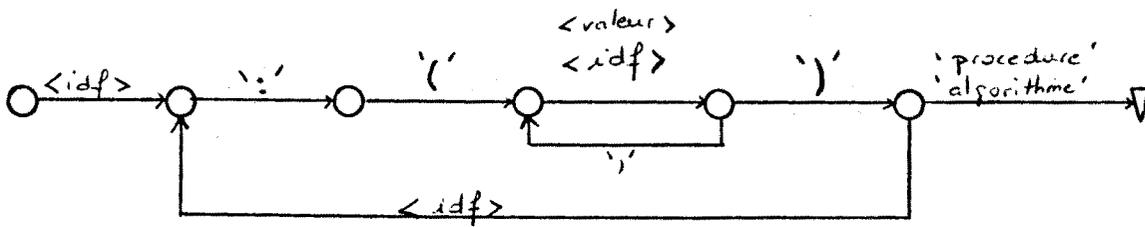
Les flèches en trait plein correspondent aux transitions possibles après chaque état (cercles). Les flèches en pointillés indiquent une réanalyse sur l'unité courante lue.

Le symbole  $\rightarrow$  représente tout autre mot-clé ou toute autre unité syntaxique rencontrée.

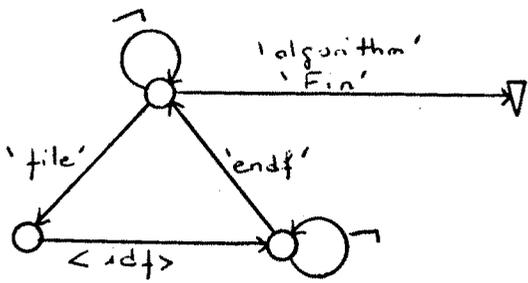
**PROGRAMME**



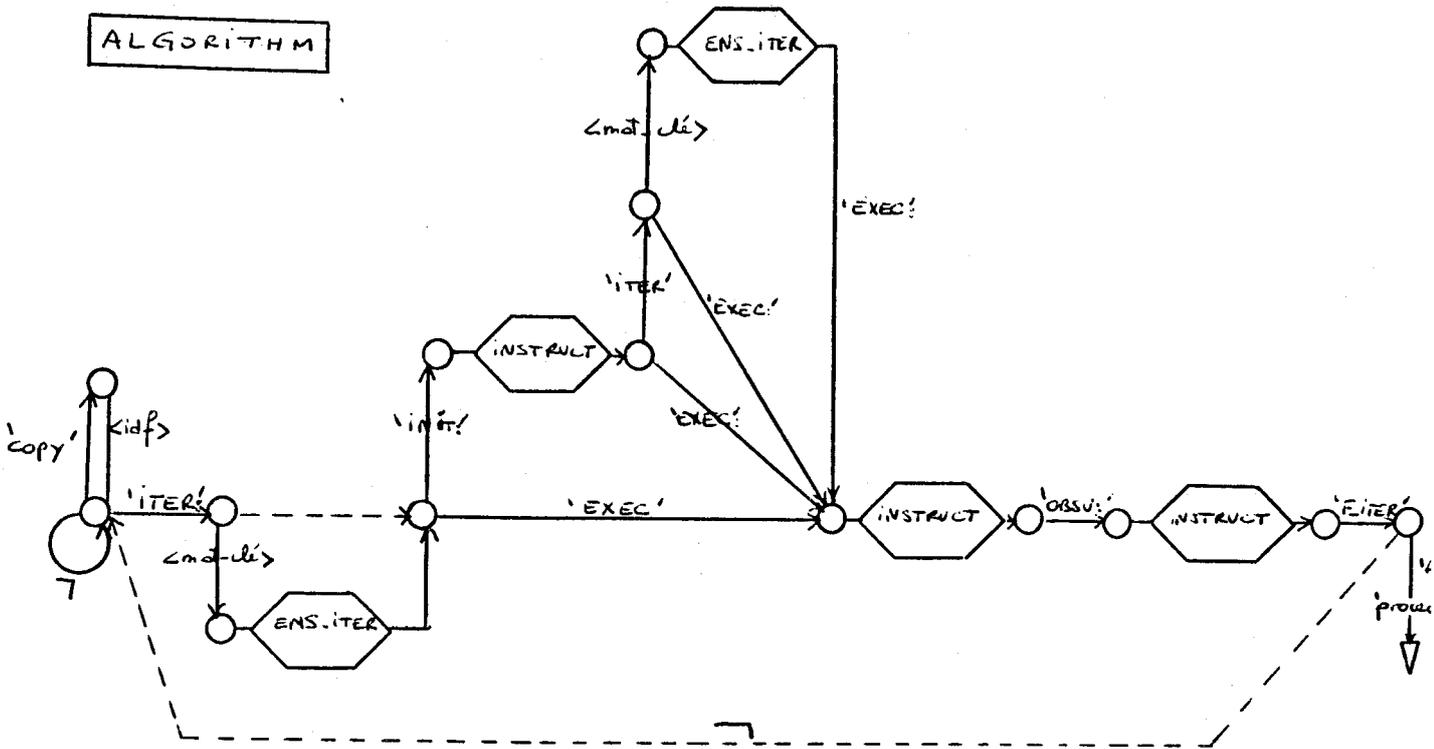
**DECLARE**



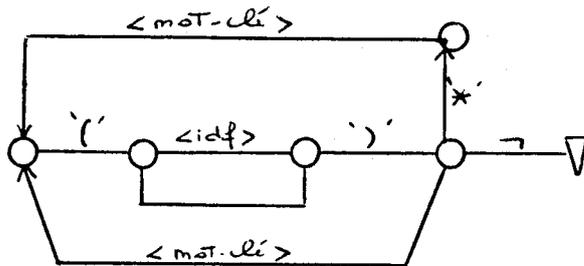
**PROCEDURE**



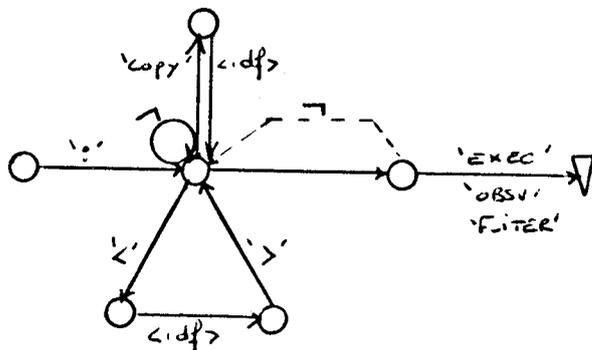
ALGORITHM



ENS-ITER



INSTRUCT



### CHAPITRE III. EXEMPLE D'APPLICATION DU SYSTEME ROBIN

Un exemple d'application du système ROBIN est montré pour le microprocesseur 6800 de Motorola.

La production du programme de test se déroule en deux étapes :

- une étape de préparation,
- l'écriture du programme de test en ROBIN et son exécution.

#### 1. Etape de préparation.

Cette étape doit aboutir au classement des instructions suivant la méthode proposée en première partie.

##### 1.1. Architecture du microprocesseur

Une première étude est celle de l'architecture du microprocesseur d'après son schéma fonctionnel qui nous renseigne sur son organisation interne et externe.

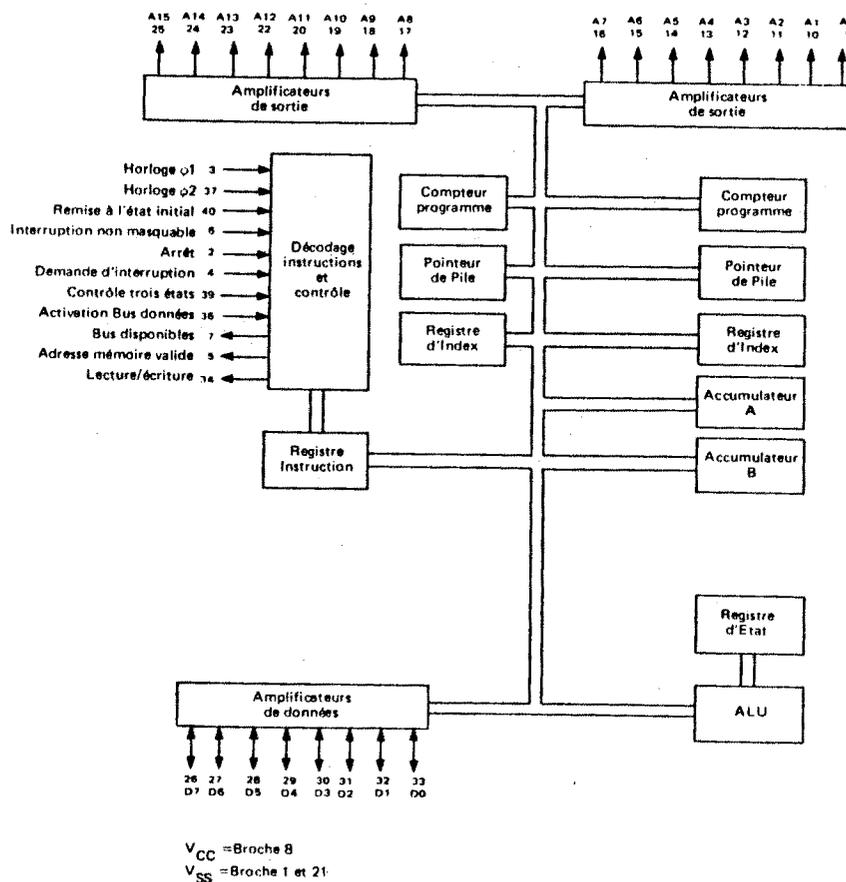


Figure 7. Schéma fonctionnel.

Les caractéristiques principales du microprocesseur 6800 sont :

- une longueur du mot de 8 bits,
- un bus de données 8 bits bidirectionnel,
- un bus d'adresse de 16 bits capable d'adresser 64K,
- des lignes de commandes,
- 6 registres internes représentés sur la figure 7,
- 7 modes d'adressages : direct, relatif, immédiat, indexé, étendu, implicite, et accumulateur.

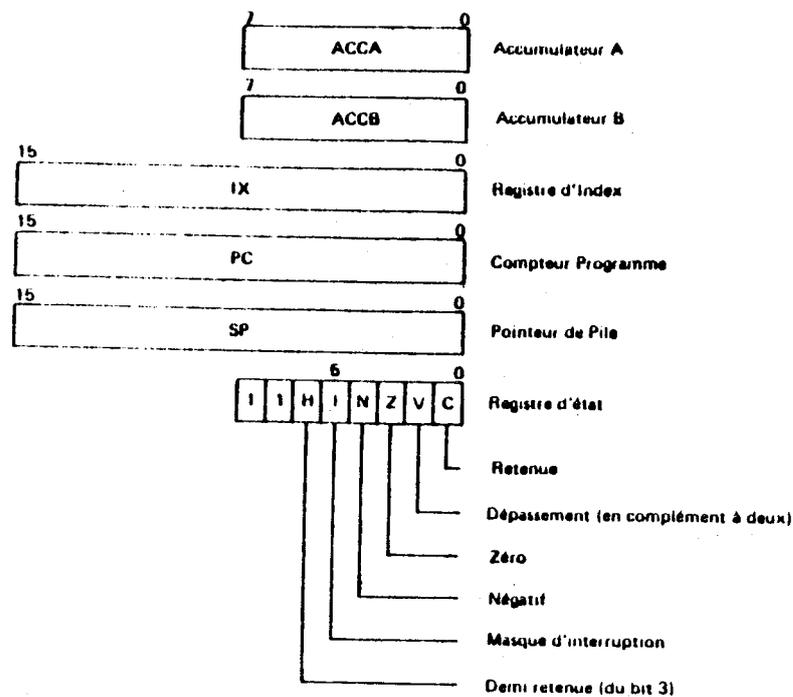


Figure 8. Registres programmables.

### 1.2. Jeu d'instruction

Le microprocesseur 6800 a un jeu de 72 types d'instructions, mais compte tenu de ses 7 modes d'adressage, il possède 197 instructions. L'étude du jeu d'instruction nous permet de déterminer les mesures d'accessibilité de la mémoire et de ses registres :

- mémoire et extérieur :  $t=t'=1$ ,
- registres A, B, SP, IX :  $t=t'=2$ ,
- le registre d'état :  $t=t'=3$  car le registre d'état est chargé et observé à travers l'accumulateur A.

Le jeu d'instruction est le suivant :

TABLE 3 - ACCUMULATOR AND MEMORY INSTRUCTIONS

OPERATIONS	MNEMONIC	ADDRESSING MODES					BOOLEAN/ARITHMETIC OPERATION (All register labels refer to contents)	COND. CODE REG.												
		IMMED		DIRECT		INDEX		EXTND		IMPLIED	S	O	Z	V	C					
		OP	~ =	OP	~ =	OP		~ =	OP	~ =	OP	~ =	H	I	N	Z	V	C		
Add	ADDA	88	2 2	98	3 2	A8	5 2	B8	4 3		A + M - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ADDB	C8	2 2	08	3 2	E8	5 2	F8	4 3		B + M - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Add Acmltrs	ABA									18	A + B - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Add with Carry	ADCA	89	2 2	99	3 2	A9	5 2	B9	4 3		A + M + C - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ADCB	C9	2 2	09	3 2	E9	5 2	F9	4 3		B + M + C - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
And	ANDA	84	2 2	94	3 2	A4	5 2	B4	4 3		A - M - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ANDB	C4	2 2	04	3 2	E4	5 2	F4	4 3		B - M - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bit Test	BITA	85	2 2	95	3 2	A5	5 2	B5	4 3		A - M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	BITB	C5	2 2	05	3 2	E5	5 2	F5	4 3		B - M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Clear	CLR					6F	7 2	7F	6 3		00 - M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	CLRA									4F	00 - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	CLRB									5F	00 - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Compare	CMPA	81	2 2	91	3 2	A1	5 2	B1	4 3		A - M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	CMPB	C1	2 2	01	3 2	E1	5 2	F1	4 3		B - M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Compare Acmltrs	CBA									11	A - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Complement, 1's	COM					63	7 2	73	6 3		M - M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	COMA									43	A - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	COMB									53	B - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Complement, 2's (Negate)	NEG					60	7 2	70	6 3		00 - M - M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	NEGA									40	00 - A - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	NEGB									50	00 - B - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Decimal Adjust, A	DAA									19	Converts Binary Add of BCD Characters into BCD Format	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Decrement	DEC					6A	7 2	7A	6 3		M - 1 - M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	DECA									4A	A - 1 - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	DECB									5A	B - 1 - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Exclusive OR	EORA	88	2 2	98	3 2	A8	5 2	B8	4 3		A ⊕ M - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	EORB	C8	2 2	08	3 2	E8	5 2	F8	4 3		B ⊕ M - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Increment	INC					6C	7 2	7C	6 3		M + 1 - M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	INCA									4C	A + 1 - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	INCB									5C	B + 1 - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Load Acmltr	LDA	86	2 2	96	3 2	A6	5 2	B6	4 3		M + A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	LDAB	C6	2 2	06	3 2	E6	5 2	F6	4 3		M + B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Or, Inclusive	ORA	8A	2 2	9A	3 2	AA	5 2	BA	4 3		A + M - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ORB	CA	2 2	0A	3 2	EA	5 2	FA	4 3		B + M - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Push Data	PSHA									36	A - Msp, SP - 1 - SP	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	PSHB									37	B - Msp, SP - 1 - SP	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pull Data	PULA									32	SP + 1 - SP, Msp - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	PULB									33	SP + 1 - SP, Msp - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rotate Left	ROL					69	7 2	79	6 3		M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ROLA									49	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ROLB									59	B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rotate Right	ROR					66	7 2	76	6 3		M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	RORA									46	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	RORB									56	B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Shift Left, Arithmetic	ASL					68	7 2	78	6 3		M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ASLA									48	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ASLB									58	B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Shift Right, Arithmetic	ASR					67	7 2	77	6 3		M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ASRA									47	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	ASRB									57	B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Shift Right, Logic	LSR					64	7 2	74	6 3		M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	LSRA									44	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	LSRB									54	B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Store Acmltr.	STAA			97	4 2	A7	6 2	B7	5 3		A - M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	STAB			07	4 2	E7	6 2	F7	5 3		B - M	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Subtract	SUBA	80	2 2	90	3 2	A0	5 2	B0	4 3		A - M - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	SUBB	C0	2 2	00	3 2	E0	5 2	F0	4 3		B - M - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Subtract Acmltrs.	SBA									10	A - B - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Subtr. with Carry	SBCA	82	2 2	92	3 2	A2	5 2	B2	4 3		A - M - C - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	SBCB	C2	2 2	02	3 2	E2	5 2	F2	4 3		B - M - C - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Transfer Acmltrs	TAB									16	A - B	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	TBA									17	B - A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Test, Zero or Minus	TST					60	7 2	70	6 3		M - 00	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	TSTA									40	A - 00	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	TSTB									50	B - 00	.	.	.	.	.	.	.	.	.

LEGEND:

- OP Operation Code (Hexadecimal);
- ~ Number of MPU Cycles;
- ± Number of Program Bytes;
- + Arithmetic Plus;
- Arithmetic Minus;
- Boolean AND;
- Msp Contents of memory location pointed to be Stack Pointer

- + Boolean Inclusive OR.
- ⊕ Boolean Exclusive OR.
- M Complement of M;
- Transfer Into;
- 0 Bit = Zero;
- 00 Byte = Zero.

CONDITION CODE SYMBOLS:

- M Half carry from bit 3;
- I Interrupt mask
- N Negative (sign bit)
- Z Zero (byte)
- V Overflow 2's complement
- C Carry from bit 7
- R Reset Always
- S Set Always
- ! Test and set if true, cleared otherwise
- Not Affected

Note - Accumulator addressing mode instructions are included in the column for IMPLIED addressing



### 1.3. Classement des instructions

#### a) Construction des graphes d'exécution abstraite

Pour chaque instruction, on définit tous les graphes d'exécution abstraite associés à ses divers modes d'adressage.

Toutes les instructions, dont le graphe d'exécution abstraite est identique, sont regroupées sous ce même graphe.

Ainsi, en procédant de cette manière pour toutes les instructions du microprocesseur 6800, on obtient 17 types de graphes. chacun de ces graphes représentant une seule instruction ou un groupe d'instructions.

Ces graphes sont donnés en Annexe 8.

#### b) Ordonnancement des instructions

D'après la méthode d'ordonnancement déjà définie en première partie on ordonne donc l'ensemble des graphes suivant les relations de dominance structurelle et fonctionnelle et les paramètres d'affinement définis!

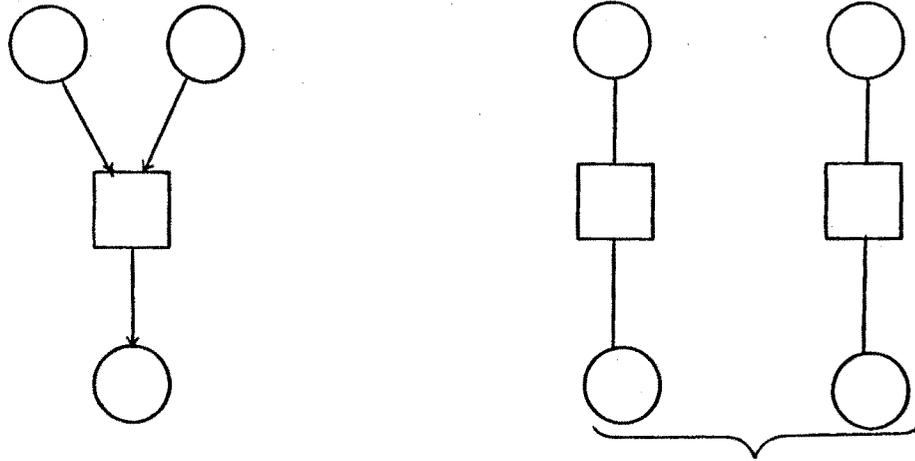
##### - Partition structurelle.

La relation de dominance structurelle nous donne une partition structurelle de ces graphes en classes. Ainsi pour le microprocesseur 6800 on obtient 7 classes.

La relation de dominance structurelle n'étant pas une relation d'ordre total, on trouve dans une même classe

des graphes dits "non comparables".

Exemple de graphes non comparables :



Ensuite, les classes contenant plusieurs graphes sont ordonnées suivant un affinement structurel en sous-classes.

Les critères d'affinement sont :

- le degré de multiplicité,
- la profondeur des graphes.

- Partition fonctionnelle

Les instructions appartenant à une même sous-classe, sont partitionnées en blocs suivant leur mesure d'accessibilité  $(t, t')$  d'après la relation de dominance fonctionnelle.

Les critères d'affinement sont :

- format maximum des éléments de mémorisation,
- type de micro-opération.

Ainsi, en fin de classement, l'ensemble des instructions

du microprocesseur 6800 est ordonné en 7 classes 17 sous-classes, 27 blocs et 40 sous-blocs (cf Annexe 8).

En conclusion à l'étape de préparation, on remarque que :

- d'après le classement structurel, on teste d'abord les instructions qui activent un minimum de matériel (classe 1), puis une partie de matériel rajoutée etc. jusqu'au maximum de matériel mis en jeu (dernière classe),
- d'après le classement fonctionnel, à l'intérieur d'une sous-classe, on teste d'abord les instructions dont les opérandes sont les plus accessibles, etc., jusqu'aux moins accessibles.

## 2. Utilisation du logiciel ROBIN

D'après le classement des instructions ainsi obtenu, il reste à écrire le programme de test du microprocesseur 6800 et le soumettre en entrée au logiciel ROBIN qui fournira son programme de test en assembleur.

### 2.1. Ecriture du programme de test en ROBIN

Le programme de test en ROBIN passe par :

- la définition des procédures d'initialisation et d'observation qui seront utilisées pour le test de chaque instruction,
- l'écriture de l'algorithme de test pour chaque instruction.

#### a) Procédures standards d'initialisation et d'observation : le module PROCEDURE

La procédure d'initialisation standard sera réalisée par un sous-programme de chargement à 0 de tous les registres

#### Exemple :

```

initl clra
        clrb
        ldx #0
        tap
        rts

```

La procédure d'observation standard sera réalisée par une macro instruction qui sauvegardera l'état du microprocesseur (c'est à dire tous les registres) dans une pile.

Exemple :

```

file obs1
  staa adrsto
  stab adrsto-1
  tap
  staa adrsto-2
  stx adrsto-3
  sts adrsto-5
adrsto set adrsto-7
endf

```

Ainsi, on décide que toutes les instructions nécessaires à l'initialisation et à l'observation seront testées dans une classe 0 appelée aussi "hardcore".

Les instructions, faisant partie du hardcore, sont donc : JSR m, RTS, CLRA, CLRB, LDX #0, TAP, STAA m, STAB m, SIX m, SIS m.

b) Ecriture des instructions d'itération : le module ALGORITHM

On écrit le programme de test classe par classe, chaque classe constituant un fichier de données pour le programme ROBIN.

Classe i -----> module i de test

Pour chaque classe, on écrit les instructions d'itérations correspondant soit à une instruction soit à un groupe d'instructions à tester dans l'ordre des sous-classes blocs et sous-blocs.

D'autre part, toutes les instructions appartenant à un sous-bloc ne font pas obligatoirement toutes partie de la même instruction d'itération. En effet, ces instructions peuvent s'appliquer à des vecteurs de test différents ou, simplement, n'ont pas la même syntaxe d'écriture en assembleur.

#### Exemples :

premier exemple : test des instructions LDAA #n et LDAB #n appartenant à la classe 1.

```
iter: puits(regab) source(valiml)
      init: jsr initl;
      exec: lda<puits> #<source>;
      obsv: copy obsl;
```

f\_iter

où regab est défini comme l'ensemble des registres (a,b).

et valiml comme l'union des vecteurs de test

- des éléments de mémorisation,
- de la micro-opération de transfert.
- et de l'identité du graphe.

En annexe 8, on trouve le listing complet correspondant au test de la classe 1.

deuxième exemple : Pour les instructions LDAA n, LDAB n, LDAA m, LDAB m appartenant à la classe 2, l'instruction d'itération est :

```

iter: puits(regab) source(adrl,adr2)
      init: ldaa #0ffh;
           staa <source>;
           jsr init1;
      exec: lda<puits> <source>;
      obsv: copy obs1;

f_iter

```

où adrl est une adresse sur 8 bits,  
et adr2 une adresse sur 16 bits.

Les éléments de mémorisation et la micro-opération de transfert ayant déjà été testés dans l'instruction d'itération précédente on ne vérifie ici que l'identité du graphe.

Ici, la valeur 0ffh a été choisie comme opérande de test pour cette instruction d'itération. Cette valeur est stockée en mémoire à l'aide d'instructions appartenant au hardware ou préalablement testées, après quoi tous les registres sont initialisés à zéro.

Après l'exécution de l'instruction testée, seul le registre "puits" doit contenir la valeur 0ffh et tous les autres registres doivent rester à zéro. Dans tout autre cas, une erreur sera détectée .

troisième exemple : instruction de saut JMP n,X où  
 PC  $\leftarrow$  PC + déplacement n + contenu du registre X.  
 Pour tester cette instruction nous devons appliquer les  
 vecteurs de test de l'addition:

- ensemble VALADD1 s'appliquant à X,
- ensemble VALADD2 s'appliquant à n,
- ensemble VALADD3 étant VALADD1 + VALADD2

On écrira les instructions suivantes :

```

ldaa #6eh           (codop de "jmp n x" chargé
staa 0ffh           à l'adresse 0ffh)
ldx #86ffh         (codop de "ldaa #ff" à
stx 101h           l'adresse 101h)
ldx #3900h         (codop de "ret" à
stx 103h           l'adresse 103h)

```

```
iter: source(valadd1) * s2(valadd2) * s3(valadd3)
```

```

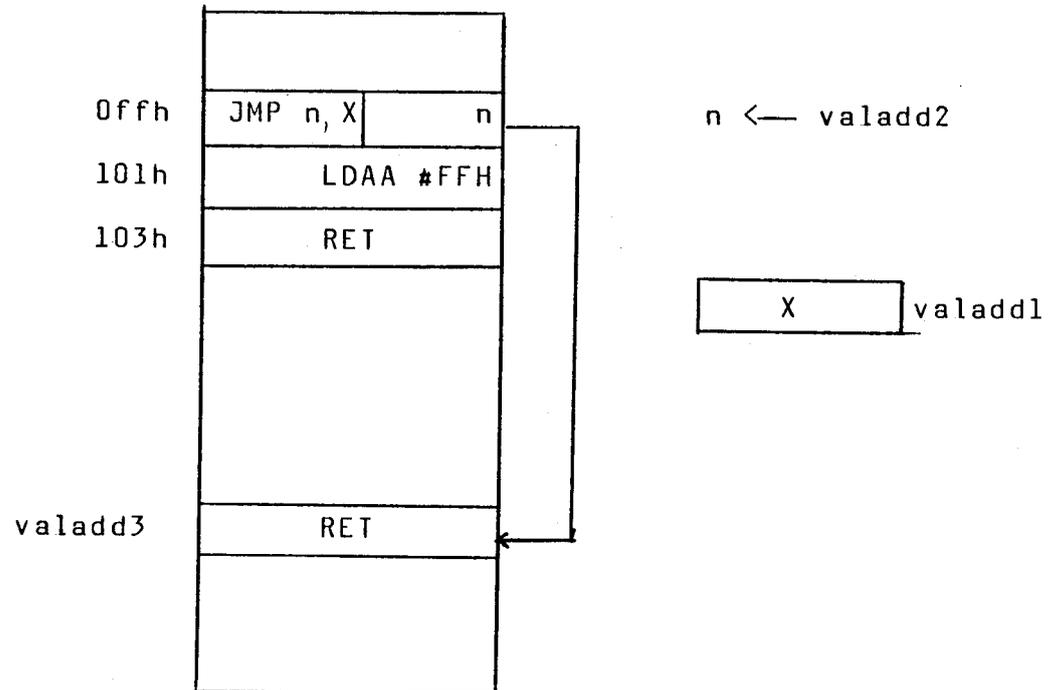
init: ldaa #<s2>;   (déplacement n à
      staa 100h;    l'adresse 100h)
      jsr init1;   (mise à 0 des registres)
      ldx #3900h;  (codop de "RET" à
      stx <s3>;    l'adresse n+(x))
      stx #<source>;

```

```
exec: jsr 0ffh;
```

```
obsv: copy obs1;
```

```
f_iter
```



On teste ainsi l'instruction "jmp n,x" par un saut à un sous-programme implanté à l'adresse 0ffh ce sous-programme étant généré automatiquement par le programme de test.

L'observation nous permet de vérifier le bon déroulement du saut. Si l'instruction passait en séquence, le registre A contiendrait 0ffh au lieu de 0.

### c) Le module DECLARE

Les déclarations d'ensembles se font au fur et à mesure des besoins des instructions d'itérations.

Dans les exemples précédents, on définira dans le module DECLARE :

regab:(a,b)

valiml:(op1,op2,op3,...,opn)

## 2.2. Résultats obtenus

On s'aperçoit qu'à la fin de la classe 1, on aura testé :

- tous les registres,
- certains opérateurs de calcul (incrémentation, décalage, ..),
- les transferts de registres à registres,

Les classes suivantes compléteront le test pour :

- les autres opérations UAL,
- les différents modes d'adressage,
- .....

suivant l'ordre défini pour le test.

L'importance du logiciel ROBIN se résume dans les tableaux ci-dessous :

Pour le microprocesseur 6800 :

CLASSES	nombre d'instructions d'itération	nombre d'instructions assembleurs générées
1	12	2243
2	17	2363
3	3	88
4	10	910
5	5	330
6	5	413
7	2	96
TOTAL	54	6443

Pour le microprocesseur Z80 de ZILOG :

CLASSES	nombre d'instructions d'itération	nombre d'instructions assembleurs générées
1	12	6875
2	25	13337
3	4	387
4	6	435
5	8	539
6	6	155
TOTAL	61	21728

On remarque que le maximum d'instructions est généré dans les deux premières classes pour chacun des microprocesseurs. Ceci est dû au fait que dans ces classes sont testés les éléments de mémorisation, les micro-opérations et la conformité du graphe.

Les autres classes ne vérifient que la conformité du graphe.

Le nombre d'instructions assembleurs générées pour le Z80 est beaucoup plus important que pour le 6800 parce que le Z80 possède :

- 2 bancs de 11 registres chacun au lieu de 6 registres pour le 6800,
- 150 types d'instructions au lieu de 72.

En conclusion à cet exemple d'application, on remarque que

l'étape de préparation pour aboutir au classement des instructions reste longue et fastidieuse. D'autant plus, qu'on a seulement réalisé des programmes de test pour des microprocesseurs 8 bits. Une étude a été menée pour le microprocesseur 68000 de Motorola, l'étape de préparation aboutit à 80 graphes partitionnés en 26 classes.

C'est pourquoi, il est nécessaire d'automatiser :

- la classification des instructions,
- et la détermination des opérandes de test pour chaque instruction.

## CHAPITRE IV. PARTICIPATION A LA CONCEPTION D'UN TESTEUR

### 1 Introduction

Nous nous proposons d'étudier la conception et la réalisation d'un testeur pour microprocesseurs 8 bits. Ce testeur servira à valider la méthode de test, développée en première partie, et à soulever les divers problèmes et contraintes concernant la réalisation d'un testeur "universel" (dont la gamme d'application s'étendra aux microprocesseurs 16 bits et aux circuits annexes).

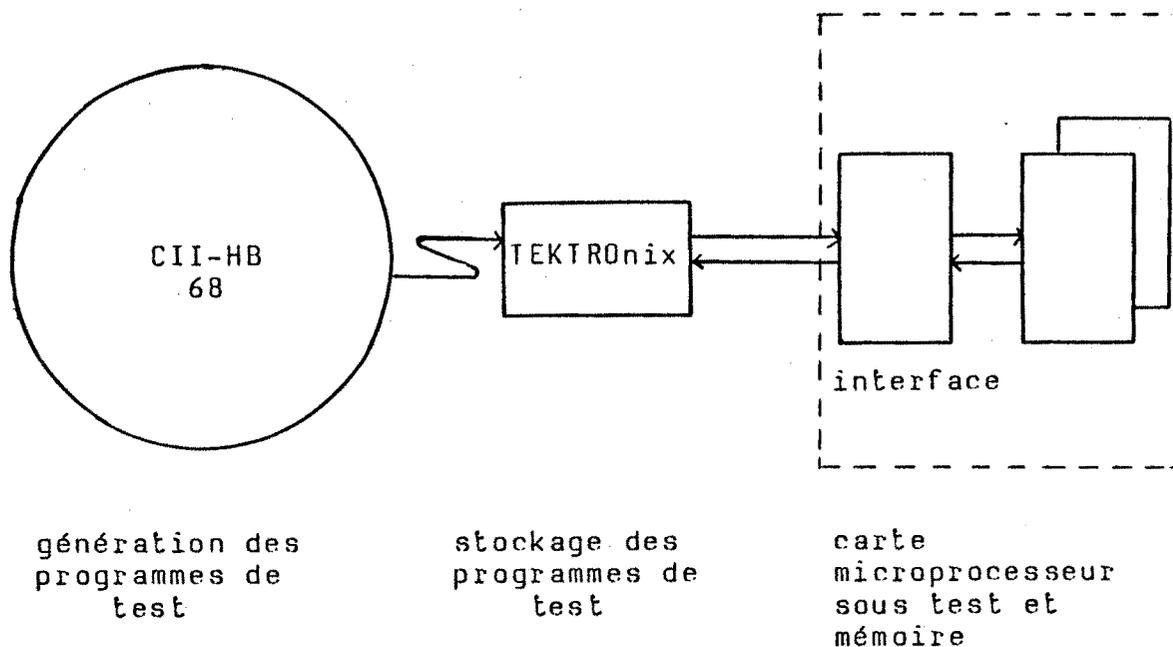
### 2 Objectifs de ce testeur

Ce système de test est un organe de :

- dialogue avec un opérateur,
- stockage des programmes de test et des résultats attendus,
- gestion du test.

Pour développer ce système de test le plus rapidement possible on utilisera comme organe de stockage et de dialogue : l'outil de développement (TEKTRONIX) disponible à l'Atelier de Microinformatique.

De plus, cet outil possède un logiciel de communication qui permettra le transfert aisé des programmes de test. ceux-ci étant générés sur le CII-HB 68 du CICG (Centre Interuniversitaire de Calcul de Grenoble).



Il nous reste à définir le testeur qui se décomposera en :

- une carte interface (ou carte maitre),
- une carte microprocesseur sous test (ou carte esclave),
- deux cartes mémoires accessibles par la carte maitre et par la carte esclave.

a) La carte microprocesseur sous test

Cette carte esclave contiendra :

- le microprocesseur à tester,
- des circuits de mise à niveau des signaux,
- des circuits d'adaptation aux bus de fond de panier,
- une horloge.

C'est une carte individualisée, spécifique à chaque type de microprocesseurs.

b) Les cartes mémoires

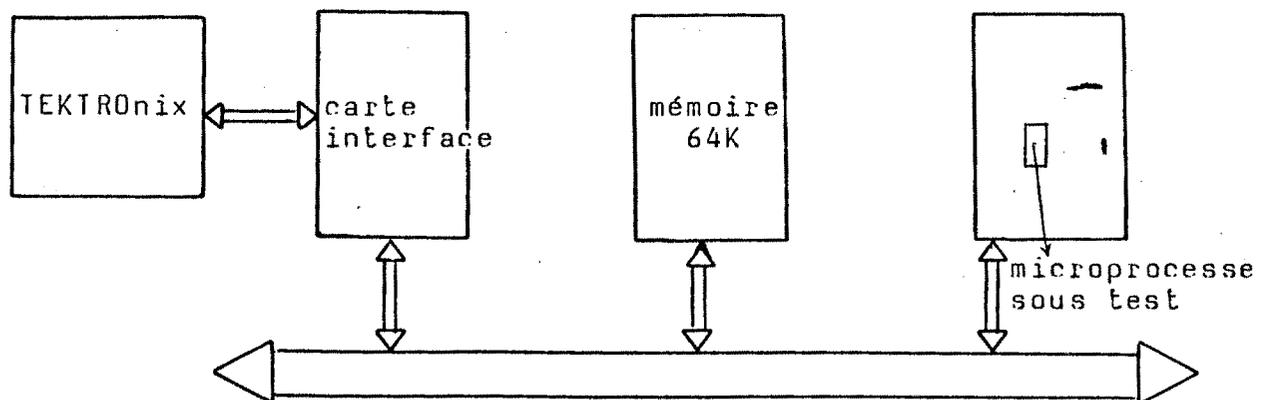
Elles contiendront au total 64K ce qui correspond à l'espace maximum d'adressage des microprocesseurs 8 bits existants (leur bus d'adresse étant de 16 fils).

c) La carte interface

Cette carte assure la communication avec le TEKTRONix pour :

- le transfert des modules de test du TEKTRONix vers la mémoire du testeur,
- le transfert des résultats produits par le microprocesseur sous test vers la mémoire de masse du TEKTRONix.

Elle assure aussi la communication avec la carte sous test pour la gestion des signaux nécessaires au lancement et fin d'exécution d'un module de test.



ARCHITECTURE DU TESTEUR

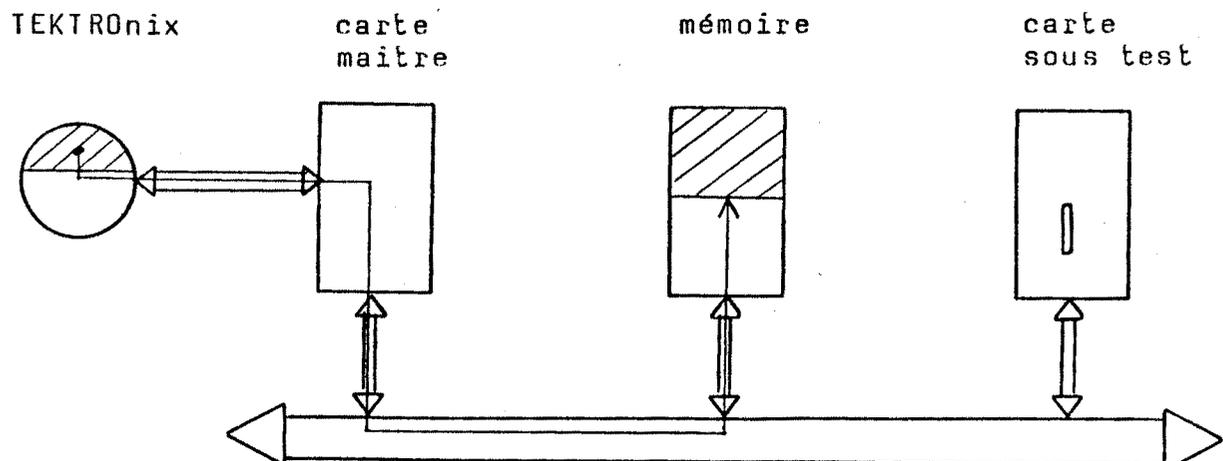
### 3. Déroulement d'un programme de test

Le déroulement d'un programme de test se fera module par module (c'est à dire classe par classe).

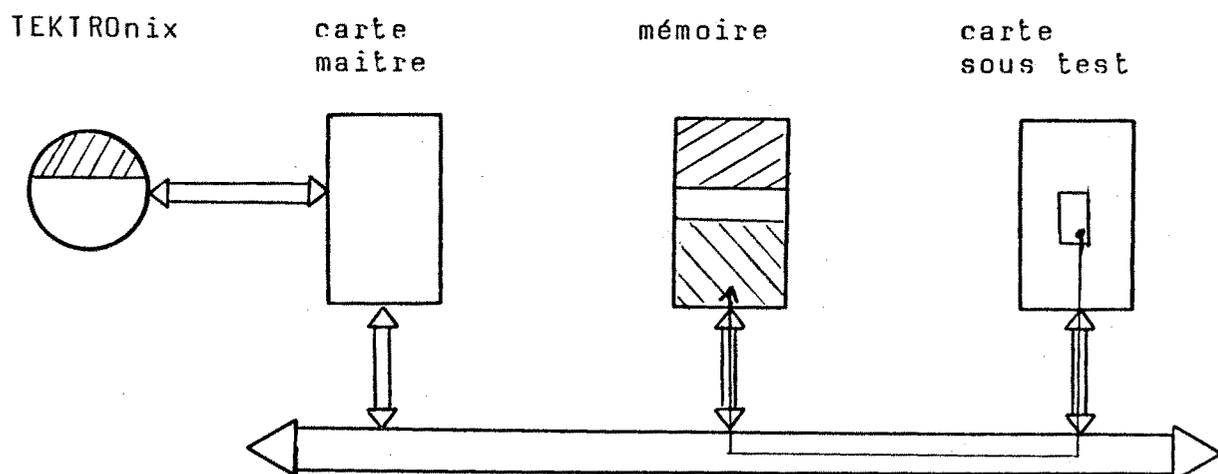
Le test de chaque module comprend quatre phases :

- a) - Chargement du module de test en mémoire du testeur,
- b) - Lancement de l'exécution du module de test : le microprocesseur sous test exécute ce module de test et, en fin d'exécution, envoie une interruption sur le microprocesseur maître,
- c) - Sur interruption, le microprocesseur maître récupère les résultats de test obtenus et les charge dans la mémoire de masse du TEKTRONix,
- d) - La comparaison des résultats obtenus avec des résultats justes pré-établis se fera sur le TEKTRONix.

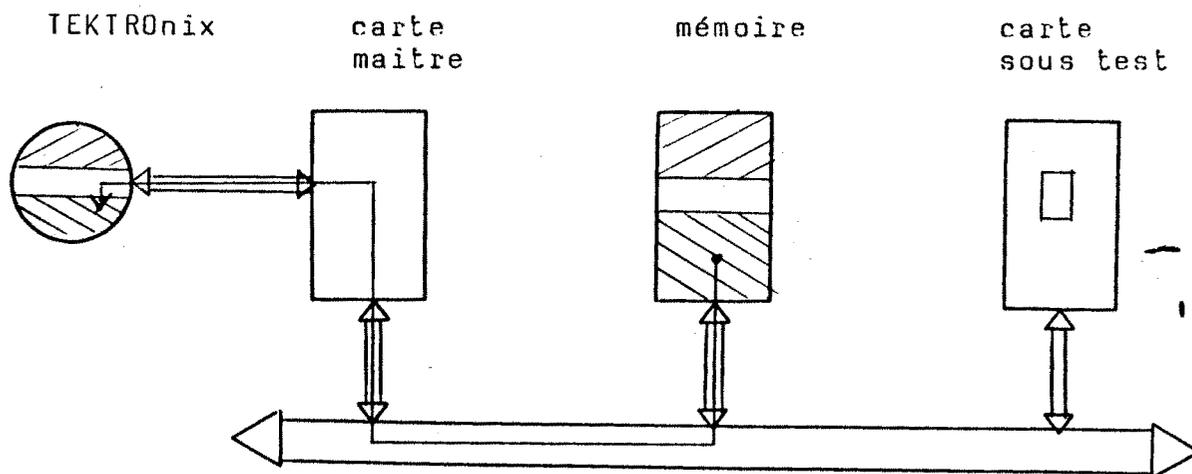
a)



b)

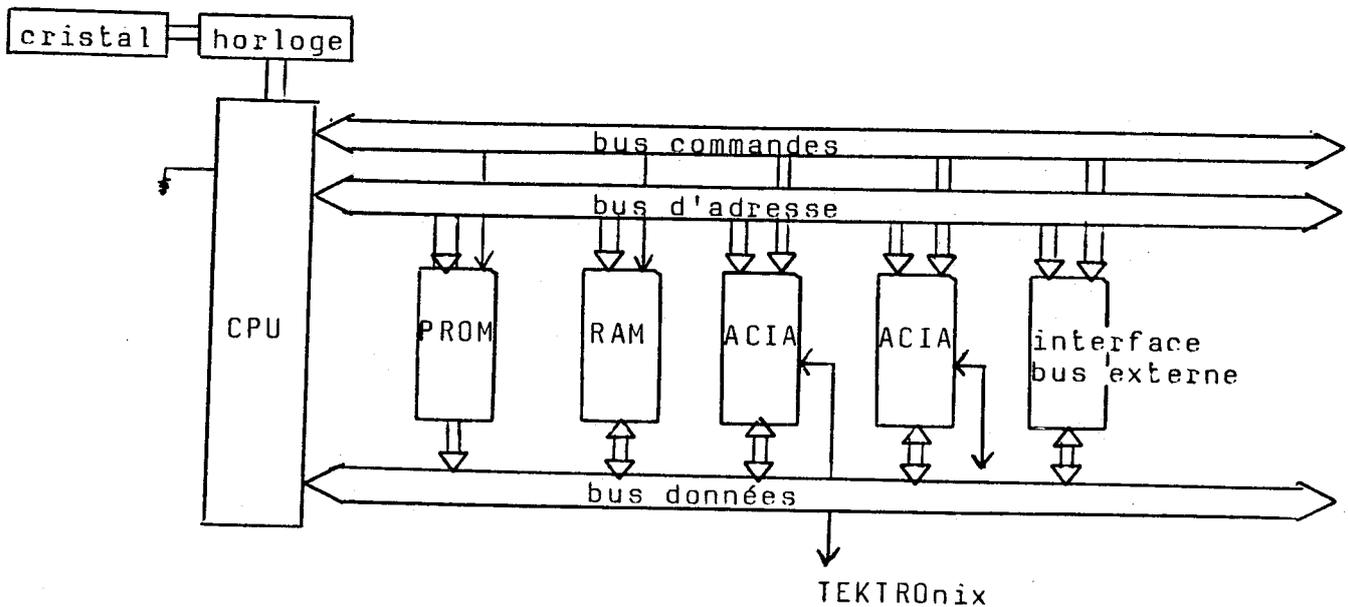


c)



#### 4. Choix d'une architecture pour la carte maitre

La carte maitre sera une carte à microprocesseur dont l'architecture est donnée ci-dessous :



La mémoire est composée :

- d'une PROM de 4K octets qui contiendra le moniteur,
- d'une RAM statique de 2K octets.

Les circuits d'interface série (ACIA) permettent la communication avec le TEKTRONIX et avec, éventuellement, une console.

L'interface avec le bus externe assure la communication entre :

- la carte maître et les cartes mémoires,
- la carte maître et la carte esclave.

### 5. Problèmes d'adressage

D'après la méthode de test, le microprocesseur sous test doit pouvoir adresser 64K (cartes mémoires).

D'autre part, la carte maître nécessite 6K pour le moniteur et son espace de travail, le microprocesseur maître adresse aussi des ports d'entrées-sorties. Il doit aussi pouvoir adresser les 64K externes.

Ces 6K de mémoires (moniteur,..) ne peuvent être implantés dans la mémoire externe, compte tenu des contraintes imposées par la méthode de test. Les programmes et les résultats de test ont besoin de toute la mémoire externe.

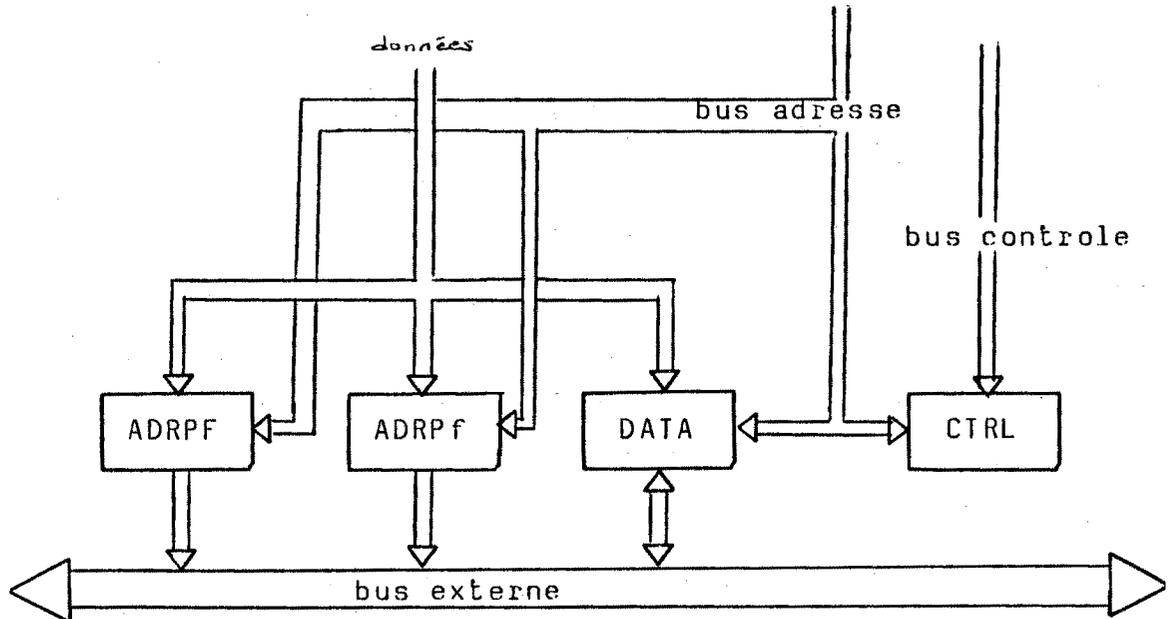
On a résolu ce problème d'adressage de la manière suivante:

- on adresse la mémoire externe comme un dispositif externe de stockage,
- l'interface aux bus externes sert à adresser la mémoire externe et comprend :
  - un latch pour le poids fort de l'adresse (ADRPf),
  - un latch pour le poids faible de l'adresse (ADRPf),
  - un buffer pour les données (DATA),
  - un buffer de contrôle (CTRL).

Un accès à la mémoire externe se fera par :

- un chargement de l'adresse sur les latches "adresse",
- une validation des signaux de contrôle et des

données (en lecture ou écriture) par une instruction de lecture ou écriture dans le buffer DATA.



#### Principe d'accès à la mémoire externe

LD A,PF

OUT (ADRPF),A

LD A,PF

OUT (ADRPf),A

LD A,data

LD (DATA),A

Chargement dans ADRPF

du poids fort de l'adresse.

Chargement dans ADRPf

du poids faible de l'adress

Chargement de la donnée

dans DATA.

## CONCLUSION

Nous avons présenté dans ce mémoire une méthode de test fonctionnel, applicable à tout microprocesseur, afin d'établir une bibliothèque de programmes de test.

Une première version "semi-automatique" de génération des programmes de test (le logiciel ROBIN) est opérationnelle. Elle permet de fournir un logiciel de test pour un microprocesseur quelconque à la demande et dans un délai très court.

Cette version devrait être améliorée pour être rendue plus automatique : la phase de classification des instructions, pour l'instant manuelle, sera automatisée ainsi que la détermination des opérandes de test.

La conception d'un testeur 8 bits a permis la validation des programmes de test pour les microprocesseurs 8 bits. L'enseignement tiré de cette étude permettra la réalisation d'un système de test universel pour microprocesseurs.

L'intérêt de ce travail réside essentiellement dans son application immédiate et dans sa facilité d'utilisation par des non spécialistes des problèmes de test.

ANNEXE 1. LANGAGE ROBIN DECRIT PAR LA GRAMMAIRE DE BACKUS

<langage ROBIN> := <titre> <définition de déclarations> <suite>  
FIN

<suite> := <définition de procédure> <définition d'algorithme> |  
           <définition d'algorithme> <définition de procédure> |  
           <définition d'algorithme>

a) <titre>

<titre> := TITRE "chaîne de caractères"

b) <définition de déclarations>

<définition de déclarations> := DECLARE: <déclarations>

<déclarations> := <description de déclaration> |

          <description de déclaration> <déclarations>

<description de déclaration> := <nom d'ensemble> : (<ensemble  
d'éléments>)

<ensemble d'éléments> := <élément> |

          <élément> <ensemble d'éléments>

<élément> := identificateur |

          valeur

<nom d'ensemble> := identificateur

c) <définition de procédure>

```

<définition de procédure> := PROCEDURE <procédure>
<procédure> := <instruction> |
    <instruction> <procédure>
<instruction> := <instruction assembleur> |
    <macro-instruction>
<macro-instruction> := FILE <nom de macro> <instructions
assembleurs> ENDF
<nom de macro> := identificateur
<instructions assembleurs> := <instruction assembleur> |
    <instruction assembleur>
    <instructions assembleurs>
<instruction assembleur> := <partie d'instruction> |
    <partie d'instruction> <instruction
assembleur>
<partie d'instruction> := identificateur |
    symbole |
    valeur

```

d) <définition d'algorithme>

```

<définition d'algorithme> := ALGORITHM: <instructions>
<instructions> := <description d'instruction> |
    <description d'instruction> <instructions>
<description d'instruction> := <instruction assembleur> |
    <appel de macro> |
    <itération>
<itération> := ITER: <ensembles d'itération> <instructions
d'itération> F-ITER

```

```

<ensembles d'itération> := <ensemble d'itération> |
                           <ensemble d'itération> <ensembles
                           d'itération>

<ensemble d'itération> := <mot-cle> (<ensemble d'éléments>) |
                           <mot-cle> (<ensemble d'éléments>)* |
                           ∅

<mot-clé> := source |
            codop |
            puits |
            s2 |
            s3

<appel de macro> := COPY <nom de macro>

<instructions d'itération> := <initialisation> <exécution>
<observation>

<initialisation> := INIT: <instructions itératives> <2ème iter> |
                   ∅

<2ème iter> := ITER: <ensembles d'itération> |
              ∅

<exécution> := EXEC: <instructions itératives>
<observation> := OBSV: <instructions itératives>
<instructions itératives> := <instruction itérative> , ;
<instructions itératives>
<instruction itérative> := <instruction assembleur> |
                           <appel de macro> |
                           <instruction particulière>

<instruction particulière> := <instruction assembleur>
< <mot-cle> > <instruction assembleur> |

```

< <mot-cle> > <instruction assembleur>|  
<instruction assembleur> < <mot-cle> >

ANNEXE 2. DESCRIPTION DE ROBIN EN GASEL

titre "description de Robin le 31.6.80"

lexique

```

type lettre+a = a b c d e f
type lettre+b = g i j k l m n o p q r s t u v w x y z +
type lettre+h = h
type zero+un = 0 1
type chiffres = 2 3 4 5 6 7 8 9
type dollar = $
type dieze = #
type apost = apost
type perluet = perluet
type symbols = . < ( + ! * ) ; - / , % > ? : @ ' =
type space = blanc finligne
type nondef = nondef

```

actions

```

val+dec, val+bin, val+hex, chain+c, symbol, ident, diese, err+lexi,      & 01-08 &
valeur+h

```

automate

```

1 :   space                *1 ;
      lettre+a,lettre+b,  lettre+h    2 ;
      zero+un,chiffres    3 ;
      dollar              *4 ;
      dieze               *5 ;
      apost               *6 ;
      perluet             *9 ;
      nondef              out err+lexi;
      autre               8 ;
2 :   lettre+a,lettre+b,lettre+h,zero+un,chiffres    2 ;
      autre               out ident          & identificateur & ;
3 :   zero+un,chiffres    3 ;
      lettre+h           out valeur+h;
      lettre+a           10 ;
      autre              out val+dec          & valeur decimale & ;
4 :   zero+un            4 ;
      autre              out val+bin         & valeur binaire & ;
5 :   zero+un,chiffres,lettre+a    5 ;
      lettre+b,lettre+h    out diese;
      autre              out val+hex        & valeur hexadecimale & ;
6 :   apost              *7 ;
      autre              6 ;
7 :   apost              6 ;
      autre              out chain+c        & chaine de caracteres & ;
8 :   autre              out symbol         & symboles speciaux & ;
9 :   perluet           *1 ;
      autre              *9 ;
10 :  zero+un,chiffres,lettre+a    10 ;
      lettre+h           out valeur+h ;
      autre              out err+lexi ;

```

syntaxe

```

actions rg+titre, rg+ens, rg+elem, rg+val, assemb1, assemb0, assemb2, deb+algo.

```

iter, fintiter, mot+cle, chertens,  
 deb+instr, fintinstr, rg+point, chert+cl, maj+point, iter1,  
 rg+macro, fint+macro, copy1, copy2, etoile

```

classes
  <valeur>
  <chaine>
  <symbole>
  <idf>
  <motcle> : (source=1,codop=2,puits=3,s2=4,s3=5)
&-----&
automate principal:
&-----&
      'titre'                go p2;
      erreur 500;
      autre                  *go recup;
p2:   <chaine>               =rg+titre= go p3;
      erreur 500;
      autre                  *go recup;
p3:   'declare'              call declare,p4;
      erreur 501;
      &pas de declarations&
      autre                  *go recup;
p4:   'procedure'            call procedure,p5;
      'algorithm'            call algorithm,p6;
      erreur 502 fatale;
      &ni proc. ni algo&
p5:   'algorithm'            call algorithm,p7;
      erreur 503 fatale;
      &manque algo&
p6:   'procedure'            call procedure,p7;
      autre                  *go p7;
p7:   'fin'                  stop;
      erreur 505 fatale;
recup: 'declare'              *go p3;
      'procedure'            *go p4;
      'algorithm'            *go p4;
      'fin'                  *go p7;
      autre                  go recup;
&-----&
      automate declare :
&-----&
      ':'                      go d1;
      autre                  *go d1;
d1:   <idf>                   =rg+ens= go d2;
      erreur 507;
      &manque non d'ensemble&
      autre                  *go recupdec;
d2:   ':'                      go d3;
      autre                  *go d3;
d3:   '('                     go d4;
      erreur 509;
  
```

```

                                &manque ( apres nom d'ens&
d4:   autre                       *go recupdec;
      <idf>                       =rg+elem=   go d5;
      <valeur>                     =rg+val=   go d5;
      erreur 510;

                                &aucun element dans l'ens&
d5:   autre                       *go recupdec;
      ','                          go d6;
      ')'                          go d7;
      erreur 511;

                                &declarations d'ensemble incorrecte&
d6:   autre                       *go recupdec;
      <idf>                       =rg+elem=   go d5;
      <valeur>                     =rg+val=   go d5;
      erreur 512;
d7:   autre                       *go recupdec;
      'procedure'                 *ret;
      'algorithm'                 *ret;
      <idf>                       =rg+ens=     go d2;
      autre                       go recupdec;
recupdec: 'procedure'             *ret;
          'algorithm'             *ret;
          autre                   go recupdec;

&-----&
      automate procedure :
&-----&
      ':'                          =assemb2=   go pr1;
      erreur 515;

                                &manque : apres procedure&
pr1:  autre                       *go pr1;
      'algorithm'                 =assemb0=  *ret;
      'fin'                      =assemb0=  *ret;
      'file'                      go pr2;
pr2:  autre                       go pr1;
      <idf>                       =rg+macro= go pr3;
      erreur 516;
pr3:  autre                       *go pr1;
      'endf'                     =fin+macro= go pr1;
      autre                       go pr3;

&-----&
      automate algorithm :
&-----&
      ':'                          =deb+algo= go s0;
      erreur 520 fatale;

                                &manque : apres algorithm&
s0:   'iter'                      go s1;
      autre                       =assemb1=  *go aligne;
s1:   ':'                          =iter=    go s9;
      erreur 528;

                                &manque : apres iter&
      autre                       *go s2;

```

```

s9:      <motcle>      *call ensiter,s2;
        autre        *go s2;
s2:      'init'       call instruct,s3;
        'exec'       call instruct,s4;
        erreur 536;
        autre
s3:      'exec'       *go recupalgo;
        'iter'       call instruct,s4;
        =iter1=     go s6;
        erreur 529;
        &manque exec ou iter dans un iter&
s4:      autre        *go recupalgo;
        'obsv'       call instruct,s5;
        erreur 530;
        &pas d'observation dans un iter&
s5:      autre        *go recupalgo;
        'fiter'      =finfiter= go s0;
        erreur 531;
        &manque fiter en fin d'iteration&
s6:      autre        *go recupalgo;
        ':'          go s7;
s7:      autre        *go s7;
        'exec'       call instruct,s4;
        <motcle>     *call ensiter,s8;
        erreur 538;
s8:      autre        *go recupalgo;
        'exec'       call instruct,s4;
        erreur 539;
        autre
sligne:  'iter'       =assemb0= go s1;
        'fin'        =assemb0= *ret;
        'procedure' =assemb0= *ret;
        'copy'       go sligne1;
        autre        go sligne; &ligne assembleu
sligne1: <idf>       =copy2= go sligne;
        erreur 516;
        autre
recupalgo: 'fiter'   go recupalgo;
        'iter'       go s0;
        'fin'        go s1;
        'procedure' *ret;
        autre        *ret;
        go recupalgo;
}-----}
automate ensiter :
}-----}
        <motcle>     =motcle= go s10;
        erreur 532;
        &pas de motcle&
s10:     autre        *go recupens;
        '('          go s11;
        erreur 533;
        &manque '('&

```

```

s11:      autre                                *go recupens;
          <idf>                                go s12;
          <valeur>                             =chertens=
          erreur 510;                          =rgtval=
          autre                                go s12;
s12:      autre                                *go recupens;
          '<'                                  go s14;
          '>'                                  go s13;
          erreur 511;
s13:      autre                                *go recupens;
          'init'                               *ret;
          'exec'                               *ret;
          '*'                                  =etoile=
          autre                                go ensiter;
s14:      <idf>                                *go ensiter;
          <valeur>                             =rgtelem=
          erreur 512;                          go s12;
          autre                                =rgtval=
          <idf>                                go s12;
recupens: 'init'                               *go recupens;
          'exec'                               *ret;
          autre                                *ret;
          <idf>                                go recupens;
-----&
          automate instruct :
-----&
          ':'                                  =deb+instr=
          erreur 540;                          go i1;
          autre                                *go i1;
i1:      '<'                                  =fin+instr=
          '<<'                                 =rg+point=
          'copy'                               go i1;
          autre                                go i2;
s12:      <motcle>                             *go i5;
          =cher+nc1=                           go i3;
          erreur 541;
          autre                                *go i4;
s13:      '>'                                  =maj+point=
          go i1;
          erreur 542;
          autre                                *go i4;
s14:      'ftiter'                             *ret;
          'iter'                               *ret;
          'exec'                               *ret;
          'obsv'                              *ret;
          'fin'                               *ret;
          autre                                go i1;
s15:      <idf>                                =copy!=
          erreur 516;                          go i1;
          autre                                *go i4;
end

```

&amp; ligne assembleur&amp;

ANNEXE 3. CODAGE INTERNE DES CARACTERES

a) Tableau CODIN

Le tableau CODIN contient les codes des caractères.

CARA	CODE	CARA	CODE	CARA	CODE	CARA	CODE	CARA	CODE
A	10	N	23	0	0	<	39	>	52
B	11	O	24	1	1	(	40	?	53
C	12	P	25	2	2	+	41	:	54
D	13	Q	26	3	3	&	42	#	55
E	14	R	27	4	4	!	43	@	56
F	15	S	28	5	5	\$	44	'	57
G	16	T	29	6	6	*	45	=	58
H	17	U	30	7	7	)	46	"	59
I	18	V	31	8	8	;	47	autres	60
J	19	W	32	9	9	-	48		
K	20	X	33	_	36	/	49		
L	21	Y	34		37	.	50		
M	22	Z	35	.	38	%	51		

b) Tableau TYP CAR

Ce tableau contient les types internes des caractères

CARA	A->F	H	G->Z, _	0,1	2->9	\$	=	"	&	~	blanc	illégal
TYP CAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ANNEXE 4. STRUCTURE DES TABLES

Certaines tables du logiciel ROBIN ont une structure de table d'identificateur, structure utilisée dans le logiciel GASEL.

Ces tables, appelées tables d>IDF utilisent un codage particulier des identificateurs pour économiser de la place en mémoire.

a) Codage des IDF

Ce codage consiste à placer 3 caractères sur les entiers Fortran des machines de 16 bits.

Les caractères autorisés sont ;

- les 26 lettres de l'alphabet et le caractère souligné '\_',
- et les 10 chiffres.

Un IDF doit toujours commencer par une lettre Si I, J et K représentent les codes de 3 caractères la formule de codage est la suivante :

Soit  $II = I+1$ ,  $JJ = J+1$ ,  $KK = K+1$  (en l'absence de caractères. JJ et KK valent 0 ce sont les mots qui contiennent seulement 1 ou 2 caractères).

On procède comme suit :

si  $II > 19$  mot =  $((II-39)*38 + JJ)*38 + KK$

sinon mot =  $-(((19-II)*38 + 38 - JJ - 1)*38 + 38 - KK - 1)$

Cette codification a aussi l'avantage de conserver l'ordre

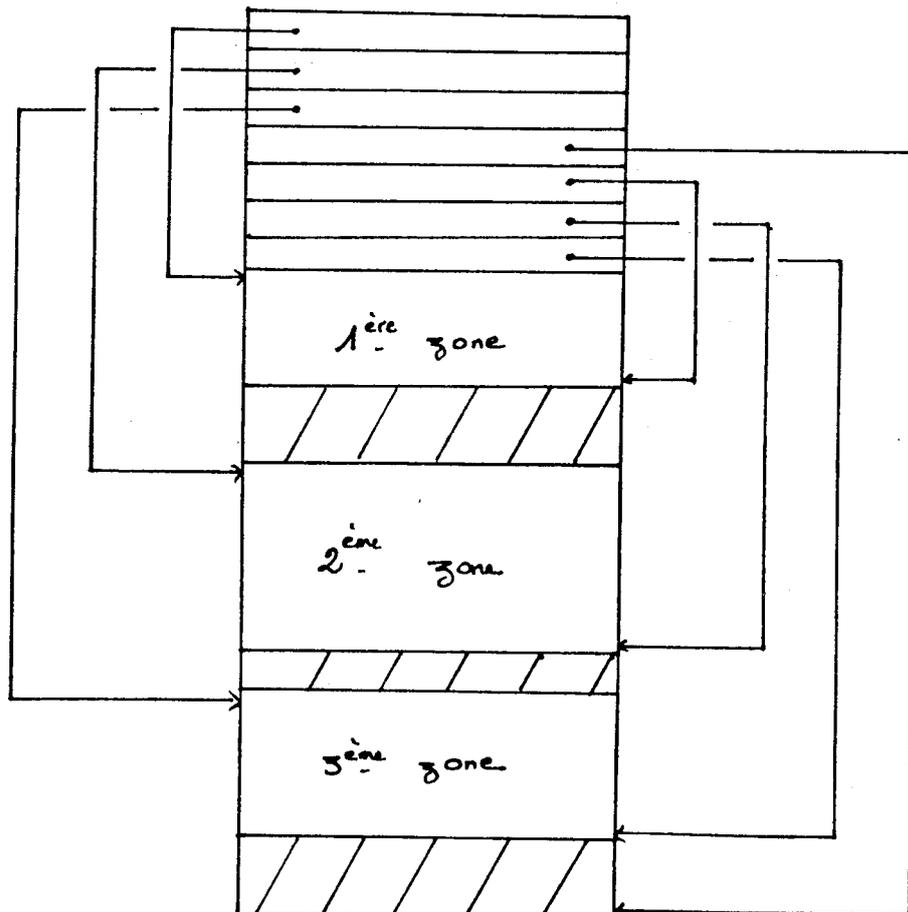
alphabétique.

b) Structure des tables d'IDF

Une table d'IDF est divisée en trois zones :

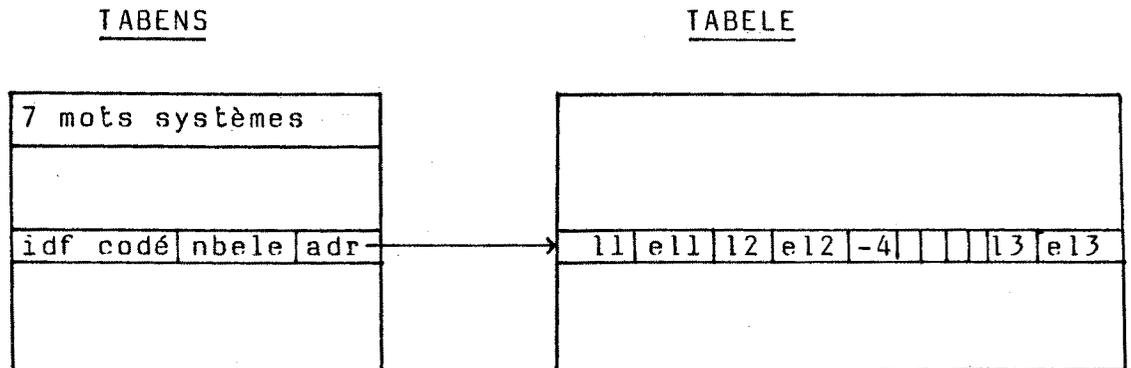
- 1ère zone : IDF dont la longueur est comprise entre 1 et 3 mots,
- 2ème zone : IDF dont la longueur est comprise entre 4 et 6 mots,
- 3ème zone : IDF dont la longueur est comprise entre 7 et 9 mots.

En tête de chaque table, on trouve une zone qui contient des informations de service. Ce sont des pointeurs de début et de fin de zone ainsi que la taille maximum de la table.



ANNEXE 5. TABLES PROPRES AU LOGICIEL ROBIN

a) Rangement des ensembles d'itérations



nom des ensembles

éléments des ensembles

Le tableau TABENS contient les noms des ensembles d'itérations

- ce tableau a une structure de table d'IDF,
- les noms d'ensembles sont définis dans le module DECLARE,
- les informations internes sont :
  - . idf codé : le nom d'ensemble codé.
  - . nbele : nombre d'éléments que contient cet ensemble,
  - . adr : adresse du premier élément de l'ensemble dans le tableau TABELE.

Le tableau TABELE contient les éléments des ensembles d'itération

- les éléments des ensembles d'itération sont soient

des identificateurs (<9 car.), soient des valeurs décimales, hexadécimales ou binaires.

- si l'élément est un identificateur, le premier mot contiendra sa longueur (ll) et à la suite l'identificateur (ell) codé sur 1, 2 ou 3 mots.

- si l'élément est une valeur, le premier mot contiendra le nombre de valeurs successives rencontrées en négatif, et à la suite les valeurs lues.

#### b) Utilisation des ensembles d'itération

	<u>TCLASS</u>	<u>TINFO</u>	<u>NBENT</u>	
1	source	3 0	nbele adr iele adrc	i
2	codop	1 1		
3	puits	2 2		
4	s2	0 0		
5	s3	0 0		

Le tableau TCLASS est un tableau de 10 mots qui donne des informations sur les 5 niveaux d'itération pour une instruction d'itération donnée :

- la première partie du tableau précise quelle est la boucle la plus extérieure (dans cet exemple : le puits), etc... jusqu'à la boucle la plus inférieure (ici : le codop),

- la deuxième partie du tableau précise si les éléments doivent itérer normalement (0) ou

parallèlement (~~#0~~)

Le tableau TINFO est un tableau de 20 mots qui contient des informations relatives aux ensembles en cours de traitement :

- nbele : nombre d'éléments total à traiter,
- adr : adresse dans TABELLE du premier élément de l'ensemble,
- iele : le traitement s'effectue sur le ième élément.
- adrc : adresse dans TABELLE du ième élément.

Le tableau NBENT est un tableau de 5 mots.

Si en cours de traitement adrc pointe sur un nombre de valeurs (un nombre négatif dans TABELLE) alors nbent(i) précisera sur quelle valeur le traitement s'effectue.

### c) Séquences de base d'une instruction d'itération

Les instructions de base d'une instruction d'itération sont rangées dans un tableau TINST.

#### Exemple :

```

iter : source (E1) puits (E2)
      init: LD <source>, #FFH;
      exec: ADD <puits>, <source>;
      obsv CALL OBS1:
f-iter

```

TINSTR

```

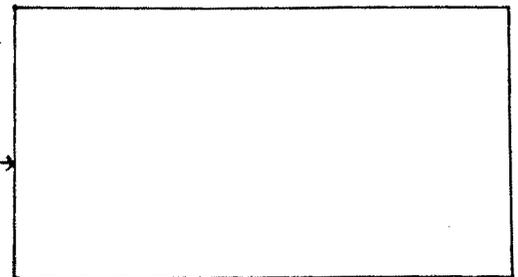
LD <1>,#FFH;
ADD <2>,<1>;
CALL OBS1;

```

Les parties variables sont stockées sous la forme <chiffre>. La taille de ce tableau étant de 2400 mots, cela permet de mémoriser 30 lignes assembleurs.

d) Macro-instructionsIABMAC

7 mots systèmes		
idf	codé	ninst adr

IMACRO

Le tableau IABMAC contient les noms des macro-instructions et a une structure de table d'IDF. A un nom de macro (idf codé) est associé le nombre d'instructions de cette macro (ninst) ainsi que son adresse (adr) de la première instruction de la macro dans IMACRO.

Le tableau IMACRO contient les instructions assembleurs associées au nom de la macro-instruction.

ANNEXE 6. ACTIONS SEMANTIQUESrg-titre

- rangement du titre dans le tableau NEWTIT
- initialisation des pointeurs de TABENS et TABMAC

fin-rg-titrerg-ens

- nbele = 0
- rangement du nom d'ensemble dans TABENS suivi de nbele et adr (adresse dans TABELLE où seront rangés les éléments propres à cet ensemble.

fin-rg-ensrg-elem

- nbele = nbele + 1
- rangement dans TABELLE de l'identificateur lu précédé de sa longueur
- si "module DECLARE" alors M.A.J. de nbele dans TABENS
- sinon M.A.J. de nbele dans TINFO

fin-rg-elemrg-valeur

- nbele = nbele + 1
- rangement dans TABELLE de la valeur lue précédée du nombre de valeurs lues successives
- si "module DECLARE" alors M.A.J. de nbele dans TABENS

| sinon M.A.J. de nbele dans TINFO

fin-rg-valeur

deb-algo

- sauvegarde de l'adresse du dernier élément rangé  
dans TABELLE

fin-deb-algo

iter

- initialisation des variables, TCLASS et TINFO à 0  
- initialisation à blanc du tableau TINSTR

fin-iter

mot-cle

- nbele = 0  
- M.A.J. de TCLASS c.a.d rangement dans TCLASS de la  
valeur associée au mot-clé rencontré

fin-mot-cle

cher-ens

- si l'IDF rencontré appartient à TABENS  
alors M.A.J. de TINFO à partir des informations de  
TABENS  
sinon M.A.J. de TINFO (c'est un élément de  
l'ensemble et non un nom d'ensemble)  
alera rg-elem

fin-cher-ens

deb-instr

- calcul du pointeur (iinstr) du tableau TINSTR où  
sera rangée l'instruction d'itération

fin-deb-instr

rg-point

- recopie de la chaine de caractères lue dans TINST
- M.A.J. du pointeur iinstr

fin-rg-point

cher-mcl

- recopie de la valeur associée au mot-clé dans TINST

fin-cher-mcl

maj-point

- M.A.J. du pointeur dans l'instruction lue

fin-maj-point

fin-instr

- si non macro-copy alors recopie de la chaine lue dans  
TINST

fin-fin-instr

fin-iter

- vérification de conformité du tableau TCLASS
- pour tout mot-clé rencontré dans une instruction  
d'itération

faire

iele = 0

tant que iele < nbele

faire

- M.A.J. de "adrc" du ième élément dans TINFO
- remplacement dans TINST de la valeur associée  
au mot-clé par l'élément correspondant à

| l'adresse adrc de TABELLE  
 | - écriture sur fichier de sortie des  
 | instructions assembleurs générées  
 | - iele = iele + 1  
 | finfaire  
 | finfaire

fin-fin-iter

rg-macro

| - rangement du nom de la macro dans TABMAC

fin-rg-macro

fin-macro

| - de rg-macro à fin-macro : rangement dans TMACRO des  
 | lignes lues

fin-fin-macro

copy1

| - recopie de la macro dans TINST

fin-copy1

copy2

| recopie directe de la macro sur fichier de sortie

fin-copy2

étoile

| - M.A.J. dans TCLASS du degré de parallélisme

fin-étoile

ANNEXE 7. LISTE DES ERREURS DE GASEL

- 1 Fin de fichier prématurée
- 2 Pile des automates vide
- 3 Pile des automates pleine
- 4 Table des IDF ou table des clés trop petite
- 5 Trop d'erreurs
- 10 Tableau inéditable (dimension trop grande)
- 21 Chaîne d'entrée trop longue, on la tronque
- 22 Pile des automates non vide à l'arrêt
- 23 Pile de codage des entiers pleine
- 24 Trop de digits pour le format demandé
- 30 Unité lexicale incorrecte
- 31 Nom de tableau trop long (on le tronque)
- 32 Double définition IDF
- 33 IDF trop long (on le tronque)
- 34 Tableau mal initialisé
- 35 Double définition d'IDF
- 40 Erreur sur une constante
- 101 CLASSES : Symbole "<" manquant
- 102 CLASSES : IDF classe manquant
- 103 CLASSES : Symbole ">" manquant
- 104 CLASSES : IDF clé manquant
- 105 CLASSES : symbole "(" manquant
- 106 CLASSES : symbole "=", ",", ")", " " manquant
- 107 CLASSES : symbole " " manquant
- 108 CLASSES : valeur clé manquante
- 111 Syntaxe : erreur dans la partie syntaxique

- 113 double définition d'IDF (VERFID)
- 114 ACTIONS SYNTAXIQUES : manque nom d'actions
- 117 spécif 'AUTOMATE' manquante (erreur système)
- 118 nom d'automate syntaxique manquant
- 119 Cas non testé (autres cas dans ERREUR ou AUTRE)
- 120 Paragraphe non terminé par ERREUR ou AUTRE
- 122 condition entre quotes de SYMBOLE ou IDF
- 123 clé interdite en condition
- 124 AUTOMATE SYNTAXIQUE : symbole "'" manquant
- 125 IDF action ou classe non défini
- 126 AUTOMATE SYNTAXIQUE : nom d'action manquant
- 127 AUTOMATE SYNTAXIQUE : symbole "=" manquant
- 128 AUTO SYNTA : instruc 'GO', 'CALL', 'RET', 'STOP'
- 129 AUTO SYNTA : étiquette manquante
- 130 'CALL' : symbole "," manquant
- 131 AUTO SYNTA : num erreur manquant ou incorrect
- 132 AUTO SYNTA : erreur de syntaxe dans ERREUR
- 133 instruction 'GO' manquante
- 134 AUTO SYNTA : symbole ";" manquant
- 135 Table de l'automate à générer trop petite
- 136 TITRE manquant ou mal défini
- 137 TITRE tronqué à 40 caractères
- 138 IDF 'LEXIQUE', 'CODAGE' ou 'SYNTAXE'
- 140 deux analyses syntaxiques (une de trop)
- 141 deux déclarations de classes (une de trop)
- 142 deux déclarations d'actions pour l'auto synta
- 143 les étiquettes suivantes ne sont pas définies
- 150 deux codages (un de trop)
- 151 deux analyses lexicales (une de trop)

- 152 caractère déjà entré
- 153 Idf non représenté par une lettre unique
- 154 nombre représenté par un chiffre décimal unique
- 155 états non consécutifs
- 156 table de travail pleine
- 158 Etats de l'automate lexical incorrects
- 161 Nom de type absent
- 162 manque "=" après un nom de type
- 163 absence du numéro d'état
- 164 AUTO LEXICAL : symbole "." manquant
- 165 AUTO LEXICAL : abs. de AUTRE ou classe de transition
- 166 absence de numéro d'état
- 167 symbole ";" manquant après une transition
- 168 unité lexicale IDF, SYMB-SPE ou VALEUR
- 169 idem erreur 168
- 170 CODAGE : symbole "=" manquant
- 171 manque une valeur de codage
- 172 code interne d'un symbole spécial incorrect (>61)
- 180 AUTO LEXICAL : manque nom d'action lexicale en sortie
- 182 LEXIQUE : erreur dans la partie lexicale
- 183 ACTIONS LEXICALES : manque noms d'actions

LISTES DES ERREURS DE ROBIN

- 500 manque le titre
- 501 manque le module DECLARE
- 502 ni PROCEDURE, ni ALGORITHM
- 503 manque ALGORITHM
- 505 manque FIN
- 507 manque nom d'ensemble
- 509 manque "(" après un nom d'ensemble
- 510 aucun élément dans l'ensemble
- 511 manque ", " ou ")"
- 512 manque IDF ou valeur après "."
- 515 manque ":" après PROCEDURE
- 516 manque IDF après FILE ou COPY
- 520 manque ":" après ALGORITHM
- 528 manque ":" après ITER
- 529 ni EXEC ni ITER
- 530 manque OBSV
- 531 manque F-ITER
- 532 manque mot-clé
- 533 manque "(" après mot-clé
- 536 manque INIT ou EXEC
- 538 manque EXEC ou un mot-clé
- 539 manque EXEC
- 540 manque ":" au début d'une instruction
- 541 manque un mot-clé après "<"
- 542 manque ">" après un mot-clé
- 600 tableau TABELLE trop petit
- 601 mot-clé déjà rencontré

602 iclass > 5  
603 tableau TINFO trop petit  
604 pas d'itération à traiter  
605 erreur de valeur dans TCLASS  
606 manque ">" après "<"  
607 tableau TSORTI trop petit  
608 instruction mal positionnée  
609 dépassement du tableau TINSTR  
610 instruction d'itération vide  
611 nom de macro non connu  
612 nombre d'éléments différents pour des ensembles  
parallèles  
613 tableau TCLASS non conforme

ANNEXE 8. GRAPHES ET PROGRAMME DE TEST DU MICROPROCESSEUR6800

## MESURE D'ACCESSIBILITE

- . mémoire et extérieur t = t' = 1
- . registres           A, B t = t' = 2  
                          SP, PC, IX
- . flag F t = t' = 3

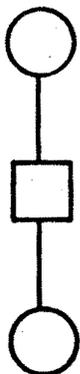
remarque : le registre de code condition est chargé et observé  
à partir de A

- . remarque : SP pointe sur la première zone vide de la pile

ex. : PUSH A := A → Mem (SP)  
                  SP ← SP - 1

CLASSE 1

S-classe : a



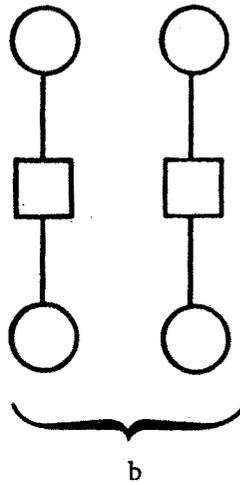
a

(T,T')	OP	FORMAT 8 BITS	COMMENTAIRES	OP	FORMAT 16 BITS	COMMENTAIRES
(0,2)		CLRA CLRB LDAA # n LDAB # n			LDX # m LDS # m JMP # m	
(2,2)	*	TAB TBA DAA INCA INCB DECA DECB NEGA NEGB ASLA LSRA NOP ASLB LSRB ASRA ASRB COMA COMB		*	INS INX DES DEX	
2,3)		TAP TPA TSTA TSTB				
3,3)	*	CLC CLI CLV SEC SEI SEV				



CLASSE 2

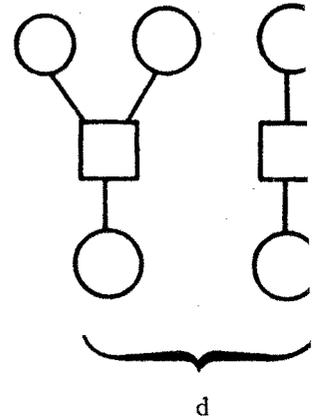
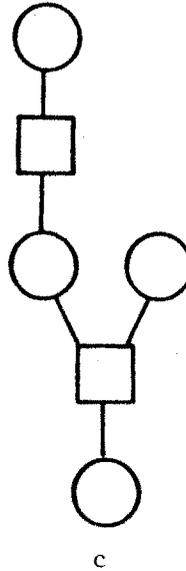
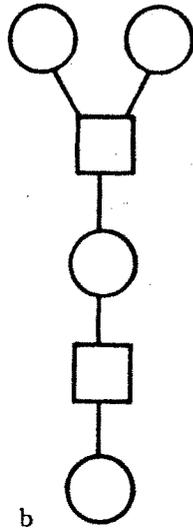
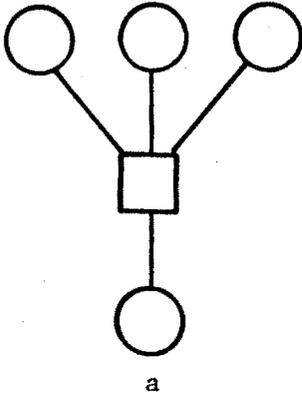
S-classe : b



(T,T')	OP	FORMAT 8 BITS	COMMENTAIRES	OP	FORMAT 16 BITS	COMMENTAIRES
(2,2)				* *	TXS TSX	

CLASSE 3

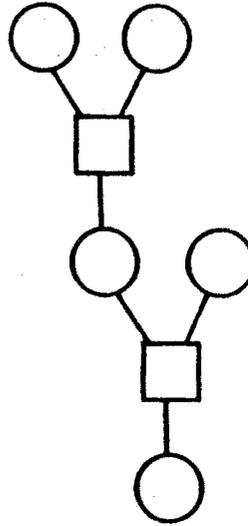
S-classe : a, b, c, d



(T,T')	OP	FORMAT 8 BITS	COMMENTAIRES	OP	FORMAT 16 BITS	COMMENTAIRES
) (3,2)	* * * *	ADCA # n ADCB # n SBCA # n SBCB # n				
) (2,3)	*	TST m				
) (2,2)		RTS RTI PULA PULB				
) (2,2)		PSHA PSHB				

CLASSE 4

S-classe : a)

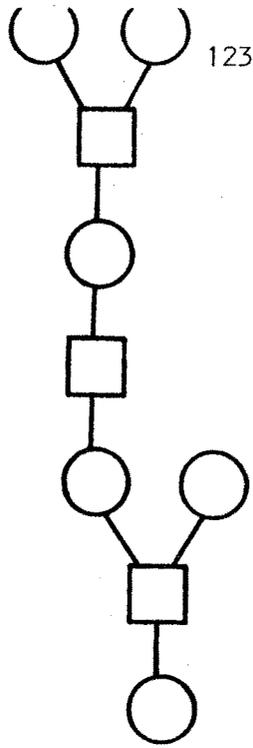


a

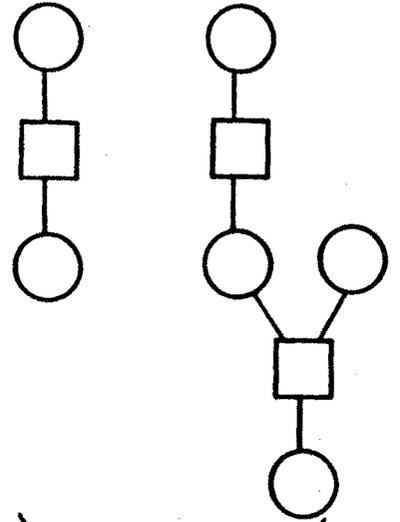
(T,T')	OP	FORMAT 8 BITS	COMMENTAIRES	OP	FORMAT 16 BITS	COMMENTAIRES
(2,1)	*	CLR n,X STAA n,X STAB n,X			STX n,X STS n,X	
(2,2)		LDAA n,X LDAB n,X			LDX n,X LDS n,X	
	*	ADDA n			BCC n	
	*	ADDB n			BCS n	
	*	SUBA n			BEQ n	
	*	SUBB n			BGE n	
	*	ANDA n			BGT n	
	*	ORAA n			BHI n	
	*	ORAB n			BLE n	
	*	EORA n			BLS n	
	*	EORB n			BMI n	
	*	ANDB n			BNE n	
					BVC n	
					BVS n	
					BPL n	
					BLT n	
(2,3)	*	BITA n				
	*	BITB n				
	*	BITA m				
	*	BITB m				
	*	CMPA n		*	CPX n	
	*	CMPB n		*	CPX m	
	*	CMPA m				
	*	CMPB m				

CLASSE 4

S-classe : b, c



b

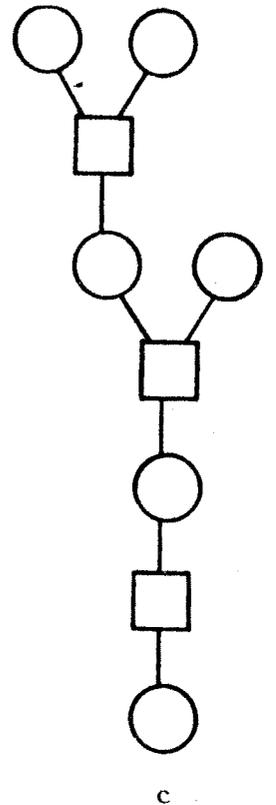
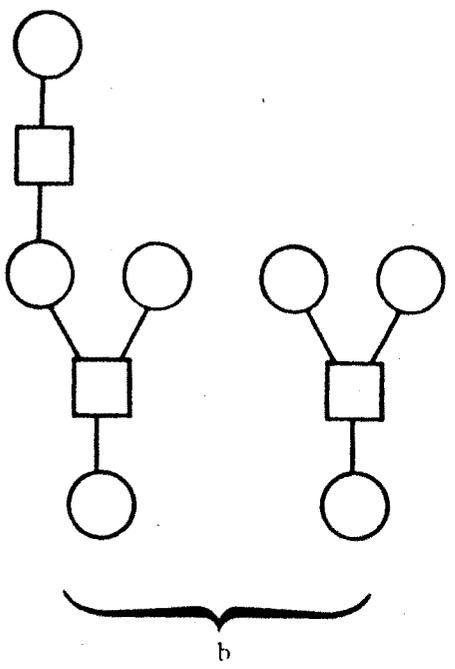
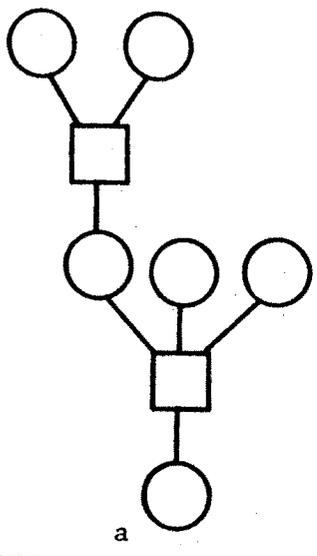


c

(T, T')	OP	FORMAT 8 BITS	COMMENTAIRES	OP	FORMAT 16 BITS	COMMENTAIRES
b) (1,1)	* * * * * * *	INC m DEC m NEG m ASL m ASR m LSR m COM m				
c) (2,2)					JSR m BSR m	

CLASSE 5

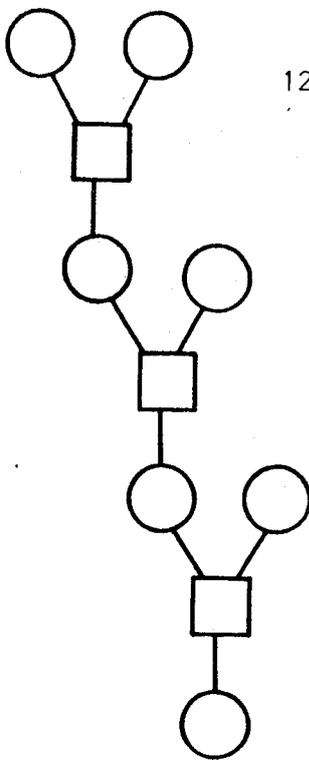
S-classe : a, b, c



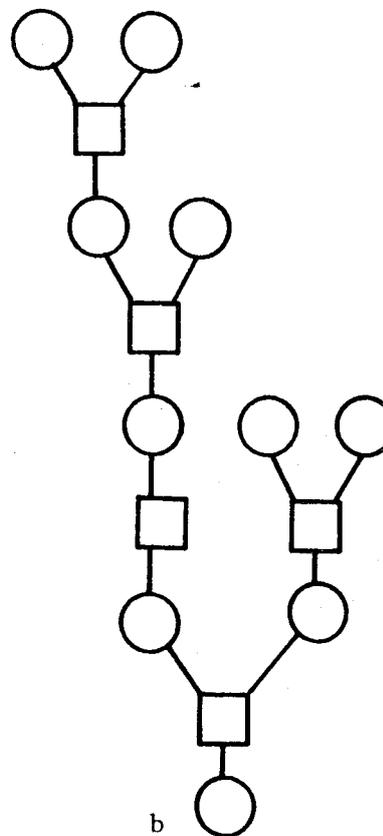
(T, T')	OP	FORMAT 8 BITS	COMMENTAIRES	OP	FORMAT 16 BITS	COMMENTAIRES
) (3, 2)	*	ADCA n				
	*	ADCB n				
	*	SBCA n				
	*	SBCB n				
	*	ADCA m				
	*	ADCB m				
	*	SBCA m				
	*	SBCB m				
) (2, 2)					JSR n, X	
) (2, 3)	*	TST n, X				

CLASSE 6

S-classe : a,b



a



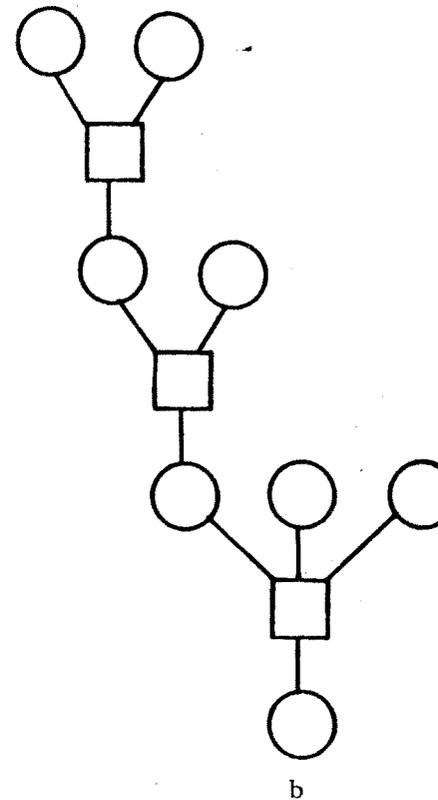
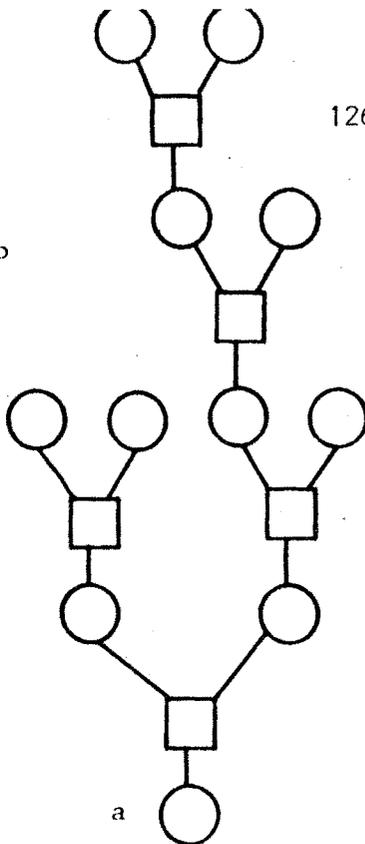
b

(T,T')	OP	FORMAT 8 BITS	COMMENTAIRES	OP	FORMAT 16 BITS	COMMENTAIRES
(2,2)	* * * * * * * * * *	ADDA n,X ADDB n,X SBCA n,X SBCB n,X ANDA n,X ANDB n,X ORAA n,X ORAB n,X EORA n,X EORB n,X				
(2,3)	* * * *	BITA n,X BITB n,X CMPA n,X CMPB n,X		* *	CPX n,X	
(3,1)	* *	ROR m ROL m				
(2,1)	* * * * * * *	INC n,X DEC n,X NEG n,X ASL n,X ASR n,X LSR n,X COM n,X				

CLASSE 7

S-classe : a, b

126



(T, T')	OP	FORMAT 8 BITS	COMMENTAIRES	OP	FORMAT 16 BITS	COMMENTAIRES
) (3,1)	* *	ROR n,X ROL n,X				
) (3,2)	* * * *	ADCA n,X ADCB n,X SBCA n,X SBCB n,X				

titre "test du 6800"

declare:

&

    declarations d'ensembles de registre

&

regab:(a,b)

regxs:(x,s)

&

    valeurs immediates

&

valim1:(1h,2h,4h,8h,10h,20h,40h,80h)

valim2:(1,2,4,8,10h,20h,40h,80h,100h,200h,400h,800h,1000h,2000h,4000h,8000h)

valim3:(0,55h,0aah,0ffh)

valim4:(0,0ffh)

valdaa:(0,0ch,0c0h,0cch)

flagdaa:(0c0h,0c1h,0e0h,0e1h)

valinc:(7fh,0,0ffh,80h,3fh,40h,1fh,20h,0ffh,10h,7,8,3,4,1,2)

valinc16:(valinc16)

procedure:

    section init

adrsto set 0ffffh

init1    clra

        clrb

        ldx #0

        tap

        rts

&

&

    file obs1

    staa adrsto

    stab adrsto-1

    tpa

    staa adrsto-2

    stx adrsto-3

    sts adrsto-5

adrsto set adrsto-7

    endf

algorithm:

&

\*\*\*\*\*

    classe1    s-classe1

\*\*\*\*\*

&

;

;    ldaa #n    ldab #n

;

;

;

```

adrsto set 0fffh
        lds #2h

iter: puits(regab) source(valim1)
    init:    jsr init1;
    exec:    lda<puits> #<source>;
    obsv:    copy obs1;
f+iter
;
;
;    ldx #n    lds #n
;
;
iter: puits(regxs) source(valim2)
    init:    jsr init1;
    exec:    ld<puits> #<source>;
    obsv:    copy obs1;
                lds #2;
f+iter
;
;
;    jmp #n
;
;
;    jsr init1
;    jmp #a1
;    ldaa #0fffh
a1    ldab #0fffh
        copy obs1
;-----
;
;    tab    tba
;
;
iter: codop(tab,tba) * source(regab) s2(valim1)
    init:    jsr init1;
                lda<source> #<s2>;
    exec:    <codop>;
    obsv:    copy obs1;
f+iter
;
;
;    inca    incb    decb    nega    negb
;
;
iter: codop(inc,dec,neg) source(regab) s2(valinc)
    init:    jsr init1;
                lda<source> #<s2>;
    exec:    <codop><source>;
    obsv:    copy obs1;
f+iter
;
;

```

```

;
;   asla aslb asra asrb lsra lsrb
;
iter: codop(asl,asr,lsr) source(regab) s2(valim3)
  init:      jsr init1;
             lda<source> #<s2>;
  exec:      <codop><source>;
  obsv:      copy obs1;
f+iter
;
;
;   coma comb
;
iter: source(regab) s2(valim4)
  init:      jsr init1;
             lda<source> #<s2>;
  exec:      com<source>;
  obsv:      copy obs1;
f+iter
;
;
;   daa
;
iter: source(valdaa) * s2(flagdaa)
  init:      jsr init1;
             ldaa #<s2>;
             tap;
             ldaa #<source>;
  exec:      daa;
  obsv:      copy obs1;
f+iter
;
;
;   ins inx des dex
;
iter: codop(in,de) source(regxs) s2(valinc16)
  init:      jsr init1;
             ld<source> #<s2>;
  exec:      <codop><source>;
  obsv:      copy obs1;
             lds #2;
f+iter
;
;
;   nop
;
             jsr init1
             nop
             copy obs1
;
;

```

```

;   testa testb
;
iter: source(regab) s2(0,0ffh,7fh)
  init:      jsr init1;
            lda<source> #<s2>;
  exec:      tst<source>;
  obsv:      copy obs1;
f+iter
;-----
;
;   clc cli clv sec sei sev
;
iter: codop(cld,cli,clv,sec,sei,sev) source(0,0ffh)
  init:      jsr init1;
            ldaa #<source>;
            tap;
            clra;
  exec:      <codop>;
  obsv:      copy obs1;
f+iter
fin

```



## BIBLIOGRAPHIE

- 1 ROBACH C., "Test et testabilité de systèmes informatiques", thèse Docteur ès Sciences, Université de Grenoble, Juin 1979.
- 2 ROBACH C , SAUCIER G. et VELAZCO R. "Le test fonctionnel paramétrable de microprocesseurs", Revue R.A.I.R.O. Automatique/Systems Analysis and Control" vol. 14, n. 3, Octobre 1980. PP. 293-308
- 3 EYNARD J.P., LIOTHIN A., ROBACH C., SAUCIER G. et VELAZCO R., "Conception et réalisation d'une bibliothèque de programmes de test", Rapport intermédiaire de contrat IRIA, Projet Pilote SURF, Juin 1980.
- 4 BERGE C., "Théorie des graphes et ses applications" Collection Universitaire de Mathématiques, Dunod, Paris, 1963.
- 5 DENT J.J., "Diagnostic Engineering Requirements", Proc. A.F.I.P.S., S.J.C.C., 1968, pp. 503-507.
- 6 Tutorial on LSI testing (Warren 6 FEE), présenté à COMPCON Spring 77. San Francisco (USA), Février 1977, IEEE Catalog n. EHO 122-2.
- 7 BECKERS Y., FONTANILLE P., "Le Générateur d'Analyseurs G.A.S.E.L. Rapport interne, Atelier de Microinformatique, Grenoble, Novembre 1978.

- 8 BECKERS Y., "le système de production d'assembleurs G A.G.E" Rapport interne, Atelier de Microinformatique, Grenoble, Octobre 1979.
- 9 ADAM J.M., "Participation à la réalisation d'un générateur d'assembleurs", Rapport de Stage, Atelier de Microinformatique, Grenoble, 1978.
- 10 VAUQUOIS B., Cours polycopié : calculabilité des langages - Logique et Programmation - C3, Maîtrise d'Informatique, Grenoble, 1969.
- 11 GRIFFITHS M., Langage Algorithmique et Compilateurs - C4 Maîtrise d'Informatique, Grenoble, Octobre 1969.
- 12 LILEN H., "Du microprocesseur au micro-ordinateur", Edition Radio, Paris, 1977.
- 13 AUMIAUX , "L'emploi des microprocesseurs", Edition Masson, 1977.
- 14 ZAKS R. et LE BEUX P., "Les microprocesseurs", SYBEX, 1978.