



HAL
open science

HARMONIE: un outil hardware pour la mesure des performances des calculateurs

Bruno Gaudeul

► **To cite this version:**

Bruno Gaudeul. HARMONIE: un outil hardware pour la mesure des performances des calculateurs. Modélisation et simulation. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 1980. Français. NNT: . tel-00293766

HAL Id: tel-00293766

<https://theses.hal.science/tel-00293766>

Submitted on 7 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.

THÈSE



Présentée à

l'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE de GRENOBLE

Pour obtenir

le TITRE de **DOCTEUR - INGÉNIEUR**
Spécialité **GENIE - INFORMATIQUE**

Par

M. Bruno GAUDEUL



HARMONIE, un outil hardware pour la mesure
des performances des calculateurs



Soutenue le 15 décembre 1980, devant la Commission d'Examen.

JURY



| | |
|----------------|--------------|
| M. L. BOLLIET | Président |
| Mrs C. DELOBEL | } Examineurs |
| D. POTIER | |
| M. VERAN | |

CONCEPTION ET UTILISATION D'HARMONIE

Bruno GAUDEUL

CONCEPTION ET UTILISATION D'HARMONIE

Un outil parmi d'autres pour la mesure de performance des ordinateurs

INTRODUCTION

Alors que le développement de toute science s'accompagne de celui d'outils et de méthodes de contrôle, l'informatique échappe à toute technique rigoureuse d'évaluation.

Malgré une certaine évolution récente dans ce domaine, des capitaux considérables sont investis dans l'acquisition d'ordinateurs et dans leur exploitation, sans moyens sérieux d'aide à la décision.

Tel industriel compare son Centre de Calcul à un avion à réaction qui serait piloté à vue.

La diversité des connaissances nécessaires à l'optimisation d'une installation et à son utilisation explique le retard pris dans les moyens de contrôle. Le barrage systématique parfois inconscient des constructeurs désarme l'utilisateur.

Les techniques de saisie des performances ne sont encore qu'à leur début ; nous nous proposons de faire le point sur l'utilisation d'outils cablés dénommés "logimètres" et particulièrement sur HARMONIE, outil développé à l'IRIA. Nous situerons ces outils parmi des moyens autres et nous regarderons quelle confiance on peut accorder à leurs résultats.

P L A N

| | Pages |
|--|-------|
| <u>1ère partie</u> | 11 |
| <u>Chapitre 1</u> : Outils de mesure des performances des ordinateurs | 11 |
| I . 1 : Routines comptables | 12 |
| 1° Généralités | 12 |
| 2° Description du fichier SMF | 13 |
| 3° Analyseurs des fichiers comptables ; validité des résultats fournis..... | 16 |
| I . 2 : Software monitors ou logimètres logiciels | 23 |
| 1° Caractéristiques générales | 23 |
| 2° Nature des informations prélevées | 24 |
| I . 3 : Hardware monitors ou logimètres matériels | 27 |
| 1° Généralités | 27 |
| 2° Historique | 27 |
| 3° Caractéristiques principales d'un logimètre matériel | 30 |
| I . 4 : Quel outil de mesure utiliser | 34 |
| <u>Chapitre 2</u> : Degré de confiance à accorder à la mesure | 37 |
| II . 1 : Degré de connaissance du système | 37 |
| II . 2 : Le positionnement de la sonde | 39 |
| II . 3 : Nombre et loi des échantillonnages | 40 |
| II . 4 : Perturbations apportées par la sonde | 50 |

| | |
|---|-----|
| <u>Chapitre 3</u> : Que mesurer sur un ordinateur | 53 |
| III . 1 : Objectifs de la mesure | 53 |
| 1° Analyse de l'exploitation | 53 |
| 2° Analyse des logiciels | 54 |
| 3° Analyse des matériels | 55 |
| III . 2 : Types de mesure | 56 |
| 1° Mesures globales sur l'état du système informatique | 56 |
| 2° Mesures sur l'Unité Centrale | 57 |
| 3° Mesures sur la mémoire centrale | 58 |
| 4° Mesures sur les canaux | 59 |
| 5° Mesures sur les organes de télétraitement et les réseaux . | 60 |
| 6° Mesures sur les dispositifs spéciaux | 61 |
| | |
| <u>2ème partie</u> : Structure et utilisation d'un logimètre;HARMONIE | 65 |
| | |
| <u>Chapitre 1</u> : Conception et utilisation des compteurs | 65 |
| I . 1 : Conception des compteurs | 65 |
| I . 2 : Utilisation des compteurs d'un logimètre | 70 |
| I . 3 : Mode de traitement des prélèvements par compteur | 72 |
| 1° Historique | 72 |
| 2° Calcul des moments | 73 |
| 3° Coefficient de corrélation linéaire | 79 |
| 4° Nuages de points | 81 |
| 5° Graphes de Kiviat | 92 |
| 6° Découpage des prélèvements en classe de fonctionnement | 94 |
| A Classification hiérarchique | 98 |
| B Méthode des nuées dynamiques | 99 |
| C Paramètres de la méthode de classification hiérarchique | 100 |
| D Présentation de résultats concrets | 102 |

| | |
|---|-----|
| <u>Chapitre 2</u> : Conception et utilisation de la mémoire adressable..... | 107 |
| II . 1 : Conception..... | 107 |
| II . 2 : Utilisation de la mémoire adressable..... | 111 |
| II . 3 : Mode de traitement des prélèvements par mémoire adressable.... | 112 |
| 1° Cartographie de la mémoire..... | 112 |
| A Sous forme de tableau..... | 112 |
| B Sous forme d'histogramme..... | 115 |
| 2° Evolution dans le temps des grandeurs mesurées..... | 117 |
| 3° Etude détaillée de l'activité d'une configuration..... | 117 |
| | |
| <u>Chapitre 3</u> : Conception et utilisation du registre à décalage..... | 123 |
| III . 1 : Problèmes posés par la mesure de séquence des signaux..... | 123 |
| III . 2 : Conception du registre à décalage..... | 124 |
| III . 3 : Utilisation du registre à décalage..... | 129 |
| III . 4 : Mode de traitement des informations stockés par ce registre.. | 129 |
| | |
| <u>3ème partie</u> : Cas d'étude..... | 139 |
| | |
| <u>Chapitre 1</u> : Introduction..... | 139 |
| | |
| <u>Chapitre 2</u> : Méthodologie de mise en oeuvre de l'intervention..... | 141 |
| II . 1 : Organigramme du Centre de Traitement de l'Informatique..... | 141 |
| II . 2 : Définition du service attendu par l'utilisateur..... | 142 |
| II . 3 : Définition de l'intervention..... | 142 |

| | |
|--|-----|
| <u>Chapitre 3</u> : Mise en oeuvre de l'intervention | 145 |
| <u>Chapitre 4</u> : Résultats obtenus | 149 |
| IV . 1 : Analyse du fichier comptable | 149 |
| 1° Profil d'une journée d'exploitation | 149 |
| a) Traitement par lots | 149 |
| b) Session temps partagé | 150 |
| c) Classification des travaux par lots | 152 |
| d) Classification des sessions temps partagé | 158 |
| 2° Activité de la configuration | 165 |
| a) Activités unités centrales | 165 |
| b) Activités disques et bandes | 165 |
| 3° Analyse des files d'attente | 166 |
| 4° Répartition des travaux en classe | 166 |
| 5° Autres états fournis par la comptabilité | 167 |
| IV . 2 : Mesures par logimètre HARMONIE | 167 |
| 1° Activité des unités centrales | 168 |
| a) Activité générale | 168 |
| b) Décomposition de l'activité UC | 169 |
| 2° Activité de modules en mémoire | 171 |
| 3° Activité des périphériques | 174 |
| a) Disques magnétiques | 174 |
| b) Bandes magnétiques | 175 |
| IV . 3 : Mesures par moniteur logiciel | 176 |
| 1° Le moniteur non résident | 176 |
| 2° Activité des disques | 177 |
| 3° Activité unités centrales selon le niveau d'IT | 178 |
| 4° Analyse de modules en mémoire | 179 |
| <u>Chapitre 5</u> : Conclusions concernant ce site et les méthodes de mesure | 181 |

| | |
|--|-----|
| <u>4ème partie</u> : Prospectives et conclusions | 185 |
| <u>Annexe</u> | 193 |
| <u>Bibliographie</u> | 239 |

PREMIERE PARTIE

IERE PARTIE

CHAPITRE 1 : OUTILS DE MESURE DES PERFORMANCES DES ORDINATEURS

Les outils de mesure des performances des ordinateurs sont constitués de deux parties principales :

- un extracteur d'informations qui saisit les grandeurs désirées à l'aide de sondes et les stocke dans une mémoire,
- un analyseur qui exécute des calculs sur ces grandeurs avant d'en faire l'édition pour l'utilisateur.

L'extracteur peut être un programme propre à cet ordinateur et à son système :

- fourni par le constructeur, il s'agira d'une routine comptable,
- réalisé par une société de service, dans le but d'évaluer les performances, il s'agira d'un logimètre logiciel ou "Software Monitor".

L'extracteur peut être un matériel indépendant de l'ordinateur :

- il s'agira d'un logimètre matériel ou "Hardware Monitor".

L'analyseur est toujours un programme de dépouillement qui peut fonctionner en différé sur n'importe quel ordinateur pour les

trois outils ci-dessus définis, mais qui peut également fonctionner en temps réel sur un mini-calculateur propre à l'outil de mesure dans le cas de certains logimètres matériels. Certains industriels et certains centres de recherche ont tenté de faire un traitement temps réel également avec des logimètres logiciels.

I . 1 : Routines comptables

1° - Généralités

Le constructeur d'ordinateurs met à la disposition de l'utilisateur un système permettant de réaliser :

- la facturation des travaux,
- la comptabilité analytique.

En mono-programmation, il est aisé avec un chronomètre de mesurer le temps passé par le système à exécuter un travail. En multiprogrammation, la présence en mémoire de plusieurs travaux simultanément ne permet pas une évaluation précise du coût de chacun d'eux. Tous les constructeurs proposent donc un ensemble de routines incluses dans le système qui vont fournir pour chaque travail et pour chaque étape, une estimation du taux d'utilisation de chaque ressource.

Le prélèvement est basé sur le principe d'un échantillonnage à une fréquence qui peut être de 1 KHz avec incrémentation éventuelle de compteurs formés de mots en mémoire ou à l'apparition d'un phénomène particulier. Périodiquement, ces compteurs sont vidés sur un dispositif auxiliaire, tel un disque magnétique réservé à cet usage.

Des programmes de dépouillement de cette masse d'informations permettent le traitement en différé et la fourniture d'états globaux sur une journée, une semaine ou un mois, ou celle d'états propres à une ressource, etc...

Le système le plus utilisé est évidemment SMF d'IBM (System Management Facilities), mais d'autres routines comptables existent avec tous les autres constructeurs et présentent des caractéristiques semblables.

2° - Description du fichier SMF

Les enregistrements de SMF peuvent être classés en deux grands types :

- des informations par étape et par travail (traitement par lot), ou par session en temps partagé,
- des informations générales concernant l'ensemble de la période envisagée :
 - . configuration
 - . statistique d'erreurs et de pannes
 - . statistique d'activité des sous-ensembles.

a) Informations par étape

identification de l'étape : nom du travail
heure d'entrée
numéro de l'étape
nom de l'étape

conditions de passage : priorité
clé de protection mémoire
code de terminaison

consommation des ressources : taille de la partition
mémoire mémoire utilisée
mémoire demandée

temps d'attente : heure d'entrée du travail
heure d'initialisation de
l'étape
heure d'allocation des
périphériques
heure de chargement
heure de fin de l'étape.

b) Informations par travail

- provenance du travail (central, terminal...)
nom du Programmeur, numéro de code
nombre d'étapes
classe du travail
consommations unité centrale
des fichiers utilisés
des périphériques (nombre de cartes triés
nombre de lignes imprimées)
- heures d'entrée du travail
d'initialisation
de début d'exécution
de fin d'exécution
de début d'impression
de fin d'impression

c) Informations par étape en temps partagé

identification : nom du travail
heure de début de l'étape
numéro de l'étape
nom de l'étape

conditions de passage : clé de protection mémoire
code de terminaison

consommation mémoire : mémoire demandée
mémoire utilisée

consommation unité centrale

pagination : nombre de pages-in
de pages-out
de swap-out

périphériques : classe et type de chacun d'eux
adresse du canal
nombre d'entrées-sorties

temps d'attente : heure d'initialisation de l'étape
d'allocation des périphériques
de chargement de l'étape
de fin de l'étape

d) Informations par travail en temps partagé

nom du travail
heure du début du travail
priorité
code de terminaison
clé de protection mémoire
nombre d'étapes
consommation en secondes d'unité centrale
heure de terminaison

D'autres informations sont fournies que nous ne pouvons
toutes reproduire ici.

3° - Analyseurs des fichiers comptables ; validité des résultats fournis

Devant la masse des informations prélevées, chaque Centre de Calcul construit son propre programme de dépouillement qui permet plus ou moins heureusement d'obtenir :

- soit le nombre d'unité de ressources consommés par travail, permettant la facturation et la planification de l'exploitation,
- soit un profil de consommation par unité de temps, permettant de suivre le comportement statistique du système.

Des sociétés de service proposent des logiciels standards qui rendent ces deux services. Des constructeurs également mais souvent à usage interne.

Le tableau I.1 représente certains de ces produits. Ils sont semblables les uns aux autres et les renseignements qu'ils fournissent sont précis.

Cette précision est limitée, cependant, par le nombre de prélèvements d'information par unité de temps et par la validité des informations décomptées :

- on verra dans les chapitres suivants, que dans une unité de temps une précision de 1 % peut être attendue valablement avec 1500 échantillons. Une fenêtre de cinq minutes est donc satisfaite avec un échantillon chaque 0,1 seconde.

TABIEAU I.1

| PRODUIT | ORDINATEUR | CONCEPTEUR | DISTRIBUTEUR EN FRANCE |
|-------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| BACUS | 360 - 370 OS/VS | Booz Allen and Hamilton | Booz Allen and Hamilton |
| CAS/CPA/FMR | 360 - 370 - 303 X OS/VS/MVS | Boole and Babbage | SLIGOS Cap Sogeti |
| FACTO | HB - 6000 | | |
| JOHNSON | 360 - 370 - 303 X | Johnson System | Carus-France |
| SOFREX | IBM 360 - 370/ CII IRIS - HB 6000 | Sofragem | Sofrangem |
| SARA III | 360 - 370 | Boeing Computer Services | |

En ce qui concerne la validité des informations enregistrées, les constructeurs reconnaissent que les routines de prélèvements comportent des lacunes. Ainsi CII reconnaissait que :

- lorsqu'un travail utilise l'Unité Centrale, un compteur associé à ce travail est modifié par une horloge (en X'54' sous SIRIS 7) ou par un compteur subjectif (en X'4C' sous SIRIS 8) tous les 1/500ième de seconde. Ce compteur fonctionne que le travail soit en mode esclave ou en mode moniteur mais pas si l'on est en adressage réel, c'est-à-dire lors des appels au superviseur d'entrée-sortie.
- de même le temps d'attente est compté pour les entrées-sorties demandées par le travail, pour les attentes d'évènements asynchrones mais pas pour les attentes liées à l'allocation des périphériques. Certaines entrées-sorties effectuées par le système ne sont pas comptabilisées au niveau des nombres d'octets transférés et du nombre d'appels superviseur ; ainsi :
 - . sur les disques système : le chargement des éléments du moniteur, l'écriture de la table permettant les reprises (TCREQ), l'écriture du fichier comptabilité.
 - . sur les périphériques magnétiques : certaines entrées-sorties effectuées au cours d'OPEN ou de CLOSE de fichiers.

Des comparaisons ont été faites entre les résultats d'évaluation obtenues par fichier comptable et par outil extérieur (logimètre matériel). IBM propose des chiffres de comparaisons obtenues par ses ingénieurs, à l'aide des outils VS1PT (analyseurs de routines comptables) et SMI :

| Sur un 155 | VS1 PT | SMI |
|-------------------------|------------|------|
| Durée du fonctionnement | 56 minutes | |
| Utilisation CPU en % | 42,7 | 47,5 |
| Canal 1 occupé | 10,9 | 10,4 |
| Canal 2 occupé | 5,7 | 5,5 |
| Canal 3 occupé | 6,5 | 5,8 |

| Sur un 145 | VS1 PT | SMI |
|--------------------------|------------|------|
| Durée du fonctionnement | 20 minutes | |
| Utilisation CPU | 71,6 | 66,0 |
| Canal 2 occupé | 42,5 | 44,4 |
| "Seek time" sur disque G | 1,2 | 1,8 |
| Disque G occupé | 3,3 | 4,7 |
| "Seek time" sur disque H | 9,2 | 14,1 |
| Disque H occupé | 47,5 | 50,4 |

Ces chiffres sont assez proches en valeur absolue avec des divergences relatives qui atteignent 40 %. Une autre étude réalisée aux Etats-Unis par trois Sociétés Américaines indépendantes d'IBM, permet de comparer les résultats fournis par SMF et par un logimètre (MICROSUM 1020 D) de quatre programmes de tri. Chaque évaluation consistait à trier plusieurs fichiers en mono et en multiprogrammation, et à relever le temps UC, le nombre de EXCP et le temps total enregistrés par SMF ainsi que le temps canal et le temps total vrai UC mesuré par MICROSUM.

Les figures I.2 et I.3 représentent les résultats obtenus. Sur la figure I.2, la partie gauche indique le pourcentage par routine comptable, la partie droite les pourcentages obtenus par moniteur matériel en prenant pour 100, le temps UC passé à l'exécution du premier programme. On constate que les différences entre les résultats obtenus par l'une ou l'autre méthode sont grandes.

Sur le site A, le premier programme apparaît plus long que le second par la comptabilité et moins long par logimètre, etc... Les valeurs obtenues par la première méthode correspondent au temps UC en mode asservi plus une partie du temps UC en mode moniteur.

Sur la figure I.3, les échanges (EXCP) sont encore plus différents : on prend une valeur relative égale à 100, pour le nombre d'entrées-sorties obtenues avec la première méthode pour le premier programme et de même pour le temps d'occupation du canal mesuré par MICROSUM pour le premier programme. On constate encore que les programmes ne fournissent pas des grandeurs variant suivant les mêmes relations. Dans ce dernier cas, en effet, à l'imprécision probable des mesures obtenues par routine comptable, s'ajoute la durée plus ou moins variable de l'occupation d'un canal pour une entrée-sortie selon la position du bras du disque par rapport à la position à atteindre.

On notera, cependant, que les constructeurs améliorent fréquemment l'exactitude des informations prélevées par les routines comptables.

En conclusion, on restera très prudent dans l'interprétation des résultats fournis par routine comptable, l'extraction étant sujette à erreur et l'analyse ne fournissant pas toujours des grandeurs directement comparables à celle obtenues par d'autres méthodes.

TABLEAU I.2

(SMF ne saisit qu'une partie du temps superviseur)

| <u>FNSB of New Jersey</u> | | | |
|---------------------------|------------------|-----------------------|---------------|
| | | Mesures par logimètre | |
| | Temps UC par SMF | UC total | Etat problème |
| TRI 1 | 65,3 | 100 | 37,8 |
| 2 | 59,7 | 105,3 | 38,8 |
| 3 | 59,9 | 88,5 | 37,0 |
| 4 | 54,0 | 65,9 | 34,8 |

| <u>Transamerica Information Services</u> | | | |
|--|------------------|-----------------------|---------------|
| | | Mesures par logimètre | |
| | Temps UC par SMF | UC total | Etat problème |
| TRI 1 | 46,7 | 100 | 37,1 |
| 4 | 50,7 | 74,9 | 44,2 |

| <u>R.H. Donnelly</u> | | | |
|----------------------|------------------|-----------------------|---------------|
| | | Mesures par logimètre | |
| | Temps UC par SMF | UC total | Etat problème |
| TRI 2 | 64,2 | 100 | 44 |
| 4 | 48,2 | 56,9 | 32,4 |

Tableau I.3

Entrées-sorties - Etude comparative

| | nombre EXCP (par SMF) | Activité canal (MICROSUM) |
|---------------|-----------------------|---------------------------|
| <u>Site A</u> | | |
| TRI 1 | 100 | 100 |
| TRI 2 | 69,9 | 91,8 |
| TRI 3 | 64,5 | 92,9 |
| TRI 4 | 39,4 | 59,8 |
| <u>Site B</u> | | |
| TRI 1 | 100 | 100 |
| TRI 4 | 45,5 | 75,6 |
| <u>Site C</u> | | |
| TRI 2 | 100 | 100 |
| TRI 4 | 41,6 | 77,6 |

(nombres relatifs)

Par ailleurs, l'exploitation des routines comptables indispensable à la facturation conduit à un overhead de 1 à 15 %, puis un temps UC de dépouillement du fichier de 5 minutes par jour à 30 minutes par mois, ainsi que la neutralisation d'un périphérique pour l'enregistrement du fichier.

L'utilisation d'un progiciel peut rencontrer des problèmes de compatibilité entre les formats du fichier enregistré et celui qui est espéré par l'analyseur, de même que des problèmes de compatibilité entre le langage de l'ordinateur et celui de l'analyseur. Enfin, le progiciel doit être tenu à jour afin de pouvoir suivre les versions successives du Système de l'ordinateur.

I . 2 : Software Monitors ou logimètres logiciels

1° - Caractéristiques générales

Les logimètres logiciels ont les deux caractéristiques principales suivantes :

- généralement, ils sont conçus par des Sociétés de Service et non par les constructeurs, auquel cas on peut avoir confiance dans les informations qu'ils fournissent, celles-ci n'ayant aucun intérêt à dissimuler certains comportements de l'ordinateur.
- ils ont été réalisés pour l'évaluation des performances et non pour la facturation ; on peut donc avoir des résultats plus directement utilisables.

Les moniteurs logiciels ou "Software Monitors" sont constitués eux aussi de deux parties différentes.

- les extracteurs qui sont des programmes situés en mémoire qui sont activés par des événements ou par une horloge afin de saisir des informations ;
- les analyseurs qui sont aussi des programmes destinés à dépouiller les informations prélevées.

L'ensemble des extracteurs utiles à un moment donné occupe en mémoire de 20 à 30 K-mots. Les analyseurs qui traitent en temps différé peuvent occuper 200 K-mots pendant quelques minutes. Certains moniteurs logiciels ont des analyseurs qui autorisent un traitement en temps réel. On conçoit alors que l'occupation mémoire de l'analyseur doit être limitée au minimum.

Dans tous les cas, un tel moniteur un peu performant présente un "overhead" minimum de 5 à 10 %. Cet overhead dépend du nombre d'activation des routines d'extraction et du nombre de routines demandés. On devra donc limiter au minimum utile ces deux paramètres. Les constructeurs ne précisent en aucun cas les conditions de fonctionnement des extracteurs pour les caractéristiques annoncées ; cet overhead pourra être mesuré par logimètre matériel.

2° - Nature des informations prélevées

Les moniteurs logiciels sont complémentaires des routines comptables. Ils en ont toutes les possibilités puisqu'ils fonctionnent sur le même principe. Les concepteurs de ces outils ont cherché à rendre des services qu'elles ne fournissaient pas ou qu'elles fournissaient mal. De façon générale, les informations fournies décrivent :

- la sollicitation globale des ressources

- . taux de charge Unité Centrale
 - de la Mémoire
 - des coupleurs de périphériques
 - des périphériques eux-mêmes
 - des lignes de télétransmission
- . temps moyen de service
- . longueur moyenne des files d'attente
- . temps d'attente
- . loi d'arrivée des demandes

- les rapports entre utilisateurs et configuration

- . demandes de ressources
- . réponse de la configuration

L'inconvénient principal d'utilisation des "Software Monitors" réside dans sa dépendance du système d'exploitation. Un S.M. est conçu pour un type d'ordinateur donné et pour une version précise du Système d'exploitation. Si on refuse les outils éventuels réalisés par le constructeur d'ordinateur, il est évident qu'il faudra attendre quelques mois au moins entre l'apparition d'une version d'un Système et celle du logiciel de mesure qui devra être conçu d'abord et adapté ensuite : il peut être rapidement périmé.

Par ailleurs, la réalisation d'un tel outil nécessite pour la Société qui l'envisage, l'assurance d'un débouché valable ; ceci est la raison pour laquelle les Sociétés de Service réalisent ces logiciels essentiellement sur des matériels IBM car ils sont les plus courants. Le tableau I.4 représente quelques-uns des moniteurs logiciels existants. Il comporte également quelques moniteurs proposés par des constructeurs d'ordinateurs.

TABEAU I.4

| PROGICIEL | CONSTRUCTEUR | ORDINATEURS CIBLES | SERVICE RENDU |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|---|
| SMS-CUE | Boole and babbage | IBM 360-370-303 X | mesures de l'efficacité d'une configuration analyse des appels aux routines du système |
| SMS-DSO | " | " | mesure des fichiers permanents sur disque optimisation de leur emplacement |
| SMS-PPE | " | IBM et CII-IRIS 50 | mesure de performance des programmes |
| SMS-TSA | " | " | mesure de l'utilisation des taches en mémoire |
| LOOK | Applied Data Research | " | mesure de l'activité d'une configuration |
| MMI-LX | CGI | " | mesure de performance d'une configuration |
| MMI-APPI MMI-CCS | " " | " " | mesure de la performance des programmes |
| SIP | Univac | Univac 1110 | mesure de la configuration |
| VIDEO | Honeywell | H 600 - H 6000 | mesure de la configuration |
| SPARKSAMPLER | Burroughs | B 6700 - MCP | mesure de la configuration |
| SFER | IRIA - CERT | CII - IRIS 80 | mesure de la configuration |
| ESFUT3 | CII-HB | CII - IRIS 80 | (non commercialisés) |

I . 3 : "Hardware Monitors" ou logimètres matériels

1° - Généralités

Afin que l'outil de mesure soit indépendant du constructeur, du type d'ordinateur et pour que son utilisation n'interfère pas avec le calculateur, nous avons conçu des appareils électroniques extérieurs qui sont connectables sans perturbation sur le système et qui enregistrent des signaux intéressants.

Le H.M. est constitué donc :

- d'extracteurs indépendants ou sondes matérielles qui sont branchées dans le cablage de l'ordinateur en des points précis significatifs du phénomène à analyser,
- de mémoires et de compteurs indépendants qui réduisent les informations prélevées,
- d'un support magnétique pour stocker les contenus de ces mémoires ou compteurs,
- d'un programme d'analyse de ces informations, programme susceptible d'être déroulé :
 - . en temps différé sur un ordinateur quelconque
 - . en temps réel sur un mini-calculateur réservé à cette fonction.

2° - Historique

Les travaux que nous avons mené s'inscrivent dans une longue lignée de dispositifs de mesure "extérieurs" au système analysé. Le tableau I.5 résume cette évolution.

TABLEAU I.5

| ANNEE | CONSTRUCTEUR | DESCRIPTION SOMMAIRE |
|-------|----------------------------|---|
| 1961 | IBM | CHANNEL ANALYSER : quelques compteurs reliés par un interface spécialisé au système étudié |
| 1962 | IBM | PROGRAM MONITOR : enregistrement sur bande de trace d'un programme-dépouillement long |
| 1961 | UNIVAC | P. SNATCHER : un 1108 analyse un autre 1108 |
| 1964 | IBM | PROGRAM EVENT COUNTER : amélioration de CHANNEL ANALYSER : introduction d'un panneau de raccordement et de fonctions logiques |
| 1967 | IBM | SYSTEMS ANALYSIS MEASURING INSTRUMENT : introduction de sondes mobiles ; amélioration des fonctions logiques |
| 1968 | IBM | BASIC COUNTER UNIT : 16 compteurs, sondes, panneau de raccordement ; réservé au personnel IBM |
| 1969 | Allied Computer Technology | COMPUTER PERFORMANCE MONITOR : semblable au BCU sortie sur dérouleur de bandes |
| 1970 | Boole and Babbage | ME 1011 : EVENT MONITOR : 6 compteurs extérieurs ; sortie sur dérouleur de bandes |
| 1971 | IRIA | HARMONIE (conception) : 16 compteurs et mémoires |
| 1971 | COMRESS | ORDISCOPE : 16 compteurs généraux |
| 1972 | TESDATA | MICROSUM : compteurs sortie sur écran |
| 1972 | TESDATA | X-RAY 1155 : compteurs et mémoires |
| 1974 | TESDATA | 1185 : introduction d'un mini-ordinateur |
| 1974 | COMRESS | ORDISCOPE 8000 : mini-ordinateur |
| 1975 | TESDATA | Gamme MS |
| 1977 | TITN | HARMONIE 10 000 - HARMONIE 20 000 |

On remarque que les débuts de la métrologie par H.M. se situent en 1961 et que les premiers outils étaient réalisés par les constructeurs d'ordinateurs pour leurs besoins propres. Nos travaux commencent en 1970 avec l'introduction de mémoires pour réaliser les fonctions de décalage (historique de combinaisons de signaux) et de mémoire adressable (histogramme). Cette facilité est simultanément adoptée par TESDATA (X-RAY 1155) et par COMRESS (ORDISCOPE) en 1972 qui rajoutent en 1975 un mini-calculateur pour l'analyse en temps réel des données, ce que nous n'avons pas eu l'autorisation de faire, faute de micro-calculateur français suffisamment rapide.

Actuellement, COMTEN (anciennement COMRESS) s'est retiré du marché européen. TESDATA, implanté en FRANCE, sort une série de logimètres de haut de gamme, les MS, permettant une gestion des performances en continu d'un système alors que TITN commercialise notre produit HARMONIE.

3° - Caractéristiques principales d'un logimètre matériel

Un logimètre comprend essentiellement des compteurs et des mémoires. Leur mode de fonctionnement et l'usage qu'on peut en faire font l'objet de la 2ème partie de cet ouvrage. Nous traitons, ici, des organes annexes tels qu'ils sont réalisés sur notre système HARMONIE.

a) Les sondes

Elles sont d'une grande importance car ce sont elles qui assurent la liaison à l'ordinateur analysé. Elles ne doivent pas le perturber, mais saisir sans déformation les informations à traiter.

Afin d'être connectées dans le cablage de l'ordinateur, elles sont de taille petite et reliées à un câble souple qui transmet le signal au logimètre. Ces câbles font vingt mètres mais certaines applications nécessitent des longueurs supérieures (cas des systèmes décentralisés, analyse des réseaux ou consoles de temps partagé, etc...) qu'il est facile de réaliser.

La sonde présente une impédance très élevée (1 M Ω , 5 p F) qui ne déforme pas le signal sur l'ordinateur. Elle est sensible aux impulsions brèves (50×10^{-9} s) qui peuvent transiter sur la plupart des calculateurs actuels. Pour des signaux plus rapides, la détection n'est pas possible, ce qui limite l'utilisation des "Hardware Monitors". La sonde est réalisée par un amplificateur différentiel à effet de champ suivi d'un émetteur de ligne qui permet l'émission du signal sur une ligne bifilaire en modulation de courant. Ce type de transmission autorise des transferts à grande distance tout en ayant une bonne immunité aux bruits.

HARMONIE est équipée d'une centaine de sondes regroupées en boîtiers de deux et de huit.

Le seuil de séparation entre les niveaux 0 et 1 est réglable à partir de l'armoire de traitement des informations et est distinct pour chaque boîtier de sondes.

b) Le panneau de raccordement

Il comporte des receveurs de ligne destinés à adapter les signaux transmis par les sondes à la logique TTL d'HARMONIE. On peut utiliser directement ces 100 signaux possibles vers des compteurs ou vers des mémoires du logimètre. Nous avons constaté que souvent ces informations doivent être traitées logiquement avant leur utilisation.

Nous avons donc réalisé un panneau comportant un grand nombre de fonctions logiques dont toutes les entrées et sorties sont connectées à des douilles qui peuvent être reliées par des "straps". L'utilisation astucieuse de ce panneau est délicate, mais permet de faire les combinaisons nécessaires à des mesures très intéressantes :

- mesure de la longueur d'un créneau, d'un message ;
- comptage d'une horloge ou division de fréquence ;
- retards de signaux par rapport à une impulsion d'horloge ;
- définition d'une fenêtre entre deux mots de référence ;
- conditionnement d'un signal à un autre ;
- comparaison de sondes à une configuration donnée ;
- codage et décodage de 16 signaux sur 4 chiffres binaires.

Nous avons développé les fonctions possibles au maximum, car nous avons constaté leur utilité.

L'inconvénient réside dans la nécessité d'un électronicien pour en tirer le meilleur usage. Pour nous, cette contrainte n'est pas un obstacle, et nous estimons que, si la mesure par logimètre matériel implique une bonne connaissance de l'architecture du système mesuré, elle rend indispensable la présence d'un opérateur compétent dans le domaine de l'électronique de l'ordinateur et de l'appareil de mesure. Un exemple dans ce domaine est l'importance qu'il y a à ne saisir l'état d'un registre qu'après stabilisation de tous les fronts des chiffres binaires le constituant, ce que l'utilisateur de "Hardware Monitor" néglige généralement.

c) Electronique de traitement. Stockage et traitement des informations

L'électronique de traitement fait l'objet de la 2ème partie de cet ouvrage. Nous ne la détaillerons pas ici.

Elle est constituée de 16 compteurs, d'une mémoire adressable et d'un registre à décalage. Ces organes assurent un certain traitement des informations dans le but de limiter la quantité à écrire sur le dispositif de stockage. Celui-ci est constitué d'un dérouleur de bande magnétique compatible avec ceux des ordinateurs qui peuvent assurer le traitement de ces bandes.

Nous avons opté pour un dérouleur 1600 BPI-9 pistes. Il est évident que certains centres sur lesquels nous avons opéré ne disposent pas de ce type de dérouleur rendant difficile le dépouillement.

Cette difficulté et la nécessité de connaître des résultats au moins partiel, en temps réel, inclinent vers l'utilisation d'un calculateur incorporé à l'appareil de mesure. Il doit être petit, mais rapide.

L'avènement des micro-processeurs rend possible ceci. Le traitement en temps réel consiste au moins au calcul des moments des compteurs et à la visualisation du contenu des mémoires. Il ne dispense pas du dérouleur de bande qui conserve l'historique des informations et qui permet un traitement ultérieur plus complet.

La connaissance en temps réel, ou du moins dans les minutes qui suivent le prélèvement, rend possible l'introduction de ces résultats dans l'ordinateur analysé. Il est concevable d'en modifier le système pour qu'il tienne compte de ceux-ci afin de modifier l'ordonnancement des travaux, l'allocation des mémoires aux différentes classes, le montage des fichiers sur tel ou tel périphérique, etc...

Il reste à étudier ce bouclage et son utilité que nous ne faisons que pressentir. Le logimètre serait connecté à l'ordinateur par ses sondes en entrée, et comme un périphérique sur un bus en sortie.

I . 4 : Quel outil de mesure utiliser

Routine comptable, Software Monitor, Hardware Monitor, nous nous refusons à choisir tel ou tel outil dans l'absolu. Il est évident que l'emploi des logimètres matériels conduit à une précision absolue et qu'ils sont utilisables sur la plupart des ordinateurs. Par contre, ils sont délicats à connecter et ils ne permettent pas d'atteindre tous les paramètres.

Ces outils sont complémentaires et chacun peut valider les mesures effectuées avec les autres. L'emploi des moniteurs matériels permet notamment l'étalonnage des routines comptables ou des moniteurs logiciel. Ainsi, nous avons étalonné le moniteur SFER du CERT sur la configuration IRIS 80 de l'ARRCO. Par contre, un domaine où le logimètre HARMONIE est pauvre, c'est celui des mesures des programmes et de toute information localisée dans des mémoires. L'accès aux informations dans des registres ou des bascules d'indicateurs est aisé.

Le tableau I 6 indique le degré d'adaptation de chaque outil au but recherché. Par ailleurs, l'équipement du Centre de Calcul influe sur le type d'appareils de mesure qu'il convient d'utiliser. Effectivement, un logimètre matériel est onéreux, mais utilisable sur des ordinateurs de tous types et le logimètre logiciel est économique et aisé d'emploi, seulement sur les centres IBM.

| OBJECTIF DE LA MESURE | ROUTINE COMPTABLE | LOGIMETRE MATERIEL | LOGIMETRE LOGICIEL |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Comparaison des deux ordinateurs | impossible | excellent | médiocre |
| Evaluation de la configuration | médiocre | excellent | bon |
| Evaluation des programmes | médiocre | médiocre | excellent |
| Evaluation du système | médiocre | bon | excellent |
| Etude du comportement des fichiers | médiocre | assez bon | bon |
| Evaluation du réseau | médiocre | bon | bon |
| Evaluation de la capacité | médiocre | bon | bon |
| Recette d'une application | médiocre | médiocre | bon |
| Répartition des coûts | excellent | médiocre | médiocre |

Domaine d'utilisation des outils
de mesure

Tableau I 6

Nous reproduisons ci-dessous l'adéquation entre l'outil de mesure et le type d'équipement d'une société :

| | LOGIMETRE MATERIEL (Hardware Monitor) | LOGIMETRE LOGICIEL (Software Monitor) |
|--|--|--|
| <u>Centre informatique unique</u> | | |
| avec 1 ordinateur IBM | moyen | excellent |
| " 1 ordinateur autre | excellent | mauvais |
| " plusieurs ordinateurs IBM | moyen | excellent |
| " 1 ordinateur IBM + autres | bon | moyen |
| " tous autres types | excellent | mauvais |
| <u>Centres informatiques dispersés</u> | | |
| avec des ordinateurs IBM | moyen | excellent |
| " IBM et autres | bon | moyen |
| " tous d'un autre type | bon | mauvais |

Adéquation entre outil de mesure
et type de centre (s)

Tableau I 7

CHAPITRE II : DEGRE DE CONFIANCE A ACCORDER A LA MESURE

Mesurer un phénomène consiste donc à prélever un évènement par une succession de mesures en un point précis de l'ordinateur, puis à analyser l'enregistrement qui a été fait.

Qu'il s'agisse de mesures par logimètre ou par logiciel, il y a collecte d'échantillons. La validité de l'analyse dépendra :

- du degré de connaissance du système à mesurer,
- du positionnement de la sonde,
- du nombre et de la loi des échantillons,
- de la perturbation apportée par la sonde.

II . 1 : Degré de connaissance du système

Une bonne connaissance du système est indispensable pour obtenir une mesure correcte et notamment celle de l'architecture de l'ordinateur. Lorsqu'on parle de mesurer l'activité de l'Unité Centrale, on peut vouloir dire bien des choses :

- temps d'exécution d'une quelconque instruction,
- temps passé hors du niveau de priorité nul,
- temps de disponibilité de la "machine",
- etc...

Encore faut-il savoir ce qu'on appelle Unité Centrale : Celle-ci doit-elle inclure l'unité arithmétique et logique, le bloc de commande, les opérateurs spécialisés (virgule flottante,...) ?

On trouvera, dans la littérature propre à un ordinateur, plusieurs fois cité le terme d'activité Unité Centrale. S'il s'agit d'une sonde matérielle à brancher dans le cablage, les listes comporteront plusieurs emplacements ayant des dénominations semblables, mais n'ayant pas exactement les mêmes fonctions. On se posera donc les questions suivantes :

- quel phénomène exact veut-on mesurer ?

- comment mesurer ce phénomène : emplacement de la sonde
 - . dans le cablage pour un logimètre
 - . dans la mémoire pour une sonde logicielle.

Il s'agit d'une réflexion précise sur le but à atteindre et sur la façon de l'atteindre.

On rencontrera parfois une difficulté pour localiser une sonde : au phénomène souhaité, ne correspond pas un signal électronique dans l'ordinateur ou la sonde logicielle n'existe pas. Dans certains cas, on devra recourir à une mesure plus élaborée qui pourra mettre en jeu plusieurs sondes, et qui pourra demander une analyse plus complexe des informations enregistrées. Ainsi, la mesure d'activité d'une Unité Centrale en mode moniteur peut demander le branchement de deux sondes matérielles :

- l'une sur l'activité globale de l'Unité Centrale,
- l'autre sur le chiffre binaire de l'état programme indiquant le mode de fonctionnement.

II . 2 : Le positionnement de la sonde

Un ordinateur moyen actuel est constitué de centaines de milliers de broches de câblage localisées dans des armoires, souvent écartées les unes des autres d'un 1/10ème de pouce, et dont les repères chiffrés sont masqués par des nappes de fil. Une erreur humaine est toujours possible lors du positionnement d'une centaine de sondes électroniques en des endroits qui ont été minutieusement relevés dans les listes de câblage, mais qui sont toujours difficilement accessibles. Une seule erreur d'un emplacement est catastrophique.

L'opérateur doit prendre tout son temps pour poser ses sondes ; un deuxième opérateur, différent du premier, doit relever les emplacements réellement connectés, après quoi, seulement, la comparaison est effectuée. Rares sont les campagnes où un opérateur unique n'a pas commis une erreur qui peut aller d'une broche voisine... à l'erreur d'armoire.

Les sondes logicielles sont plus faciles à mettre en oeuvre sans erreur, bien que l'erreur de frappe à la console n'est pas exclue.

Nous affirmons que cette phase est la plus critique et par elle seule, nécessite l'emploi d'une méthode de validation des résultats.

En tout état de cause, différentes techniques de mesure doivent être employées simultanément. On vérifiera que les résultats concordent entre eux et qu'il sont vraisemblables avec la connaissance qu'on a de l'ordinateur.

II . 3 : Nombre et loi des échantillonnages

La mesure peut se faire en continu ou par échantillonnage. Il est évident qu'un logimètre rapide tel que l'est le dispositif HARMONIE, peut compter tous les évènements qui se produisent jusqu'à une cadence de $50 \cdot 10^6$ par seconde, il n'y aura pas échantillonnage. Par contre, sur un système logiciel, le déclenchement d'une routine de comptage à chaque évènement deviendra vite critique du fait de la perturbation apportée par cette routine ; il sera nécessaire de ne compter que certains évènements ou de se limiter à des évènements rares ; mais sont-ils alors assez nombreux pour permettre une conclusion ?

l'échantillonnage est systématique dans les mesures de durée d'un phénomène : il consiste, dans les deux méthodes de mesure à aller constater l'état d'une bascule à des temps déterminés. Ces temps, pour être significatifs, doivent être désynchronisés du phénomène à examiner. Deux façons de procéder sont proposées :

- utilisation d'un générateur aléatoire des temps,
- utilisation d'un générateur périodique.

Dans le premier cas, il consiste à examiner l'état de la bascule à des intervalles de temps imprévisibles que nous appellerons pseudo-aléatoires afin de ne jamais être synchronisés sur un phénomène répétitif de l'ordinateur qui perturberait notre observation. Aucun constructeur d'outil de mesure n'a retenu cette solution apparemment compliquée. Afin d'obtenir ces intervalles de temps, il craignent d'utiliser trop de temps calculateur et de perturber le contexte. Nous proposons que soit stockée en mémoire, une table de nombres pseudo-aléatoires que le système de mesure pourrait utiliser. La méthode est réalisable, mais jamais réalisée.

Dans le deuxième cas, il s'agit d'examiner l'état de la bascule à intervalles réguliers fournis par un oscillateur. Cette méthode est satisfaisante avec les moniteurs matériels. Effectivement, l'oscillateur est indépendant de l'horloge de l'ordinateur et fonctionne à des vitesses telles (10^5 à 10^6 Hz) qu'il est avec certitude indépendant de phénomènes cycliques qui pourraient entraîner des battements (les périodicités du comportement de l'ordinateur se situeraient à 10^2 - 10^3 Hz : time slicing, horloge de garde, etc...).

Dans un moniteur logiciel, l'horloge est celle de l'ordinateur ; on ne peut éviter que l'échantillonnage ait lieu à des moments bien particuliers de son fonctionnement : sait-on produire un top aussi bien durant l'attente UC que durant les modes moniteur et asservi ? etc... On ne saura pas chiffrer l'erreur entraînée ainsi dans les moniteurs logiciels, mais on l'évaluera par des mesures simultanées réalisées avec un logimètre logiciel.

Afin de s'assurer que l'échantillonnage n'est pas synchrone à un comportement périodique de l'ordinateur, on pourra répéter l'enregistrement avec une fréquence légèrement différente. Les résultats doivent être semblables aux précédents. Cette méthode n'a cependant rien de rigoureux.

En supposant négligeable l'erreur introduite par une horloge non indépendante de l'ordinateur et cyclique, on doit se poser la question suivante concernant la précision statistique de l'échantillon :

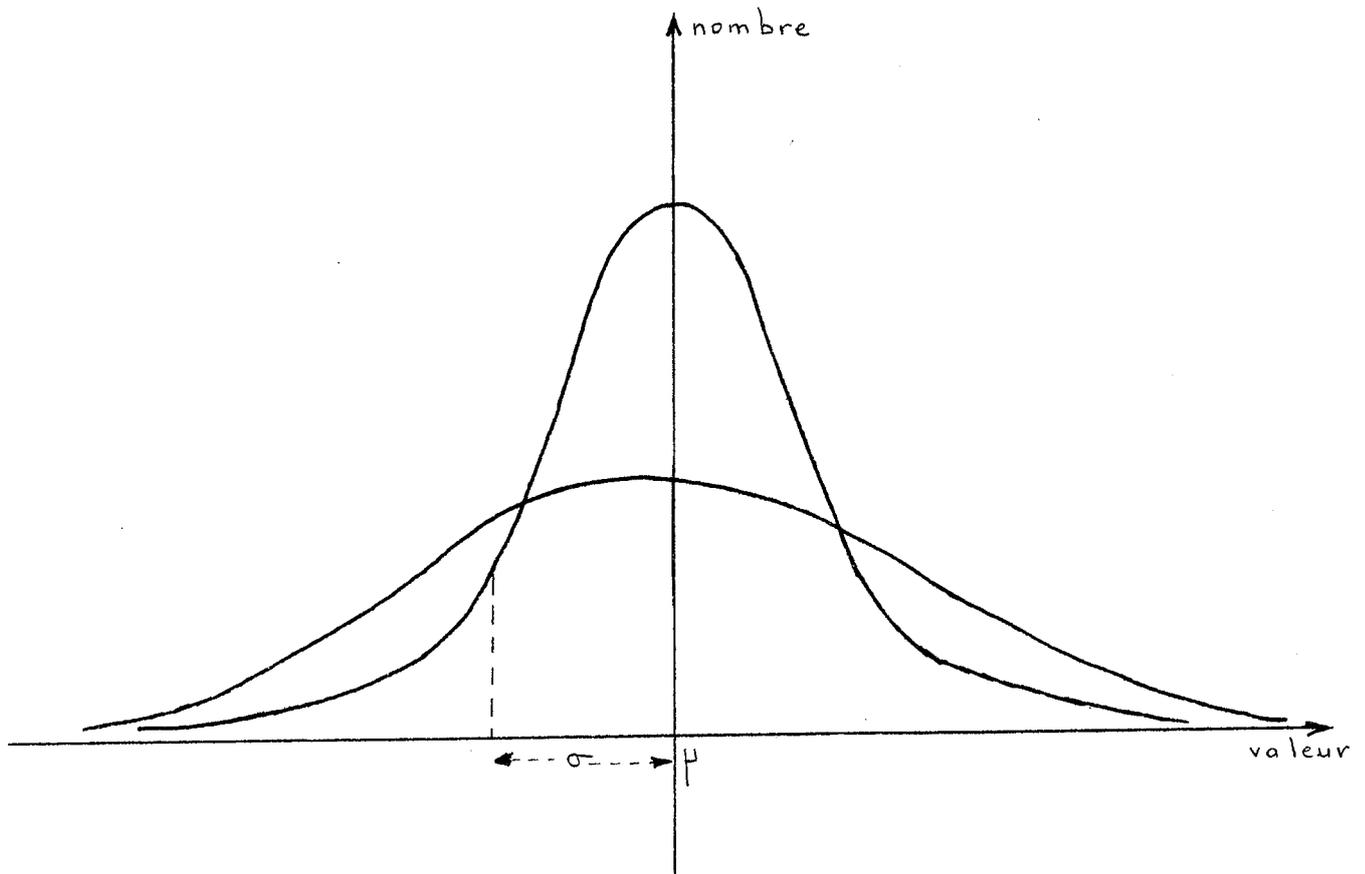
"Quelle crédibilité doit-on accorder à l'affirmation :
Ces résultats sont vrais à n % près ?"

Nous disposons d'une mesure d'un phénomène consistant en N échantillons. Nous pouvons, dans un premier temps, considérer que ce nombre N est tel que la distribution des valeurs obtenues suive une loi normale de la forme :

$$y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

ou σ représente l'écart-type et μ la valeur moyenne.

Dans le cas d'une distribution normale, ces N échantillons se répartissent sur une courbe telle que nous la présentons figure I.8, avec en abscisse la valeur de l'échantillon et en ordonnée le nombre d'échantillons.



La courbe est symétrique, axée autour de la moyenne et parfaitement connue lorsqu'on a moyenne et écart-type. Cette loi est correctement suivie lorsque le nombre N est supérieur à 30, ce qui est très largement dépassé avec les dispositifs de mesure que nous examinons.

La probabilité pour que x soit compris dans un intervalle dx autour de μ est représentée par la surface de la courbe comprise entre $\mu - dx$ et $\mu + dx$. Elle est égale à :

$$P = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{\mu - dx}^{\mu + dx} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \cdot dx$$

$P \rightarrow 1$ quand $dx \rightarrow \infty$

On déduit directement les crédibilités P suivantes pour une plage de valeur correspondant à la précision de la mesure :

| | | |
|-----------|----------------------|--|
| P = 0,67 | pour x compris entre | $\mu - \sigma$ et $\mu + \sigma$ |
| P = 0,90 | " " | $\mu - 1,60 \sigma$ et $\mu + 1,60 \sigma$ |
| P = 0,95 | " " | $\mu - 1,96 \sigma$ et $\mu + 1,96 \sigma$ |
| P = 0,99 | " " | $\mu - 2,58 \sigma$ et $\mu + 2,58 \sigma$ |
| P = 0,999 | " " | $\mu - 3,29 \sigma$ et $\mu + 3,29 \sigma$ |

or $\sigma = \sqrt{\frac{p \cdot q}{n}}$

où p = proportion de présence à l'état haut de la bascule à analyser.

$q = 1 - p$

n = nombre d'échantillons

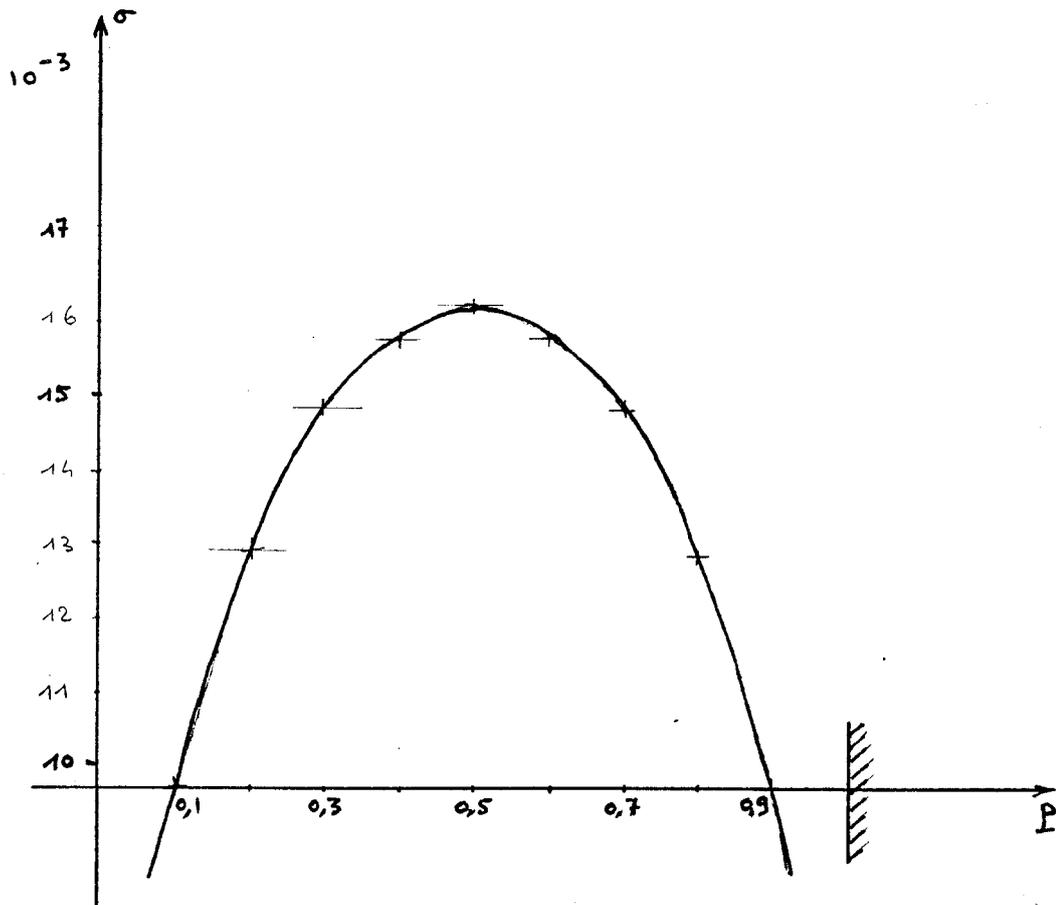
σ est exprimé en %

TABLEAU DE VALIDATION DES RESULTATS

| Pour un taux d'erreur accepté de X X % | Les résultats obtenus avec N N échantillons | sont crédibles à Y Y % |
|---|--|---------------------------|
| 4 % | 400 | 90 % |
| | 1 000 | 95 % |
| | 1 300 | 99 % |
| | 2 000 | 99,9 % |
| 3 % | 700 | 90 % |
| | 1 100 | 95 % |
| | 2 100 | 99 % |
| | 3 100 | 99,9 % |
| 2 % | 1 600 | 90 % |
| | 2 400 | 95 % |
| | 4 200 | 99 % |
| | 6 800 | 99,9 % |
| 1 % | 5 000 | 90 % |
| | 9 500 | 95 % |
| | 17 000 | 99 % |
| | 27 000 | 99,9 % |
| 0,2 % | 250 000 | 95 % |
| | 400 000 | 99 % |
| | 650 000 | 99,9 % |

On remarque que σ , donc la probabilité P d'un résultat juste, est lié au taux de présence à 1 du signal à examiner.

La figure I.9 montre comment évolue σ en fonction de p pour $n = 1000$.



Le résultat est donc moins crédible s'il est voisin de 50 %. Dans ce cas de moindre précision, on peut calculer le nombre d'échantillons nécessaire NN pour une crédibilité voulue des résultats (P) :

Avec les moniteurs logiciels, on peut obtenir une précision du 1 % avec une certitude de 99 % (17 000 échantillonnages).

Avec les logimètres matériels, la précision obtenue est bien meilleure, puisque les comptages se font souvent avec 10^6 échantillons au cours d'une fenêtre de mesure.

Il faudra alors se poser la question de savoir si un tel degré de précision est utile. On remarque aussi que pour ces échantillonnages très fréquents, leur nombre n'est plus négligeable par rapport à la population totale que nous pouvons estimer à 10^6 par seconde de mesure (fréquence d'horloge de l'ordinateur). La loi de distribution normale n'est plus valable avec exactitude. Le tableau précédent peut aussi être exprimé sous forme d'une famille de courbes représentées sur la figure I.10.

Par ailleurs, il convient de distinguer, pour un phénomène donné, entre l'échantillonnage d'une même fenêtre de mesure (d'une minute par exemple) à l'aide d'un oscillateur à 100 KHz et l'évaluation de ce phénomène sur un temps long (5 heures) par 300 mesures successives d'une minute.

Dans le premier cas, on peut considérer l'ordinateur comme stable macroscopiquement pendant la fenêtre et affirmer que les 6×10^6 valeurs saisies suivent une loi normale.

Dans le deuxième cas, on ne peut considérer l'ordinateur comme statistiquement stable durant les 5 heures et l'étude des 300 valeurs obtenus montre que le phénomène ne suit pas une distribution normale autour de la moyenne.

La répartition est évidemment tronquée à 0 % et à 100 % pour une mesure de durée. De plus, on déduit des mesures un écart-type σ réel bien différent à

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{pq}{n}}$$

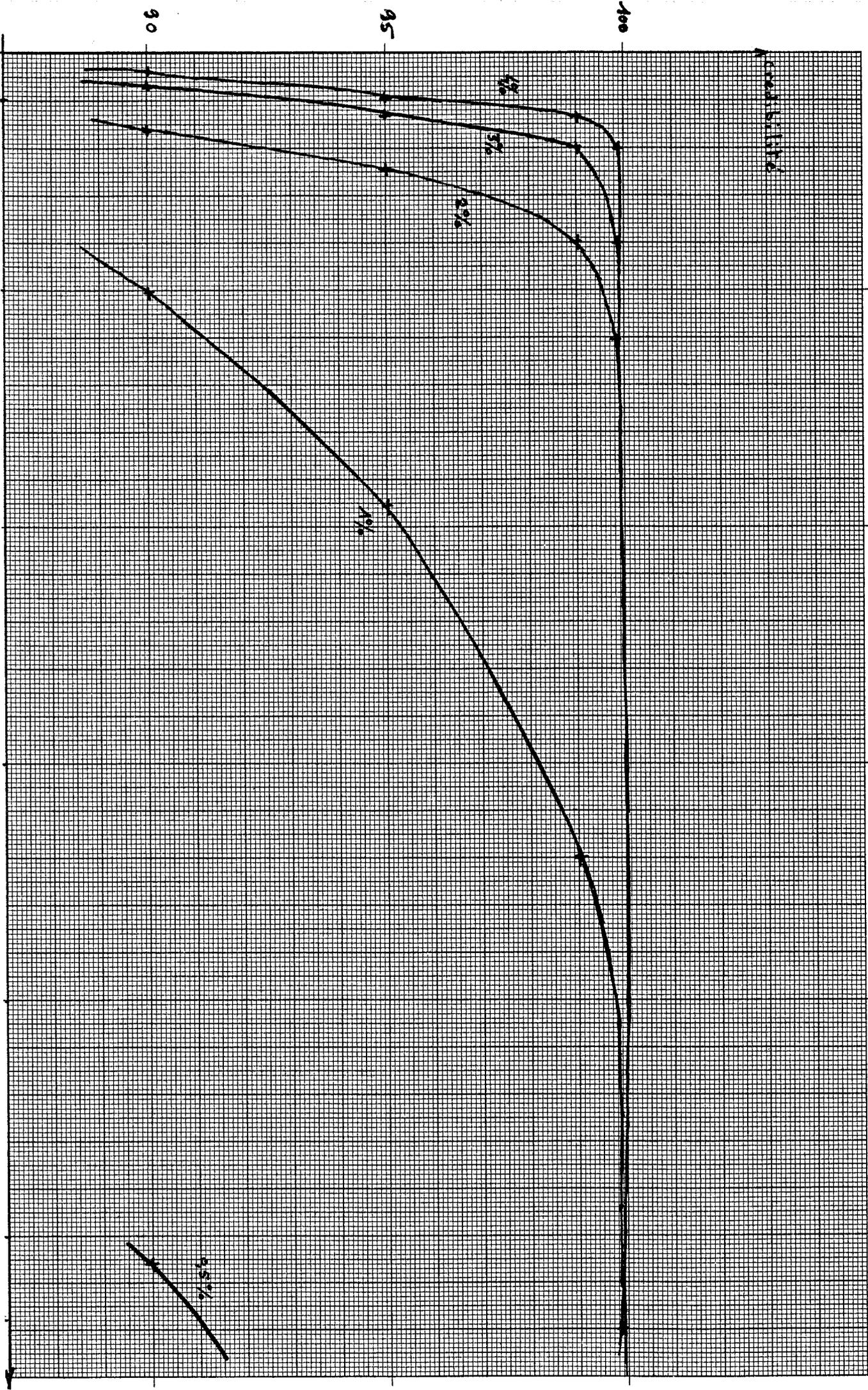
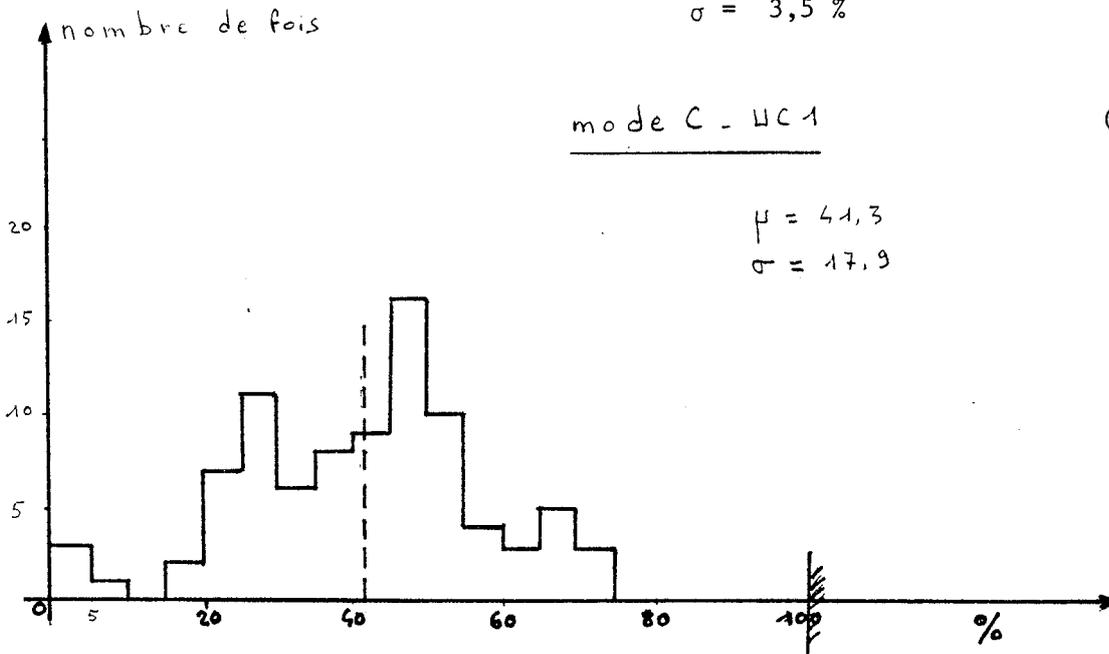


Figure I.10

Pour une distribution normale

$$\mu = 41,3 \%$$

$$\sigma = 3,5 \%$$

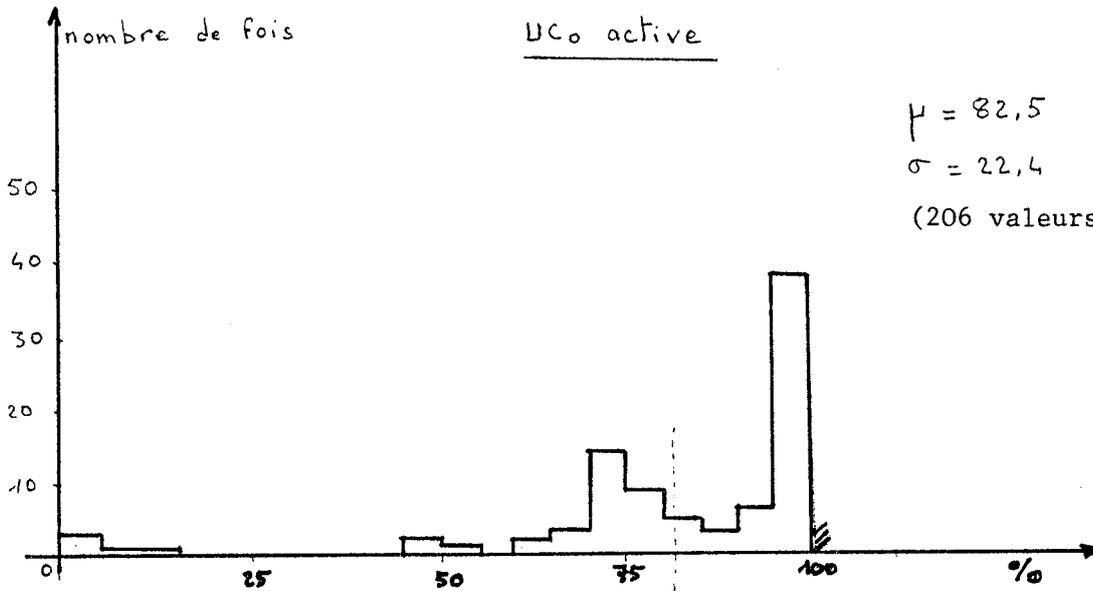


mode C - UC1

(MIR - 5.4.77)

$$\mu = 41,3$$

$$\sigma = 17,9$$



UC0 active

$$\mu = 82,5$$

$$\sigma = 22,4$$

(206 valeurs de 100 secondes)

Pour une distribution normale

$$\mu = 82,5 \% : \quad \sigma = \sqrt{\frac{0,82 \times 0,18}{206}}$$

$$\sigma = 2,7 \%$$

Figure I.11

Dans le cas où $p = 50 \%$ et $n = 300$, on calcule :

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{1}{4.300}} = 3 \%$$

Il arrive qu'on mesure en fait σ réel ≈ 15 à 25%

La figure I.11 représente deux distributions réellement obtenues sur les activités Unité Centrale d'un IRIS 80 biprocesseur.

Nous concluons de ce chapitre qu'il est illusoire de donner les résultats à 10^{-4} près et sans préciser la marge d'erreur et le degré de confiance que l'on peut faire à ces résultats. Nous n'avons jamais trouvé de telles indications sur les études réalisées avec des dispositifs matériels ou logiciels quels qu'ils soient.

II . 4 : Perturbations apportées par la sonde

L'extracteur d'informations dans l'ordinateur est constitué de sondes qui prélèvent quelques milliers d'échantillons au moins durant la phase de mesure.

Dans le cas de logimètre matériel, ces sondes sont électroniques et sont totalement extérieures à l'ordinateur : elles n'affectent pas son comportement, mais seulement elles déforment légèrement les signaux dans des proportions d'autant plus insignifiantes que la résistance d'entrée de la sonde est grande et que la capacité parallèle est faible (100 K Ω minimum, 5 pF maximum).

Cette déformation atteint quelques millivolts en amplitude et provoque un retard de quelques 2 à 3 ns sur le temps de montée du signal. Ces valeurs sont négligeables sauf lorsqu'on désire prélever des informations sur des opérateurs très rapides (mémoire bloc-notes ou ordinateurs de grande vitesse).

Les sondes logicielles sont par contre réalisées par de petits programmes localisées en mémoire de l'ordinateur et activées périodiquement. Deux types de perturbations sont apportées :

- occupation d'un volume mémoire qui atteint quelques dizaines de kilo-octets ;
- occupation de l'activité Unité Centrale ou overhead qui varie de 2 à 20 % selon le nombre d'activations.

Ces deux perturbations ne sont pas négligeables surtout si l'ordinateur est proche de la saturation : il y a alors diminution du throughput, augmentation des temps de réponse, etc... Ces perturbations sont difficiles à chiffrer, même si l'overhead peut être mesuré par logimètre matériel. Ce qu'on voit immédiatement, c'est que la précision de 1 % obtenue avec 17 000 échantillons est illusoire, en regard des altérations induites par la sonde logicielle.

CHAPITRE 3 : QUE MESURER SUR UN CALCULATEUR

Disposant d'un outil de mesure, on doit se poser la question : " que mesurer sur un ordinateur ?".

Généralement, on sait répondre à cette question, et on dispose des outils matériels et logiciels pour y parvenir. Dans certains cas qui deviennent

de plus en plus fréquents (réseaux, calculateurs distribués, ordinateurs très rapides, mini-informatique), on ne sait pas toujours quels critères analyser, et on ne dispose pas encore des outils. Nous étudions ici les paramètres de la mesure actuelle, nous esquisserons plus loin ce que pourraient être les nouveaux appareils de mesure.

III . 1 : Les objectifs de la mesure

L'étude de performance portera d'abord sur l'exploitation de la machine. Une analyse plus détaillée pourra être faite sur les logiciels et les matériels.

1° - Analyse de l'exploitation

Nous appelons ainsi les opérations qui consistent à évaluer l'ensemble des taux d'utilisation des ressources de la machine. Leur examen peut conduire à formuler des propositions destinées à optimiser le déroulement des travaux pour abaisser la durée du traitement donc le coût. Elles concerneront :

- les modalités de l'exploitation,
- les méthodes de programmation,
- le choix de la configuration.

Elles nécessitent une connaissance approfondie du contexte du fonctionnement du système informatique, connaissance qui sera le résultat d'un audit complet du centre.

Elle peut donner les grandeurs d'une modélisation de l'exploitation afin de prévoir le comportement du système à un accroissement de la charge et afin de définir la date réelle où un changement de configuration sera nécessaire.

2° - Analyse des logiciels

La connaissance de l'exploitation peut n'être pas suffisante. Une connaissance des logiciels est alors nécessaire. L'étude peut être menée dans les domaines suivants :

- Amélioration des programmes : Il est intéressant d'examiner le comportement du système durant l'exécution des programmes les plus fréquents ou les plus longs. L'histogramme de la mémoire, s'il est possible, permettra d'isoler les séquences d'instructions à optimiser. L'examen des entrées-sorties permettra de savoir si les facteurs de blocages sont corrects, s'il existe des conflits d'accès.
- Optimisation des fichiers disque : L'étude des mouvements des bras des disques les plus accédés conduira à une carte des cylindres appelés. On pourra alors s'efforcer de regrouper les fichiers les plus fréquents sur des pistes voisines ou disposer ces fichiers sur des unités de disques différentes.
- Analyse du système d'exploitation : L'examen des ressources utilisées par les modules constituant le système d'exploitation conduiront à définir les routines qui seront rendues résidentes en mémoire ou les niveaux de priorité à affecter aux tâches utilisateurs. La mesure pourra aider à la conception du système ou à l'optimisation des modules qui le composent.

3° - Analyse des matériels

L'optimisation de l'exploitation d'une configuration peut être conduite à partir de l'analyse détaillée des matériels qui le composent. Elle peut aboutir à une réduction des temps de traitement ainsi que des coûts.

La mesure des temps d'activité des sous-ensembles de l'ordinateur conduira à la constatation que certains sont employés à la limite de la saturation alors que d'autres sont sous-utilisés. On proposera l'accroissement des disponibilités des premiers (par exemple, en utilisant une Unité Centrale plus rapide) ou la suppression ou la modification d'éléments moins performants (suppression de canaux, de dispositifs spéciaux tels les "doubles-accès" ou les organes d'accélération des instructions de gestion, ...). Cependant, il convient d'être très prudent lors de ces propositions qui seront avantageusement justifiées par une modélisation de la configuration.

Par ailleurs, l'utilisation à 100 % d'un élément par moment alors que l'utilisation en moyenne est très faible, peut se justifier par la nécessité de temps de réponse très faibles notamment au cours d'applications en temps réel.

La mesure d'activité des canaux conduira, en particulier, à une distribution nouvelle des périphériques, si on désire un bon équilibrage. Celui-ci est d'ailleurs contesté par un certain nombre d'architectes dans le cas de canaux en double accès, proposant que l'un d'eux travaille la plupart du temps et que l'autre gère les pointes de trafic seulement.

Enfin, des études très ponctuelles, tel l'examen des codes opératoires, pourront amener le constructeur à une amélioration de l'ordinateur en optimisant le déroulement des plus fréquents ou en concevant de nouveaux codes combinant les séquences les plus répétitives. De telles modifications peuvent paraître difficiles lorsque la machine existe déjà, mais l'expérience ainsi acquise doit servir à la définition de nouveaux ordinateurs.

III . 2 : Types de mesure

Nous avons déjà abordé ce point dans le paragraphe précédent. Nous pouvons considérer que le système informatique comporte trois parties principales :

- Une Unité Centrale,
- Une Mémoire Centrale,
- des Unités d'entrées-sorties connectées à des périphériques locaux et à des organes situés à distance par l'intermédiaire de lignes de transmission.

Les diverses mesures peuvent être répertoriées suivant ce découpage.

1° - Mesures globales sur l'état du système informatique

Le logimètre matériel permettra d'évaluer d'abord les états élémentaires de l'ordinateur :

- état marche-arrêt,
- état système.

Ils correspondent au temps pendant lequel l'Unité Centrale est sous tension prête à exécuter des instructions et le temps total d'activité de l'un quelconque des composants du système. Ces temps doivent être le plus près possible de 100 %. La différence entre le temps de mesure et l'état système représente la somme des temps morts c'est-à-dire celui où aucun travail n'a pu être exécuté. Il est dû à une indisponibilité de l'ordinateur (montage de disque, de bande, de papier sur l'imprimante) ou à l'absence de travaux à exécuter. Ce dernier temps qui est parfois long indique un problème éventuel de planification.

2° - Mesures sur l'Unité Centrale

- Unité Centrale active,
- état superviseur,
- état problème,
- état problème par programme,
- registre d'état programme.

L'Unité Centrale est active lorsque des instructions se déroulent. Cet état peut inclure des temps d'attente au cours desquels des routines de surveillance s'exécutent, ainsi que des temps d'entrée-sortie.

Ce temps se décompose en mode superviseur et en mode problème dont l'interprétation n'est pas forcément évidente, puisque les entrées-sorties d'un utilisateur peuvent s'exécuter en mode superviseur. Le logimètre matériel permettra l'analyse des clés de protection mémoire en multiprogrammation, c'est-à-dire le temps passé dans chaque partition.

Le logimètre matériel permet la connaissance aisée de :

- nombre d'instructions exécutées,
- nombre d'appels au moniteur,
- succession, nombre et durée des codes opérations.

Outre les indications utiles au constructeur, ces informations permettent la définition précise du MIX d'une application ainsi que la vérification de l'utilité de dispositifs spéciaux, tel celui d'accroissement de la vitesse des instructions de gestion déjà cité (IRIS 80). Ces mesures ne sont pas toujours possibles avec les logimètres commercialisées. Elles ont été un objectif atteint avec "HARMONIE".

On saisira aussi les niveaux de priorité attachés au système d'interruption et notamment :

- le temps passé sur chaque niveau,
- le nombre d'interruptions,
- la succession des niveaux,
- les états des interruptions (inactive, en attente, active, masquée).

3° - Mesures sur la mémoire centrale

- registre d'adresses réelles,
- registre d'adresses virtuelles,
- compteur ordinal.

Ces mesures doivent permettre l'élaboration d'un histogramme d'utilisation de la mémoire qui indiquera le temps passé dans divers modules ou routines ou simplement l'utilité d'une taille définie de la mémoire.

Nous pensons utile de procéder à des mesures d'activité de la configuration et du throughput en neutralisant certains blocs mémoire afin d'en chiffrer l'utilité. Ces mesures permettront la connaissance de grandeurs utiles à un modèle du système.

La saisie des informations en provenance de la mémoire est délicate avec les logimètres matériels.

L'échantillonnage des registres programmables pourra permettre la transmission de grandeurs aux moniteurs cablés dans le cas d'utilisation de moniteurs hybrides qui seront les outils de demain.

4° - Mesure sur les canaux

Si un système comporte n canaux, les mesures devront impérativement porter sur les n canaux, y compris ceux qui supportent les périphériques lents ou les systèmes de télétransmission. On pourra évaluer :

- l'activité de chaque canal et on s'attachera à définir ce qu'on appelle ainsi,
- le nombre de transfert sur chacun d'eux,
- le recouvrement des canaux.

Si un canal est actif et l'Unité Centrale en attente, on prendra garde à ne pas affirmer que l'Unité Centrale est en attente de ce canal.

Si les canaux ont une utilisation déséquilibrée, on pourra proposer une redistribution des périphériques tendant à égaliser les canaux ; on s'interrogera au préalable sur l'utilité d'un équilibrage, en particulier lorsque deux canaux autorisent l'accès matriciel aux mêmes périphériques.

On ne se limitera pas aux canaux eux-mêmes. On étudiera pour les périphériques :

- l'activité des coupleurs,
- le débit par unité périphérique,
- pour les disques amovibles :
 - . les temps de mouvement de bras,
 - . les temps de réponse du canal au signal "bras prêt",
 - . le délai rotationnel,
 - . le temps de sélection,
 - . le nombre d'octets transférés,
 - . le nombre d'erreurs de transfert,
 - . les adresses cylindres accédées.

Ces mesures ne peuvent être faites sur tous les tourne-disques ; on les exécutera sur les unités les plus sollicitées notamment sur ceux qui supportent le système ou certaines applications importantes.

- pour les bandes magnétiques :
 - . le temps d'occupation,
 - . le débit,
 - . les temps de rembobinage,
 - . le nombre d'erreurs de transfert.
- pour les périphériques lents et la console opérateur :
 - . les temps d'activité en recouvrement avec l'attente UC,
 - . etc...

5° - Mesure sur les organes de télétraitement et les réseaux

Ces dispositifs se généralisent et prennent de plus en plus d'importance dans un Centre Informatique. Au voisinage de l'ordinateur central, on tentera d'évaluer :

- l'activité des coupleurs de télétransmission, qu'ils soient en mode messages ou en mode caractère,
- le débit des lignes qui y sont connectées,
- la longueur des messages,
- le nombre d'erreurs de transfert provoquant une répétition de l'information,
- le temps de réponse de l'ordinateur à un message,
- etc...

Les mesures sur le télétraitement et les réseaux par moniteur matériel ne sont pas toujours aisées du fait de la nature des signaux, du mode de transmission série, de leur répartition en de nombreux endroits,... Des moniteurs logiciels semblent mieux adaptés. Néanmoins, on peut signaler l'apparition d'outils cablés très récents plus ou moins bien adaptés (TESDATA MSTI) qui ouvrent la voie à des appareils plus performants qui doivent être conçus.

6° - Mesures sur les dispositifs spéciaux

Si tous les constructeurs ont employé une structure d'ordinateur semblable, chacun utilise des dispositifs spéciaux destinés à accroître la rapidité de son système, ou à améliorer la sécurité du traitement. Ces dispositifs sont parfois très rapides et ne se prêtent pas aisément à des mesures. Il s'agit de :

- la mémoire virtuelle,
- la mémoire topographique,
- l'antémémoire,
- la connexion matricielle des périphériques,
- les systèmes de décodage anticipé des instructions,
- les dispositifs d'accélération d'exécution de certaines instructions,
- etc...

On s'attachera à définir le nombre de fois qu'il y est fait appel afin d'en évaluer l'utilité. La mesure directe par logimètre matériel n'est pas toujours facile. En cas d'impossibilité, on pourra mesurer les activités de la configuration et le temps des passages de benchmarks, avec et sans chacun des dispositifs.

DEUXIEME PARTIE

2EME PARTIE

STRUCTURE ET UTILISATION D'UN LOGIMETRE-HARMONIE

CHAPITRE I : CONCEPTION ET UTILISATION DES COMPTEURS

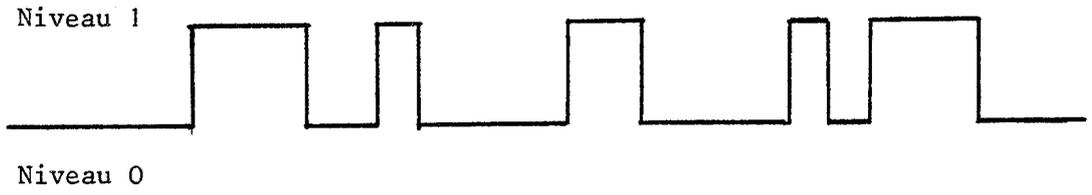
I . 1 : Conception des compteurs

L'expérience de plusieurs dizaines de campagnes de mesure par logimètre matériel sur des sites divers montre que les deux tiers des opérations de mesure consistent à compter simplement la durée d'un phénomène ou la répétition de celui-ci, qu'il soit un simple indicateur d'activité ou le signal résultant d'une opération plus évoluée.

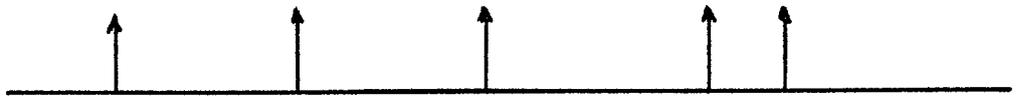
Dans tous les cas, le dispositif a alors pour but d'analyser un signal apparaissant sur un fil unique. Il a la forme indiquée sur la figure II.1 et on peut s'intéresser :

- soit à la durée de présence au niveau 1,
- soit au nombre de fois qu'il bascule de niveau de référence 0 au niveau 1.

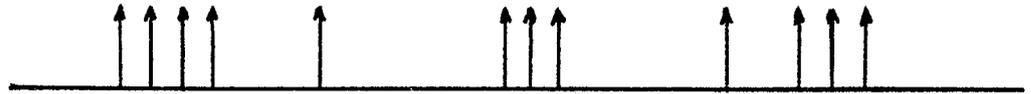
Dans le premier cas, il s'agira, par exemple, du taux d'activité d'une partie de l'ordinateur (Unité Centrale, mode moniteur, niveau de priorité, partition, unité de liaison, canal), ou d'un groupe d'informations ramené à un signal unique (module mémoire exprimé par la présence entre deux



Signal à évaluer par un compteur



Comptage d'évènements : signal résultant



Comptage de durée : signal résultant

Figure II.1

adresses, etc...). Dans le deuxième cas, il s'agira d'un nombre de transferts entre deux unités de la machine, d'un nombre de messages émis sur une ligne, etc...

La caractéristique essentielle est que le dispositif à étudier est exprimé par un signal électronique sur un fil unique. Dans le temps, le signal peut avoir un taux de répétition ou une durée très variables.

Certains phénomènes peuvent se produire à une cadence de plusieurs millions par seconde et d'autres à la fréquence du hertz selon l'origine du signal (Unité Centrale, ligne de transmission...). D'autres ont des durées extrêmement courtes (fraction de micro-seconde) ou longues.

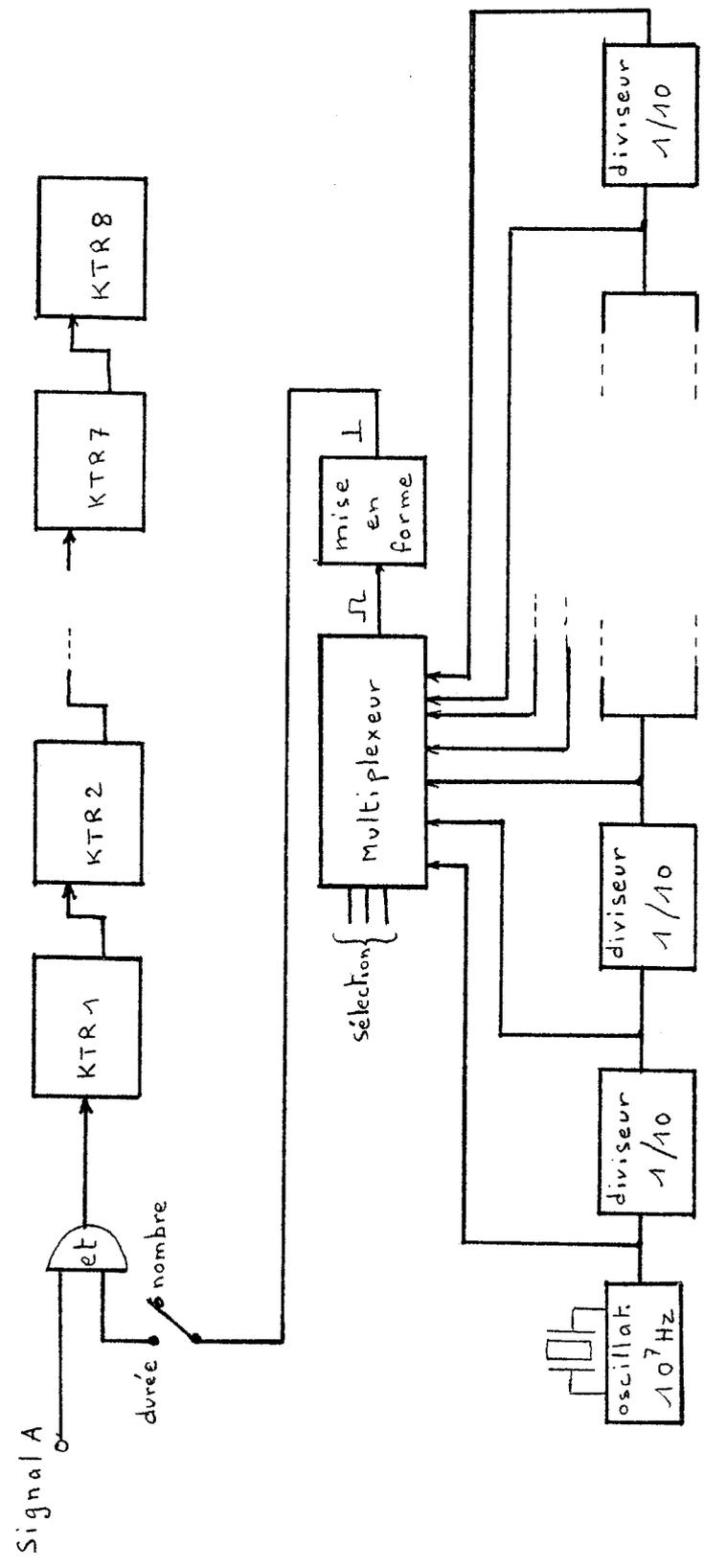
Le dispositif de mesure qui est ici un compteur aura pour caractéristique principale de pouvoir échantillonner ou enregistrer des signaux d'une telle dynamique.

Une première version du système Harmonie comportait huit compteurs indépendants les uns des autres : l'expérience a montré qu'un tel nombre est trop faible et nous l'avons porté à seize, ce qui est généralement suffisant.

Les tous premiers "Hardware monitors" ne comportaient que des compteurs, tel le Basic Counter Unit d'IBM.

La figure II.2 représente l'électronique de traitement d'un compteur. Afin de pouvoir visualiser directement le résultat, nous avons choisi des étages compteurs décimaux. De plus le comptage pouvant concerner des phénomènes répétitifs à 10 MHz, la dynamique du compteur est telle que la mesure peut durer dix secondes, temps nécessaire pour qu'elle soit représentative du comportement moyen du système. Les compteurs sont donc

fig II-2



composés de huit étages décimaux. Le premier étage doit pouvoir basculer à la vitesse de $0,1 \mu s$, ce qui est aisément obtenu avec les technologies TTL classiques. On peut aisément, avec celles-ci, atteindre des vitesses de 50 MHz.

Lorsqu'il s'agit de mesurer le nombre d'occurrences du signal, c'est lui-même qui est envoyé sur le compteur à travers une porte de commande validée par le signal "marche/arrêt" de la mesure. Il n'y a pas d'échantillonnage sauf si le taux maximum à compter est très élevé, cas où on comptera après division extérieure un événement sur n .

Par contre, lorsqu'on veut obtenir la durée cumulée d'un phénomène, on comptera une base de temps rapide lorsque le signal S se produira. Pour cela, on dispose d'un oscillateur qui est appliqué au compteur à travers une porte commandée par le signal à étudier. A première vue, on pourrait croire que la fréquence de l'oscillateur doit être beaucoup plus élevée que la période moyenne du signal S . Cependant, l'horloge n'étant absolument pas synchronisée à S , on obtiendra des résultats statistiquement suffisants avec une horloge de période lente, pourvu que le nombre total enregistré sur le compteur soit suffisamment élevé. On adaptera ainsi la fréquence F d'échantillonnage à la durée D de la mesure.

Si $D = 100$ secondes, un signal d'activité présent à 100 % autorise sur un compteur de 10^8 positions une fréquence $F = 10^6$ Hz

Si $D = 10$ secondes, $F = 10^7$ Hz.

Une précaution à prendre, cependant, est que l'impulsion d'échantillonnage soit extrêmement étroite. Nous avons retenu une largeur $t = 15$ ns (15×10^{-9} s). En effet, si l'impulsion

est nettement plus large que le phénomène à mesurer, c'est ce dernier qui apparaît comme oscillateur et qui échantillonne la largeur de l'impulsion d'horloge, ce qui conduit à des résultats erronés : on obtiendrait, en effet, le nombre de fois que le phénomène s'est produit pendant que l'horloge est à l'état haut, ce qui ne correspond aucunement au taux de présence à l'état haut du signal d'entrée.

Sur les seize compteurs d'Harmonie, les signaux d'entrée peuvent avoir des largeurs et des récurrences très différentes. On choisit donc la fréquence de l'oscillateur d'échantillonnage indépendamment pour chaque voie. Nous avons opté pour un rapport 10 dans le choix des fréquences qui peuvent varier de 100 Hz à 10 MHz. La figure 2 comporte également le schéma de ces horloges.

I . 2 : Utilisation des compteurs d'un logimètre

Avant d'utiliser les compteurs d'un logimètre, l'utilisateur doit se poser la question du but de la mesure. Effectivement, nous sommes tentés de prélever une multitude d'informations dont nous ne saurions pas toujours utiliser le résultat.

La première question que nous nous posons est celle du critère de performance du système. En effet, on n'effectue pas les mêmes mesures selon que le critère est l'évaluation de la configuration soumise à une contrainte donnée de travaux, ou qu'il consiste à étudier le taux d'utilisation de modules mémoires ou le comportement des ressources disques face à une augmentation de l'utilisation des consoles de consultation de fichiers, etc...

A la plupart des questions que l'on se pose, on peut apporter

une réponse plus ou moins simple à l'aide des compteurs et de quelques portes logiques.

La mesure la plus fréquente est celle de l'activité des sous-ensembles d'une configuration informatique. Ces sous-ensembles ne portent pas la même terminologie selon les constructeurs ; ils ne présentent pas toujours la même importance relative, selon qu'il s'agisse d'un gros calculateur ou d'un petit ; ainsi, dans le premier cas, on peut attacher plus d'importance à l'activité d'une unité centrale, alors que pour un mini-calculateur l'importance se portera davantage vers la mémoire ou les périphériques eut égard à leur coût relatif. Nous présentons de préférence, les indicateurs propres à un ordinateur gros ou moyen. on s'intéressera aux sous-ensembles onéreux de la configuration :

Unité Centrale = activité générale...
= fonctionnement en mode moniteur...
= activité par partition ou par classe de travaux ou par niveau de priorité...

Mémoire Centrale = activité des différents blocs mémoires représentée par le nombre d'adressage à chacun d'eux...
= activité de tel module compris entre une adresse haute et une adresse basse...
= nombre de transferts par accès...

Canaux ou Unités d'échanges = temps d'occupation ou d'immobilisation...
= nombre de transferts vers tel périphérique et vers la mémoire...

Périphériques rapides = temps d'occupation du coupleur...
= répartition des transferts par accès...
= temps d'indisponibilité...

On sera amené à s'intéresser aux activités simultanées de tel ou tel indicateur. Le signal analysé sera le ET réalisé extérieurement dans deux indicateurs. De même, on s'intéressera au temps d'activité d'un indicateur (canal) et au temps d'immobilisation d'un autre (Unité Centrale). Nous affirmons qu'on doit éviter de conclure alors que l'attente d'un sous-ensemble est dû à la surcharge de l'autre, comme il est affirmé généralement car l'attente du premier peut être dû à la contention d'un troisième indicateur non mesuré par exemple.

On doit s'intéresser, également, à un certain nombre d'organes de coût plus faible mais dont la saturation ou l'indisponibilité peut être un facteur de blocage du système comme nous l'avons rencontré :

- console opérateur
- concentrateur de lignes de télétransmission
- dérouleurs de bande
- etc...

I . 3 : Mode de traitement des prélèvements par compteur

1° - Historique

La durée d'une opération de mesure est variable selon son but. Nous avons été amené à considérer des phénomènes bien particuliers n'excédant pas quelques minutes. Cependant, généralement, elle se compte en heures. On ne se contentera pas de réaliser un enregistrement de toute cette durée ; en effet, imaginons que le résultat de l'activité unité centrale, durant une heure, soit de 50%. Se limiter à un tel résultat peut cacher le fait qu'elle ait été en saturation (100%) pendant une demi-heure et en attente l'autre demie.

Généralement, on divisera le temps prévu de mesure en intervalles élémentaires qui pourront être d'une minute par exemple, et on procèdera à une succession d'enregistrement des paramètres mesurés qui pourront atteindre plusieurs centaines.

Le premier examen des résultats consistera à considérer l'évolution dans le temps de chacun des compteurs. La figure II.3 montre l'évolution détaillée d'une voie seule. La figure II.4 permet de comparer l'évolution de dix indicateurs. Cette juxtaposition a pour but d'attirer l'attention de l'opérateur sur des variations qui peuvent être liées : une augmentation d'activité sur la voie 1 peut correspondre à une diminution d'activité sur la voie 4.

Cette représentation graphique est appelée "Historique" ; elle est obtenue à l'aide d'un programme en FORTRAN. On aura pu observer que chaque ligne représente la moyenne obtenue par chacun des dix paramètres pendant une durée de cent secondes. Le nombre d'étoiles donne une idée grossière de la grandeur et les chiffres précisent celle-ci.

2° - Calculs des moments

Chaque paramètre observé est donc représenté par une collection de valeurs successives. Il apparaît utile d'effectuer des calculs statistiques simples permettant de schématiser dans un tableau le comportement de ces paramètres. Nous avons calculé pour chacun d'eux :

- la moyenne exprimée par : $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$

- l'écart type : $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$

- le minimum atteint

- le maximum atteint

n étant le nombre de prélèvements successifs.

X_i étant la valeur du i ème prélèvement.

A - La moyenne est la grandeur statistique la plus utilisée. Elle résume en un nombre l'ordre de grandeur du phénomène. On remarque que si le nombre de mesures n'est pas très élevé, une grandeur aberrante peut perturber gravement le résultat. Considérons, en effet, les deux distributions des temps de réponse d'un terminal qui ont la même valeur moyenne ; on s'aperçoit que le service rendu est différent dans les deux cas :

| Temps de réponse en secondes | Temps de réponse en secondes |
|------------------------------|------------------------------|
| 9 | 2 |
| 9 | 3 |
| 9 | 3 |
| 10 | 4 |
| 11 | 36 |

Somme : 48

Somme : 48

Moyenne : $48/5 = 9,6$

Moyenne : $48/5 = 9,6$

On restera donc prudent pour interpréter la moyenne.

Lorsqu'on procède à des mesures, on remarque que la moyenne est calculée sur des prélèvements qui sont chacun obtenus, pour une durée précise de mesure. Ces

fenêtres doivent avoir la même durée pour le calcul de la moyenne, sinon on devra pondérer chaque nombre. Ainsi, dans la distribution suivante, la moyenne d'activité CPU sera, non pas la première calculée, mais la seconde.

| Durée | Activité CPU | Durée | Activité CPU |
|--------|--------------|---------|--------------|
| 2 min. | 45 | 2 min. | 41 |
| 2 min. | 44 | 15 min. | 35 |
| 2 min. | 38 | 10 min. | 27 |
| 2 min. | 46 | 2 min. | 33 |
| 2 min. | 43 | 2 min. | 35 |

1er calcul de la moyenne : 38,7

2ème calcul de la moyenne : 35,2

B - L'écart-type caractérise la dispersion des mesures.

Un écart-type faible correspond à une dispersion faible des prélèvements donc à un fonctionnement homogène du paramètre. Un écart-type important (par rapport à la moyenne) indique un comportement fluctuant. C'est le cas de la plupart des critères mesurés et représentés dans la figure II.5. On rappelle que 68 % des valeurs obtenues doivent se situer, par rapport à la moyenne, à plus ou moins l'écart-type, et 95 % à plus ou moins deux fois l'écart-type, ceci pour une distribution normale avec un nombre de prélèvements importants.

Considérer l'écart-type permet donc de vérifier que des mesures ont une probabilité importante d'être aberrantes lorsqu'elles sont trop éloignées de la moyenne. Ainsi, une série de mesures peut avoir

TABEAU DES MOMENTS

| KPT | TMOY | TMAX | TMIN | TETY | |
|-----|-------------|-------------|----------|-------------|----------|
| 1 | 92.30367 | 99.99995 | 34.74442 | 8.52276 | N HALT |
| 2 | 37.17343 | 97.98131 | .00000 | 36.49678 | ESCLAVE |
| 3 | 42.03073 | 99.99994 | .00000 | 37.05569 | IT 0 |
| 4 | .00000 | .00000 | .00000 | .00000 | |
| 5 | 20.39497 | 75.95993 | .00000 | 18.41241 | ACT UL2F |
| 6 | .90478 | 21.62250 | .00000 | 2.98095 | ACT UL6F |
| 7 | 8.96672 | 72.49117 | .00000 | 11.80534 | ACT UL1F |
| 8 | 1.77789 | 61.13046 | .00000 | 7.59733 | ACT UL5F |
| 9 | 11571.39062 | 47473.50000 | .00000 | 10310.85937 | TR UL 2F |
| 10 | 470.79297 | 11602.96484 | .00000 | 1676.24463 | TR UL 6F |
| 11 | 4868.59375 | 62824.45312 | .00000 | 8599.00000 | TR UL 1F |
| 12 | 778.26807 | 37631.26953 | .00000 | 4299.76172 | TR UL 5E |
| 13 | 10171.61719 | 47473.50000 | .00000 | 9689.41016 | TR 2°F1 |
| 14 | 335.61328 | 8093.03516 | .00000 | 1184.55640 | TR E2 |
| 15 | 244.72340 | 12598.94922 | .00000 | 1398.63013 | TR E3 |
| 16 | 751.43140 | 34749.80859 | .00000 | 3469.57666 | TR E4 |

DATE: 27 10 76
 HEURE DEBUT: 8 30 8.236
 HEURE FIN : 19 31 11.166

Figure II.5

fourni les résultats suivants, pour le temps d'accès à un disque :

Temps moyen : 15,64 ms

Ecart-type : 0,92 ms

95 % des accès doivent être compris entre 13,80 et 17,48 ms. Un temps de 20,35 ms est improbable et suspect quoique possible.

Nous avons également calculé pour ces variables :

- la dissymétrie de la répartition exprimée par

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{n \times \sigma^3}$$

qui caractérise l'asymétrie de la répartition par rapport à la moyenne.

- l'applatissage défini par

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{n \times \sigma^4}$$

Ces deux derniers moments ont été abandonnés car ils sont difficilement interprétables.

La figure II.5 représente un tel tableau résumant le comportement d'un ordinateur durant 12 heures, mesures réellement effectuées sur un ordinateur IRIS 80, en milieu universitaire.

3° - Coefficients de corrélation linéaire

Le coefficient de corrélation est un paramètre statistique qui indique la relation linéaire qui existe entre deux ensembles de mesures effectuées simultanément sur des phénomènes différents.

Si i et j sont deux indices représentant deux compteurs différents et si k est le k ième échantillonnage, le coefficient de corrélation a pour expression :

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^N z_i \times z_j}{N}$$

avec
$$z_i = \frac{x_{ik} - \bar{x}_i}{\sigma_i} \qquad z_j = \frac{x_{jk} - \bar{x}_j}{\sigma_j}$$

N : nombre d'échantillonnages durant la campagne de mesure.

\bar{x}_i : moyenne des échantillonnages sur le compteur i .

x_{ik} : valeur du k ième échantillonnage.

σ_i : écart-type du compteur i .

On suppose que tous les échantillons ont le même poids (même durée).

Dans le cas du système Harmonie, nous avons réalisé seize compteurs indépendants. Le calcul des coefficients de corrélation de tous les compteurs entre eux conduit à une matrice (16,16).

MARDI 26 OCTOBRE 76 IRT19 ##
 TABLEAU DES CORRELATIONS

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D |
|----|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | ***** | .67758 | -.70916 | .00000 | .01162 | .07457 | .07852 | .13343 | .00531 | .05247 | .12016 | .09276 | .05914 |
| 2 | .67758 | ***** | -.87566 | .00000 | -.03840 | -.03617 | -.08371 | -.05765 | -.00802 | -.02090 | -.02907 | -.13845 | .05492 |
| 3 | -.70916 | -.87566 | ***** | .00000 | -.16021 | -.03428 | -.19659 | -.15253 | -.17927 | -.05723 | -.22020 | -.11694 | -.24022 |
| 4 | .00000 | .00000 | .00000 | ***** | .00000 | .00000 | .00000 | .00000 | .00000 | .00000 | .00000 | .00000 | .00000 |
| 5 | .01162 | -.03840 | -.16021 | .00000 | ***** | .35566 | .17762 | -.10697 | .91714 | .37994 | .17149 | -.05420 | .76253 |
| 6 | .07437 | -.03617 | -.03428 | .00000 | .35566 | ***** | -.00936 | -.06310 | .37775 | .97650 | -.02706 | -.05183 | .26391 |
| 7 | .07852 | -.08371 | -.19659 | .00000 | .17762 | -.00936 | ***** | .66837 | .19183 | -.00702 | .87344 | .74606 | .29551 |
| 8 | .13343 | -.05765 | -.15253 | .00000 | -.10697 | -.06310 | .66837 | ***** | -.10536 | -.06197 | .57622 | .91448 | -.07902 |
| 9 | .00331 | -.00802 | -.17927 | .00000 | .91714 | .37775 | .19183 | -.10536 | ***** | .41486 | .19725 | -.05642 | .85938 |
| 10 | .05247 | -.02907 | -.05723 | .00000 | .37994 | .97650 | -.00702 | -.06197 | .41486 | ***** | -.02589 | -.04796 | .27876 |
| 11 | .12016 | -.02907 | -.22020 | .00000 | .17149 | -.02706 | .87344 | .57622 | .19725 | -.02589 | ***** | .65211 | .28461 |
| 12 | .09276 | -.13845 | -.11694 | .00000 | -.05420 | -.05183 | .74606 | .91448 | -.05642 | -.04796 | .65211 | ***** | -.03458 |
| 13 | .05914 | .05492 | -.24022 | .00000 | .76253 | .26391 | .29551 | -.07902 | .85938 | .27876 | .28461 | -.03458 | ***** |
| 14 | -.00160 | -.01515 | .01508 | .00000 | .03585 | -.00051 | .28994 | .00242 | .05080 | .00842 | .06574 | -.00721 | .07643 |
| 15 | .09116 | -.13249 | -.12092 | .00000 | -.05797 | -.05004 | .72990 | .91352 | -.06014 | -.04587 | .62762 | .09450 | -.03970 |
| 16 | .06406 | -.14854 | -.10599 | .00000 | -.04689 | -.05077 | .71104 | .86352 | -.04542 | -.04580 | .64987 | .96315 | -.02027 |

Figure II.6

On remarquera qu'évidemment :

- $r_{ij} = r_{ji}$: la matrice est symétrique.
- $r_{ii} = 1$: les éléments de la diagonale sont égaux à l'unité.

Les compteurs qui représentent les phénomènes les plus corrélés linéairement sont ceux pour lesquels le coefficient est le plus proche de l'unité en valeur absolue.

La figure II.6 représente un tableau de corrélation obtenu par programme sur une mesure réelle. On constate que les voies les plus corrélées sont : 10 et 6, soit activité et transferts d'une même unité de liaison (disque), ce qui est logique.

Remarque :

Le coefficient exprime la corrélation linéaire entre deux phénomènes.

On peut affirmer que si $|r_{ij}|$ est voisin de 1, il existe une relation linéaire entre i et j . De même, si deux phénomènes sont indépendants, leur coefficient de corrélation sera voisin de 0. La réciproque est fautive : si le coefficient est nul, la corrélation peut être étroite, mais non linéaire.

4° - Nuages de points

Nous avons cherché à représenter graphiquement la relation entre deux compteurs fortement corrélés. Nous proposons ici une méthode de visualisation appelée "nuage de points".

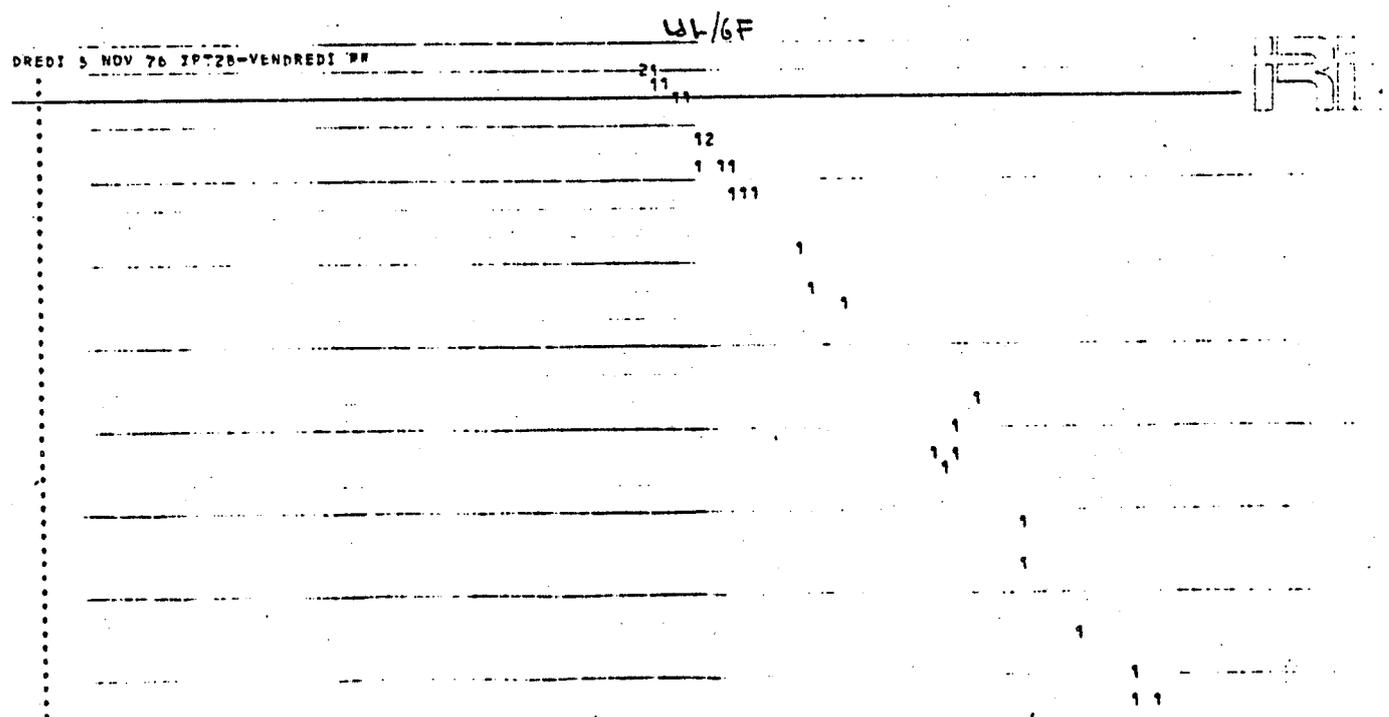
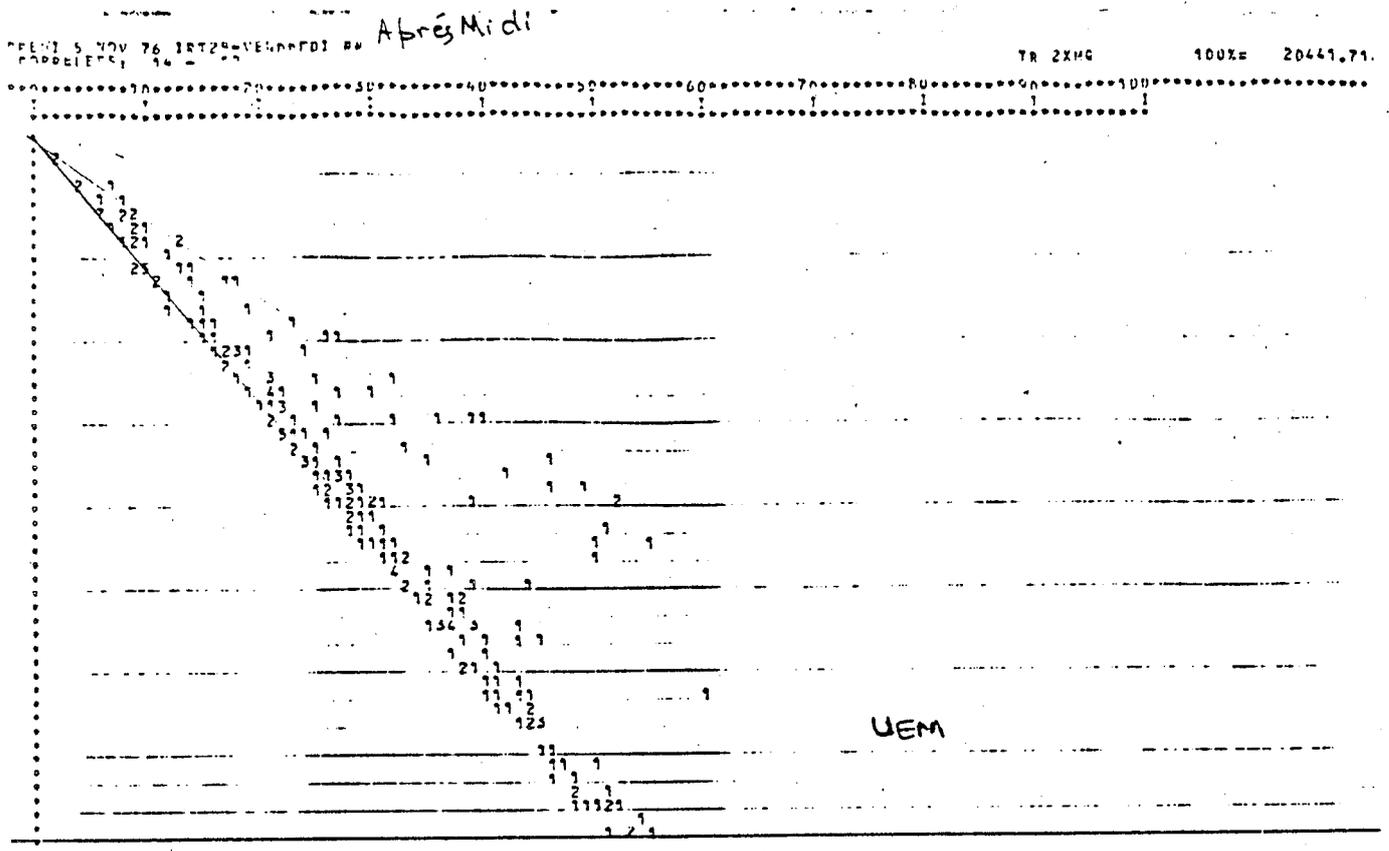
Elle consiste à représenter, dans un repère orthonormé par un caractère, le résultat de la mesure simultanée de deux compteurs. L'abscisse x du point est la grandeur obtenue par le 1er compteur ; l'ordonnée y est la grandeur atteinte par le 2ème. Une succession de cent mesures donnera lieu à une centaine de points. Si un point est obtenu une fois, il sera représenté par le caractère 1 ; s'il est obtenu deux fois, par le caractère 2 ; etc... jusqu'au caractère 9 puis par les lettres A à Z, enfin par le caractère "*" pour plus de trente six fois. La figure II.7 représente un tel nuage de points.

Afin d'améliorer la présentation, nous procédons à une dilatation de l'échelle de sorte que l'origine du graphique corresponde au minimum de chaque variable et l'extrémité de chaque axe aux maximums obtenus. Ceci permet de représenter aussi bien des résultats exprimés en pourcentage (mesure de durées) que d'autres exprimés en nombre de fois (mesures d'occurrences).

On remarque que si le coefficient de corrélation est voisin de "1", les points s'alignent sur une droite à pente positive ; si le coefficient est voisin de "-1", les points s'alignent sur une droite à pente négative.

Généralement, on obtient des figures linéaires ; néanmoins, on peut comprendre que des phénomènes en exponentielle ou parabole peuvent présenter un degré d'intérêt important dans la compréhension d'un problème informatique ; cependant, comme l'indiquait la remarque du paragraphe précédent, ces phénomènes ne conduisent pas à un coefficient de corrélation linéaire voisin de l'unité. Nous n'avons pas trouvé de moyen simple d'attirer l'attention de l'opérateur sur de tels nuages éventuels autrement qu'en les traçant tous, ce qui représenterait, pour seize compteurs, cent douze nuages différents, ce qui est exclu.

Figure II.7



100% 78051.0875

Transferts UL 6F et Transferts 2XMG

(tête par seconde)

En l'absence de l'UL 2F, on distingue 2 types de travaux :

- pour l'UL 6F, d'une part
- pour l'UEM, d'autre part.

Nous proposons donc ici une méthode plus complexe tendant à retrouver les courbes intéressantes mais ne présentant pas un coefficient de corrélation linéaire élevé.

A - Principe de la méthode

- a) Un nuage de points est déclaré "intéressant" lorsque les points occupent une courbe sur une faible surface.

La méthode consiste donc à quadriller l'espace limité par

$$Y = Y_{\min} \text{ et } Y = Y_{\max}$$

$$X = X_{\min} \text{ et } X = X_{\max}$$

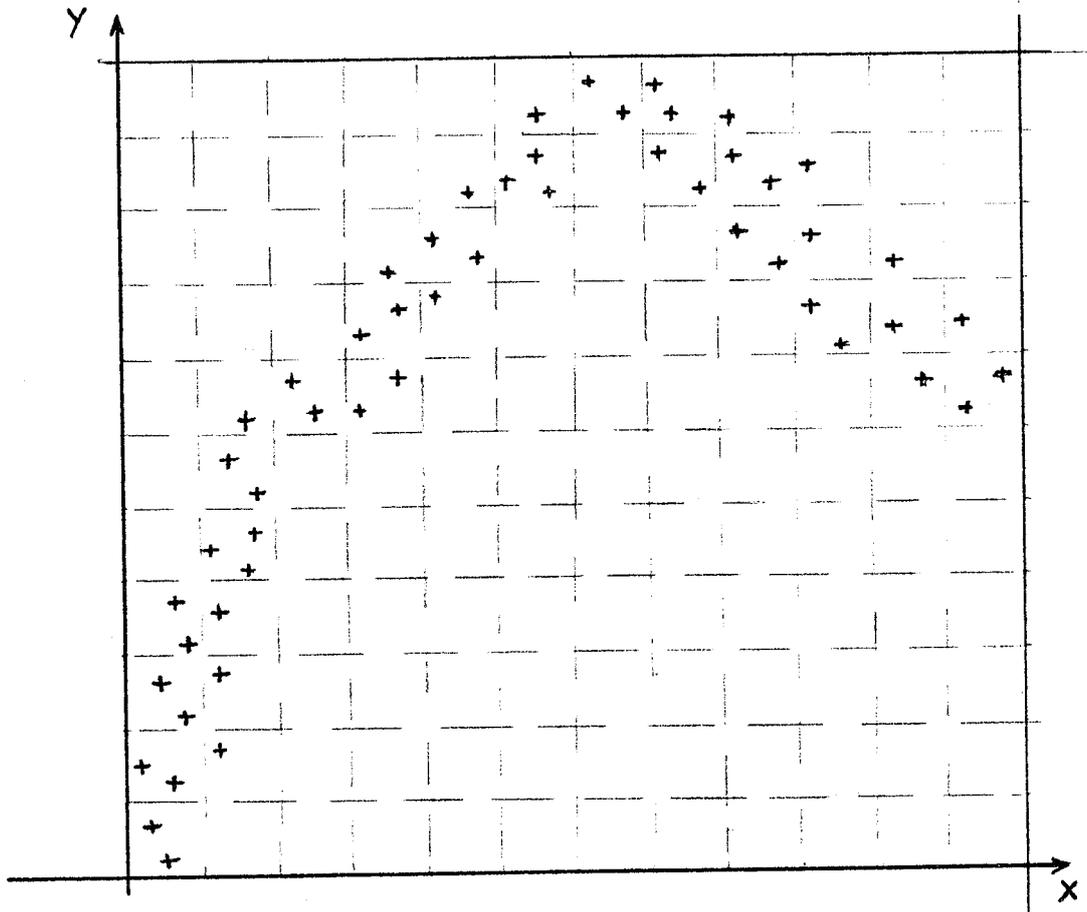


Figure II.9

et à calculer le rapport :

$$r = \frac{\text{Nombre de cases contenant au moins un point}}{\text{Nombre de cases total}}$$

$R = 1 - r$ constitue la "note de regroupement".

Le quadrillage du nuage ne doit pas être choisi

- ni trop fin, car il aura autant de cases occupées que de points dans le nuage ;
- ni trop large, car la sensibilité de la méthode devient mauvaise.

Nous avons testé trois quadrillages :

| | | | |
|---|-----------------|---|---|
| - | Nombre de cases | = | Nombre de points du nuage |
| - | " | " | = $\frac{\text{Nombre de points du nuage}}{2}$ |
| - | " | " | = $\frac{\text{Nombre de points du nuage}}{4}$ |
| - | " | " | = $\frac{\text{Nombre de points du nuage}}{16}$ |

- b) Un nuage de points n'est pas intéressant si le regroupement des points est dû à une valeur aberrante, qui "tasse" tous les autres points. De même, un fort déséquilibre des valeurs prises par une variable concentre artificiellement le nuage de points.

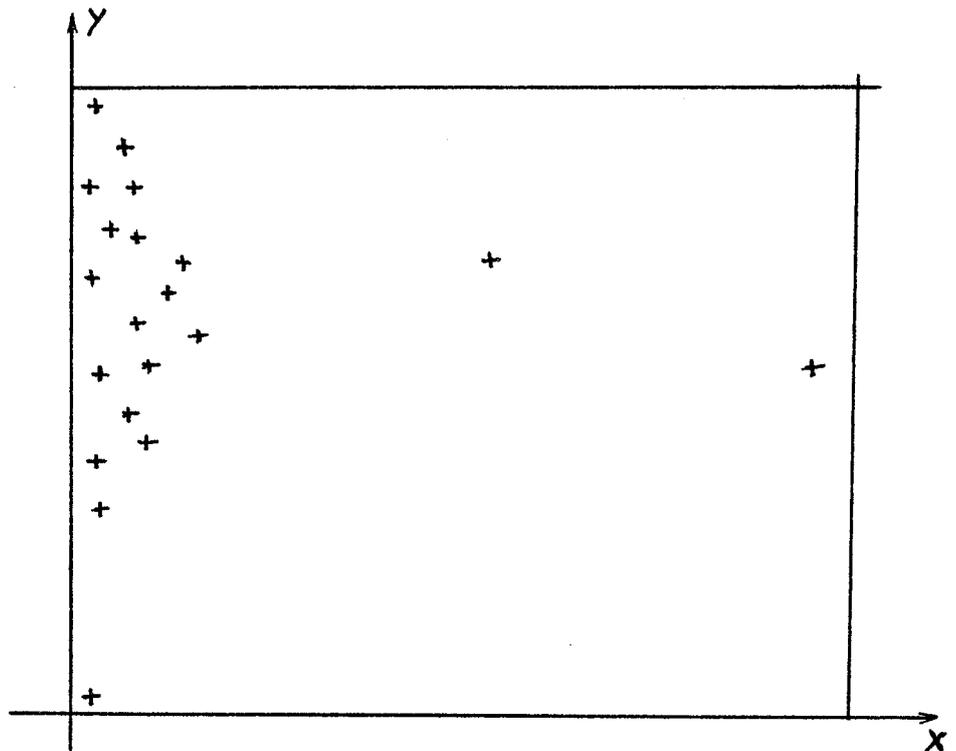


Figure II.10

Pour corriger ou éliminer de tels nuages, nous avons testé quatre méthodes :

- 1ère méthode de correction : Eliminer les points extrêmes jusqu'à ce que la moyenne des valeurs soit suffisamment éloignée des extrêmes. Cette méthode s'est avérée inutilisable.
- 2ème méthode de correction : Ne pas tenir compte des colonnes (ou lignes) entièrement vides pour le décompte du nombre de cases total.
- 3ème méthode de correction : Pénaliser les colonnes (ou lignes) vides en remplissant à posteriori certaines de leur cases en fonction de la densité de cases occupées dans les colonnes et lignes avoisinantes.

- 4ème méthode de correction : Pénaliser les distributions de valeurs fortement déséquilibrées entre le minimum et le maximum. Le principe est de calculer une "note d'équilibre" fonction de la distance entre la moyenne des valeurs et le milieu de l'intervalle de variation. Cette note d'équilibre intervient pour 20 % de la note finale. La note de regroupement intervient pour les 80 % restant.

B - Résultats

Nous avons travaillé sur un ensemble de données prélevées avec Harmonie soit trois cents enregistrements de six compteurs ;

Sur un ordinateur CII IRIS 80 :

- Activité unité centrale
- Activité unité centrale en mode maitre
- Nombre d'instructions/seconde
- Nombre de transferts UC-mémoire/seconde
- Nombre de transferts UE1-mémoire/seconde
- Nombre de transferts UE2-mémoire/seconde

Ces données contiennent des relations soit très fortes, soit assez faibles.

Divers essais ont été effectués en faisant varier le rapport du nombre de cases du quadrillage et du nombre de points du nuage, ou la méthode de correction des valeurs aberrantes. Deux critères de jugement des résultats ont été utilisés :

- le coefficient de corrélation des rangs de Spearman par rapport à une classification des différents nuages établie subjectivement au vu de ces nuages.

- le rang le plus élevé obtenu par les nuages dont l'édition a été jugée subjectivement indispensable. Plus ce rang est élevé, moins la méthode est sélective.

TABLEAU DES RESULTATS

| N° de l'essai | Rapport nb de cases ----- nb de points | Méthode de correction | Coefficient de corrélation des rangs HM | Rang le plus élevé des nuages indispensables HM |
|---------------|---|-----------------------|---|--|
| 1 | 1/1 | aucune | 0,78 | 8 |
| 2 | 1/2 | aucune | 0,80 | 9 |
| 3 | 1/4 | aucune | 0,75 | 9 |
| 4 | 1/16 | aucune | 0,45 | 14 |
| 5 | 1/1 | 2ème | | |
| 6 | 1/1 | 3ème | 0,88 | 5 |
| 7 | 1/2 | 4ème | 0,84 | 6 |
| 8 | 1/4 | 4ème | 0,80 | 8 |

Figure II.11

X MAX = 150000E+02 Y TRANS = UC=MEY/SEL
 Y MAX = 500000E+02 X PAS = 520000E+00
 Y PAS = 760000E+00

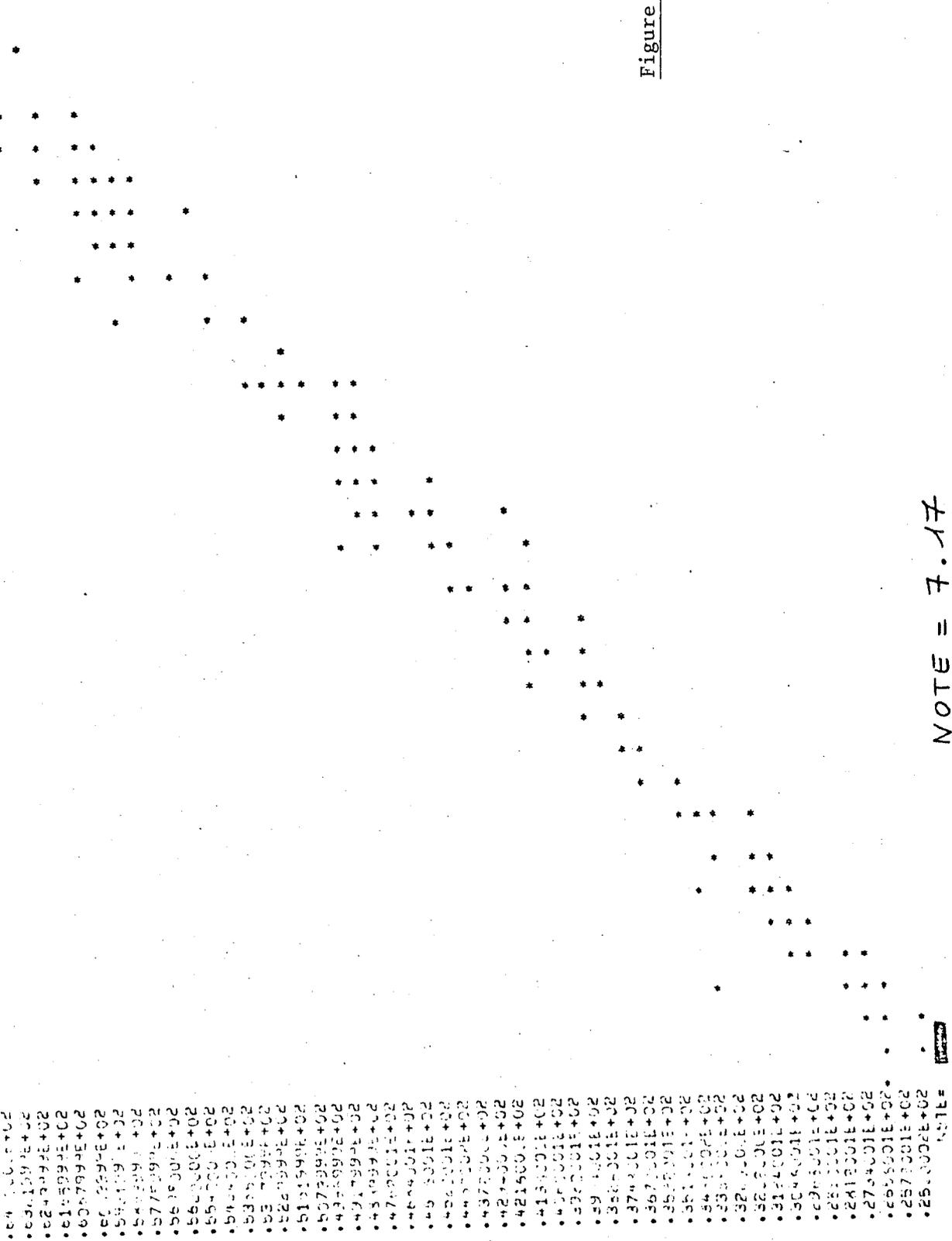


Figure II.13

NOTE = 7.17

NOTE

Interprétation du tableau

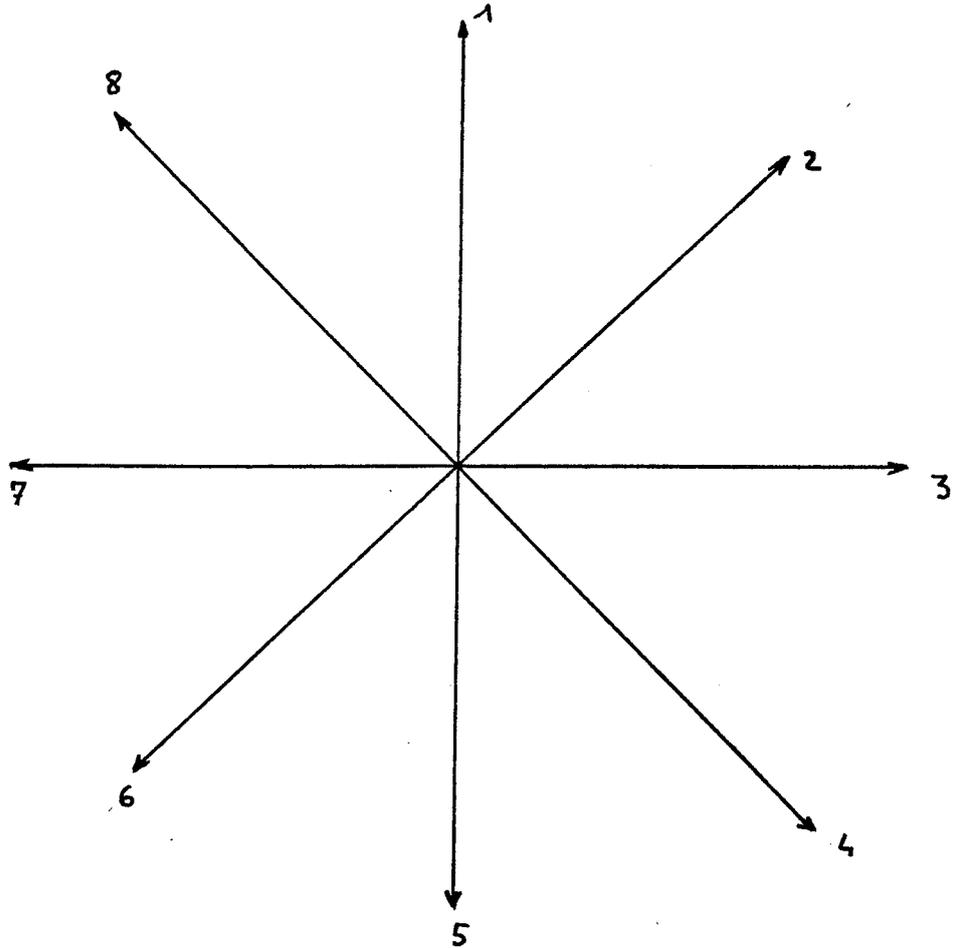
- en ce qui concerne la finesse du quadrillage, le rapport optimum du nombre de cases au nombre de points semble se situer à 1/2.

- En ce qui concerne les méthodes de correction, la 2ème méthode semble à rejeter. Bien que toutes les combinaisons n'aient pas été testées, la méthode n° 4 (qui est par ailleurs la plus simple) paraît la plus stable. Les figures II.12, II.13, II.14 représentent trois nuages de points ainsi notés.

5° - Graphes de KIVIAT

Bien qu'ils n'aient pas été conçus par nous, mais par l'Américain Phillip KIVIAT, nous pensons devoir mentionner ici ce mode de représentation graphique de l'activité d'un système. Il permet, effectivement, de donner seulement une image de l'activité générale d'un système informatique et encore de certains.

Il est constitué de quatre axes à 45° passant par la même origine (figure II.9), soit un axe vertical et un axe horizontal et deux axes en diagonale gradués de 0 à 100. On représente sur les deux premiers les paramètres qui concernent un fonctionnement de l'ordinateur favorable à l'utilisateur et sur les deux autres, les paramètres défavorables (figure II.14). On remarquera de suite que la représentation est pauvre, car les axes comportent des informations redondantes. Par ailleurs, elle est très orientée IBM où la notion de pourcentage d'activité d'un canal à un sens qui n'est pas vrai avec tous les autres constructeurs.



- Axe 1 : Unité Centrale active
- Axe 2 : Unité Centrale en attente
- Axe 3 : Au moins un canal actif
- Axe 4 : Unité Centrale attente et 1 canal actif au moins
- Axe 5 : Unité Centrale et 1 canal actif au moins
- Axe 6 : Unité Centrale active seule
- Axe 7 : Unité Centrale active en problème
- Axe 8 : Unité Centrale active en superviseur

Figure II.14

La figure II.15 représente le graphe idéal lorsque l'Unité Centrale et canaux sont simultanément occupés et au voisinage du maximum.

Les figures II.16 et II.17 représentent deux déséquilibres de configuration, la première étant un fonctionnement Entrée/Sortie : l'Unité Centrale travaillant peu, "les" canaux beaucoup. La deuxième montrant une forte activité UC et une sous-charge des canaux.

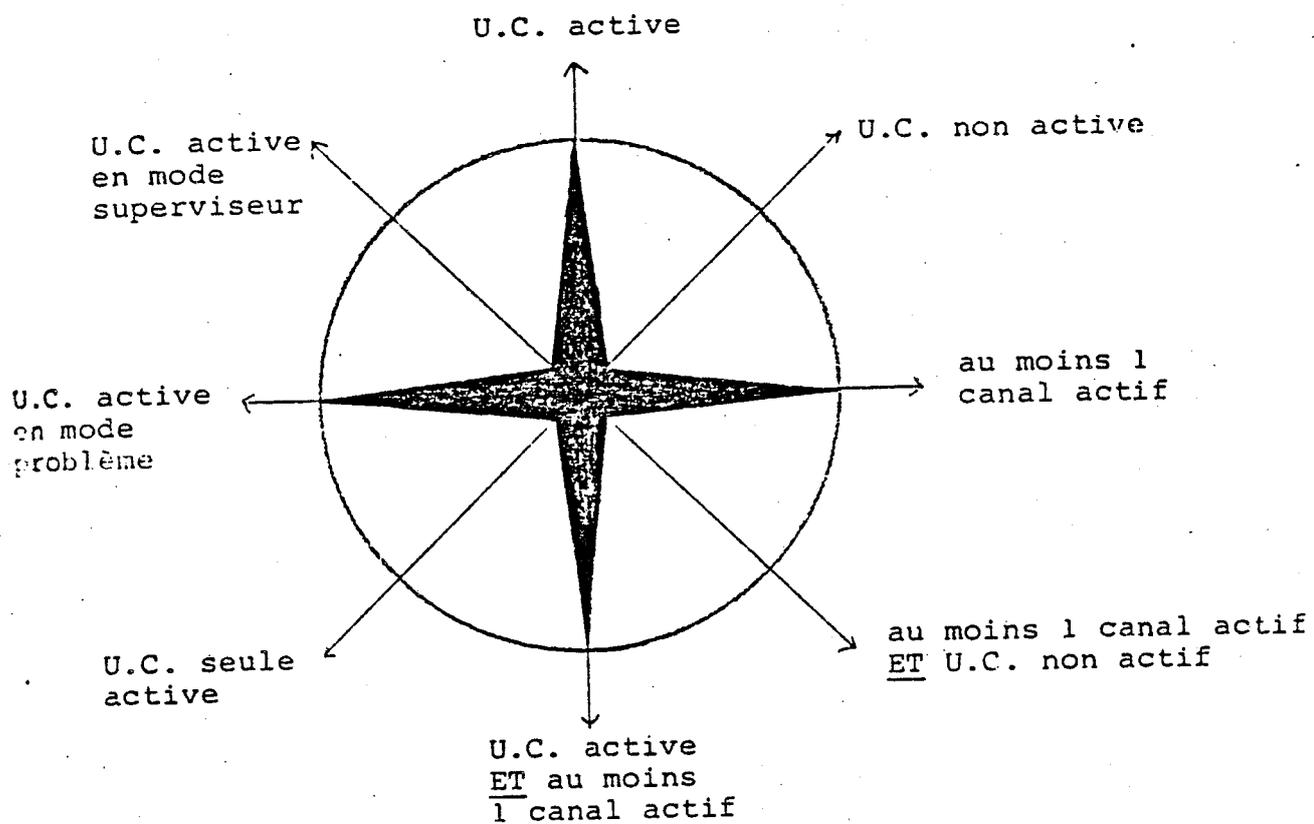
Nous nous élevons, ici, contre ceux qui prennent le graphe de KIVIAT pour une panacée ; il indique seulement une image moyenne des éléments principaux de la configuration. Il ne visualise pas :

- l'éventualité du fonctionnement critique en pointe momentanée de l'Unité Centrale ou des canaux,
- le déséquilibre même moyen entre canaux,
- l'utilisation des périphériques rapides, encore moins celui des lents.

Il nous apparaît plus important de rechercher à mettre en évidence des classes de fonctionnement de l'ordinateur.

6° - Découpage des prélèvements en classe de fonctionnement

Nous disposons un ensemble de N prélèvements successifs de P paramètres du comportement du système, par exemple trois cents échantillons d'une durée élémentaire de une minute, chaque échantillon étant le relevé des indicateurs de huit grandeurs de l'activité du système. La question que nous nous posons est de répartir ces trois cents prélèvements en n classes, correspondant chacune à un mode de fonctionnement. Deux méthodes existent principalement pour regrouper les sujets en classes. Toutes deux reposent sur la notion de distance entre sujets.



"ETOILE"

Figure II.15

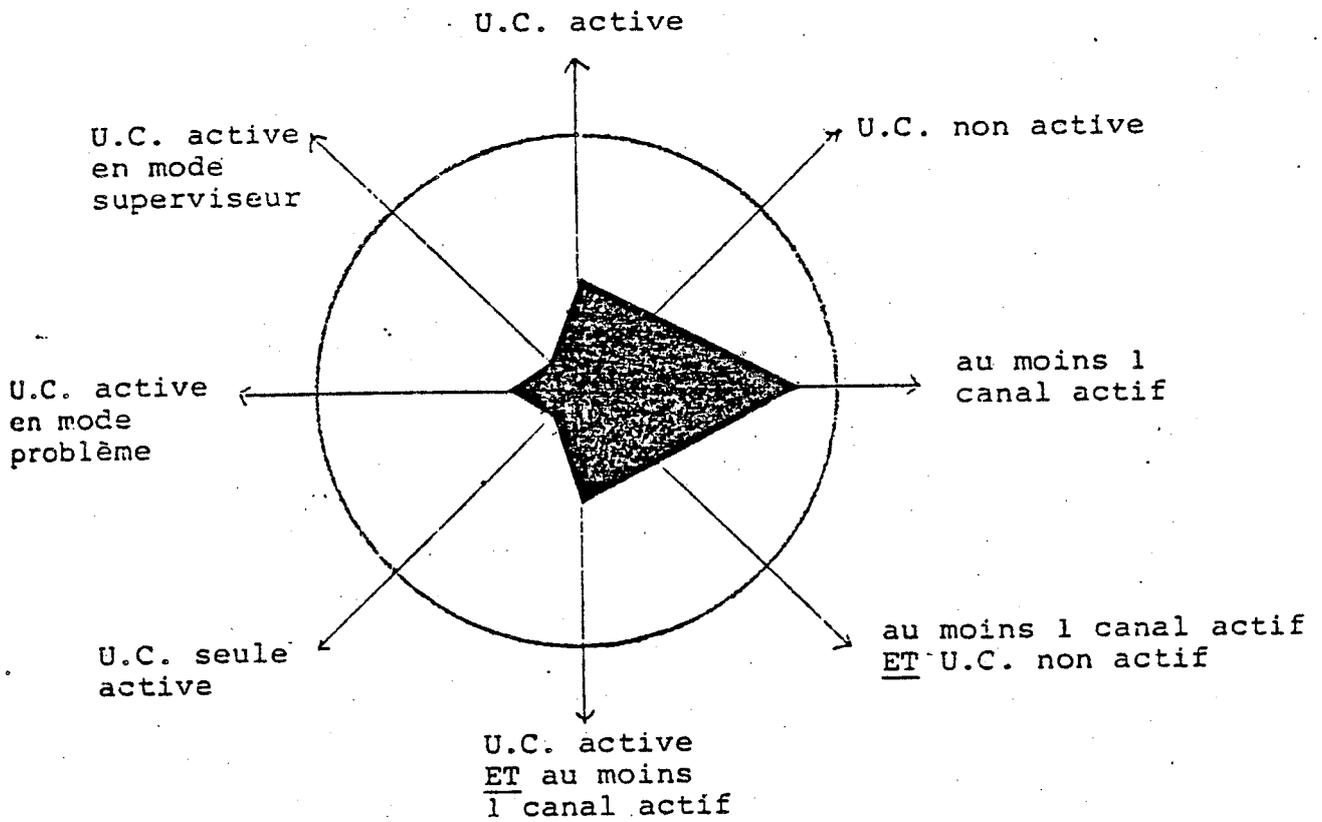


Figure II.16

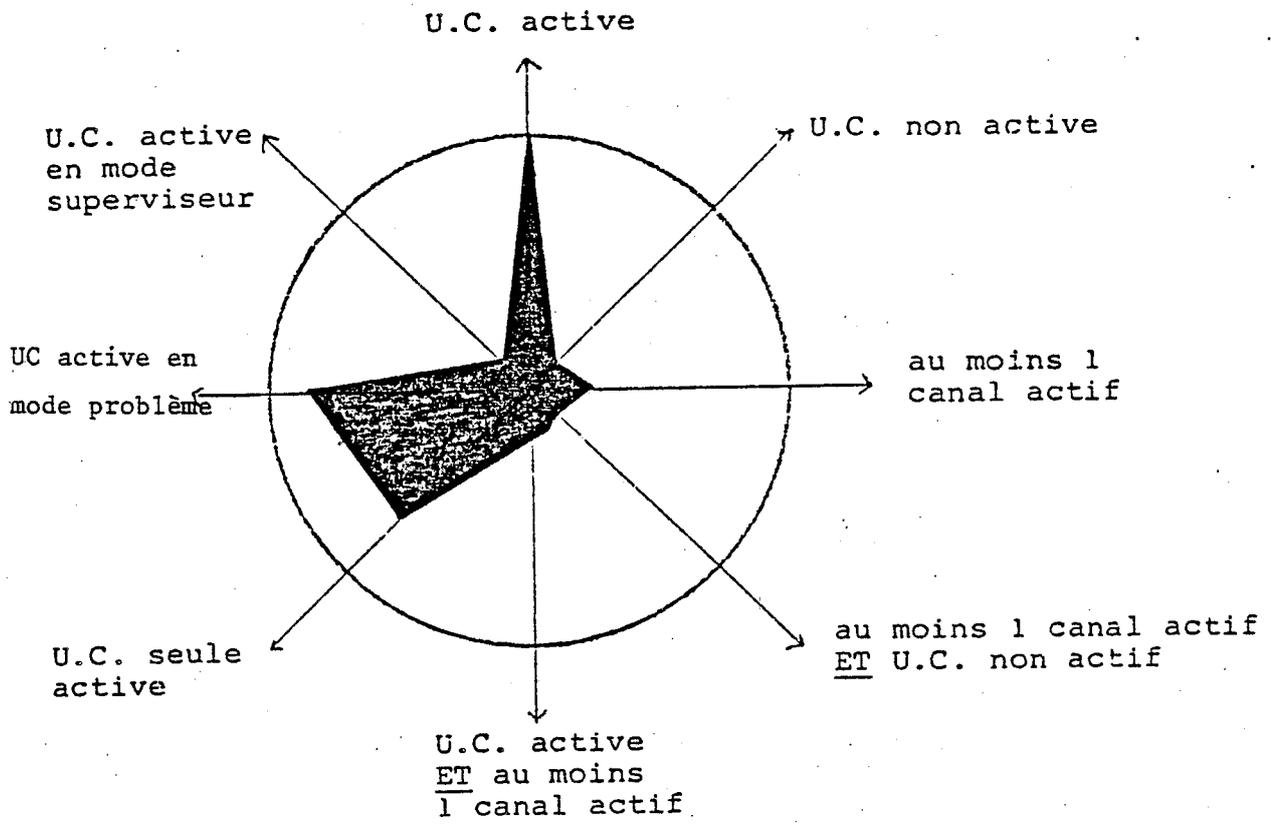


Figure II.17

A - La classification hiérarchique

Cette méthode consiste à regrouper tout d'abord les deux sujets "les plus proches". Le groupe de deux sujets résultant de la fusion est remplacé par un sujet fictif équivalent situé au centre de gravité des deux sujets et de "poids" égal à la somme des poids des deux sujets. De nouveau, les sujets les plus proches sont regroupés, etc... Par exemple, si on ne considère qu'un seul caractère, les sujets peuvent être représentés sur un axe : soient les sujets A, B, C, D représentés figure II.18. Les distances inter-sujets sont :

- A à B : 1,5
- A à C : 2,5
- A à D : 10,5
- B à C : 1
- B à D : 9
- C à D : 8



Figure II.18

Le premier regroupement effectué sera $\{B,C\}$ qui est situé au point :

$$\frac{4 + 5}{2} = 4,5$$

Les nouvelles distances sont alors :

$$\begin{aligned} A - \{B,C\} &= 2 \\ A - D &= 10,5 \\ \{B,C\} - D &= 8,5 \end{aligned}$$

Le nouveau regroupement est $\{A,B,C\}$ situé au point :

$$\frac{2,5 + 4 + 5}{3} = 3,83$$

Ainsi, l'ensemble des sujets A, B, C, D, peut être regroupé en deux classes :

- 1ère classe : A, B, C
- 2ème classe : D

B - Méthode des nuées dynamiques

Cette méthode est basée sur la notion d'étalon. Un étalon est un sujet représentatif d'une classe. Supposons que l'on désire regrouper une population en quatre classes ; on définit au hasard quatre sujets-étalons. On affecte ensuite chaque sujet à un sujet-étalon, le plus proche. On a donc obtenu quatre classes, mais le regroupement n'est pas optimum, les étalons ayant été choisis au hasard. Il faut donc déterminer quatre nouveaux sujets-étalons en fonction des regroupements précédents. Après quelques itérations, les regroupements se stabilisent et la classification obtenue est considérée comme bonne.

En raison de sa simplicité, nous utilisons la méthode de classification hiérarchique bien qu'elle ne soit pas forcément la plus économe en temps ordinateur. En général, le nombre d'échantillons que nous possédons est suffisamment faible pour justifier le choix de cette méthode.

C - Paramètres de la méthode de classification hiérarchique

Nous devons définir deux paramètres propres à cette méthode :

a) Distance entre échantillons

Cette distance est aussi appelée inertie inter-classe : soient deux classes N1 et N2 de poids respectifs P1 et P2 et de centre de gravité G1 et G2. La distance entre N1 et N2 est

$$D(N1, N2) = \frac{P_1 \times P_2}{P_1 + P_2} \times \left[D(G_1, G_2) \right]^2$$

où $\left[D(G_1, G_2) \right]^2$ est la somme des carrés des distances entre G1 et G2 suivant chaque caractère.

b) Choix du nombre de classes optimum

Le problème est de déterminer le nombre de classes minimum pour lequel la description de l'ensemble des sujets est encore satisfaisante. Un des critères les plus utilisés, est la variation de l'inertie inter-classe au fur et à mesure des regroupements. Le principe est le suivant : l'inertie est maximum

lorsque le nombre de classe égale le nombre de sujets (aucun regroupement). Elle est nulle lorsque le nombre de classe est égal à 1 (tous les sujets sont regroupés ensemble). Donc à chaque regroupement effectué l'inertie inter-classe décroît. Dans notre cas, cette diminution est égale à la distance des deux classes regroupés. Donc :

- la diminution de l'inertie inter-classe est de plus en plus forte puisque les regroupements s'effectuent dans l'ordre croissant des distances.
- la diminution est d'autant plus forte que les classes sont plus distinctes.

La courbe obtenue au cours des regroupements est indiquée figure II.19. Dans notre cas le nombre de classes optimum serait trois, car le regroupement en quatre classes n'est que très faiblement plus explicatif que celui en trois classes.

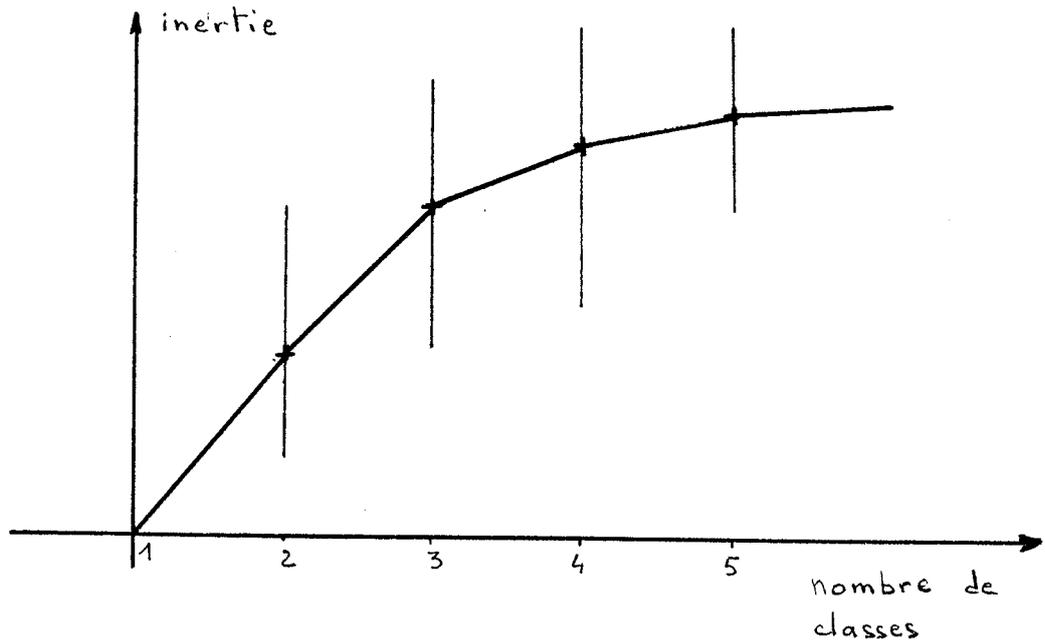


Figure II.19

D - Présentation de résultats concrets

L'exemple choisi, porte sur le comportement d'un ordinateur sur un site universitaire pendant une durée de huit heures environ.

Nombre d'échantillons : 300 (durée élémentaire :
100 secondes)

Paramètres de chaque échantillon : 6

- activité Unité Centrale
- activité en mode moniteur
- nombre d'instructions par seconde
- nombre de transferts UC-Mémoire/seconde
- nombre de transferts Unité d'échange 1-Mémoire/seconde
- nombre de transferts Unité d'échange 2-Mémoire/seconde

Les principaux résultats statistiques sont les suivants :

- activité Unité Centrale : entre 43 et 100 %,
moyenne 67 %
- activité mode moniteur : entre 2 et 41 %,
moyenne 25,8 %
- nombre d'instructions/seconde : 218 000 en moyenne
- transferts UC-Mémoire/seconde : 366 000 en moyenne
- transferts UE 1-Mémoire/seconde : 240 en moyenne
- transferts UE 2-Mémoire/seconde : 1 350 en moyenne

La figure II.20 représente la courbe du pourcentage d'inertie en fonction du nombre de classes de regroupement. Nous retenons le découpage en trois classes seulement (une décomposition supérieure met seulement en évidence des pointes d'échanges UE-Mémoire).

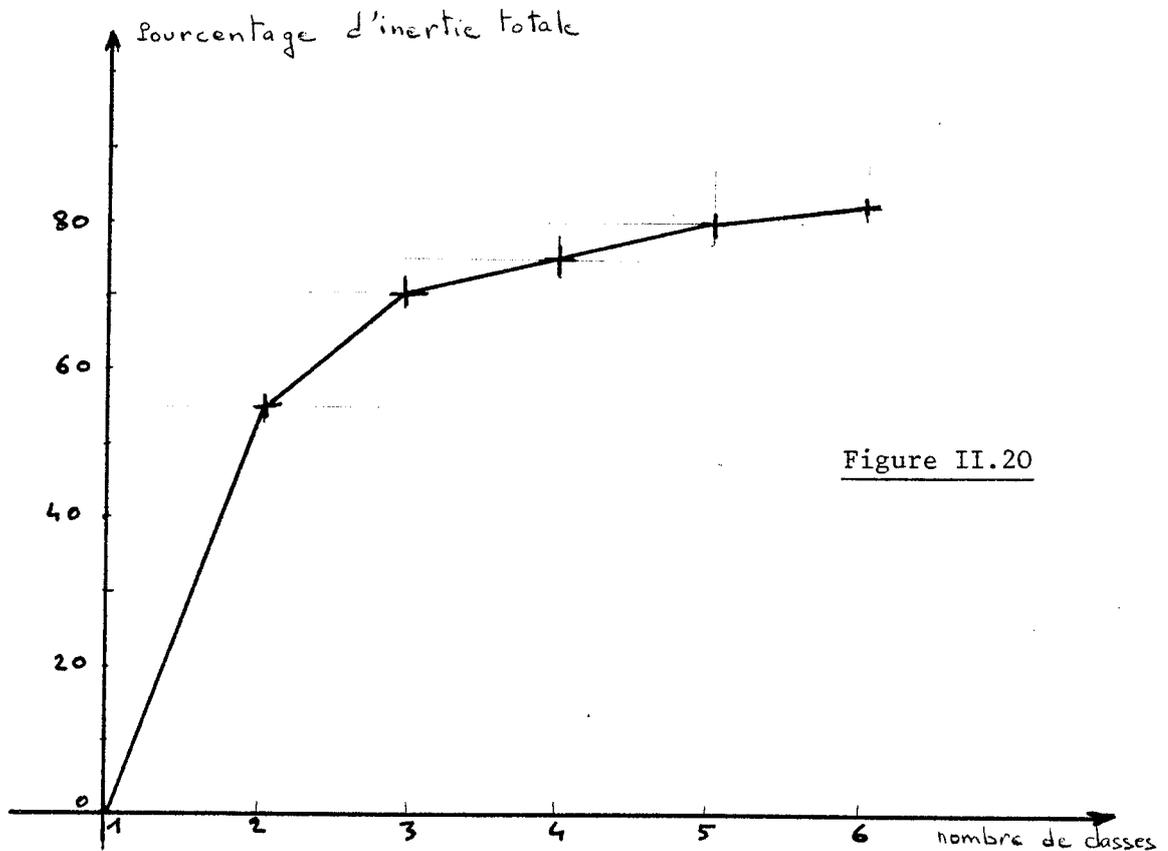
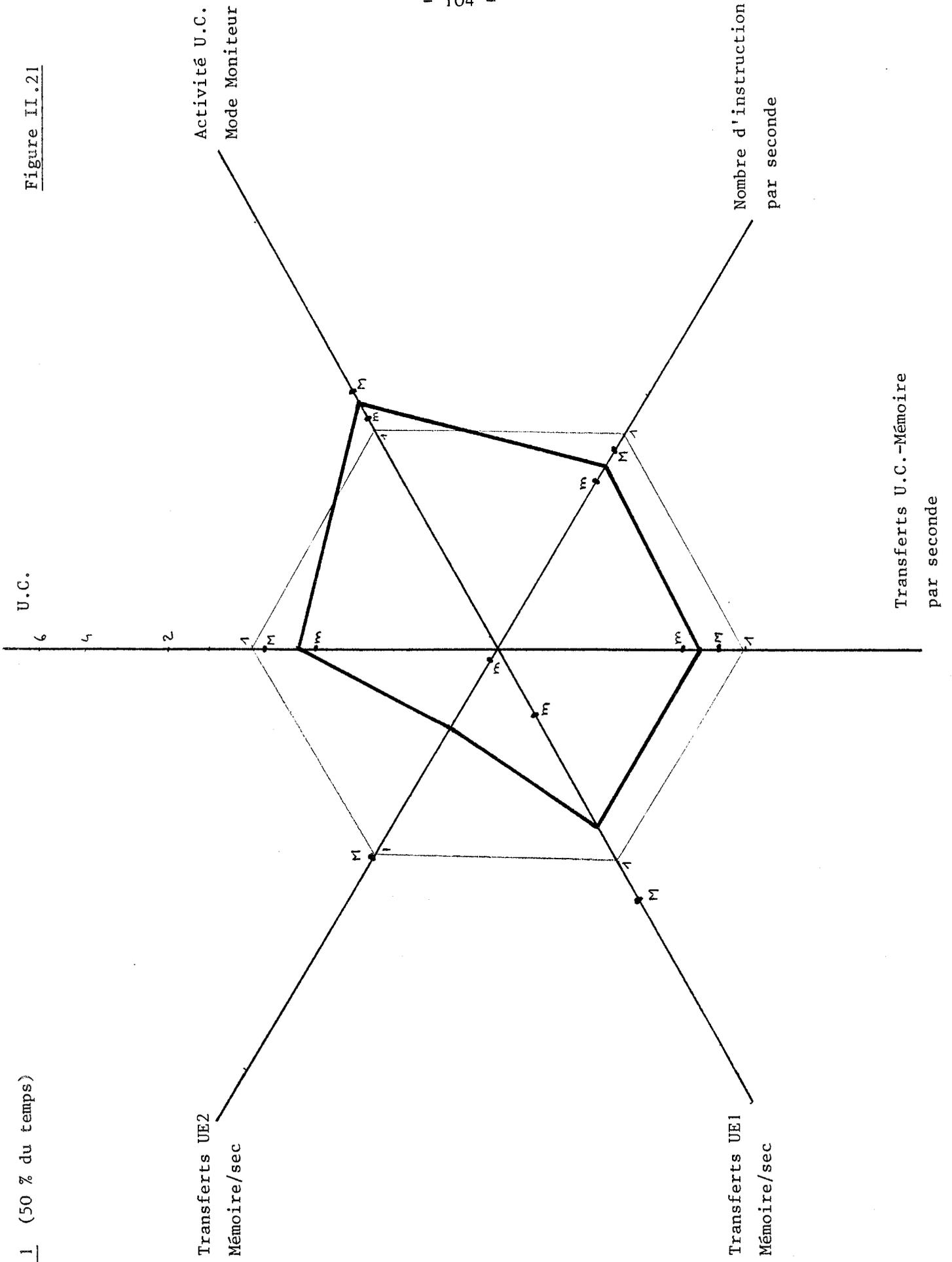


Figure II.20

Les figures II.21, II.22, II.23 représentent les descriptions de ces trois classes rapportées au comportement moyen du système. On a porté sur chaque axe le minimum m , le maximum M et la moyenne des paramètres obtenus dans la classe, ainsi que le minimum et le maximum de la population totale. Les axes sont gradués de façon logarithmique.

- classe 1 : fonctionnement "moyen" avec peu d'échanges sur UE 2 (50 % du temps)
- classe 2 : fonctionnement "moyen" avec peu de mode moniteur sur UC (29 % du temps)
- classe 3 : fonctionnement moyen avec beaucoup d'échanges sur UE 2.

On remarquera dans l'exemple proposé que certaines variables sont très fortement liées.



CLASSE 2 (29 % du temps)

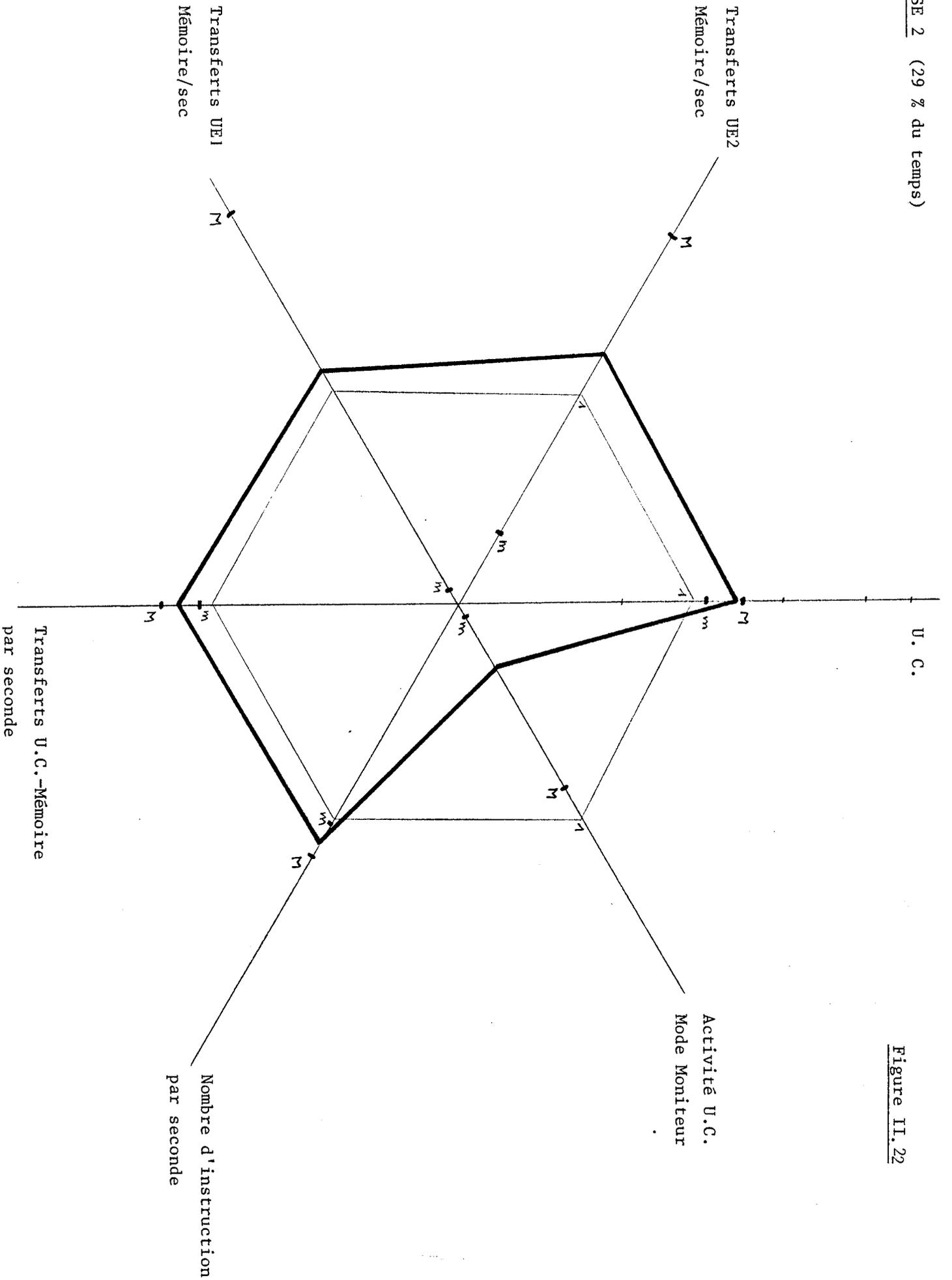


Figure II. 22

CHAPITRE II : CONCEPTION ET UTILISATION DE LA MEMOIRE ADRESSABLE

II . 1 : Conception (Figure II.24)

Les logimètres actuels dont Harmonie comportent tous une mémoire adressable dont le but est d'analyser les phénomènes représentés, non par un chiffre binaire, mais par une collection de chiffres binaires groupés en un registre qui sera le registre d'adressage de la mémoire. C'est ainsi qu'on évalue :

- le code opératoire de l'Unité Centrale,
- les adresses mémoires,
- les adresses-pistes d'une unité de disque,
- les niveaux de priorité,
- etc...

Ce qui nous intéresse est de connaître pour chaque configuration du registre :

- la durée dans cet état,
- le nombre de fois qu'elle s'est produite.

Ainsi par exemple :

- le temps passé au niveau de priorité 0 (attente),
- le nombre de fois que chaque piste d'un disque est accédée
- l'histogramme d'utilisation de la mémoire.

On peut également connecter au registre d'adresse, les signaux représentant l'activité des sous-ensembles d'une configuration : chaque adresse représentera l'activité de la configuration dans ses diverses possibilités (UC active, et canal 1, et pas canal 2, etc...).

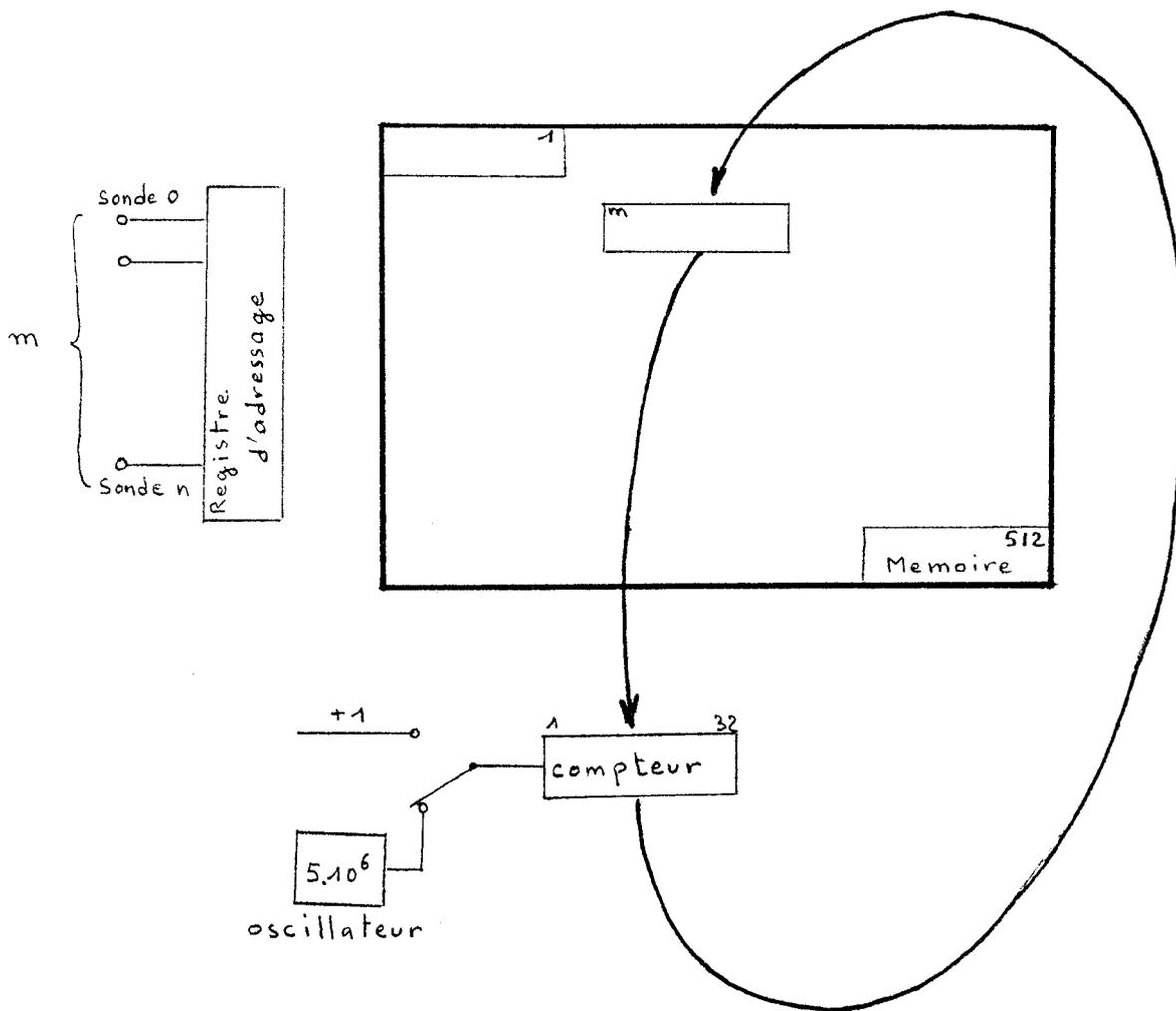
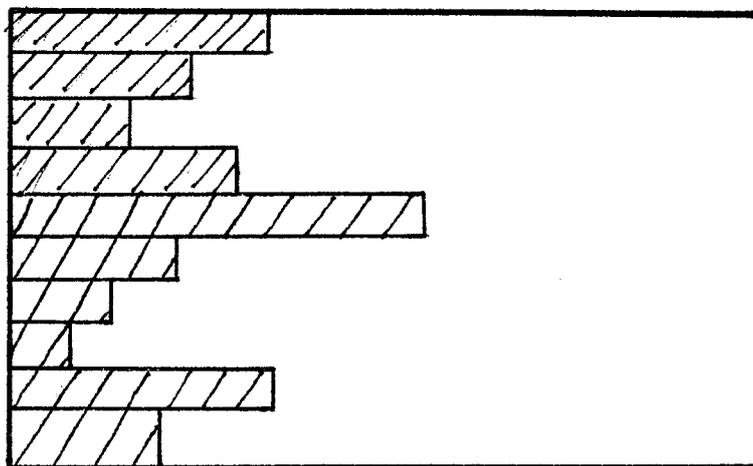


figure II.24



contenus de la memoire

La capacité de la mémoire adressable est directement liée à la taille du registre adressable. Il nous est apparu suffisant de limiter la taille de la mémoire à 256 mots ou 512, soit un registre de huit ou neuf chiffres binaires. Ce registre adresse une mémoire formée de deux bancs de 256 x 16 chiffres qui peuvent être mis en série ou en parallèle. Ainsi, on peut avoir :

- avec 8 bits d'adressage : 256 mots de 32 bits
- avec 9 bits d'adressage : 512 mots de 16 bits

Le registre de lecture est donc constitué de 16 ou 32 chiffres binaires. Ce registre est constitué d'un compteur-Latch qui permet d'être initialisé à la quantité lue en mémoire et de compter :

- soit 1 unité si on désire enregistrer le nombre de fois que la configuration s'est produite,
- soit 1 oscillateur si on désire compter le temps qu'a duré cette configuration. Cet oscillateur est alors choisi entre 500 KHz ou 5 MHz,
- soit sur 16 chiffres une unité, et sur 16 autres l'oscillateur 500 KHz.

Ceci permet de mesurer par exemple pour les codes opératoires :

- combien de fois chacun s'est produit,
- quel temps chacun a duré au total,
- l'un et l'autre permettant par division d'avoir la durée moyenne de traitement de chaque code.

on remarque que dans ce dernier mode de fonctionnement, la dynamique de chaque compteur est de 16 chiffres binaires, soit un comptage possible de 64 K. Ce compte est aussi celui

qui est obtenu avec la configuration "9 chiffres d'adressage", soit 512 mots de 16 bits. Le compte de 64 K est très rapidement atteint avec les phénomènes informatiques notamment en mesure de durée même avec l'oscillateur de 500 KHz (saturation possible en 130 m Δ). Par ailleurs, il est plus logique d'adresser la mémoire à l'aide d'un octet, lequel a une signification physique. On utilise généralement la mémoire adressable en configuration 256 mots de 32 chiffres binaires.

A l'apparition d'un phénomène sur le registre d'adressage, on extrait le mot correspondant et on l'écrit dans le registre de lecture. Il y est incrémenté selon le mode de fonctionnement choisi puis à l'arrivée d'un nouveau phénomène, il est ré-écrit dans la mémoire alors que le nouveau mot est lu pour son traitement.

Afin de traiter tous les événements extérieurs, il convient que le temps minimum pour une lecture, une incrémentation et une écriture soit le plus court possible. Nous avons opté pour un minimum :

$$T = 500 \cdot 10^{-9} \Delta$$

Au cas où les événements seraient plus fréquents, ce qui se rencontre dans les ordinateurs actuels de haut de gamme, on est contraint de procéder à un échantillonnage, technique qui est commenté dans un autre chapitre.

Tous les constructeurs de logimètre ne réalisent pas une résolution aussi élevée et conseillent alors l'utilisation de ces mémoires pour l'évaluation de phénomènes plus lents. De façon générale, on constate que les moniteurs matériels ne sont plus assez rapides, et l'utilisation de cette mémoire doit alors être faite prudemment.

II . 2 : Utilisation de la mémoire adressable

Ce dispositif traite des évènements présents sous forme de 8 (ou 9) chiffres binaires. Il convient donc particulièrement pour l'étude :

- du code opératoire d'un processeur dans le but :
 - . de connaître des séquences de codes (intérêt pour le constructeur)
 - . de définir un benchmark représentatif (d'une exploitation)
 - . de prévoir l'utilité d'une option telle :
 - un dispositif d'accélération des instructions de gestion
 - un dispositif de calcul décimal, etc...

- du niveau de priorité permettant de répartir le temps d'activité ou d'inactivité du processeur : on remarquera que la connaissance de l'activité réelle d'une Unité Centrale ne doit pas être obtenue par le bit "activité UC" mais par le temps passé sur le niveau de priorité 0. En effet, le temps d'attente d'une UC est souvent rempli par des routines de surveillance qui positionnent ce chiffre binaire en activité.

- des pages mémoires utilisées. On se sert alors des 8 ou 9 bits de poids fort. Une plus grande précision peut être obtenue en utilisant des bits de poids plus faible, les bits de poids fort inutilisés étant alors décodés dans une logique annexe pour une configuration précise, laquelle autorise l'incréméntation du registre de lecture (système appelé "loupe").

- des cylindres d'une unité de disque. La connaissance des cylindres utilisés peut permettre une réorganisation des

fichiers sur le disque qui minimisera les déplacements du bras pour un disque à têtes mobiles.

- de l'activité des sous-ensembles de la configuration. Dans ce cas précis, les 8 chiffres binaires d'adressage sont connectés, non sur un registre de la machine à analyser, mais sur 8 indicateurs d'un bit chacun propres à l'activité des composants d'un système : Unité Centrale, canaux, coupleurs, etc... Les 256 mots de mémoire représentent autant d'état possible d'activités combinées. On y reviendra plus loin. Disons ici qu'ils sont assimilables à 256 compteurs de fonction semblable à celle du chapitre précédent et ils sont utilisés en comptage de durée. On veillera à n'utiliser une telle mémoire que lorsque les 255 combinaisons possibles ont une signification.

II . 3 : Mode de traitement des prélèvements par mémoire adressable

1° - Cartographie de la mémoire 256 x 32 ou 512 x 16

La première utilisation de la mémoire consiste à visualiser la succession des 256 ou 512 mots qui la forment. Deux méthodes sont possibles qui sont représentées sur les figures II.25 et II.26.

A - Sous forme de tableau

Il s'agit d'un listage de la mémoire ; on exprime le pourcentage de total obtenu. Celui-ci est soit un nombre d'évènements sur la durée de la mesure, soit 100 % en comptage de durée.

On pourra également classer par ordre de grandeurs décroissantes (ou croissantes plus rarement) ces 256 (ou 512) valeurs comme représenté dans la figure

TABLEAU SOMME BLOCs RAM

| | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| 0 | .030 | .656 | .142 | .024 | .000 | .000 | .000 | .001 |
| 8 | .030 | .000 | .000 | 4.140 | 5.825 | .396 | 10.156 | .001 |
| 16 | 2.664 | 2.631 | 5.631 | 3.615 | 1.957 | .410 | 10.156 | 2.415 |
| 24 | 1.187 | .276 | .111 | .067 | .045 | .410 | .483 | .308 |
| 32 | 1.196 | .693 | .314 | .030 | .026 | 1.165 | .229 | .247 |
| 40 | .013 | .034 | .035 | .065 | .092 | .076 | .019 | .057 |
| 48 | .031 | .030 | .634 | .063 | 1.166 | .001 | .040 | .104 |
| 56 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .111 | .676 | .000 |
| 64 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 72 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 80 | .000 | 1.509 | .671 | .090 | .108 | .839 | .476 | .000 |
| 88 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 96 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 104 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 112 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 120 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 128 | .005 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 136 | .009 | .000 | .001 | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 144 | .002 | .003 | .001 | 13.205 | .184 | .000 | 3.385 | .000 |
| 152 | .000 | .006 | .003 | .005 | .000 | .001 | .189 | .001 |
| 160 | .021 | .011 | .088 | .012 | .001 | .001 | .001 | .005 |
| 168 | .093 | .001 | .027 | .023 | .048 | .683 | .003 | .010 |
| 176 | .186 | .745 | .031 | 6.723 | .025 | .028 | .000 | .000 |
| 184 | .028 | .000 | .035 | .163 | .699 | .114 | .001 | .000 |
| 192 | .001 | .004 | .033 | .029 | .048 | .041 | .004 | .000 |
| 200 | .035 | .211 | .030 | .000 | .002 | .001 | .019 | .001 |
| 208 | .009 | .016 | .007 | .000 | .059 | .000 | .000 | .000 |
| 216 | .025 | .016 | .000 | .000 | .030 | .000 | .003 | .003 |
| 224 | .001 | .000 | .000 | .049 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| 232 | .025 | .003 | .012 | .003 | .017 | .013 | .001 | .061 |
| 240 | .018 | .008 | .731 | 3.016 | .026 | .051 | .014 | .081 |
| 248 | .007 | .003 | .002 | .001 | .000 | .000 | .154 | .016 |
| | | | | | | | .053 | .000 |

100=100% 100.00000

DATE : 23 6 76

HEURE DEBUT / FIN : 12 18 53.383

HEURE DEBUT / FIN : 16 3 56.882

CARTOGRAPHIE MEMOIRE (1 K mot par cellule RAM)

Figure II 25

Cylindres de la partition 2

Seule, la première vingtaine des cylindres de la partition 2 est utilisée.

La moyenne est de 14 accès par seconde, soit un accès toutes les 61 ms

4 NOVEMBRE 1976 APRES MIDI
EDITION DES COMPTEURS +(-) GRANDS

| | | | | % | Nombre d'accès/s |
|--------------------|------|-----|------|----------|------------------|
| COMPTEUR D'ORDRE : | 1 = | 12 | 000C | 13.25158 | 1.88370 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 2 = | 0 | 0000 | 13.06778 | 1.85757 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 3 = | 5 | 0005 | 12.96819 | 1.84341 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 4 = | 13 | 000D | 12.41933 | 1.76539 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 5 = | 9 | 0009 | 9.67629 | 1.37547 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 6 = | 4 | 0004 | 9.64634 | 1.37122 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 7 = | 16 | 0010 | 7.59706 | 1.07991 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 8 = | 8 | 0008 | 7.08634 | 1.00731 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 9 = | 1 | 0001 | 4.21120 | .59862 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 10 = | 20 | 0014 | 2.00704 | .28530 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 11 = | 21 | 0015 | 1.04678 | .14880 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 12 = | 168 | 00A8 | .60646 | .08621 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 13 = | 164 | 00A4 | .54861 | .07798 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 14 = | 17 | 0011 | .44032 | .06259 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 15 = | 72 | 0048 | .43469 | .06179 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 16 = | 157 | 009D | .41139 | .05848 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 17 = | 165 | 00A5 | .40038 | .05691 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 18 = | 49 | 0031 | .26035 | .03701 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 19 = | 133 | 0085 | .24781 | .03523 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 20 = | 37 | 0025 | .21453 | .03049 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 21 = | 141 | 008D | .19942 | .02835 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 22 = | 172 | 00AC | .19686 | .02798 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 23 = | 140 | 008C | .19610 | .02787 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 24 = | 76 | 004C | .19482 | .02769 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 25 = | 40 | 0028 | .17382 | .02471 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 26 = | 36 | 0024 | .14694 | .02089 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 27 = | 132 | 0084 | .13824 | .01965 |
| COMPTEUR D'ORDRE : | 28 = | 137 | 0089 | .13363 | .01900 |

Adresses Cylindres Partition 2

Figure II.26

II.24. On se contentera alors généralement des 16 ou 32 premières valeurs, les autres étant souvent très faibles par rapport aux précédentes.

Les deux tableaux représentés concernent :

- le premier : les adresses mémoires utilisées durant deux heures de fonctionnement sur un IRIS 80
- le second : les adresses cylindres appelés sur disque MD 100 de CII durant sept heures.

B - Sous forme d'histogramme

La représentation en tableau n'est pas toujours parlante et on doit rechercher des méthodes graphiques. La plus simple que nous proposons est celle de la figure II.27 ; il s'agit d'histogramme : les 256 valeurs sont visualisées par 256 lignes d'étoiles ; le nombre d'étoiles est égal au pourcentage obtenu par ce compteur. Le nombre total étant de 100 %, la figure ne devrait comporter que 100 étoiles ce qui est peu explicite ; on propose alors que le nombre d'étoiles de chaque ligne soit le pourcentage par rapport au nombre obtenu le plus grand.

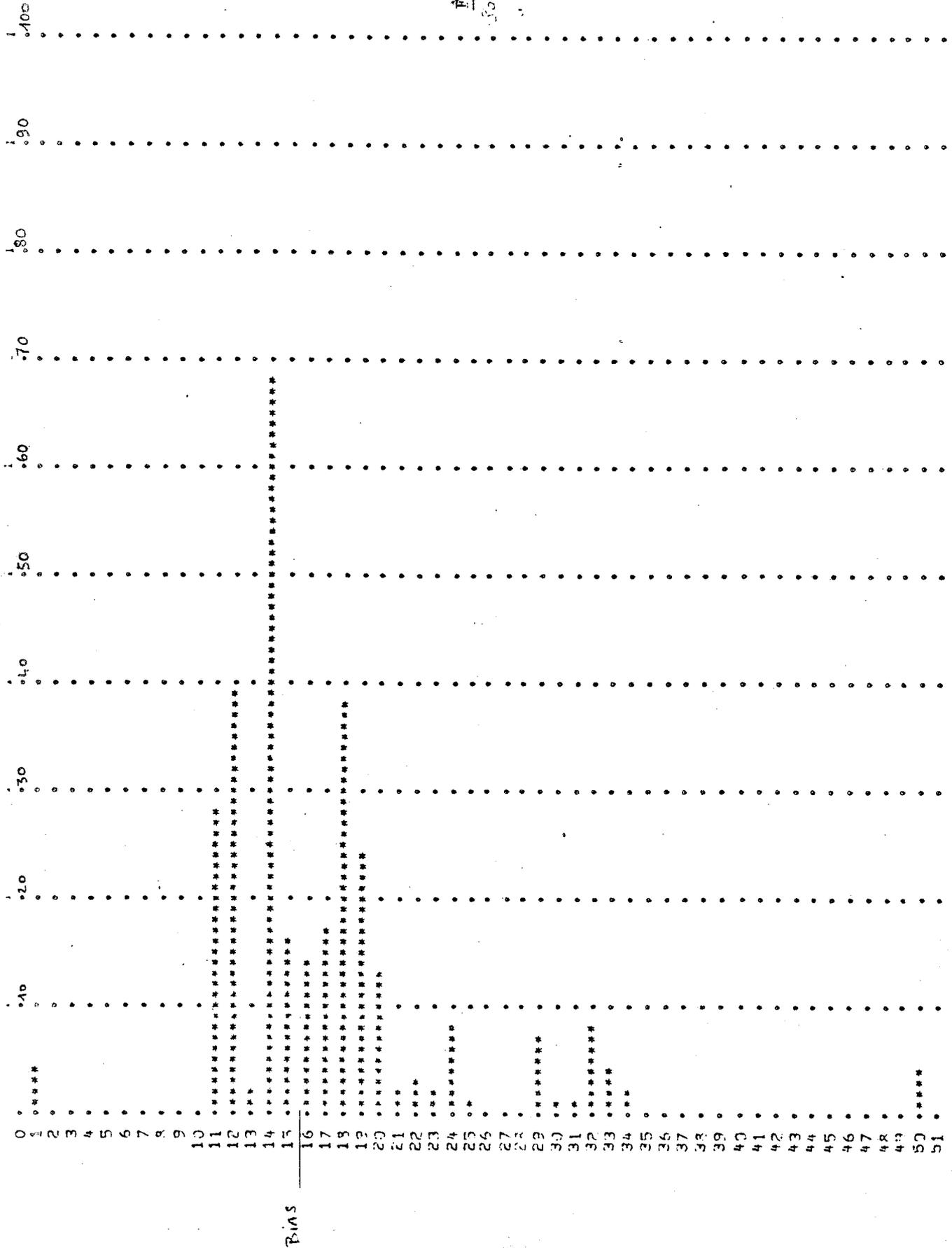
Dans la figure présentée, la valeur 14 est 68 % du maximum obtenu ; celui-ci est 14,73 % pour la valeur 141, non représentée dans cet histogramme qui est nécessairement tronqué. On en conclut que la page mémoire 14 est demandée

$0,68 \times 14,73 = 10,15$ % du total des appels.

Cette représentation dilatée est plus parlante.

Figure II.27

1000
1000
1000



for effects independent of ...

Cependant, on remarque que les mêmes résultats peuvent être obtenus avec un seul enregistrement de la mémoire adressable, durant toute la période de mesure (pourvu qu'il n'y ait pas eu de débordement de capacité). Nous préconisons pourtant de procéder à quelques centaines d'enregistrements sur la phase de mesure afin d'obtenir également l'évolution dans le temps des phénomènes.

2° - Evolution dans le temps des grandeurs mesurées

On constate que chacun des 256 (ou 512) mots de la mémoire se comporte comme un compteur indépendant. Il devient logique de les considérer comme 256 compteurs et de leur appliquer les traitements du chapitre précédent :

- historique
- moments statistiques
- corrélations linéaires
- nuages de points
- classes de fonctionnement.

Il est raisonnable de limiter ces "compteurs" à un nombre de 16 ; nous proposons de considérer les 16 valeurs obtenues le plus souvent. Rien n'interdit de définir des pseudo-compteurs qui seront des combinaisons logiques de certains des 256 (ou 512) valeurs enregistrées. Ainsi, le pseudo-compteur 1 pourra être le 'ou' des mots mémoires 13 et 10, etc...

3° - Etude détaillée de l'activité d'une configuration

Les huit chiffres binaires du registre d'adresse de la mémoire forment à eux seuls une grandeur logique de

l'ordinateur. On peut également les connecter à huit grandeurs indépendantes mesurées en durée tels les bits d'activité des sous-ensembles d'une configuration : Unité Centrale, canaux, coupleurs rapides, etc...

Les 256 mots représentent alors les combinaisons possibles de ces huit grandeurs ; chacune à une signification propre intéressante, telle : "activité UC seule en l'absence de toute autre activité" ou "activité UC, ET canal 1, ET PAS canal 2, ET..."

Il peut être intéressant d'appliquer le traitement des compteurs à certaines de ces 256 valeurs mais aussi à certaines sommes de ces 256 valeurs ; ainsi, on aura :

- activité globale du bit 1 = mot 2 + mot 4 + mot 6 + ...
+ mot 256
- activité globale du bit 2 = mot 3 + mot 4 + mot 7
+ mot 8 + ... + mot 255
+ mot 256
- etc...

On peut retrouver le comportement individuel des huit grandeurs. On définit de la même façon des combinaisons intermédiaires telle :

- (activité bit 1) ET (repos bit 2) QUELS QUE SOIENT
(les bits 3, 4, ..., 8)

Représentation dite Pendule ou Mobile ou Profil

Nous préconisons la représentation dite "Pendule" et représentée sur le figure II.28.

L'activité du bit 1 est représentée par un segment de longueur comprise entre 0 et 100 et proportionnelle à

| NM MARDI 2 NOV 76 IRT24 NM | | TERE LIGNE DER SEGMENT, 2EME LIGNE FIN SEGMENT | | | | | | | | | | SONDE NO. TOTAL | |
|----------------------------|-----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------|-----------|
| ACTIVITE | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | | |
| NIT0 | 828 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | 8 | 85,3425 |
| CT01 | 084 | | | | | | | | | | | 2 | 74,8179 |
| CT02 | 052 | | | | | | | | | | | 1 | 46,0793 |
| ULZF | 019 | | | | | | | | | | | 6 | 43,6906 |
| UL1E | 019 | | | | | | | | | | | 4 | 27,4309 |
| | | | | | | | | | | | | 3 | 5,59 VLSE |
| | | | | | | | | | | | | 5 | 7,58 VLGF |
| | | | | | | | | | | | | 7 | 45,83 |

Figure II.28

Systeme 2 1'après-midi

celle-ci ; l'activité du bit 2, par un segment semblable chevauchant le premier et permettant de voir l'activité du bit 1 seul, l'activité simultanée de 1 et 2, l'activité de 2 seul, l'inactivité simultanée de 1 et de 2. ; l'activité du bit 3, par deux segments chevauchant les extrémités du segment précédent ; etc...

Dans l'exemple présenté, nous étudions la configuration représentée figure II.28. Il n'est pas possible de représenter dans un tel graphe les 128 derniers segments correspondant aux 256 cas possibles. On se limite aux huit segments des combinaisons de cinq grandeurs. La figure II.28 caractérise :

- ligne 1 : activité Unité Centrale (NITO)
- ligne 2 : activité premier coupleur de transmission (CTQ1)
- ligne 3 : activité deuxième coupleur de transmission (CTQ2)
- ligne 4 : activité coupleur batterie 1 de disques par l'accès 1 (UL2F)
- ligne 5 : activité coupleur batterie 2 de disques par l'accès 1 (UL1E)
- ligne 6 : activité coupleur batterie 1 de disques par l'accès 2 (ULSE)
- ligne 7 : activité coupleur batterie 2 de disques par l'accès 2 (UL6F)
- ligne 8 : activité Unité Centrale en mode asservi.

Les trois derniers paramètres sont rappelés mais non tracés. On trace généralement, après la campagne de mesure, un tel "Pendule" pour un ensemble de prélèvements qui peut recouvrir plusieurs heures de fonctionnement, ce qui est notre cas ici. On remarquera, cependant, qu'il est particulièrement intéressant de visualiser cette figure sur un écran cathodique ou un système bar-graph

IMPLANTATION DES PERIPHERIQUES

... Adresse physique
 CR... Adresse logique

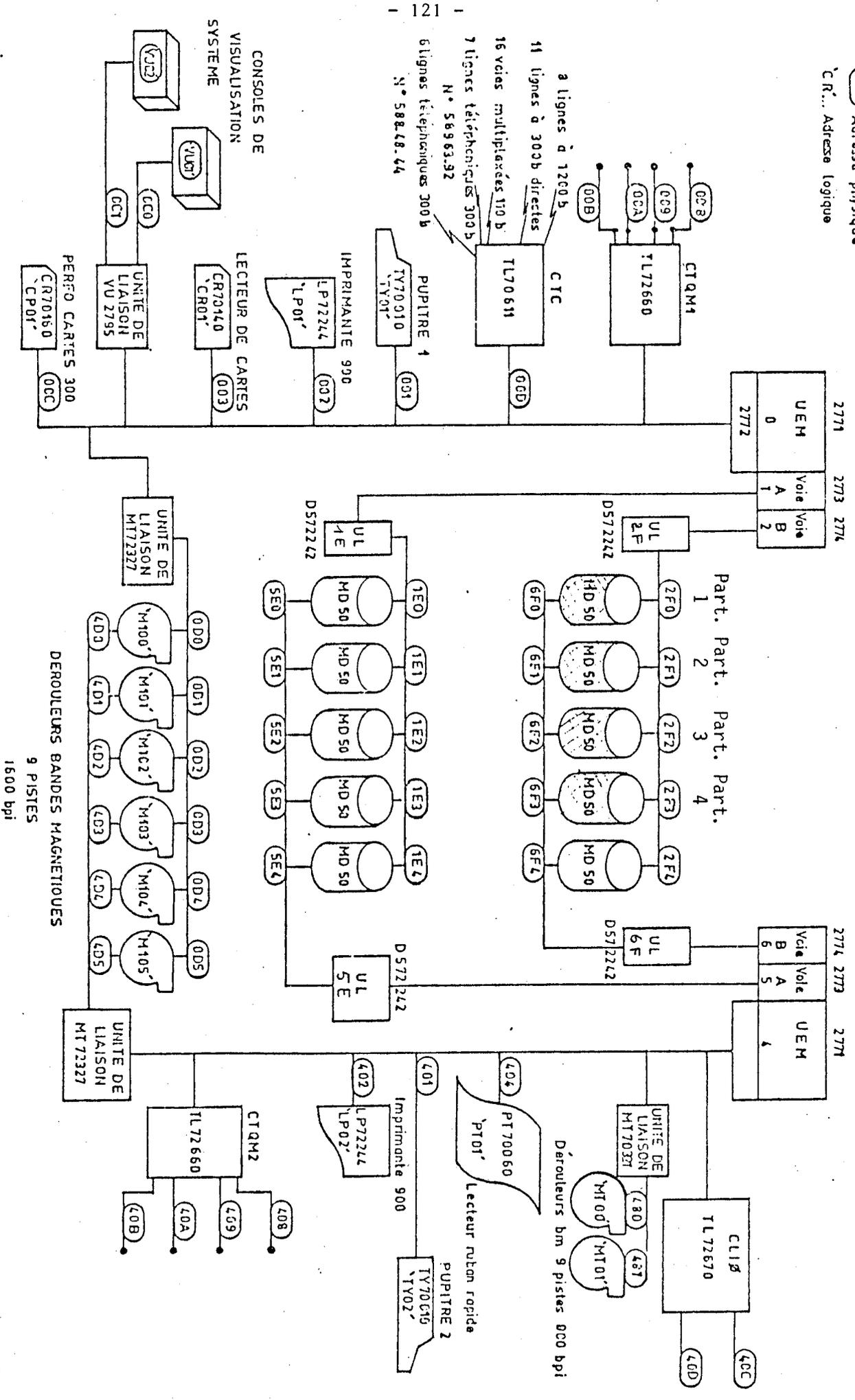


Figure II.29

et qu'on se méfiera d'une seule représentation qui masque les phénomènes de pointes. Si un enregistrement est fait toutes les minutes, on calculera les graphiques propres à chacun d'eux et on les visualisera successivement toutes les secondes. On pourra voir évoluer en quelques minutes, le comportement du système durant les heures qui précédaient. On pourra également faire traiter par un micro-calculateur l'étude et l'édition du graphique, au fur et à mesure de la prise des enregistrements, ce qui permet de suivre en temps réel le profil d'activité de l'ordinateur analysé. On prendra garde seulement que l'intervalle de mesure soit supérieur au temps d'édition du graphique, à l'aide d'un outil qui doit rester modeste.

CHAPITRE III : CONCEPTION ET UTILISATION DU REGISTRE A DECALAGE

III . 1 : Problèmes posés par la mesure de séquence des signaux

Dans les deux chapitres précédents, le problème consistait à compter des impulsions lorsqu'un évènement se produisait, en un emplacement que nous savions affecté à cet évènement. Le problème peut se poser différemment lorsqu'on ne désire plus compter seulement le phénomène : on désire savoir à quel moment il se produit et plus précisément dans quel ordre il succède aux précédents.

Le dispositif sera réalisé par une mémoire montée en registre à décalage. La rapidité des signaux dans un ordinateur pose deux problèmes :

- la cadence de production des signaux peut être supérieure à la résolution du dispositif de saisie,
- la taille de la mémoire de saisie doit être considérable pour une étude sur une durée raisonnable.

Ces problèmes conduisent à prévoir un échantillonnage. On ne peut échantillonner le système en saisissant une information sur 'n' puisque on veut connaître la succession. On réalise donc une électronique plus rapide que le phénomène à analyser ; les logimètres n'ont pas su être plus rapide que $t = 300 \cdot 10^{-9} \text{ s}$ (sur Harmonie ; les autres sont plus lents).

On exclue donc l'analyse de signaux plus rapides

Cette limitation est grave, notamment sur les ordinateurs de haut de gamme et bien souvent le constructeur de logimètres oriente l'utilisateur sur des signaux propres aux électro-mécaniques (mouvement de bras de disques).

Pour éviter des mémoires trop volumineuses, on enregistre une séquence de quelques centaines de signaux, puis on suspend la saisie pour vider les mémoires sur support magnétique ; enfin, on procède à la saisie d'une nouvelle bouffée d'informations, etc... La recopie sur support magnétique dure quelques dizaines de milli-secondes. Nous ajoutons généralement un temps supplémentaire afin d'avoir des séquences suffisamment rares pour ne pas demander un temps de dépouillement ultérieur prohibitif. Quelques centaines de séquences sont courantes. Si chacune comporte aussi quelques centaines de signaux,

| |
|--|
| on devra se contenter de 10 000 à 100 000 configurations |
|--|

Le déclenchement d'une séquence doit être étudié spécialement : il sera provoqué par un signal propre à l'ordinateur, si on s'intéresse aux configurations qui succèdent à un événement ; il sera totalement indépendant si on veut une image du comportement global pendant la durée de la mesure (en heures) : ceci est le cas si on déclenche après un temps d'attente dépendant exclusivement du logimètre.

Enfin, le traitement des informations enregistrées devra être exprimé avec peu de chiffres significatifs, eu égard au nombre limité d'occurrences de chaque configuration.

III . 2 : Conception du registre à décalage

Le registre à décalage prend aussi les appellations de file ou de FIFO (first-in, first-out). C'est une mémoire recevant l'information à emmagasiner en une extrémité qui le décale de place en place jusqu'à l'extrémité de sortie à chaque arrivée d'une nouvelle information. En fait, la première information entrée est toujours disponible à la sortie, si besoin est. On peut réaliser un tel registre à l'aide d'une mémoire adressable pour laquelle on fait progresser d'une unité le registre d'adresse.

La figure II.30 représente le fonctionnement de notre système sur Harmonie. Il est constitué de deux modules de base de 512 mots de 16 chiffres binaires, qui peuvent être mis en parallèle ou en série, afin de constituer au choix un registre unique de :

512 mots de 32 chiffres binaires
ou 1 024 mots de 16 chiffres binaires.

La taille du mot à enregistrer est donc de 16 ou 32 bits. Le premier mot est stocké et présenté à la sortie, le second est écrit à côté du premier, etc... dans l'ordre où ils se présentent ; et l'entrée s'interrompt soit en fin de période de saisie, soit lorsqu'un registre est plein. On passe, alors, à la phase de sortie, laquelle se fait généralement sur support magnétique.

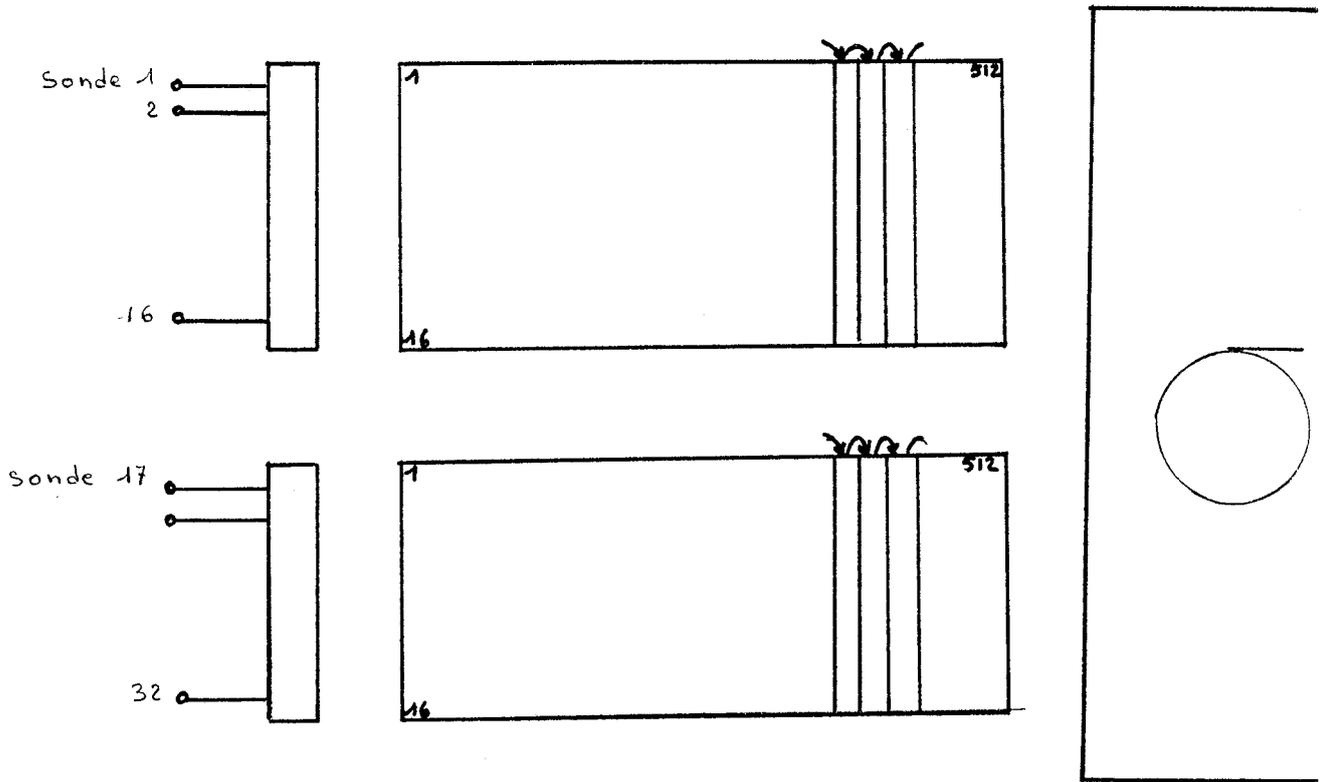


Figure II.30 : Registre à décalage

Le temps minimum d'écriture entre deux informations en entrée est défini par l'électronique de logimètre. Pour Harmonie, ce temps minimum est $t = 300 \cdot 10^{-9}$ secondes.

Nous disposons, en fait, de deux registres semblables à celui que nous venons de décrire ; il permet de fonctionner en bascule, un module se remplissant lorsque l'autre est vidé. Si les informations en entrée sont suffisamment lentes pour que l'écriture, sur support magnétique, soit plus courte que le remplissage de l'autre module, on peut réaliser un prélèvement sans perte d'informations.

En fait, il est souvent intéressant de connaître, non seulement l'ordre dans lequel se produisent des événements, mais le temps qui sépare deux configurations consécutives. Nous avons donc choisi de travailler en 512 mots de 32 chiffres binaires, 16 bits étant connectés aux signaux à enregistrer, les 16 autres étant connectés à une horloge. Deux possibilités se présentaient pour celle-ci :

- mesurer le temps séparant l'évènement (n) de l'évènement (n - 1)
- mesurer l'heure à laquelle l'évènement n se produisait.

Soit une mesure de temps relative ou une mesure absolue. Nous optons pour la seconde solution, l'heure 0 étant celle du début de la phase de saisie en cours.

On peut estimer que les phénomènes qui nous intéressent ont une loi d'arrivée aléatoire (ce qui n'est qu'une première approximation) et que les temps peuvent avoir une dynamique très grande (de quelques micro-secondes à quelques secondes) selon ce que l'utilisateur enregistre.

III . 3 : Utilisation du registre à décalage

Nous avons déjà cité les difficultés d'utilisation de ce registre :

- nombre de prélèvements faible conduisant à des résultats statistiques peu précis ;
- résolution faible ($300 \cdot 10^{-9} \Delta$ pour Harmonie, $2 \cdot 10^{-6} \Delta$ pour les autres logimètres) et temps de neutralisation élevé pour vider la mémoire (quelques dizaines de ms au moins).

Les phénomènes analysés sont souvent lents tels les Cylindres accédés sur un disque.

Harmonie permet des études sur des signaux plus rapides :

- succession de codes opératoires,
- succession de niveaux d'interruption,
- etc...

L'utilisation de l'horloge exponentielle permet de compléter l'étude de succession par une étude de durée de chaque configuration. Malgré l'intérêt de cet outil, on constate que peu de mesures sont effectuées avec ce dispositif.

III . 4 : Mode de traitement des informations stockés par ce registre

Dans la configuration 1 024 x 16, ce sont 64 000 informations différentes qui peuvent être rencontrées parmi les quelques centaines de milliers qui auront été enregistrées, au cours d'une période de mesure. Si ces informations étaient équiprobables, on aurait quelques unités de chacune d'elle rendant impossible le traitement. On s'intéresse donc en général aux mesures conduisant à un taux de fréquence varié et plus particulièrement aux plus fréquentes. On sait que pour un nombre obtenu de quelques milliers, les résultats statistiques seront précis au pour cent.

NOMBRE DE BLUCS TRAITES 30
 U00: 4238* 001: 0* 002: 453* 003: 530* 004: 2050* 005: 0
 U08: 0* 009: 0* 00A: 0* 00C: 0* 00E: 0* 00F: 0
 010: 14* 011: 13* 012: 133* 013: 33* 014: 30* 015: 17* 017: 127
 018: 1482* 019: 35* 01A: 0* 01B: 0* 01C: 0* 01D: 0* 01E: 0* 01F: 0
 U20: 0* 021: 0* 022: 0* 023: 0* 024: 0* 025: 0* 026: 0* 027: 0
 U28: 0* 029: 0* 02A: 0* 02B: 0* 02C: 0* 02D: 0* 02E: 0* 02F: 0
 030: 0* 031: 0* 032: 0* 033: 0* 034: 0* 035: 0* 037: 0
 036: 0* 039: 0* 03A: 0* 03B: 0* 03C: 0* 03D: 0* 03E: 0* 03F: 0
 040: 0* 041: 0* 042: 0* 043: 0* 044: 0* 045: 0* 047: 0
 048: 0* 049: 0* 04A: 0* 04B: 0* 04C: 0* 04D: 0* 04E: 0* 04F: 0
 050: 0* 051: 0* 052: 0* 053: 0* 054: 0* 055: 0* 057: 0
 058: 0* 059: 0* 05A: 0* 05B: 0* 05C: 0* 05D: 0* 05E: 0* 05F: 0
 060: 0* 061: 0* 062: 0* 063: 0* 064: 0* 065: 0* 067: 0
 068: 0* 069: 0* 06A: 0* 06B: 0* 06C: 0* 06E: 0* 06F: 0

U70: 0* 071: 0* 072: 0* 073: 0* 074: 0* 075: 0* 076: 0* 077: 0
 078: 0* 079: 0* 07A: 0* 07B: 0* 07C: 0* 07D: 0* 07E: 0* 07F: 0
 U80: 314* 081: 0* 082: 0* 083: 465* 084: 689* 085: 2140* 086: 0* 087: 0
 U88: 0* 089: 0* 08A: 0* 08B: 0* 08C: 0* 08D: 0* 08E: 0* 08F: 0
 U90: 157* 091: 13* 092: 13* 093: 1* 094: 34* 095: 31* 096: 84* 097: 17* 098: 125
 098: 18* 099: 0* 09A: 0* 09B: 0* 09C: 0* 09D: 0* 09E: 0* 09F: 0
 UAO: 0* 0A1: 0* 0A2: 0* 0A3: 0* 0A4: 0* 0A5: 0* 0A6: 0* 0A7: 0
 UAS: 0* 0A9: 0* 0AA: 0* 0AB: 0* 0AC: 0* 0AD: 0* 0AE: 0* 0AF: 0
 0B0: 0* 0B1: 0* 0B2: 0* 0B3: 0* 0B4: 0* 0B5: 0* 0B6: 0* 0B7: 0
 0B8: 0* 0B9: 0* 0BA: 0* 0BB: 0* 0BC: 0* 0BD: 0* 0BE: 0* 0BF: 0
 UCO: 0* 0C1: 0* 0C2: 0* 0C3: 0* 0C4: 0* 0C5: 0* 0C6: 0* 0C7: 0
 UCS: 0* 0C9: 0* 0CA: 0* 0CB: 0* 0CC: 0* 0CD: 0* 0CE: 0* 0CF: 0
 UDO: 0* 0D1: 0* 0D2: 0* 0D3: 0* 0D4: 0* 0D5: 0* 0D6: 0* 0D7: 0
 UDY: 0* 0D9: 0* 0DA: 0* 0DB: 0* 0DC: 0* 0DD: 0* 0DE: 0* 0DF: 0
 UEO: 0* 0E1: 0* 0E2: 0* 0E3: 0* 0E4: 0* 0E5: 0* 0E6: 0* 0E7: 0
 UES: 0* 0E9: 0* 0EA: 0* 0EB: 0* 0EC: 0* 0ED: 0* 0EE: 0* 0EF: 0
 UFO: 0* 0F1: 0* 0F2: 0* 0F3: 0* 0F4: 0* 0F5: 0* 0F6: 0* 0F7: 0
 UFS: 0* 0F9: 0* 0FA: 0* 0FB: 0* 0FC: 0* 0FD: 0* 0FE: 0* 0FF: 0
 100: 0*

Figure II.31
Niveaux de priorité sur un MITRA 15

| RANG | CONFIGURATION | QUANTITE DE FOIS |
|------|---------------|------------------|
| 1 | 0000 | 1130 |
| 2 | 0012 | 775 |
| 3 | 0084 | 462 |
| 4 | 0004 | 361 |
| 5 | 0018 | 295 |
| 6 | 0083 | 137 |
| 7 | 0002 | 123 |
| 8 | 0082 | 119 |
| 9 | 0003 | 114 |
| 10 | 0086 | 60 |
| 11 | 0014 | 17 |
| 12 | 0094 | 17 |
| 13 | 0017 | 15 |
| 14 | 0097 | 15 |
| 15 | 0093 | 8 |
| 16 | 0013 | 7 |

Figure II.32

Prédécesseurs et successeurs
(niveaux d'IT)

TAB DES CONFIGURATIONS PRECEDANT LES PLUS FREQUENTES

| LA CONFIGURATION X | A PRECEDE LA CONFIGURATION Y | TANT DE FOIS | SUR UN TOTAL DE | ET LA SUIVI TANT DE FOIS |
|--------------------|------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------|
| XX | XY | XY | XX | ZY |
| 0010 | 0000 | •000 | 1130 | 1.000 |
| 0011 | 0000 | •000 | 1130 | •002 |
| 0012 | 0000 | •926 | 1130 | 1.000 |
| 0013 | 0000 | •003 | 1130 | •950 |
| 0015 | 0000 | •000 | 1130 | •714 |
| 0016 | 0000 | •000 | 1130 | 1.000 |
| 0017 | 0000 | •000 | 1130 | •003 |
| 0018 | 0000 | •000 | 1130 | 1.000 |
| 0019 | 0000 | •898 | 1130 | •533 |
| 0085 | 0000 | •933 | 1130 | •966 |
| 0090 | 0000 | •050 | 1130 | 1.000 |
| 0091 | 0000 | 1.000 | 1130 | •000 |
| 0094 | 0000 | •471 | 1130 | •000 |

TAB DES CONFIGURATIONS PRECEDANT LES PLUS FREQUENTES

| LA CONFIGURATION X | A PRECEDE LA CONFIGURATION Y | TANT DE FOIS | SUR UN TOTAL DE | ET LA SUIVI TANT DE FOIS |
|--------------------|------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------|
| XX | XY | XY | XX | ZY |
| 0000 | 0012 | •650 | 775 | •635 |
| 0002 | 0012 | •171 | 775 | •171 |
| 0014 | 0012 | •000 | 775 | 1.000 |
| | | | | •926 |
| | | | | •027 |
| | | | | •022 |

TAB DES CONFIGURATIONS PRECEDANT LES PLUS FREQUENTES

Le premier traitement revient donc à chercher quelles sont les configurations les plus fréquentes. La figure II.31 représente un tel classement. Dans notre exemple, il s'agit du taux d'apparition de chaque niveau de priorité dans un MITRA 15 peu chargé : les configurations 0-7F correspondent aux IT non masquées, les configurations 80-FF aux mêmes IT masquées. En effet, on utilisait cinq chiffres binaires pour le niveau (1 à 32) et le huitième pour le bit de masque. Les niveaux 0 et 80 correspondent à l'attente de l'Unité Centrale.

On constate qu'un tel résultat peu être obtenu par le dispositif de mémoire adressable sur des nombres qui peuvent être bien supérieurs. Mais bien évidemment, celle-ci ne permet pas l'étude des séquences.

La figure II.32 est un tableau récapitulatif, pour les niveaux d'IT obtenus le plus souvent, des prédécesseurs et des successeurs. La lecture de ce tableau est peu parlante mais peut être visualisé par le schéma de la figure II.33. Ces schémas aboutissent au dessin d'un graphe montrant les enchainements (figure II.34). Cette dernière figure est souvent complexe, la précédente est très claire.

Dans d'autres occasions de tels graphes ont été dessinés par exemple pour l'étude des successions des codes opératoires d'un gros ordinateur ou pour celle des mouvements de bras d'une unité de disque à têtes mobiles. Ce dernier cas est très caractéristique et conduit à optimiser les fichiers sur le disque lorsque c'est possible. On doit alors placer les plus utilisés en milieu du disque et les autres de part et d'autre.

REPRESENTATION DES CODES Y PREDECESSEURS DU CODE X

X CODE Y1 (EN HEXA MUUX-KKXX)
 X CODE Y2 (EN HEXA MUUX-AXXX)
 X CODE X
 X CODE X

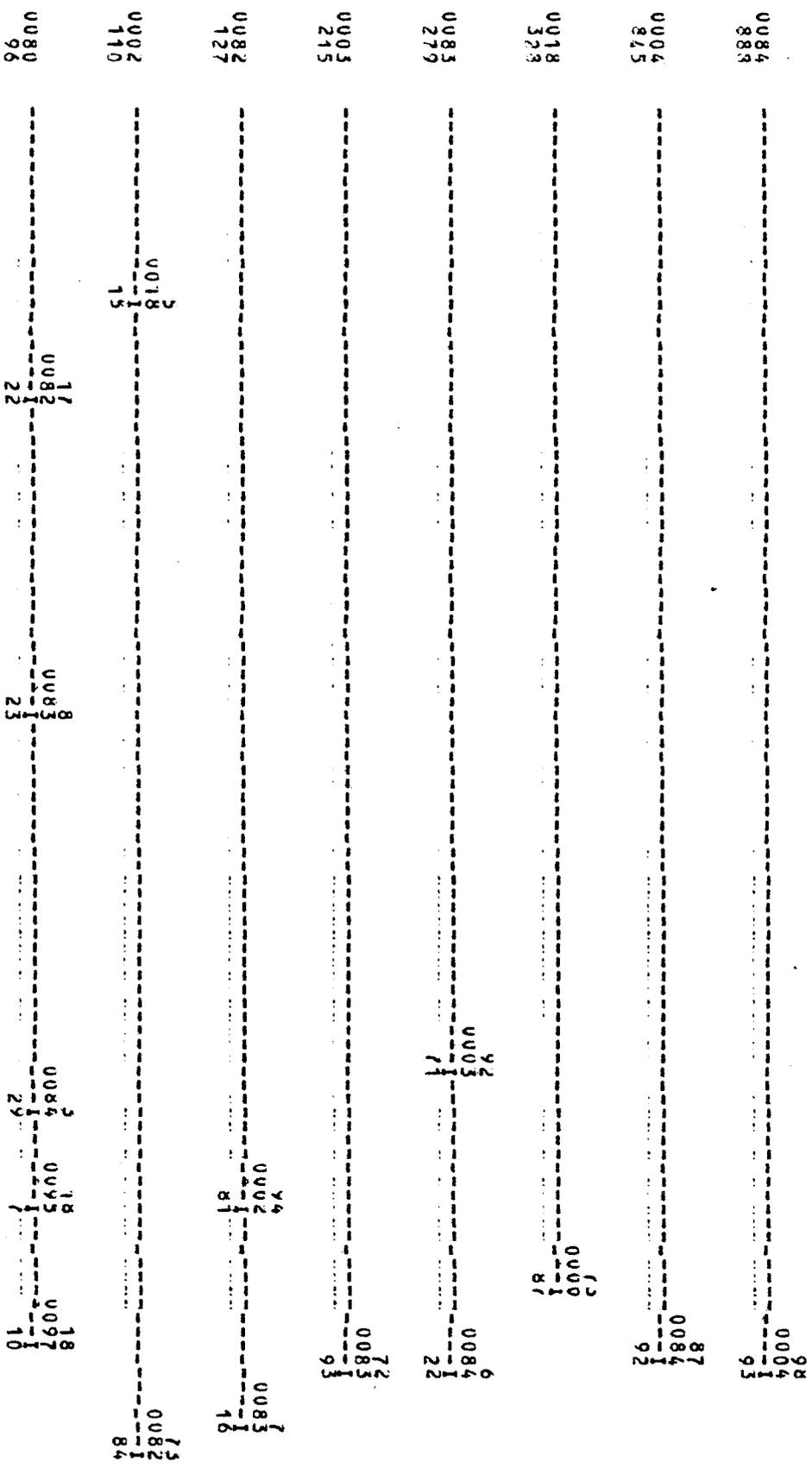
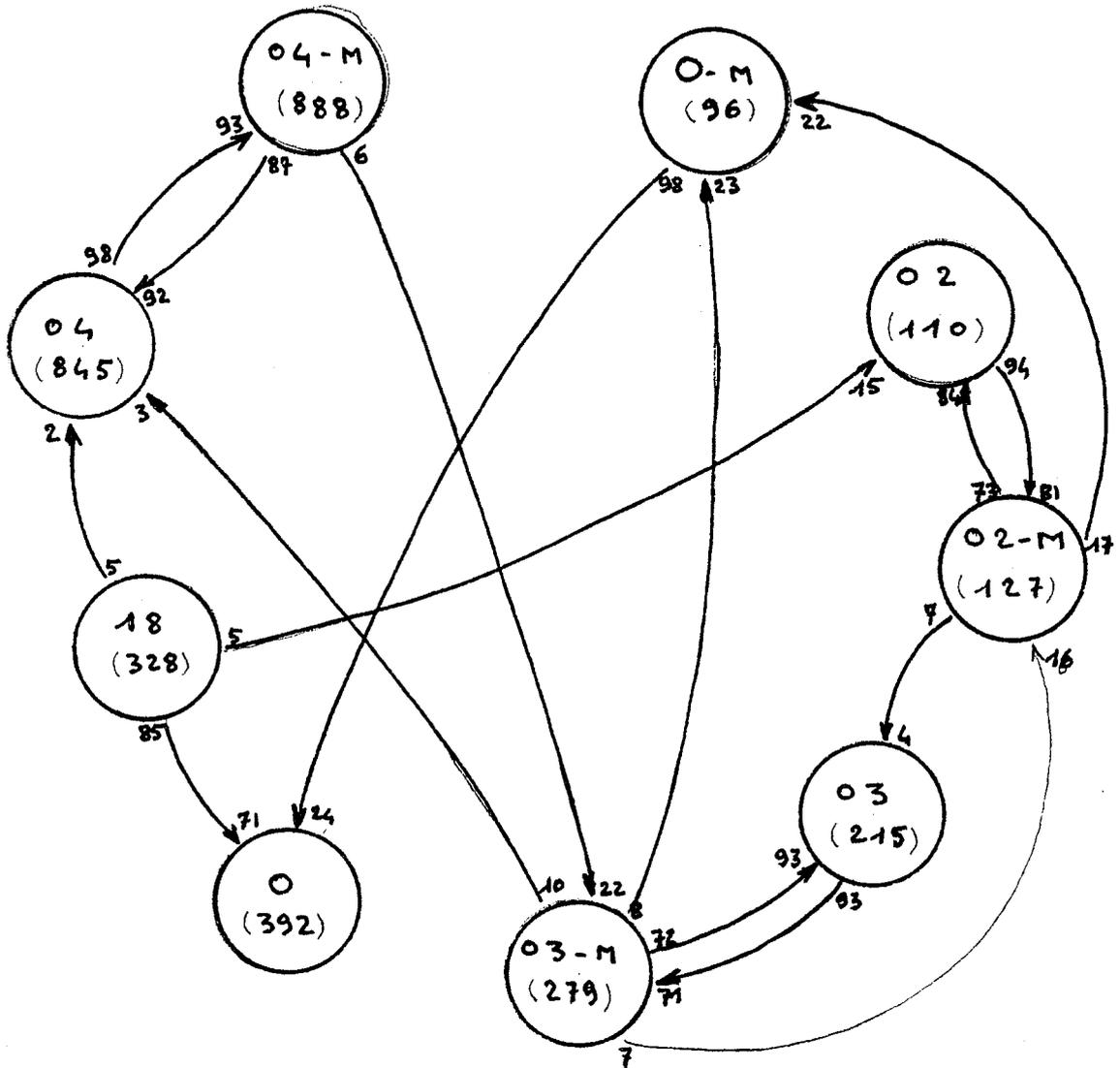


Figure II.33

Lire : Le code 84 obtenu 883 fois a été précédé
 93 % des fois par le code 04

Figure II.34



Graphe des successions des niveaux d'IT sur Mitra 15

On lit: le niveau 4 masqué, activé 888 fois a été suivi 87% du temps par 4, soit 92% des fois que 4 apparaît.

Nous insistons sur l'importance des graphes pour la visualisation des tableaux. Souvent l'évaluation des performances conduit à la production de pages de chiffres qui n'attirent plus l'attention. Nous présentons en figure II.35, une façon de représenter une succession d'évènements en tenant compte des temps pendant lesquels, ils ont duré. Ceux-ci sont fournis par le dispositif d'horloge exponentielle. Il s'agit encore de la présentation des niveaux de priorité d'un MITRA 15 peu chargé. Chaque ligne représente un changement de niveau ; sur la partie gauche, on représente le niveau par un caractère I (niveau non masqué) ou M (niveau masqué) dans une des 32 premières colonnes (32 niveaux différents) ; sur la partie droite, une succession de tirets de longueur proportionnelle à la durée.

On remarque donc que ce ne sont pas les niveaux rencontrés les plus souvent qui occupent le plus long temps d'ordinateur. On sera donc amené à calculer les temps cumulés de ces configurations et éventuellement, on pourra représenter ceux-ci sur le graphe des successions.

On doit noter que le dispositif de mémoire adressable permet aussi de fournir directement ces durées, ce que nous avons fait par ailleurs. Cependant, sur la plupart des logimètres, on ne peut avoir simultanément la durée cumulée et le nombre d'apparitions des configurations. Ces deux grandeurs doivent être obtenus successivement, mais le comportement de l'ordinateur peut avoir changé. Par ailleurs, on obtiendrait la durée moyenne de chacune d'elles, mais non les valeurs successives.

| U | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | F _i (DUKEE) | IT | DUKEE (HS) | CUMUL-DUREE |
|---|---|----|----|----|----|----|------------------------|-----|------------|-------------|
| 0 | | | | | | | | 4 | 512 | 441322 |
| | I | | | | | | | 152 | 64 | 441386 |
| | M | | | | | | | 4 | 64 | 441450 |
| | I | | | | | | | 152 | 64 | 441514 |
| | M | | | | | | | 4 | 64 | 441578 |
| | I | | | | | | | 152 | 64 | 441642 |
| | M | | | | | | | 4 | 256 | 441706 |
| | I | | | | | | | 131 | 0 | 441770 |
| | M | | | | | | | 3 | 64 | 441834 |
| | I | | | | | | | 20 | 64 | 441898 |
| | M | | | | | | | 148 | 64 | 441962 |
| | I | | | | | | | 151 | 0 | 442026 |
| | M | | | | | | | 3 | 64 | 442090 |
| | I | | | | | | | 151 | 0 | 442154 |
| | M | | | | | | | 3 | 256 | 442218 |
| | I | | | | | | | 128 | 0 | 442282 |
| | M | | | | | | | 0 | 0 | 442346 |
| | I | | | | | | | 0 | 5760 | 442410 |
| | M | | | | | | | 0 | 0 | 442474 |
| | I | | | | | | | 23 | 1152 | 442538 |
| | M | | | | | | | 0 | 0 | 442602 |
| | I | | | | | | | 152 | 0 | 442666 |
| | M | | | | | | | 0 | 128 | 442730 |
| | I | | | | | | | 23 | 8576 | 442794 |
| | M | | | | | | | 0 | 64 | 442858 |
| | I | | | | | | | 152 | 0 | 442922 |
| | M | | | | | | | 0 | 1276 | 442986 |
| | I | | | | | | | 151 | 896 | 443050 |
| | M | | | | | | | 4 | 128 | 443114 |
| | I | | | | | | | 132 | 64 | 443178 |
| | M | | | | | | | 0 | 0 | 443242 |
| | I | | | | | | | 152 | 520 | 443306 |
| | M | | | | | | | 4 | 64 | 443370 |
| | I | | | | | | | 152 | 64 | 443434 |
| | M | | | | | | | 4 | 128 | 443498 |
| | I | | | | | | | 152 | 64 | 443562 |
| | M | | | | | | | 0 | 0 | 443626 |
| | I | | | | | | | 152 | 128 | 443690 |
| | M | | | | | | | 4 | 0 | 443754 |
| | I | | | | | | | 152 | 0 | 443818 |
| | M | | | | | | | 0 | 0 | 443882 |
| | I | | | | | | | 152 | 128 | 443946 |
| | M | | | | | | | 4 | 0 | 444010 |
| | I | | | | | | | 152 | 192 | 444074 |
| | M | | | | | | | 0 | 6848 | 444138 |
| | I | | | | | | | 21 | 0 | 444202 |
| | M | | | | | | | 149 | 1216 | 444266 |
| | I | | | | | | | 132 | 64 | 444330 |
| | M | | | | | | | 4 | 64 | 444394 |
| | I | | | | | | | 132 | 256 | 444458 |
| | M | | | | | | | 4 | 64 | 444522 |
| | I | | | | | | | 132 | 128 | 444586 |
| | M | | | | | | | 0 | 0 | 444650 |

Figure II 35

TROISIEME PARTIE

3EME PARTIE

CAS D'ETUDE

CHAPITRE I : INTRODUCTION

Nous donnons ici les résultats principaux d'une série de mesures réalisées sur un ordinateur IRIS 80 - CII biprocesseur sur lequel fonctionne le Système de Gestion de Base de Données (SGBD) SOCRATE.

Notre but ici n'est pas de porter un jugement sur le constructeur, ni sur la société qui exploite ce dispositif.

Nous voulons donner un exemple de méthodologie d'intervention sur un site et un aperçu sur les résultats qui peuvent être obtenus avec les différents outils évoqués dans la lère partie de notre document.

CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE DE MISE EN OEUVRE DE L'INTERVENTION

Lorsque nous sommes saisis d'une demande d'intervention sur un site, un certain nombre d'éléments sont nécessaires pour en assurer la réalisation.

II . 1 : Organigramme du Centre de Traitement Informatique

Avec connaissance exacte des principaux responsables, notamment Directeur Informatique, Responsable de l'exploitation, Responsable de l'équipe système, Représentant du constructeur. Ces renseignements permettent de savoir à qui s'adresser pour :

- demander des autorisations,
- fournir les résultats de l'intervention,
- savoir à qui s'adresser pour obtenir des renseignements préliminaires.

Nous affirmons, en effet, qu'une opération d'évaluation des performances ne peut être effectuée sans réaliser un véritable AUDIT du Centre Informatique. L'interrogation des divers niveaux d'intervenants permet de connaître un certain nombre de faits qui pourront expliquer une partie des résultats obtenus, comme les horaires de telle ou telle prestation de service, les consignes, les heures de changement d'équipe, les "pauses-café", les facilités de pénétration dans la salle machine, la disposition des lieux, les consignes de nettoyage de la salle et des périphériques, les rangement des volumes (bandes et disques).

Nous pouvons citer rapidement deux évènements que nous avons rencontrés et que nous avons su résoudre sans difficultés par l'observation :

- dégradation générale des performances d'une unité centrale à 19 heures chaque soir : les opérateurs préféreraient grouper à cette heure tous les travaux demandant un montage de volume, de façon à être libres le reste de la nuit ;
- taux d'erreur très important sur les périphériques magnétiques : consciencieusement les femmes de ménage ponçaient avec des disques abrasifs le revêtement des sols provoquant une fine poussière trop lourde pour être aspirée par la suite.

II . 2 : Définition du service attendu par l'utilisateur

Car ce service va orienter les choix des évaluations :

- sécurité de fonctionnement au détriment de l'efficacité de la configuration,
- fonctionnement pouvant absorber des pointes de charges imprévisibles,
- temps de réponse en traitement par lots ou en temps partagé,
- fonctionnement économique par une utilisation au maximum possible (à définir) des ressources de la configuration,
- respect des horaires de sortie de tels travaux,
- confort de l'utilisateur ou de l'exploitation par l'utilisation de l'ordinateur aux heures de bureau,
- etc...

Il est évident que tous ces critères sont souhaités sur un site, mais il convient d'établir une priorité entre eux.

II . 3 : Définition de l'intervention

La connaissance de l'organigramme et du service attendu permet de définir le type d'intervention qui sera effectué. Il ne peut exister un type unique et sérieux d'intervention et nous nous étonnons de rencontrer des équipes qui assurent une évaluation chaque mois sur des centres différents.

Au cours des séances de travail qui précèdent la campagne, doivent être définis :

- les dates et heures d'installation du dispositif (matériel ou logiciel) de l'extraction des informations de l'analyse des données et de la fourniture du rapport. L'intervention sur le site ne doit pas dépasser deux à trois semaines par outil de mesure, afin que les divers intéressés du site soient mobilisés. Le rapport doit être fourni un mois après la fin des mesures sous peine de devenir caduque. La phase de préparation doit s'étendre sur au moins un mois.

- les outils qui seront utilisés qui peuvent être : la comptabilité, le moniteur logiciel, le logimètre matériel, les "benchmarks", éventuellement la modélisation.

- les indicateurs de performance qu'on cherchera à chiffrer par la mesure et si possible les valeurs à partir desquelles on pourra dire qu'il y a satisfaction.

- la façon de saisir ces indicateurs : emplacement des sondes matérielles, définition des sondes logicielles, conditions d'échantillonnage, etc...

CHAPITRE 3 : MISE EN OEUVRE DE L'INTERVENTION

Après l'obtention de l'organigramme du site, l'objectif que nous avons visé est l'étude de la configuration de l'ordinateur. La figure III.1 représente cet ordinateur qui est équipé de :

- 3 bancs mémoires de 128 K mots,
- 2 Unités Centrales,
- 2 unités d'échange multiplexées supportant les unités de bande, les périphériques papiers, les coupleurs de transmission,
- 2 unités spécialisées de communication (ATI) aux disques, ceux-ci étant 4 unités de 100 M octets et 5 unités de 200 M octets.

Tous les périphériques sont accédés en double accès.

Les disques supportent le système, des fichiers et une Base de Données consultée sous le logiciel SOCRATE par l'intermédiaire de consoles, chaque jour ouvrable de 9 h 30 à 12 h 30. La question que se pose le site est :

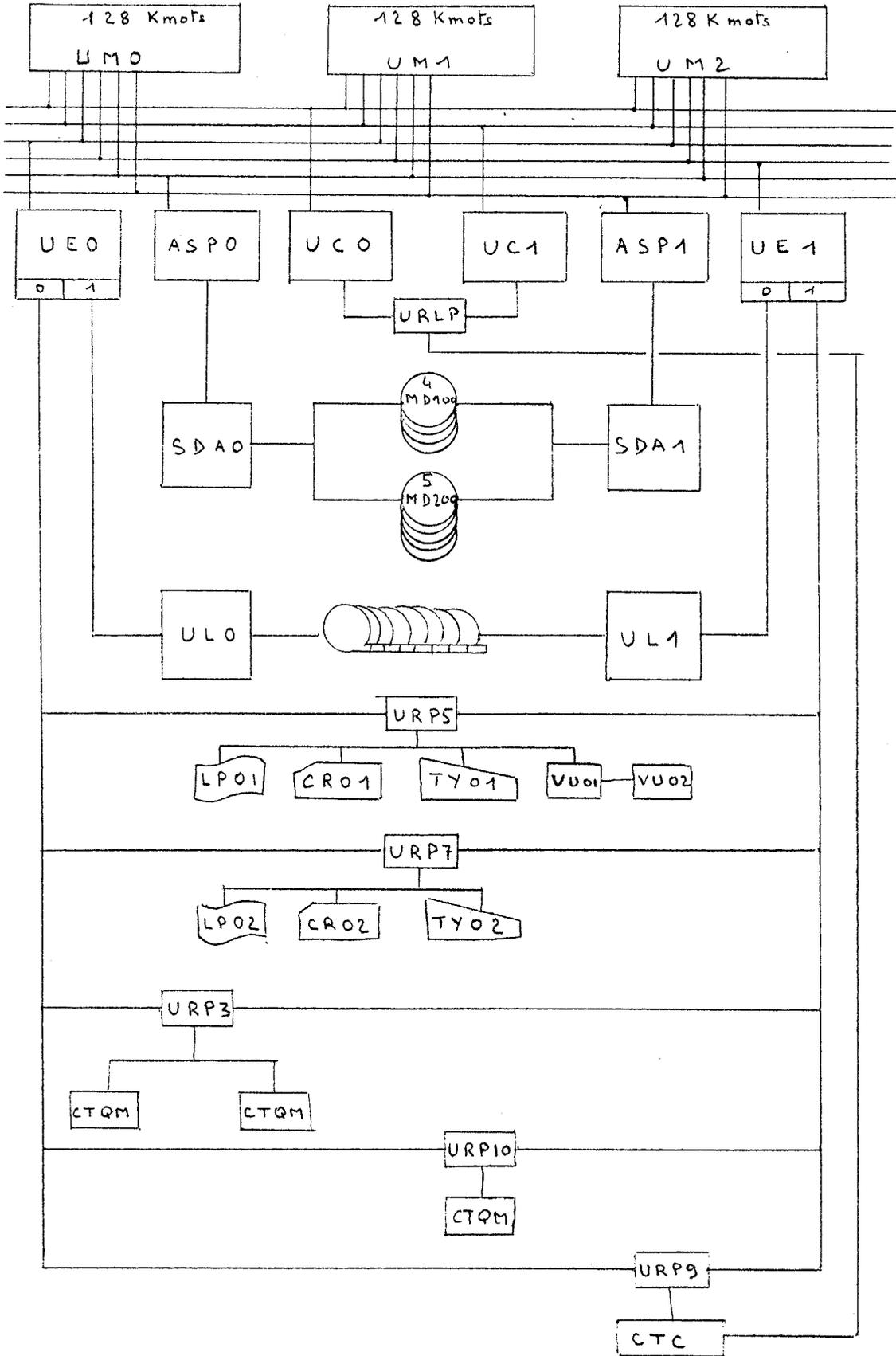
"Quelle charge est apportée par ces consoles ? Peut-on en augmenter le nombre, et jusqu'à quelle limite ?".

Il y a donc une phase d'analyse de la charge actuelle et une phase d'estimation d'un comportement ultérieur. Ce dernier nécessite une modélisation de l'ordinateur.

Nous avons donc décidé la mise en oeuvre et l'exploitation de :

- fichier comptable de février,
- mesures "matérielles" avec HARMONIE, en avril et mai,
- mesures "logicielles" avec le produit SFER du CERT en mai,
- modélisation avec l'aide de la GIXI.

Figure III.1



Il n'a pas été possible de réaliser des mesures par HARMONIE et par SFER simultanément, car par suite de pannes sur l'ordinateur, les sondes matérielles ont été débranchées avant la mise en oeuvre des mesures logicielles. De même, afin d'avoir les résultats avant l'été, le fichier comptable analysé fut celui de février ; une analyse plus succincte du fichier d'avril a permis une comparaison "comptabilité-Harmonie". Nous ne donnerons pas ici les résultats de la modélisation.

CHAPITRE 4 : RESULTATS OBTENUS

IV . 1 : Analyse du fichier comptable

Afin d'extraire le maximum d'informations de ce fichier, nous utilisons trois programmes de dépouillement :

- un programme réalisé par le GETI (Charbonnages de France),
- un programme conçu par le Centre de Calcul de l'IRIA,
- un programme que nous avons réalisé pour la classification des travaux et autres résultats statistiques.

Une difficulté d'utilisation du fichier comptable provient de ce qu'il est monofichier et que le repérage du changement de jour est lié à une intervention manuelle des opérateurs, d'où l'existence de journées de 25 heures, etc...

1° - Profil d'une journée d'exploitation

a) - Traitement par lots

une journée d'exploitation dure de 6 h à 21 h et traite 481 travaux en moyenne. Le profil d'un travail est le suivant :

- durée de présence en mémoire : 3 mn 42 s.
- temps Unité Centrale : 1 mn 6 s.
- mémoire demandée : 86 pages
- mémoire utilisée : 58 pages
- temps d'attente des Unités centrales après les entrées-sorties : 1 mn 25 s.
- nombre d'entrées-sorties :
 - . sur disques système : 890
 - . sur disques partageables : 263
 - . sur bandes : 530.

Le nombre de travaux simultanément en mémoire est de 1,62. On peut en déduire que :

- activité globale de chaque unité centrale : environ 30 %,
- taux d'occupation mémoire : 139 pages sur 495, soit 28 %.

Les travaux "batch" neaturent pas les mémoires et unités centrales, du moins en moyenne sur 1 mois et de 6 h à 21 h.

b) - Session temps partagé

Une vacation temps partagé dure en moyenne 10 h 55 mn et comporte 77 sessions.

- durée d'une session : 19 mn 30 s.
- prise en compte des unités centrales : 25 s.
- occupation de la mémoire : 36,8 pages
- occupation des disques : 5,6 quanta
- nombre "d'I/O calls" : 697
- nombre de "TTY calls" : 2160.

2,3 sessions sont actives simultanément. La charge des unités centrales est donc de 4,8 % ; 123 pages étant allouées, le taux d'utilisation de la mémoire est de 69 %.

Le volume mémoire est utilisé correctement ; le temps partagé emploie très peu l'Unité Centrale.

| TRAVAUX BATCH | CLASSE 1 | CLASSE 2 | CLASSE 3 | CLASSE 4 | CLASSE 5 |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Pourcentage des travaux | 5,9% | 11% | 12,5% | 27% | 38,8% |
| Durée (mn) | 9,6 (3,5 - 31) | 5,09 (1,12 - 16,3) | 1,75 (0,1 - 9,2) | 1,49 (0,02 - 14,2) | 1,49 (0,07 - 6,2) |
| Temps unité centrale (mn) | 0,87 (0,18 - 4) | 1,87 (0,18 - 9,3) | 0,37 (0,06 - 0,92) | 0,16 (0 - 1,67) | 0,46 (0 - 4,76) |
| Mémoire utilisée (pages) | 41,2 (19 - 74) | 66,2 (42 - 124) | 93,6 (69 - 138) | 19,4 (0,45 - 41,6) | 45,5 (26 - 67) |
| E/S Disques système | 255 (34 - 1360) | 2583 (24 - 6200) | 931 (109 - 2253) | 217 (20 - 2360) | 518 (23 - 1718) |
| E/S Disque partageables | 3162 (966 - 8818) | 90 (0 - 2880) | 15,4 (0 - 556) | 141 (0 - 1640) | 21,2 (0 - 475) |
| E/S Bandes | 1750 (0 - 6720) | 630 (0 - 6092) | 39,4 (0 - 1007) | 96 (0 - 1743) | 51 (0 - 1200) |

TRAVAUX BATCH - 5 CLASSES PRINCIPALES

TABIEAU III. 2

c) - Classification des travaux par lots

Les paramètres pris en compte sont les suivants :

- durée du travail, en minutes
- temps Unité Centrale, en minutes
- mémoire utilisée, en pages
- entrée-sortie disques système
- E/S disques partageables
- E/S bandes
- heure de début du travail (avec un poids très faible).

On remarque 5 classes principales qui regroupent 95 % des travaux. Le tableau III.2 les représentent.

Classe 1 : travaux consommant beaucoup d'entrées-sorties, disques partageables, sauvegardes matinales notamment.

Classe 2 : travaux consommant beaucoup d'entrées-sorties sur disques système, une mémoire assez importante.

Classe 3 : travaux consommant peu d'Unité Centrale et beaucoup de mémoire.

Classe 4 : travaux de petite taille et de faible consommation.

Classe 5 : petits travaux utilisant un peu plus de mémoire.

Ces 5 classes sont représentées sur les figures III.3 à III.7. A ces travaux, s'ajoute le travail "SOCRATE" : peu d'unité centrale et beaucoup d'entrées-sorties.

CLASSE 1 - BATCH

17 travaux (5,9 %)

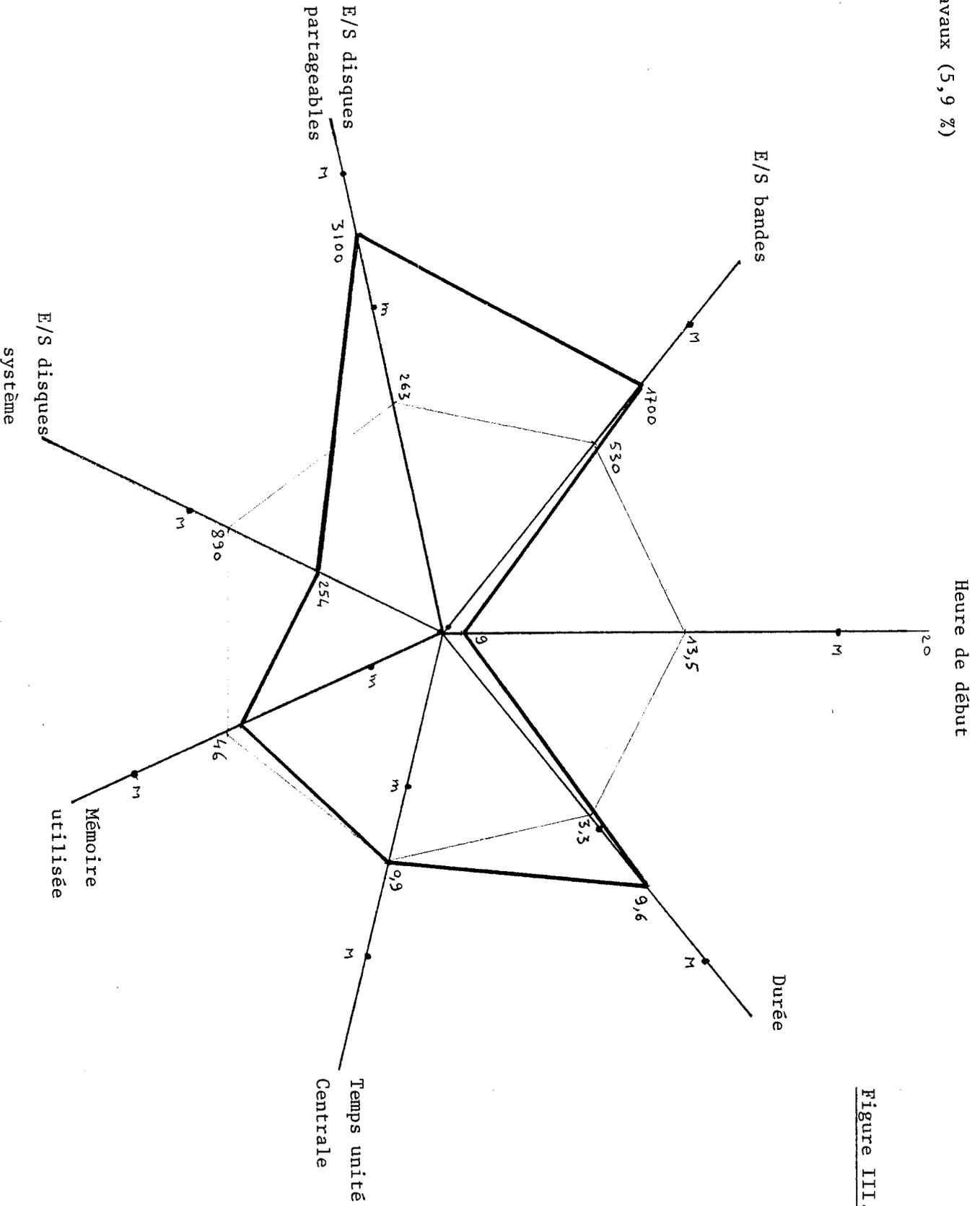
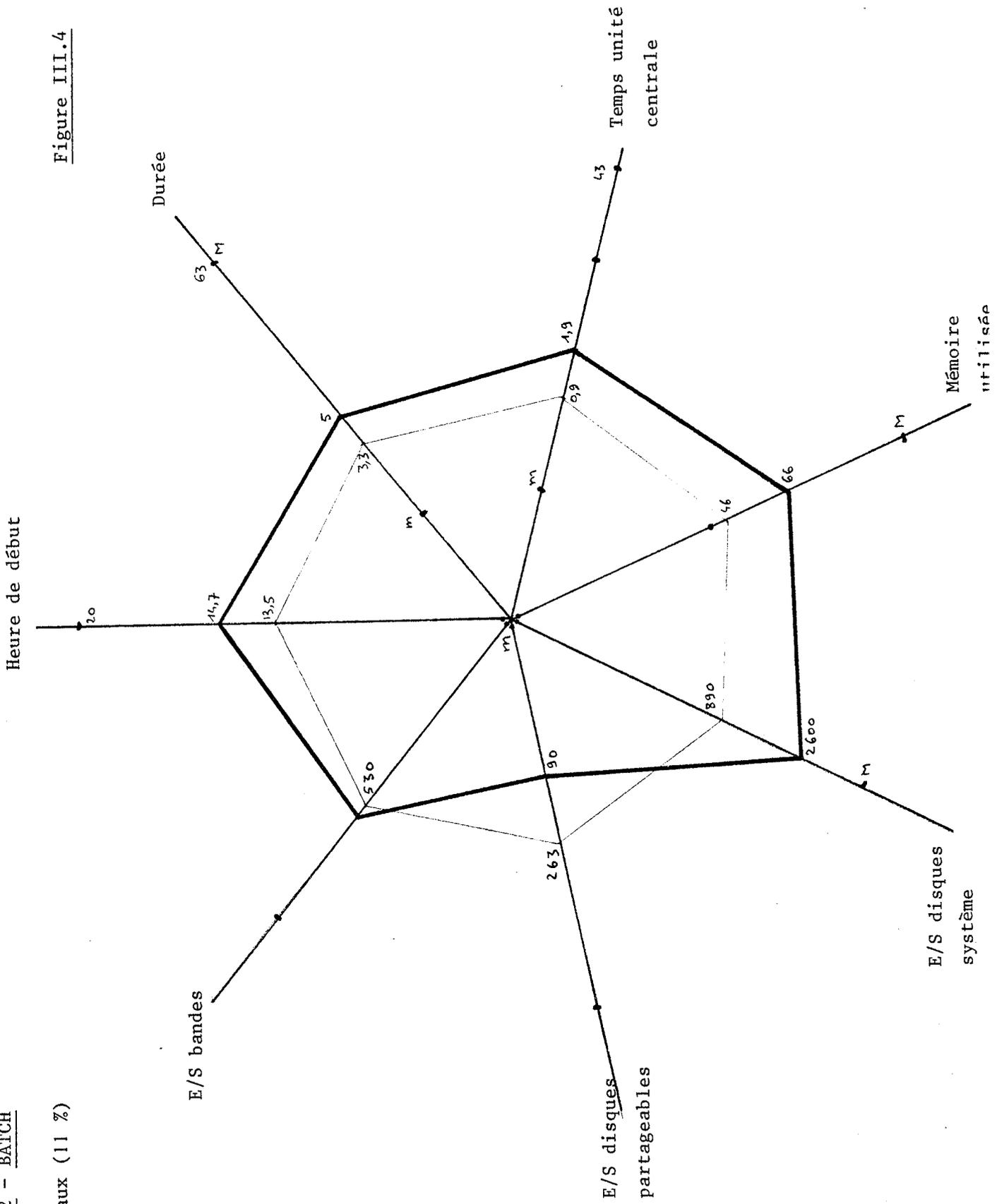


Figure III.3

CLASSE 2 - BATCH

32 travaux (11 %)



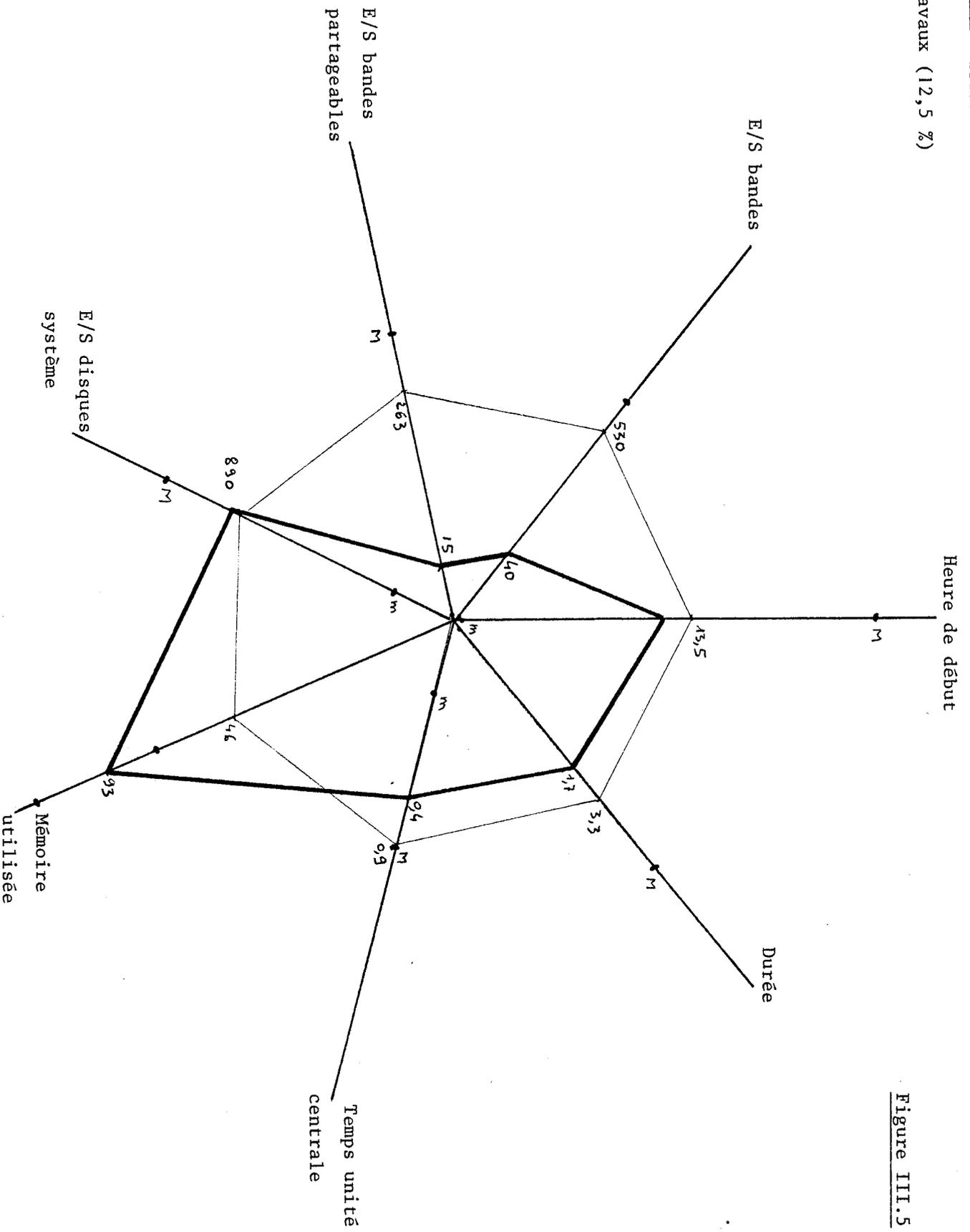
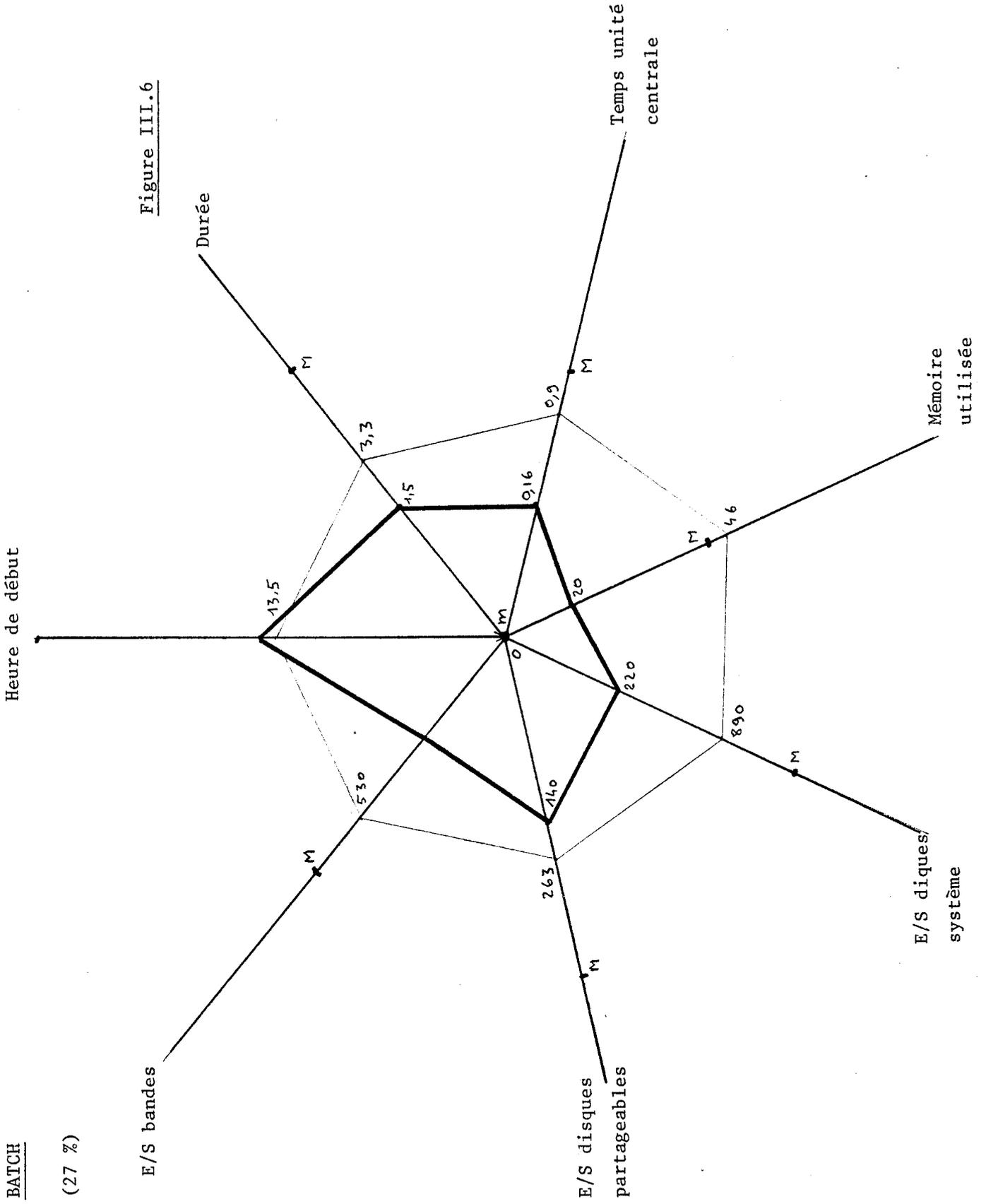


Figure III.5

CLASSE 4 - BATCH

78 travaux (27 %)



CLASSE 5 - BATCH

112 travaux (38,8 %

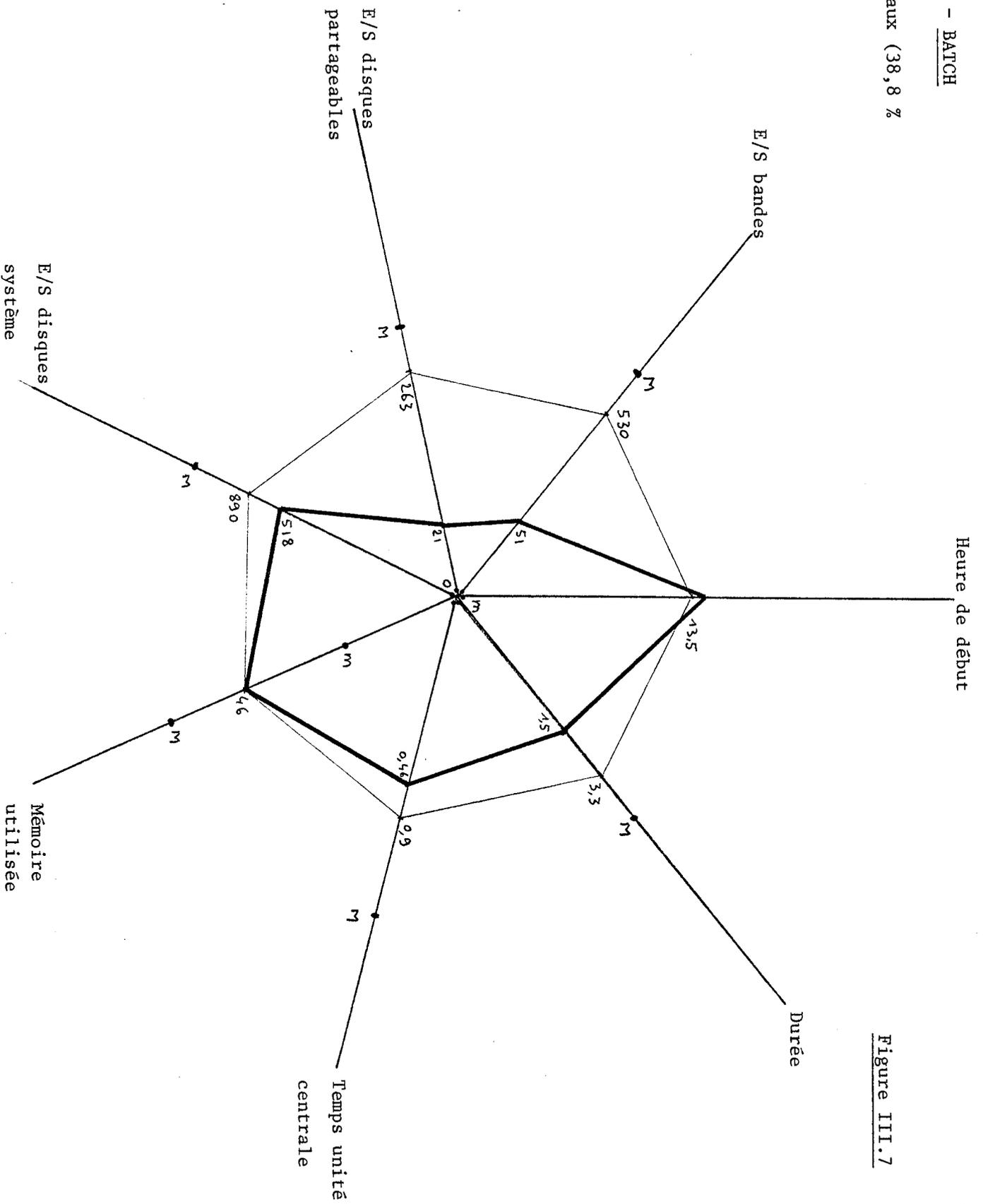


Figure III.7

d) - Classification des sessions temps partagé

Les paramètres pris en compte sont les suivants :

- durée de connexion
- temps Unité Centrale
- mémoire immobilisée
- espace disque utilisé
- nombre d'entrées-sorties disques système
- nombre d'appels au superviseur de transmission
- produit (temps x volume) réservé au "swapping"
- heure de début de session (avec un poids très faible).

5 classes principales regroupent les sessions temps partagé. Elles sont résumées dans le tableau III.8.

Les figures III.9 à III.13 représentent ces classes de sessions. On peut aussi représenter ces sessions en deux groupes :

| | 1er groupe | 2e groupe |
|----------------------|--------------|--------------|
| Durée de connexion | >17 minutes | <17 minutes |
| Temps Unité Centrale | >40 secondes | <40 secondes |
| Mémoire immobilisée | >30 pages | <30 pages |

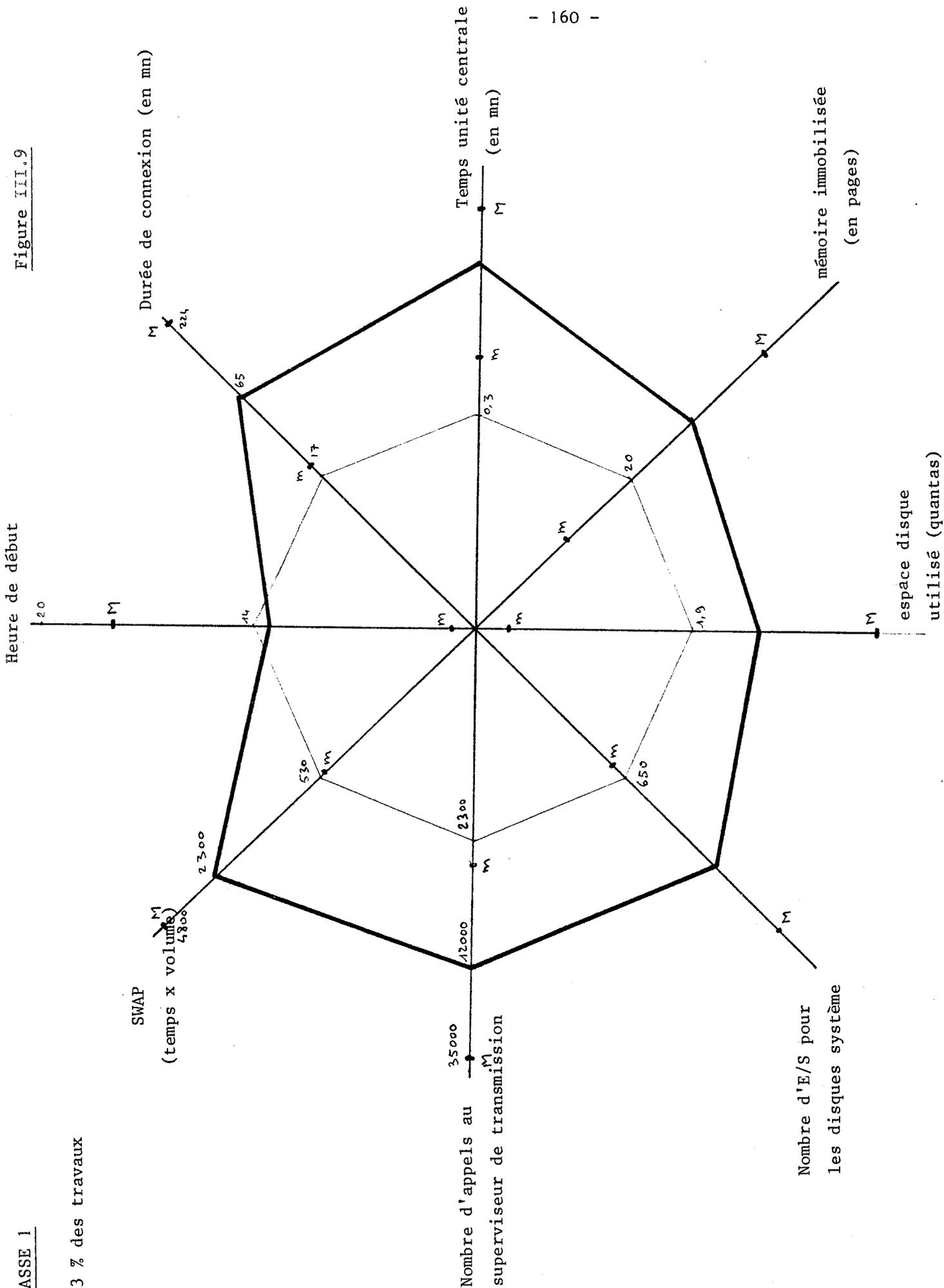
TABLEAU III.8

| TRAVAUX TS | CLASSE 1 | CLASSE 2 | CLASSE 3 | CLASSE 4 | CLASSE 5 |
|---|------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Pourcentage des travaux | 8,3% | 13,3% | 12% | 32,3% | 34,0% |
| Heure de début | 13h40mn (9h - 18h) | 12h15 (9h - 18h) | 14h25 (9h - 19h) | 11h40 (9h - 15h) | 17h (14h - 20h) |
| Durée de connexion (mn) | 65,6 (18 - 224) | 37 (11 - 78) | 13,2 (0,5 - 43) | 4,2 (0 - 17) | 9,3 (0,003 - 52) |
| Temps unité centrale (mn) | 1,9 (0,6 - 4) | 0,3 (0,05 - 0,7) | 0,6 (0,05 - 1,8) | 0,05 (0 - 0,4) | 0,06 (0 - 0,6) |
| Mémoire immobilisée (pages) | 36,8 (10 - 75) | 20,5 (6,6 - 37) | 50,2 (29 - 89) | 11,7 (0 - 30) | 12,2 (0 - 36) |
| Espace disque utilisé (-quantas) | 5,9 (0 - 46) | 0,6 (0 - 6) | 9,9 (0 - 80) | 0,3 (0 - 3) | 0,12 (0 - 3,4) |
| Nombre d'E/S Disques système | 3324 (500 - 10 000) | 980 (21 - 4500) | 910 (19 - 2470) | 186 (2 - 970) | 213 (2 - 1600) |
| Nombre d'appels au superviseur de transmission | 12000 (3000 - 3500) | 4300 (850 - 10 000) | 2200 (120 - 7200) | 495 (30 - 2500) | 831 (10 - 5300) |
| Produit temps x volume réservé au swapping | 2300 (540 - 4800) | 1140 (430 - 2400) | 570 (12 - 1600) | 112 (0,2 - 500) | 239 (0,3 - 1400) |

CLASSE 1

8,3 % des travaux

TS



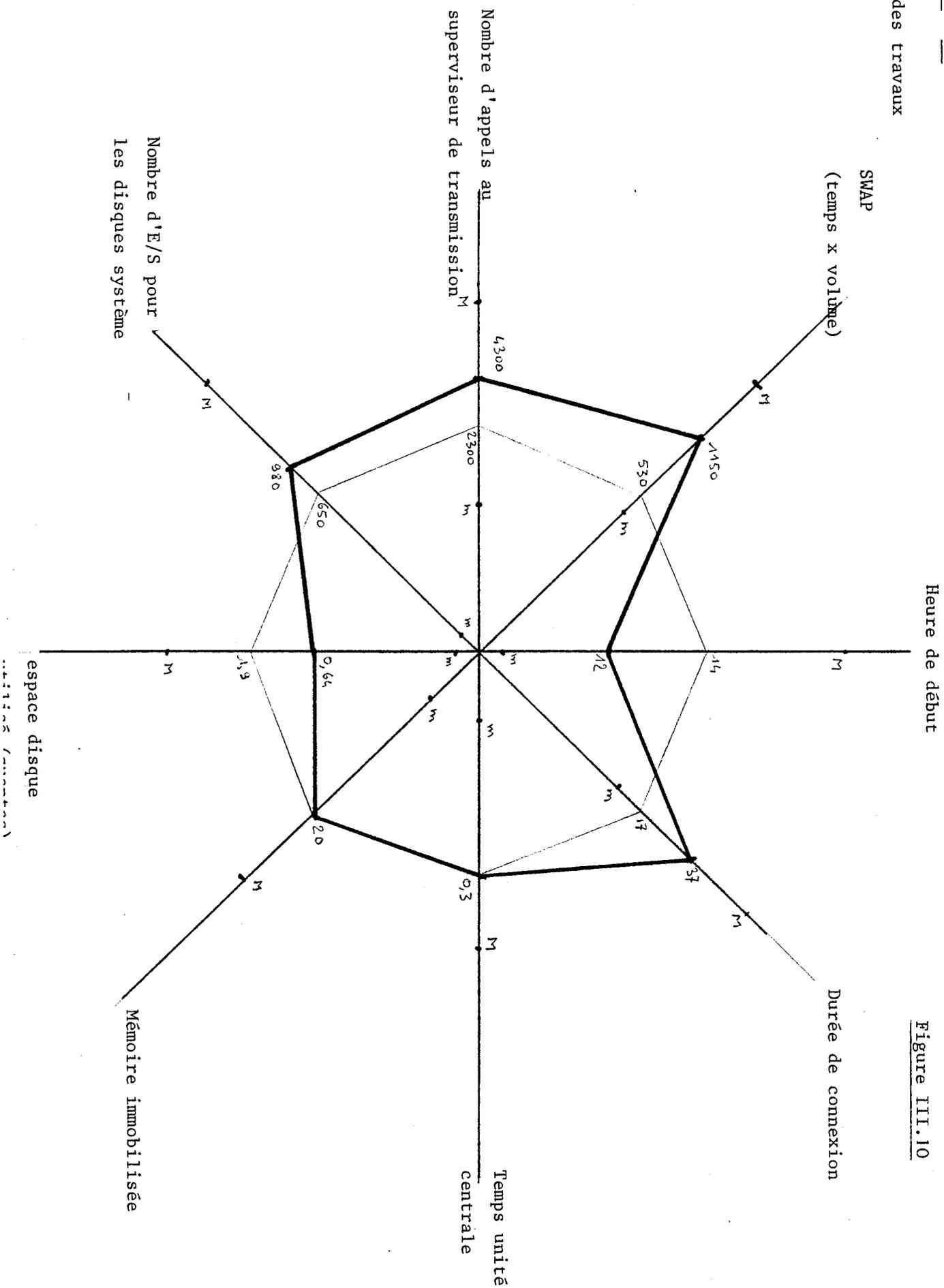
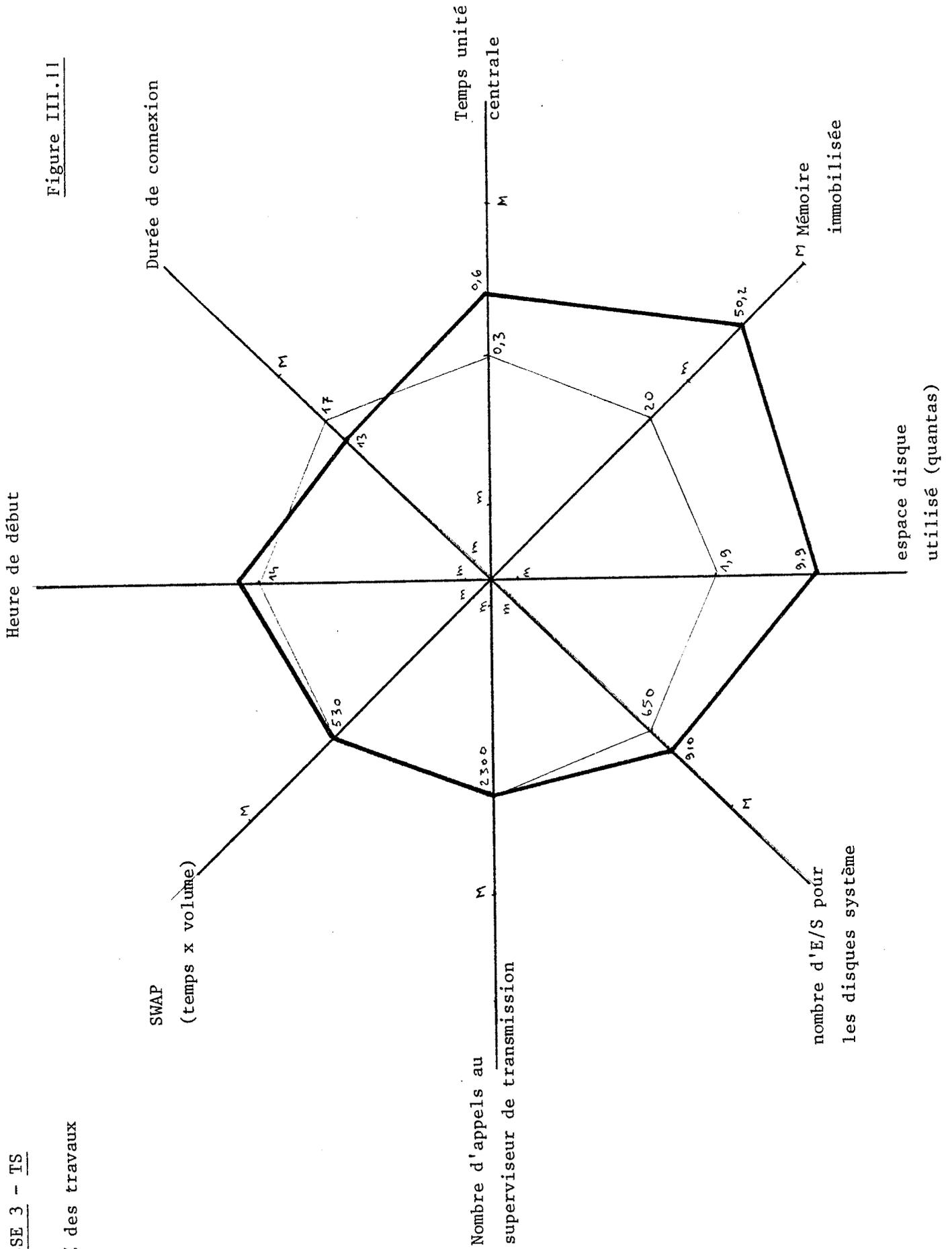


Figure III.10

Figure III.11



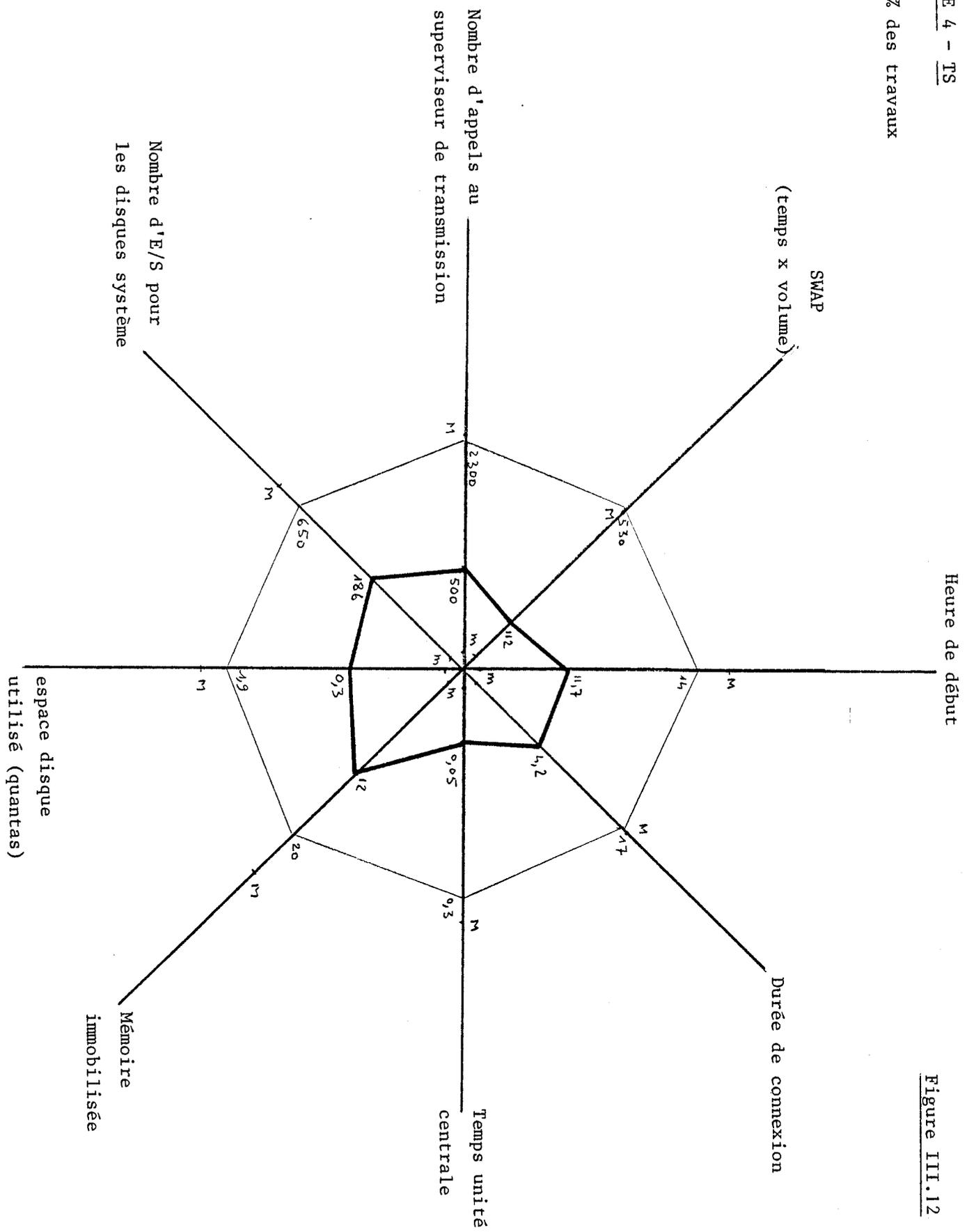
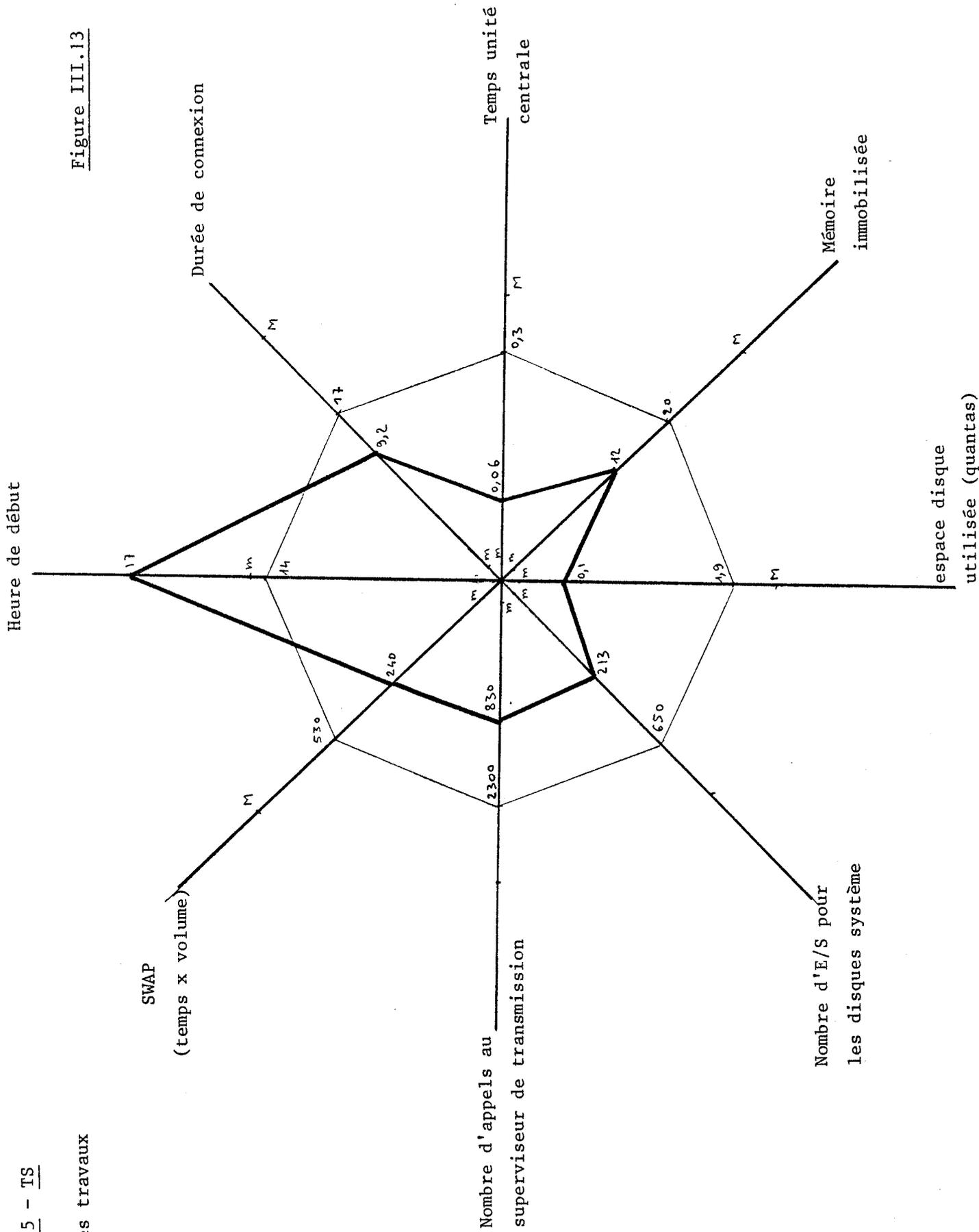


Figure III.12

Figure III.13



2° - Activités de la configuration

a) - Activité des unités centrales

L'examen de la comptabilité pour la deuxième quinzaine du mois, conduit à une moyenne par unité centrale, pour un jour : 35,4 % ; avec un maximum de 48,1 % sur un jour et de 65 % sur une heure.

Ces résultats ne doivent pas masquer le fait que :

- une partie du temps consommé par le système d'exploitation n'est pas comptabilisée et doit être rajoutée ;
- on suppose que les unités centrales sont équilibrées, ce qui a été vérifié par les mesures matérielles.

b) - Activité des disques et des bandes

Appels aux disques système : 500 000 par jour avec des pointes (rares) à 130 000 par heure. Le travail SOCRATE consomme la moitié des appels aux disques système quand il est actif.

Appels aux disques partageables (ils supportent la Base de Données) : 150 000 par jour en moyenne avec des pointes à 100 000 par heure. 30 % des appels ont lieu pendant les sauvegardes matinales et 50 % sont effectués par le travail SOCRATE.

Appels aux bandes : 300 000 par jour avec des pointes à 100 000 par heure.

Si on indique :

- qu'un appel disque système transfère 2 200 octets
- qu'un appel disque partageable transfère 5 700 octets
- qu'un appel bande transfère 7 300 octets,

on constate que les transferts sont très importants.

Certaines entrées-sorties propres au système d'exploitation ne figurent pas dans ces chiffres ; les mesures à l'aide d'HARMONIE les détermineront.

3° - Analyse des files d'attente

La comptabilité permet d'étudier heure par heure, les nombres de travaux entrés, actifs, imprimés. On constate que de légères files d'attente se produisent entre 6 et 7 heures, 11 et 12 heures, 15 et 17 heures qui sont résorbées dans l'heure qui suit. On sait par ailleurs que c'est entre 15 et 18 heures que l'ordinateur est le plus chargé avec 60 % d'activité comptabilisée sur chaque unité centrale.

4° - Répartition des travaux en classe

La comptabilité permet d'étudier les classes de travaux au sens de l'exploitation :

| | en nombre | en temps UC | Durée UC/travail |
|----------|-----------|-------------|------------------|
| Classe B | 0,5 % | 3,0 % | 8 mn 48 s |
| Classe C | 1,0 % | 14,3 % | 21 mn 30 s |
| Classe D | 0,2 % | 1,7 % | 20 mn 30 s |
| Classe E | 2,8 % | 5,9 % | 3 mn 20 s |
| Classe P | 3,7 % | 4,1 % | 1 mn 55 s |
| Classe T | 91,8 % | 71,0 % | 1 mn 17 s |

Le travail SOCRATE est en classe P. La grande majorité des travaux constitue la classe T.

5° - Autres états fournis par la comptabilité

On obtient à partir du fichier comptable :

- les codes d'abandons des travaux activés
- les rechargements du système
- les montages de volumes disques et bandes
- les erreurs sur périphériques
- les numéros de volumes provoquant les erreurs.

IV - 2 : Mesures par logimètre HARMONIE

Le logimètre permet d'étudier la répartition des travaux entre les deux unités centrales, l'évolution heure par heure de la charge quotidienne, la distribution des tâches par niveau de priorité, les entrées-sorties par périphérique.

1° - Activités des unités centrales

a) - Activité générale

La saisie de l'information "Unité Centrale Active" n'est pas suffisante. Nous avons souvent constaté que des routines d'attente se déroulent donnant une activité factice à l'Unité Centrale. Nous considérons donc que l'UC est active lorsque des travaux s'exécutent en dehors du niveau de priorité 0. Dans le tableau III.14, nous indiquons certains résultats globaux obtenus ; on constate :

- que les deux unités centrales se partagent également le travail,
- qu'il y a une différence importante entre les deux définitions de l'activité UC,
- que cette activité varie beaucoup suivant l'heure et le jour.

On a pu mesurer également que l'activité UC se partage également entre mode moniteur et mode asservi

| Date | Heure | Activité UC 0 | hors niveau ITO | Activité UC 1 | hors niveau ITO |
|-------|---------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| 4 Mai | 10h40 - 11h40 | 79,3 | | 83,8 | |
| | 16h30 - 18h | 73,7 | 40,6 | 78,7 | 37,2 |
| 5 Mai | 10h - 12h | 78,0 | 36,4 | 83,6 | 35,5 |
| | 13h30 - 17h | 84,2 | 35,4 | 87,8 | 33,3 |
| 6 Mai | 9h44 - 12h44 | 84,8 | 55,3 | 86,3 | 55,3 |
| | 15h - 16h | 93,8 | 80,9 | 94,8 | 81,8 |

Valeurs exprimées en %

TABLEAU III.14

b) - Décomposition de l'activité UC

L'activité Unité Centrale peut être décomposée par tâches suivant les niveaux de priorité. Pour réaliser cette opération, les 8 chiffres binaires du niveau de priorité sur une UC sont appliqués au registre d'adressage de la mémoire RAM d'HARMONIE ; le 9ème bit sélectionne l'UC 0 ou l'UC 1. On obtient des résultats comparables selon que l'on prend l'une ou l'autre UC. Par contre, l'activité des niveaux fluctue selon l'heure de la journée.

Les tableaux III.15 et III.16 donnent une représentation des niveaux durant la session SOCRATE et hors session SOCRATE. Hors SOCRATE, il est évident que le traitement par lot peut augmenter (davantage de place en mémoire), et le temps d'attente peut diminuer puisqu'on a moins d'entrées-sorties.

De même, on a étudié pour chacun des niveaux d'interruption sur une Unité Centrale le mode suivant lequel ils se sont déroulés (moniteur ou asservi). Nous ne reproduisons pas ces derniers résultats.

| Niveau | Définition | UC 0 | UC 1 |
|--------|---------------------|-------|-------|
| 3 B | Batch | 40,66 | 40,04 |
| 0 | Attente | 20,42 | 20,20 |
| 3 A | Socrate et classe P | 8,92 | 20,20 |
| 2 C | IOS niveau 1 | 8,92 | 4,29 |
| 37/39 | Temps partagé | 5,56 | 5,61 |
| - | Autres niveaux | 15,52 | 9,66 |

4 Avril : 10 à 12 h - Session SOCRATE

TABLEAU III.15

| Niveau | Définition | UC 0 | UC 1 |
|--------|---------------------|------|------|
| 3 B | Batch | 63,4 | 69,2 |
| 0 | Attente | 15,4 | 14,7 |
| 3 A | Socrate et classe P | 0 | 0 |
| 2 C | IOS niveau 1 | 7,2 | 2,1 |
| 37/39 | Temps partagé | 2,7 | 3,2 |
| - | Autres niveaux | 11,3 | 10,8 |

4 Avril : 14 h à 16 h 50

TABLEAU III.16

Remarque :

Il est intéressant de comparer l'activité de certains niveaux selon la comptabilité ou selon HARMONIE.

- le 9 Juin entre 9 h 09 et 12 h 31 (202 minutes) :
activité du niveau 3 A : SOCRATE et classe P :
 - . HARMONIE : 3,33 % soit 6,68 minutes
 - . Comptabilité : 5,83 minutes

- le 13 Juin entre 10 h 25 et 12 h 31 (126 minutes) :
activité du niveau 3 A :
 - . HARMONIE : 6,17 % soit 7,07 minutes
 - . Comptabilité : 5,14 minutes

- le 14 Juin entre 9 h 16 et 12 h 38 (202 minutes) :
activité du niveau 3 A :
 - . HARMONIE : 2,29 % soit 4,06 minutes
 - . Comptabilité : 3,6 minutes

Par ailleurs, on a comparé les activités UC hors niveau 0 mesurées par HARMONIE et l'activité UC fournie par la comptabilité : 13 valeurs conduisent à la représentation de la figure III.17.

On remarquera enfin que, si la comptabilité fournit la charge d'un travail ou d'une session temps partagé particulière, HARMONIE ne permet pas d'atteindre ces paramètres.

2° - Activité de modules en mémoire

Une adresse mémoire est constituée de N chiffres binaires ; n = 8 chiffres peuvent être appliqués au registre adresse de la RAM d'HARMONIE ; si on prend les n chiffres de poids les plus forts, on aura une cartographie d'utilisation de la mémoire de l'ordinateur découpée en $2^n = 256$ blocs élémentaires de taille (2^{N-n}) mots.

Une première analyse peut être effectuée ainsi sur le champ d'adressage de l'ordinateur et il indique les zones les plus accédées ; on peut alors décaler les n = 8 chiffres binaires envoyés sur le RAM du logimètre, de p positions vers les poids les plus faibles et procéder à un nouveau comptage des accès, l'horloge à compter étant conditionnée par une et une seule combinaison bien déterminée des p chiffres de poids forts.

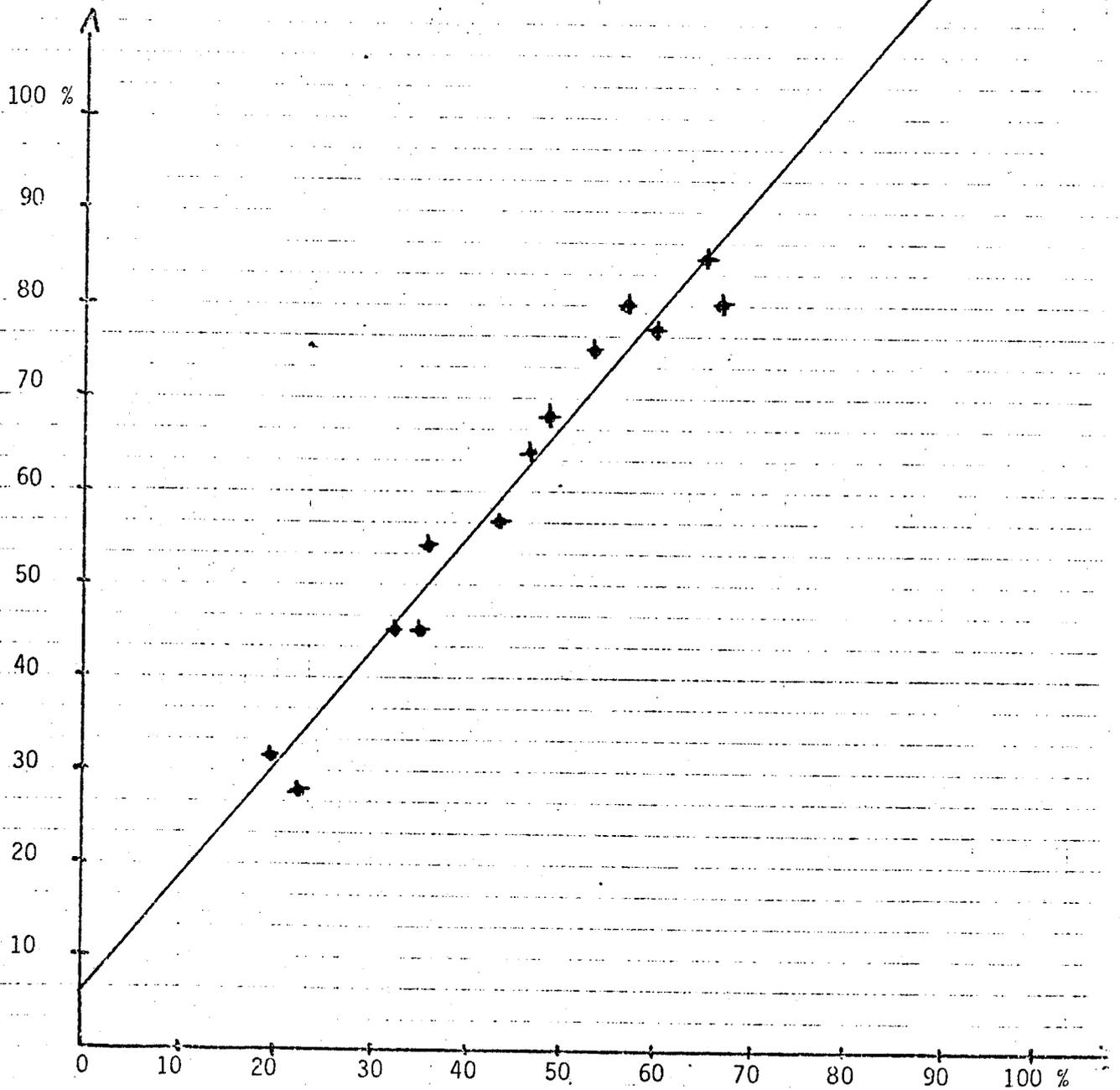
Ceci revient à détailler les accès à la mémoire par blocs élémentaires de (2^{N-p-n}) mots à l'intérieur d'une fenêtre en mémoire de taille 2^{N-p} mots, située dans la zone définie par la combinaison des p bits.

On peut donc ainsi étudier le nombre d'accès à des zones de mémoires définies, mais l'inconvénient réside dans ce que les bornes de ces zones peuvent être à cheval sur les modules logiques.

L'équation de la droite de régression est :

$$y = 1,21 X + 6 \quad X \in \{20,70\}$$

y = Activité unité centrale
sur un niveau d'interruption
différent de 0



x = Activité unité
centrale
(comptabilisée)

TABLEAU III.17

Une autre façon de procéder avec un logimètre matériel consiste à diriger les N chiffres binaires de l'adresse vers deux comparateurs logiques de N bits, le premier réagissant pour toute adresse supérieure à M_1 , le deuxième pour toute adresse inférieure à M_2 .

Si M_1 et M_2 sont callées sur les bornes inférieures et extérieures d'un module X, le taux d'adressage à X est définis par le nombre d'accès mémoire pour lesquels les deux comparateurs réagissent. Cette méthode est donc plus précise, mais présente un inconvénient : la nécessité de deux comparateurs pour chaque module à étudier à un instant donné, le module devant être entièrement implanté (et lui seul) entre les deux bornes.

L'une et l'autre méthode ont été utilisée pour l'étude du moniteur résident et ont fourni les résultats indiqués dans le tableau III.18. On voit ainsi que les informations sur la mémoire peuvent être obtenues par logimètre bien qu'elles soient plus accessibles par moniteur de mesure logiciel.

| Nom du module | % accès par rapport à tous les accès au résident |
|--------------------------|--|
| HAR | 17,81 |
| TRACE | 18,59 |
| Slice dispatcher AENXTSK | 11,57 |
| AR | 3,40 |
| Horloge absolue | 2,14 |
| Gestion des écrans | 1,76 |
| ... | ... |

Accès aux modules
du résident réel

TABLEAU III.18

3° - Activité des périphériques

a) - Disques magnétiques

Avec un logimètre, des mesures très diverses peuvent être réalisées, tel le taux d'occupation du coupleur ou la répartition des appels sur les deux voies d'un double accès. Nous donnerons, ici, seulement le nombre d'accès par seconde aux disques magnétiques. On remarquera que nous enregistrons les informations sur les unités tourne-disques ; il convient de noter soigneusement le volume qui est monté sur chacun et qui peut être différent d'une mesure à la suivante, au gré de l'exploitation.

Le tableau III.19 donne l'activité durant une session SOCRATE, le tableau III.20 hors session SOCRATE.

| Disque | Nombre accès/seconde | Contenu |
|--------|----------------------|------------------------------|
| D 600 | 43,14 | Disque système - partition 1 |
| D 601 | 0,27 | Divers |
| D 602 | 5,05 | Divers |
| D 603 | 32,30 | Système - partition 2 |
| D 704 | 0,21 | Système - partition 3 |
| D 705 | 5,16 | Système - partition 4 |
| D 706 | 32,60 | Système - partition 5 |
| D 707 | 0,28 | Fichier service SOCRATE |
| D 708 | 1,85 | Base de Données SOCRATE |

Activité UC 0 hors niveau 0 : 36,36 %

Activité UC 1 hors niveau 0 : 35,53 %

TABLEAU III.19

Vacation SOCRATE

| Disque | Nombre Accès/seconde | Contenu |
|--------|-------------------------|-------------------------|
| D 600 | 20,80 | Système - partition 1 |
| D 601 | 1,63 | Divers |
| D 602 | 1,47 | Système - partition 2 |
| D 603 | 8,35 | Système - partition 3 |
| D 704 | 6,51 | Système - partition 4 |
| D 705 | 1,38 | Système - partition 5 |
| D 706 | 55,43 | Structure |
| D 707 | 5,82 | - |
| D 708 | ~ 0 | Base de Données SOCRATE |

Activité UC 0 hors niveau 0 : 35,43 %

Activité UC 1 hors niveau 0 : 33,31 %

TABLEAU III 20

Hors vacation SOCRATE

b) - Bandes magnétiques

Il est aisé de mesurer l'activité du coupleur de bande magnétique. Dans notre cas, l'un deux est hors service. Pour le deuxième :

- . Matin : 33 % dont 14,60 % pendant l'attente UC
- . Soir : 13,5 % dont 5,03 % pendant l'attente UC

Débit des bandes magnétiques :

- . Matin : 105 K octets/seconde
- . Soir : 43 K octets/seconde

IV . 3 : Mesure par moniteur logiciel

Aucun "Software Monitor" n'est commercialisé pour la gamme CII-IRIS ; nous avons mis en oeuvre cependant :

- ESFUT 3, logiciel CII dont on a pu avoir l'extracteur au moment des mesures matérielles, mais l'analyseur après plusieurs mois.
- SFER, produit étudié par le CERT qui n'était pas adapté à la version de l'IRIS 80 (C9C). Lorsqu'il a été installé, ce logiciel a fourni beaucoup de renseignements qui recoupaient les mesures préalables effectuées par HARMONIE (alors débranché). Mais, on peut noter une charge de l'Unité Centrale par ce produit d'environ 15 % mesurée par la comptabilité. Nous ne transcrivons pas tous les résultats mais nous donnons, ici, un aperçu de ceux-ci.

1° - Le moniteur non résident

| Session | Durée (s) | Place du NRM | Nombre de chargement | Débit sur PART 1 (en octets) | % des ES NRM sur PART 1 |
|----------------|-----------|--------------|----------------------|------------------------------|-------------------------|
| A | 6 156 s | 117 pages | 112/mn | 22 500 | 24 |
| B | 7 403 s | 165 pages | 13/mn | 10 400 | 3,5 |
| E _M | 3 024 s | 156 pages | 39/mn | 26 400 | 5,6 |
| F | 1 601 s | 159 pages | 34/mn | 26 300 | 4,4 |
| I | 3 403 s | 142 pages | 58/mn | 30 800 | 9,3 |
| J | 1 398 s | 163 pages | 21/mn | 15 000 | 4,5 |

TABLEAU III.21

Comportement du Moniteur non résident (NRM)

Le tableau III.21 indique que :

- le NRM a beaucoup de place mémoire,
- il y a donc peu de chargements par seconde (à l'exception de la session A pour laquelle l'ordinateur est en mode dégradé (1 UC et 64 mots mémoire en moins),
- l'activité de PART 1 est due
 - . pour moins de 10 % au NRM
 - . pour environ 90 % à des fichiers temporaires
- le débit est de 10 000 à 30 000 octets/s. en moyenne.

2° - Activités des disques

Le tableau III.22 indique le nombre d'entrées-sorties par seconde sur les disques selon les sessions. Ce tableau peut être comparé au III.19 obtenu avec HARMONIE, bien que ce ne soit pas aux mêmes vacations :

| Session | PART 1 | PART 2 | PART 3 | PART 4 | PART 5 | Socrate |
|----------------|--------|---------|-----------|----------|----------|-----------|
| A | 8 ES/s | 10 ES/s | 0,02 ES/s | 0,6 ES/s | 2,7 ES/s | 0,09 ES/s |
| B | 6 | 5 | 0,05 | 0,6 | 2,5 | 0,06 |
| E _M | 12 | 6 | 7,6 | 4,1 | 0,6 | 0,6 |
| F | 13 | 4,5 | 0,2 | 8 | 2,5 | - |
| I | 10,5 | 4,8 | 0,5 | 12 | 1,7 | - |
| J | 8 | 3,1 | 0,07 | 11 | 0,8 | 1,2 |

TABLEAU III.22

Entrées-sorties sur disques

La comparaison est difficile à faire en raison des grandes fluctuations d'une session à une autre. Il aurait été intéressant de réaliser ces mesures simultanément. On peut seulement dire que les ordres de grandeurs sont respectés.

3° - Activité Unités Centrales selon le niveau de priorité

Nous proposons le relevé des activités de certains niveaux de priorité que nous comparerons au tableau III.15, résultats obtenus par HARMONIE.

| Niveau IT Session | Wait : 0 UCO/UC1 | Batch : 3B UCO/UC1 | Classe P : 3A UCO/UC1 | IOS 1 : 2C UCO/UC1 | TS : 37/39 UCO/UC1 |
|----------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| A | 14,8 - HS | 49,4 - | 1,6 - | 4,0 - | 12,7 - |
| B | 4,2 - HS | 70,0 - | 4,4 - | 3,8 - | 6,0 - |
| E _M | 30,4 - 25,5 | 36,0 - 23,0 | 16,6 - 29,6 | 3,5 - 7,1 | 6,7 - 7,6 |
| F | 14,2 - 14,3 | 53,6 - 28,6 | 16,2 - 33,4 | 5,4 - 10,9 | 8,2 - 3,6 |
| I | 32,2 - 23,0 | 32,5 - 22,6 | 16,0 - 30,0 | 3,8 - 8,6 | 7,6 - 8,1 |
| J | 14,0 - 13,0 | 44,0 - 26,0 | 30,0 - 43,0 | 3,3 - 7,3 | 1,4 - 1,4 |

TABLEAU III.23

Activité des Unités Centrales suivant les niveaux en %

On note, en classe P, une activité supérieure à celle obtenue par d'autres méthodes en raison de l'extracteur SFER sur ce niveau. Les autres niveaux sont parfaitement comparables dans les diverses méthodes.

4° - Analyse de modules en mémoire

Incontestablement, le moniteur logiciel est mieux adapté que le logimètre matériel pour l'examen du temps passé dans certains modules en mémoire. Nous représentons ici sur le tableau III.24 l'activité mesurée de certains modules dont quelques-uns ont été également obtenus par HARMONIE ; dans ce dernier cas, il s'agissait, non du temps passé dans le module, mais du pourcentage des entrées-sorties du seul NRM.

Les chiffres obtenus sont différents et nous ne savons pas dire si la différence provient d'un outil ou d'un autre. Il semble plutôt qu'on ne peut comparer pourcentage des entrées-sorties du NRM seul et pourcentage du temps global passé par l'UC entre les adresses de début et de fin.

| Session | Zone Patch | HAR | AC-AE-NA | AA | Usager |
|----------------|------------|---------|----------|--------|---------|
| A | 10,5 - | 4 - | 7 - | 1,5 - | 44 - |
| B | 19,5 - | 7 - | 6 - | 3,5 - | 36 - |
| E _M | 19 - 24 | 4 - 3,5 | 5 - 6 | 2 - 7 | 27 - 18 |
| F | 23 - 29 | 5 - 4 | 7 - 7 | 4 - 9 | 29 - 17 |
| I | 16 - 26 | 4 - 4 | 6 - 7 | 2 - 4 | 26 - 20 |
| J | 32 - 27 | 8 - 6 | 5 - 6 | 5 - 14 | 21 - 16 |

TABLEAU III.24

Activité de quelques zones mémoire en %, UCO et UC1

Bien d'autres mesures sont réalisables avec SFER et certaines ont été faites. Aucune ne permet de donner le temps de réponse du système aux consoles, aucun extracteur n'ayant été conçu dans ce but.

CHAPITRE V : CONCLUSIONS CONCERNANT CE SITE ET LES METHODES DE MESURE

Les trois outils que nous avons employés se sont vérifiés l'un l'autre et se sont complétés afin d'arriver à une synthèse complète de l'évaluation de cet ordinateur : l'IRIS 80 est loin d'être saturé. Les unités centrales tournent au-dessous de leurs possibilités. Le non-résident occupe une place mémoire importante et les rechargements du NRM sont rares. Les E/S disques sont au-dessous des possibilités de la configuration.

Mais ces résultats concernent l'état actuel des besoins et nous nous refusons le droit de prédire le comportement ultérieur de l'ordinateur pour un accroissement de charge.

Aucun outil de mesure permet de prédire le futur et nous avons préféré faire réaliser un modèle du système pour cela. Les mesures servent alors à introduire les paramètres corrects dans le modèle.

Celui-ci nous indiquera d'ailleurs un blocage très rapide pour un nombre de consoles actives supérieur au 4 que nous avons pu avoir simultanément.

A part certaines exceptions que nous avons citées, nous n'avons pas eu la possibilité sur ce site de comparer immédiatement les résultats des mesures réalisables avec des outils différents.

Nous avons pu faire en province une telle comparaison un an plus tôt, et nous avons réussi ainsi à étalonner avec HARMONIE les prélèvements de la comptabilité et de SFER.

De nombreuses autres mesures peuvent être réalisées avec SFER comme avec HARMONIE. Pour les deux outils, il faut que la sonde existe pour l'un et que le point de sonde existe pour l'autre. Encore est-il possible avec le logimètre matériel de créer un signal inexistant à partir d'autres signaux de signification voisine, de même que dans la langue parlée on peut remplacer un mot par une périphrase.

Il semble que la mesure logicielle soit plus figée, bien que l'adaptation de l'extracteur soit souvent facile.

Evaluer un ordinateur avec HARMONIE nécessite seulement l'existence de points de cablage dans un ordinateur (ce qui n'est pas évident en mini-informatique).

Utiliser un outil logiciel nécessite que l'outil soit créé pour cet ordinateur. Il faut alors dire que son utilisation est de mise en oeuvre plus aisée.

QUATRIEME PARTIE

4ème PARTIE : PROSPECTIVES ET CONCLUSIONS

Le domaine de l'évaluation des performances des ordinateurs évolue très rapidement. Conçu il y a quelques années, HARMONIE est rapidement dépassé en raison des refus d'autorisation et de moyens pour en assurer le développement à l'IRIA. TITN en réalise cependant des versions proches des modèles de TESDATA.

Aujourd'hui, deux façons existent pour se servir d'un logimètre matériel :

- utilisation ponctuelle pendant une durée d'intervention brève : HARMONIE est sans doute l'outil le mieux adapté.

- suivi de la gestion des performances d'un site avec utilisation permanente de l'outil.

Ce dernier mode est celui que préconise la Société TESDATA ; il n'utilise que rarement les possibilités de l'appareil. Le logimètre constitue une base de données de performances qu'il peut aussi exploiter pour produire des états sur le comportement de l'ordinateur pendant plusieurs mois. L'outil comporte alors une mémoire de masse gérée par un microprocesseur ou un mini-ordinateur. Les mesures sont toujours élémentaires et semblables d'un jour à l'autre ; le logiciel du processeur est orienté sur la production d'états statistiques globaux. Un tel logimètre est onéreux : il dépasse le million de francs et le marché de cet appareil est étroit.

La mise en oeuvre d'un "hardware monitor" reste difficile. Nous pensons que deux voies s'ouvrent pour en faciliter l'emploi :

- Participation du constructeur d'ordinateur à la collecte des données, car celle-ci est également utile à la maintenance. Pour cela, le constructeur pourra réaliser un panneau regroupant (en les isolant électriquement) les deux

ou trois cents points de connexion les plus fréquents. Le branchement des sondes pourra alors être réalisé rapidement sans risque d'erreur ni de perturbation de l'ordinateur, avec des sondes simplifiées. A la limite, ce panneau pourrait être remplacé par un connecteur sur lequel l'appareil de mesure pourrait se brancher directement. Cette proposition est moins utopique qu'il ne paraît et certains constructeurs l'envisageraient déjà ... pour leurs besoins propres.

- Conception du logimètre comme un processeur ou un périphérique de l'ordinateur directement branché sur un bus. On aura l'inconvénient de la spécialisation du "hardware monitor" à l'ordinateur analysé. On pourrait même envisager que le dispositif ne rentre plus dans la seule catégorie des logimètres puisqu'il peut allier les caractéristiques des moniteurs logiciels : l'outil devient un appareil actif pouvant générer des interruptions vers le calculateur, tester des chiffres binaires, accéder à des registres, voire injecter des informations élaborées par l'appareil de mesure.

Nous voulons également dénoncer la course des constructeurs vers des "hardware monitors" de haut de gamme. Ces dispositifs sont sûrement adaptés à des gros systèmes informatiques centralisés existant en nombre limité.

Il convient de noter, cependant, que l'informatique évolue rapidement vers des systèmes distribués, répartis dans l'espace. La technique du logimètre doit suivre cette évolution et nous affirmons qu'en France l'avenir reste à de petits appareils de mesure éventuellement reliés entre eux et destinés à :

- évaluer de petites et moyennes configurations ;
- former des systèmes de collectes de données réparties ;
- analyser les réseaux : routage, taille des messages, temps de réponses.

Cette évolution qui correspond à celle de l'informatique, se justifie également sur le plan commercial, car le client potentiel français n'est pas prêt à investir des sommes importantes, même dans la perspective d'une réduction hypothétique des coûts.

L'étude d'un appareil de bas de gamme n'étant pas autorisée dans le cadre de l'Institut de Recherche d'Informatique et d'Automatique, ni dans celui du Centre Technique Informatique, nous avons développé une maquette d'un tel outil, baptisé ARPEGE, avec l'aide d'étudiants de l'Institut Supérieur d'Electronique de Paris en 1979.

Cet outil, conçu dès 1974, avait fait l'objet d'un brevet d'invention en 1975 à l'IRIA.

Il est composé d'un groupe de 16 compteurs constitués :

- en partie par 16 registres de 16 bits réalisés en technologie matérielle LSI ;

- en partie par incrémentation logicielle dans la mémoire d'un microprocesseur 16 chiffres binaires.

Travaillant à 10^8 Hertz, au plus rapide, la partie cablée de chaque compteur est susceptible de déborder en $64 \cdot 10^3 / 10^8$ secondes = $640 \mu s$. Il positionne, alors, une bascule de débordement. Le microprocesseur doit examiner plus rapidement que chaque $640 \mu s$ les 16 bascules de débordement. Lorsqu'il en rencontre une positionnée à 1, il incrémente un mot mémoire de 16 bits, constituant le compteur logiciel correspondant, et il remet à zéro la bascule de débordement : le compteur externe n'est pas remis à zéro et il continue le comptage.

Chacun des 16 mots mémoire affectés au comptage représente les bits de poids lourd ; les compteurs matériels représentent les bits de poids faibles.

Les compteurs disposent donc d'une dynamique de 32 bits permettant un comptage durant $2^{32}/10^8$ secondes soit 40 secondes.

En fin de durée de mesure (qui sera inférieure à 40 secondes), on recopiera le contenu des compteurs matériels et programmés, d'une part en une zone mémoire réservée au calcul, d'autre part sur une mémoire de masse qui pourra être un disque souple ou une mémoire à bulle.

On remettra alors à zéro les compteurs cablés et programmés, et on initialisera une nouvelle tranche de mesure. On disposera de la durée de cette dernière (< 40 secondes) pour réaliser un calcul statistique élémentaire fournissant les 16 moyennes et pour envoyer sur un périphérique de sortie :

- la dernière valeur de chacun des 16 compteurs,
- les 16 moyennes depuis le début de la série de mesure.

Le dispositif de sortie sera un écran de visualisation auquel pourra être couplée une imprimante graphique permettant à l'opérateur de ne pas perdre l'information s'il ne reste pas rivé à son écran. L'imprimante permet aussi de tracer les courbes représentant l'historique des 16 voies.

Le stockage des 16 compteurs dans une mémoire de masse permet de rappeler les valeurs mesurées précédemment et de procéder à des calculs statistiques plus élaborés en temps différé.

Au cas où on désirerait avoir une unité de mesure supérieure à 40 secondes (par exemple 3 minutes), on devra accepter des signaux moins rapides (par exemple $2 \cdot 10^7$ Hz).

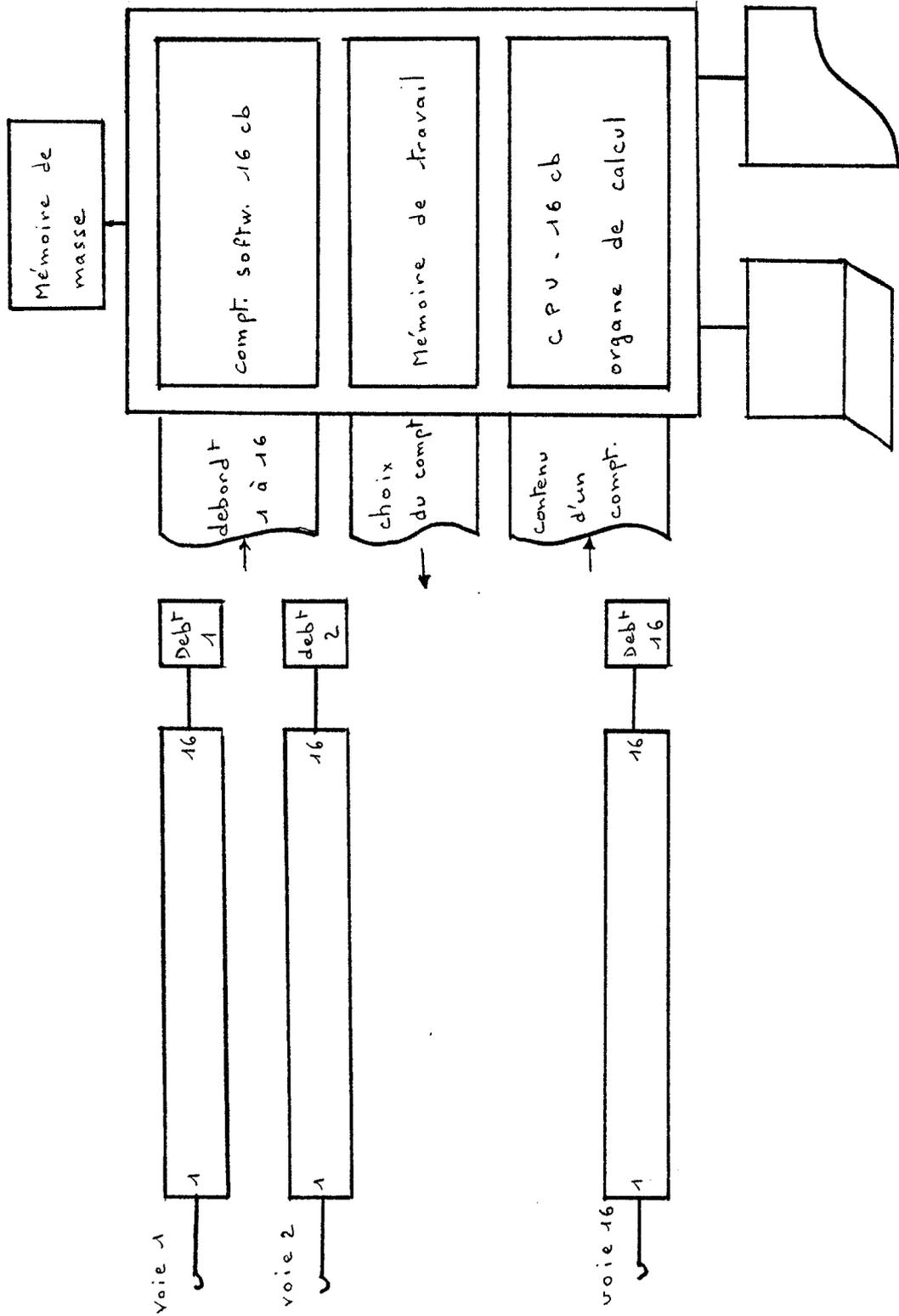
Les compteurs extérieurs pourront être des compteurs trois-états permettant une entrée plus aisée des 16 x 16 chiffres binaires.

Le micro-ordinateur pourra être un Texas 9 900 équipé d'une plaque entrée-sortie 3 x 16 bits.

Un tel système peu onéreux est adapté à des mesures conventionnelles : 80 % des prélèvements effectués par un appareil de haut de gamme 10 fois plus cher peuvent être réalisés par un tel outil.

Le développement des télétransmissions justifie l'étude d'outils spécifiques. Ceux-ci pourraient être conçus en partie à l'aide d'un poste de travail centralisé interrogeant le système, en partie avec des "boîtes noires" intercallées entre terminaux et modems, complétant les messages émis par un horsdatage. Un tel outil pourrait analyser les temps de réponse, les charges de lignes, etc...

S'il apparait qu'en France on songe peut-être à des appareils de bas de gamme, il est certain qu'aux Etats-Unis des sociétés explorent déjà ce domaine.



ARPEGE

ANNEXE

A N N E X E

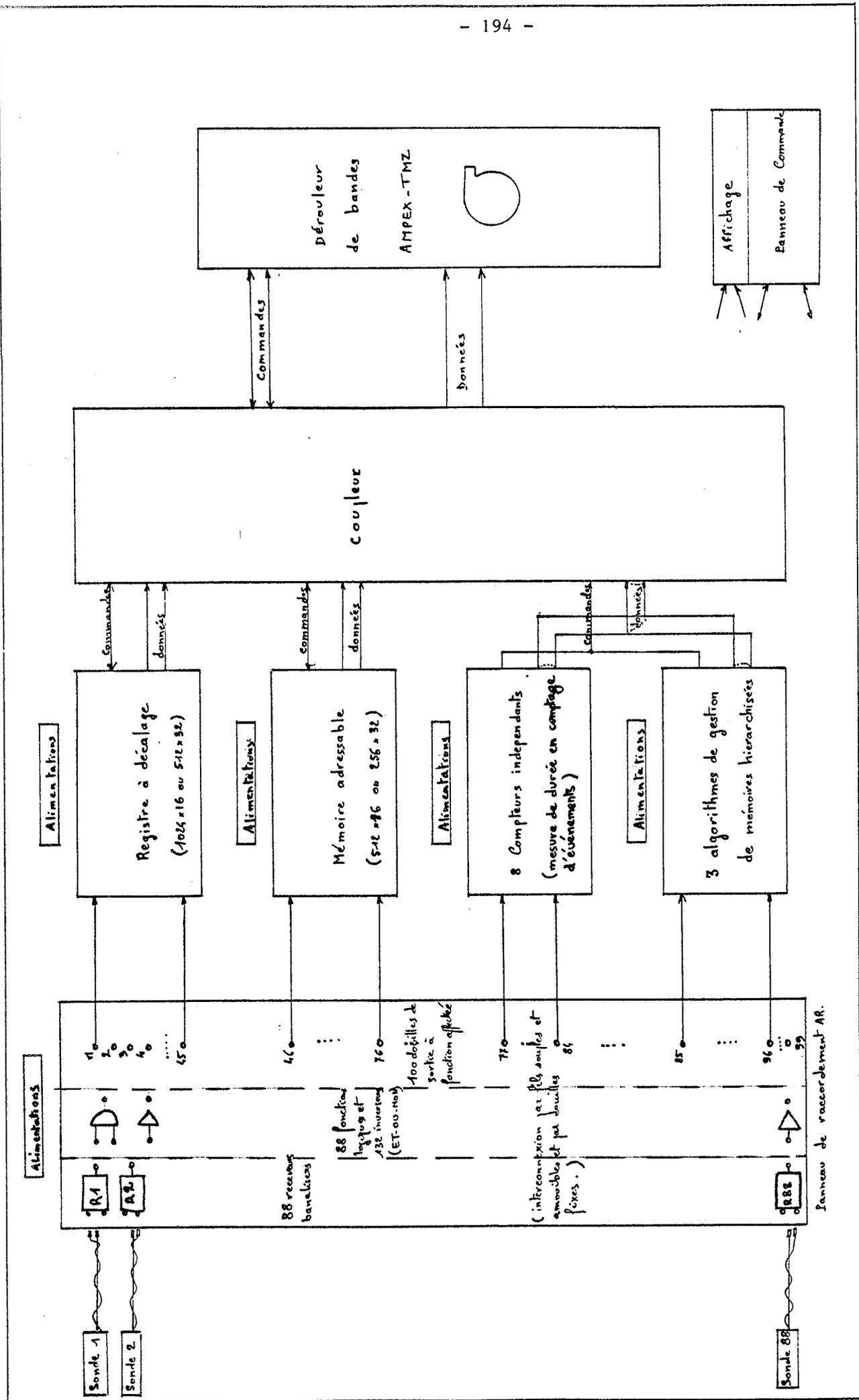
SCHEMA DES CIRCUITS ELECTRONIQUES D'HARMONIE

La technologie électronique évolue très rapidement depuis quelques années. L'apparition des microprocesseurs et l'accroissement de densité et de vitesse des mémoires bipolaires permettraient de concevoir, aujourd'hui, une électronique pour Harmonie à la fois simple et plus performante.

Ainsi, nous emploierions systématiquement pour améliorer l'équipement :

- des mémoires 256×8 chiffres binaires ;
- des portes trois-états ;
- la technologie TTL-LS ;
- un microprocesseur 16 bits, Texas 9900 par exemple ;
- des périphériques de sortie pour l'édition des résultats d'un traitement temps-réel par le microprocesseur.

La présente annexe donne un aperçu de la complexité du problème rencontré et des 1500 circuits intégrés nécessaires à sa résolution. Les schémas suivants représentent une partie importante de ceux-ci.



HARMONIE - Synoptique général

Le synoptique général An.1 rappelle les différentes fonctions du logimètre Harmonie :

- un registre de décalage formé de deux modules de 512 mots de 16 chiffres binaires qui peuvent être mis en série ou en parallèle ;

- une mémoire adressable de deux modules de 256 mots de 16 chiffres binaires dont les mots peuvent être mis en série ou en parallèle ;

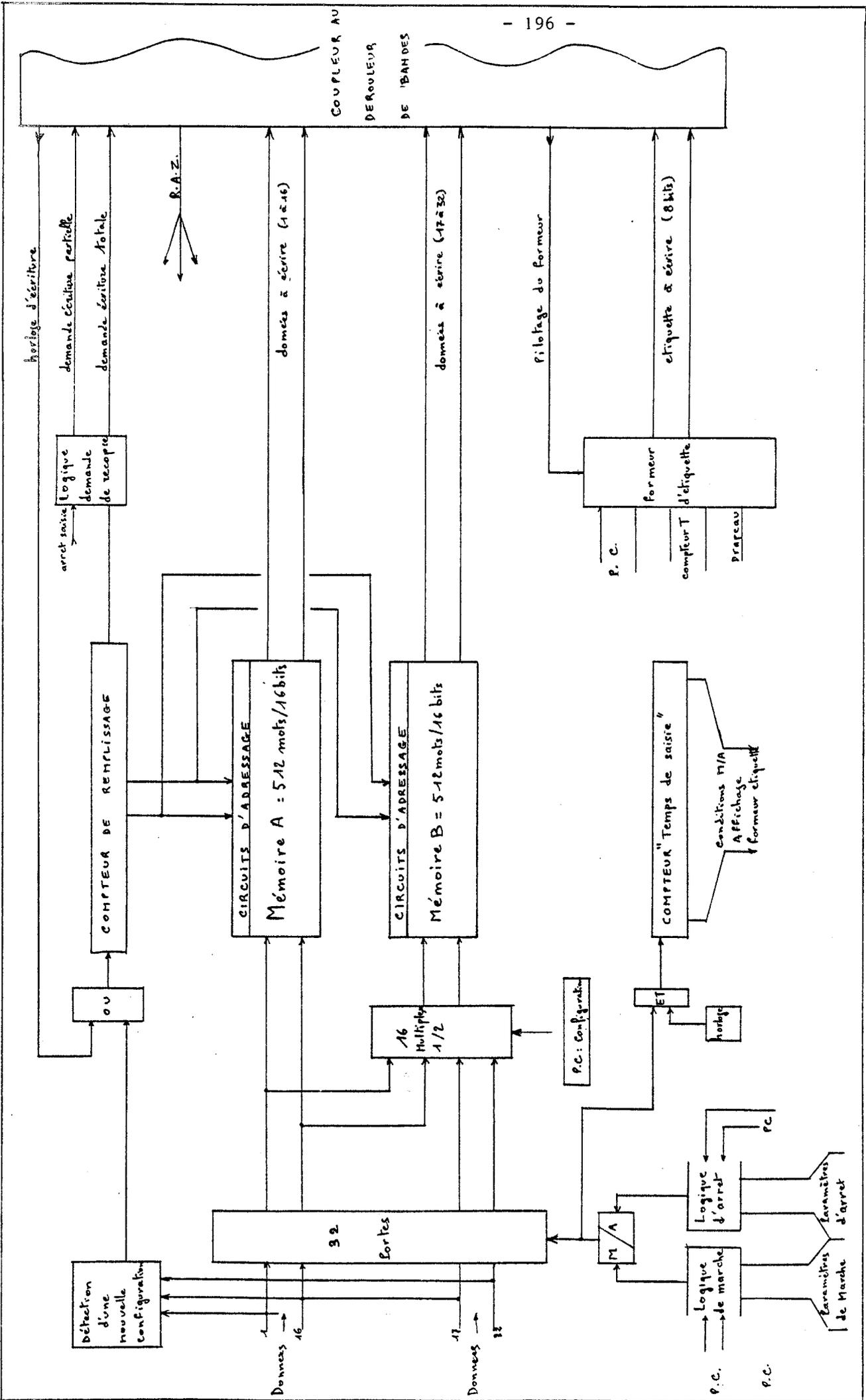
- un groupe de huit compteurs indépendants les uns des autres et qui peut être étendu par groupe de huit compteurs ;

- trois algorithmes de gestion d'une hypothétique mémoire "cache" qui permettent de définir en temps réel les performances d'un cache-mémoire de taille variable à l'emplacement où sont positionnées les sondes. Ce dispositif n'est pas décrit dans cette thèse.

Ces fonctions électroniques sont liées en entrée à une centaine de sondes de prélèvement qui peuvent être interconnectées par des fonctions logiques booléennes simples.

En sortie, ces informations sont dirigées à travers des multiplexeurs :

- sur un dispositif d'affichage,
- sur un dérouleur de bande par l'intermédiaire d'un coupleur.



SYNOPSIS - Registre à Décalage

Synoptique An.2

Le registre à décalage est constitué de deux modules de mémoire de 512 mots de 16 chiffres binaires. Ces modules sont en fait réalisés avec des mémoires adressables bipolaires.

L'avancement en séquence, dans la mémoire, se fait à l'aide d'un compteur binaire dont les sorties sont connectées au registre adresse de la RAM.

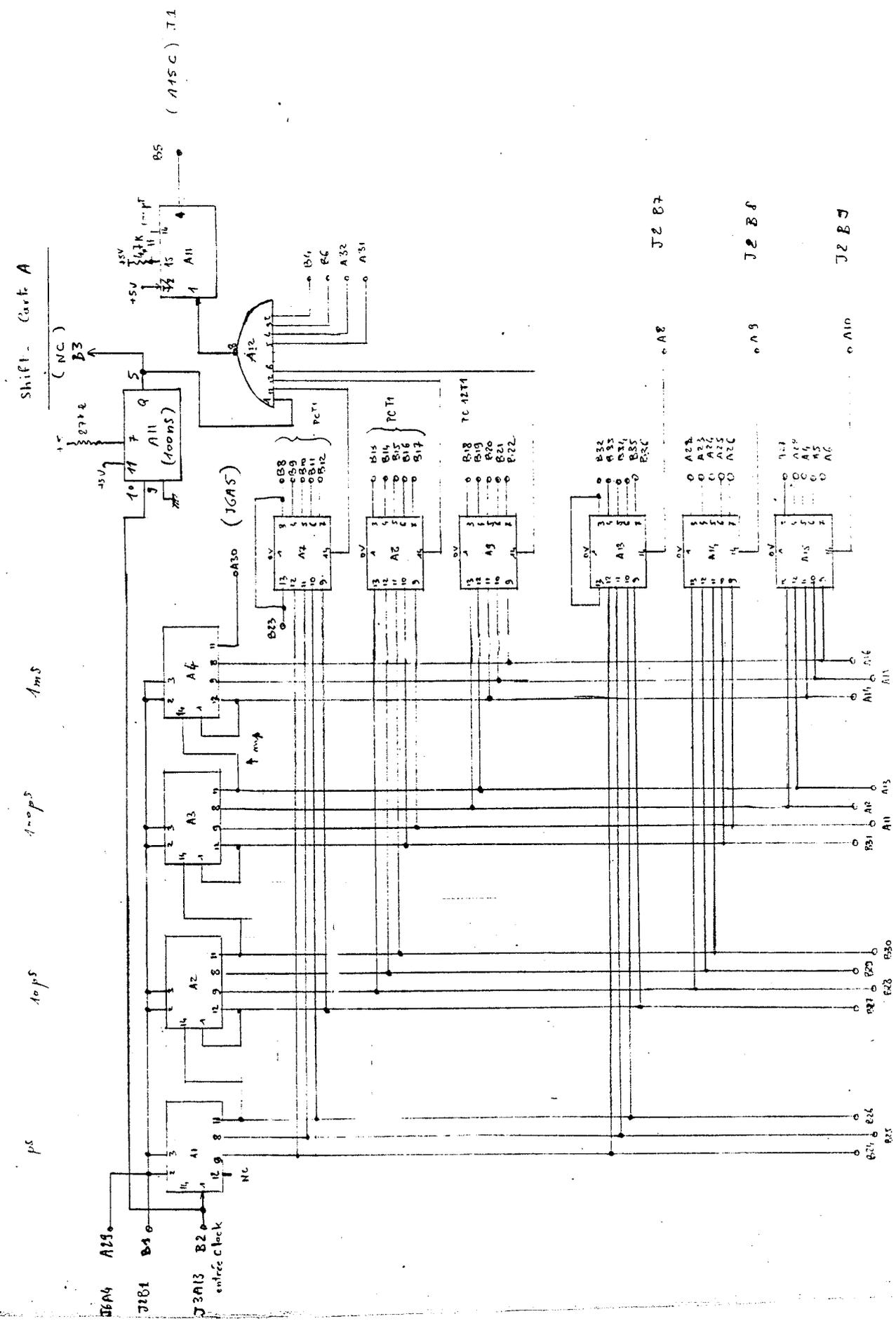
L'entrée dans le deuxième module du registre à décalage est envoyé à travers un multiplexeur qui reçoit :

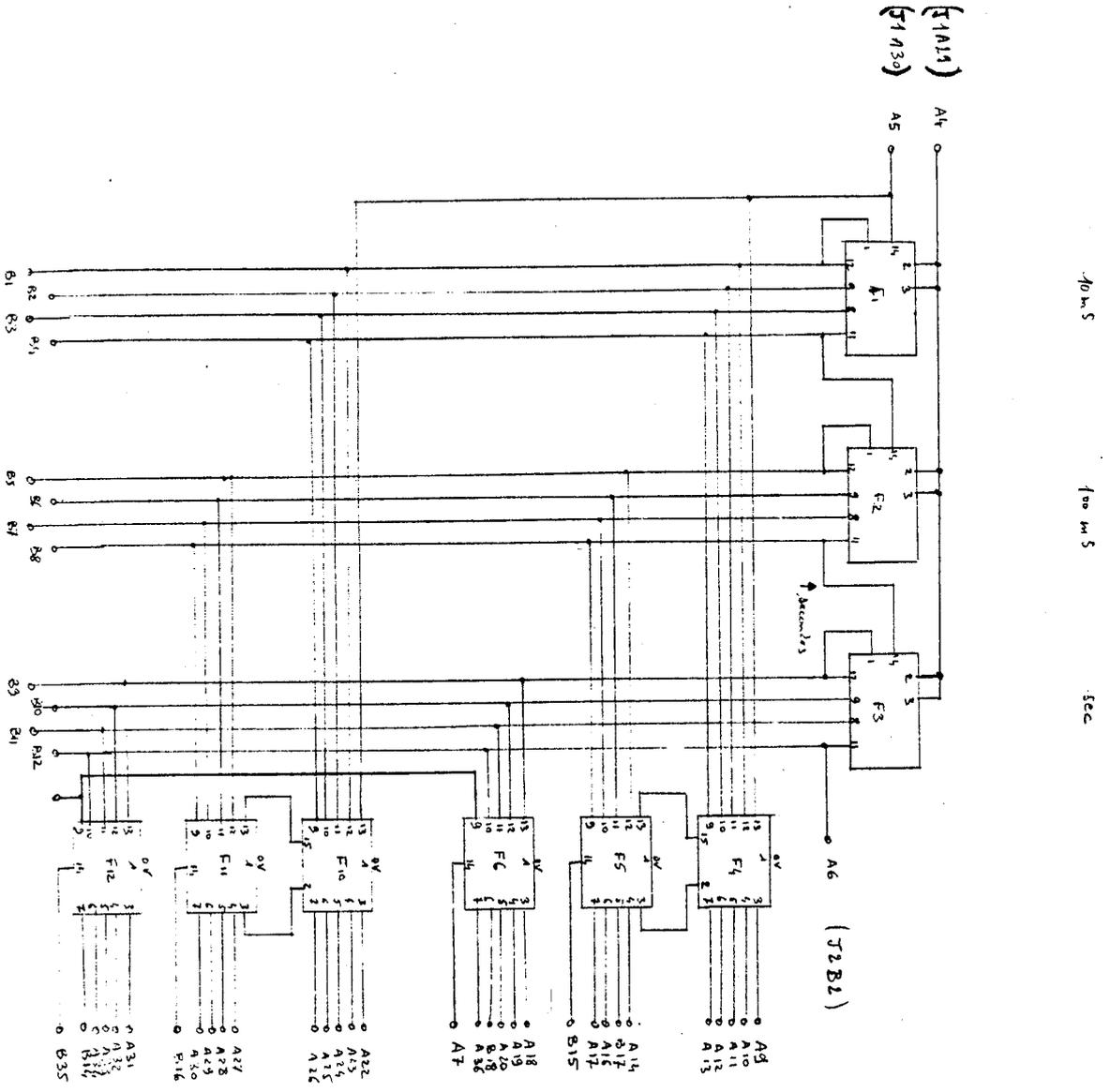
- en configuration 512×32 : les 16 bits de poids forts pour les valeurs du compteur de 1 à 512 ;

- en configuration 256×32 : les 16 bits de poids faibles pour les valeurs du compteur de 512 à 1024.

Le dispositif est muni d'une électronique reconnaissant un changement de configuration en entrée et d'un organe autorisant ou non l'entrée des informations selon l'état d'une bascule marche-arrêt qui est positionnée par :

- l'état des interrupteurs du panneau de commande,
- les conditions et signaux extérieurs.



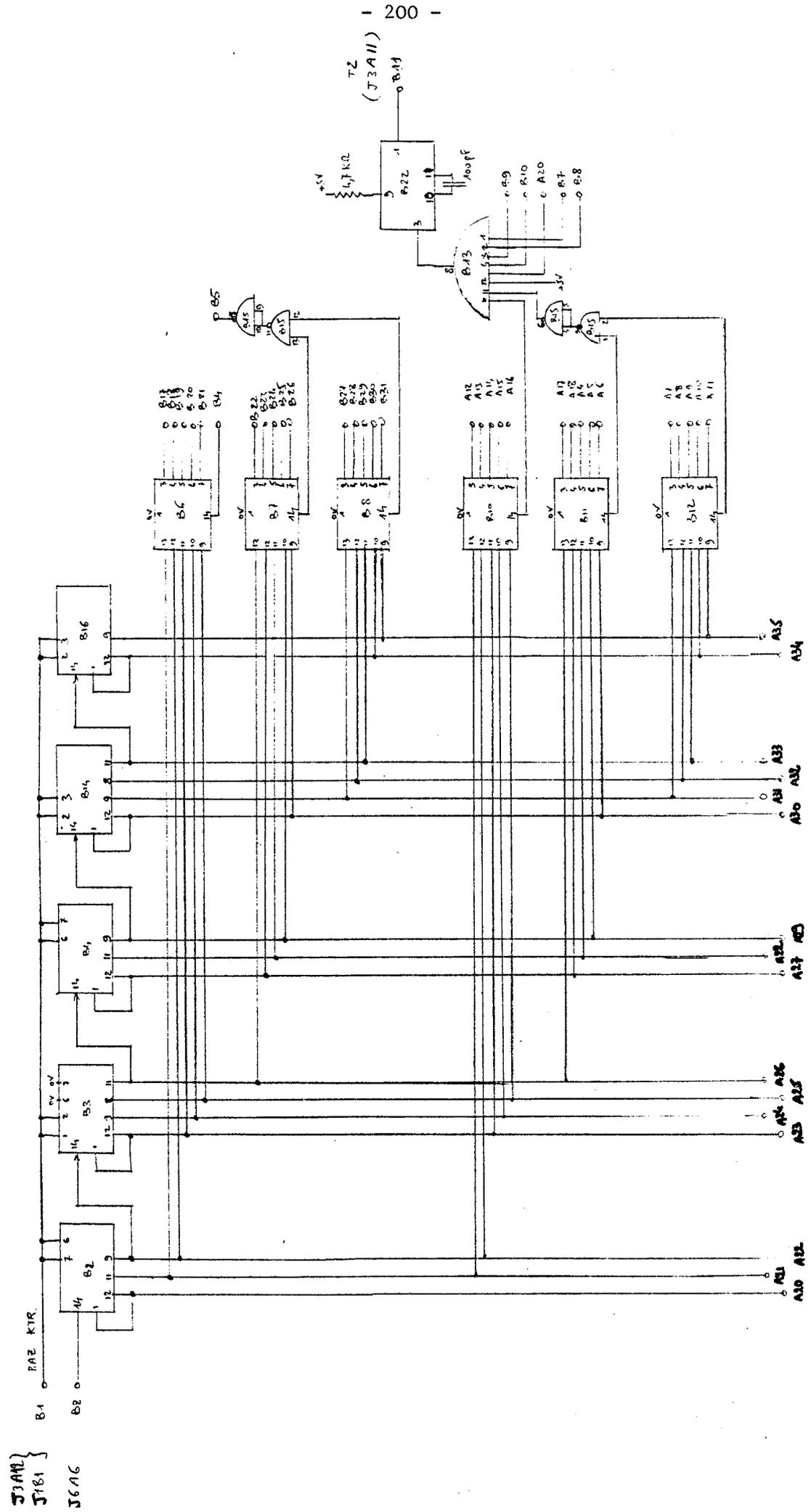


10ms 100ms sec

shift code F

Shift - code B

10 sec min 10 min hours 10 hours



Les schémas An.3, An.4, An.5 représentent l'horloge qui partant d'un oscillateur à 10^6 Hertz permet d'atteindre 40 heures de fonctionnement.

Cet oscillateur est appliqué sur l'entrée B2 de la carte A (schéma An.3) et est successivement divisé par 10 dans les boîtiers A1, A2, A3 et A4.

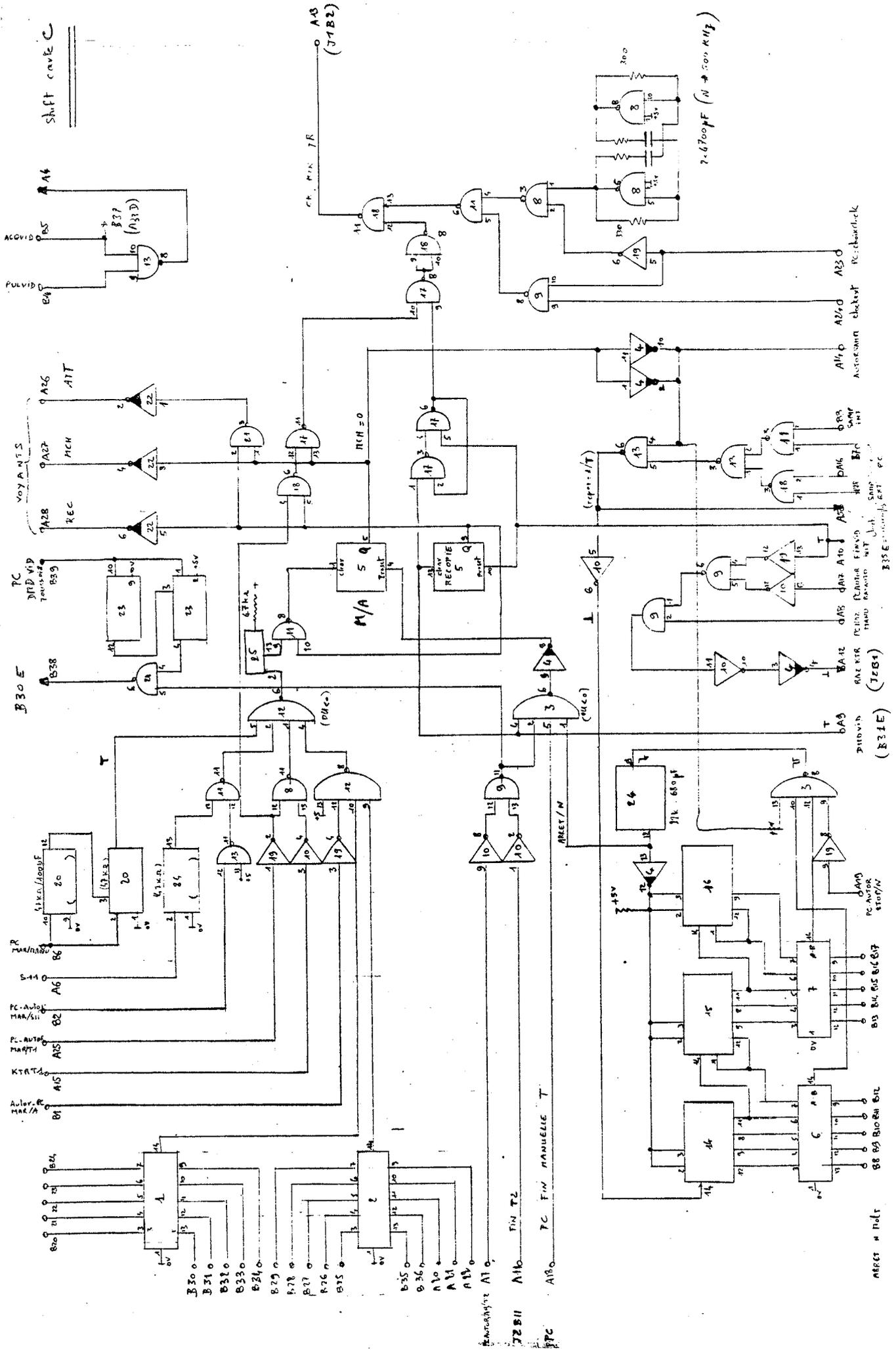
Les valeurs obtenus à chaque instant sont comparées aux roues codeuses du panneau de commande qui spécifient l'heure de début de mesure et l'heure de fin de mesure. Pour cela, on utilise respectivement les comparateurs A7, A8, A9, A13, A14 et A15.

Les cartes F et B représentées sur les schémas An.4 et An.5 traitent de la même façon les poids intermédiaires (10^3 Hz à 10^0 Hz) et les poids forts d'horloge (10^0 Hz à 1/14 400).

Les résultats des comparateurs sont regroupés dans des portes qui fournissent une impulsion à l'aide d'un monostable tel A11 lorsque l'égalité est obtenue.

Les temps de basculement des compteurs asynchrones sont tels que le système ne peut fonctionner plus vite que 5×10^5 Hz, d'où l'abandon du chiffre binaire le plus faible.

L'importance du nombre des signaux à entrer sur les comparateurs à partir du panneau de commande a nécessité l'utilisation de trois cartes.



Le schéma An.6 représente l'électronique de la Carte C. Il s'agit des circuits de déclenchement de la saisie dans le registre à décalage. Rappelons que le début de saisie peut être provoqué par :

- un bouton poussoir en fonctionnement manuel provoquant une impulsion par le monostable "20" ;

- une sonde extérieure (entrée A6) si le rotacteur de démarrage autorise ce déclenchement (validation entrée B2) ;

- l'impulsion du compteur de temps des cartes A, F, B (entrée A15) si l'autorisation du rotacteur valide A25 ;

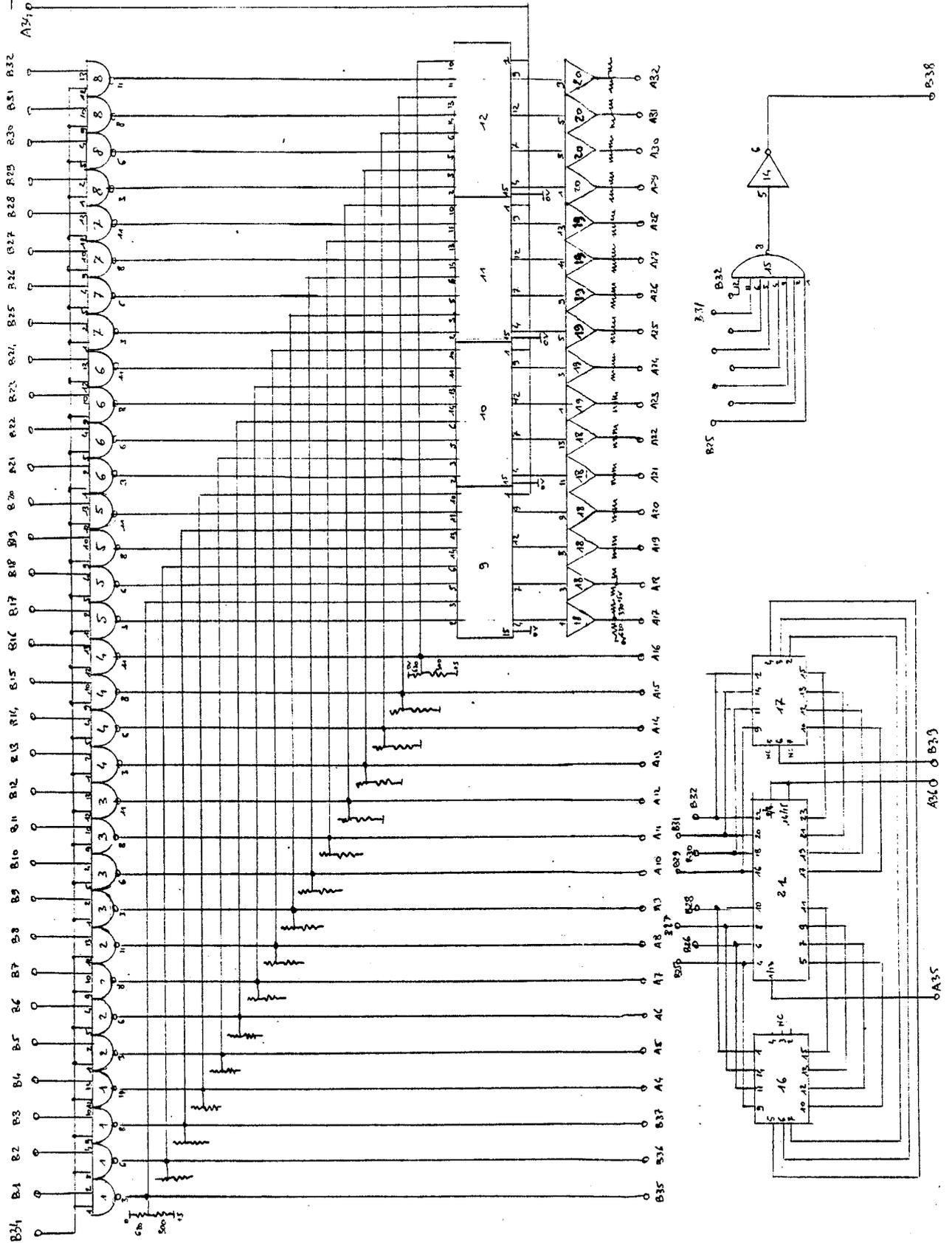
- l'identité de 10 sondes à une combinaison affichée au panneau de commande ; la comparaison se fait dans les boîtiers 1 et 2.

Le OU entre ces modes positionne la bascule M/A (5) en "marche". La fin de saisie, également, peut être accomplie par remise à zéro de la bascule M/A :

- manuellement (A18),
- par le temps T2 d'arrêt fourni par les cartes A, F, B (A11),
- au bout de N configurations entrées ; ce signal est obtenu par comparaison dans les boîtiers 6 et 7 d'un compteur 14-15-16 avec des rotacteurs du panneau de commande (entrées B8 à B17).

Ces circuits de déclenchement provoquent celui d'une bascule de recopie sur la bande magnétique.

Shift-corrk D



Le schéma An.7 représente le circuit qui permet au registre à décalage d'enregistrer 1024 mots de 16 chiffres binaires ou 512 mots de 32 chiffres binaires.

Le circuit comporte d'abord 32 portes de puissance, commandées en B34 par la porte M/A du circuit précédent.

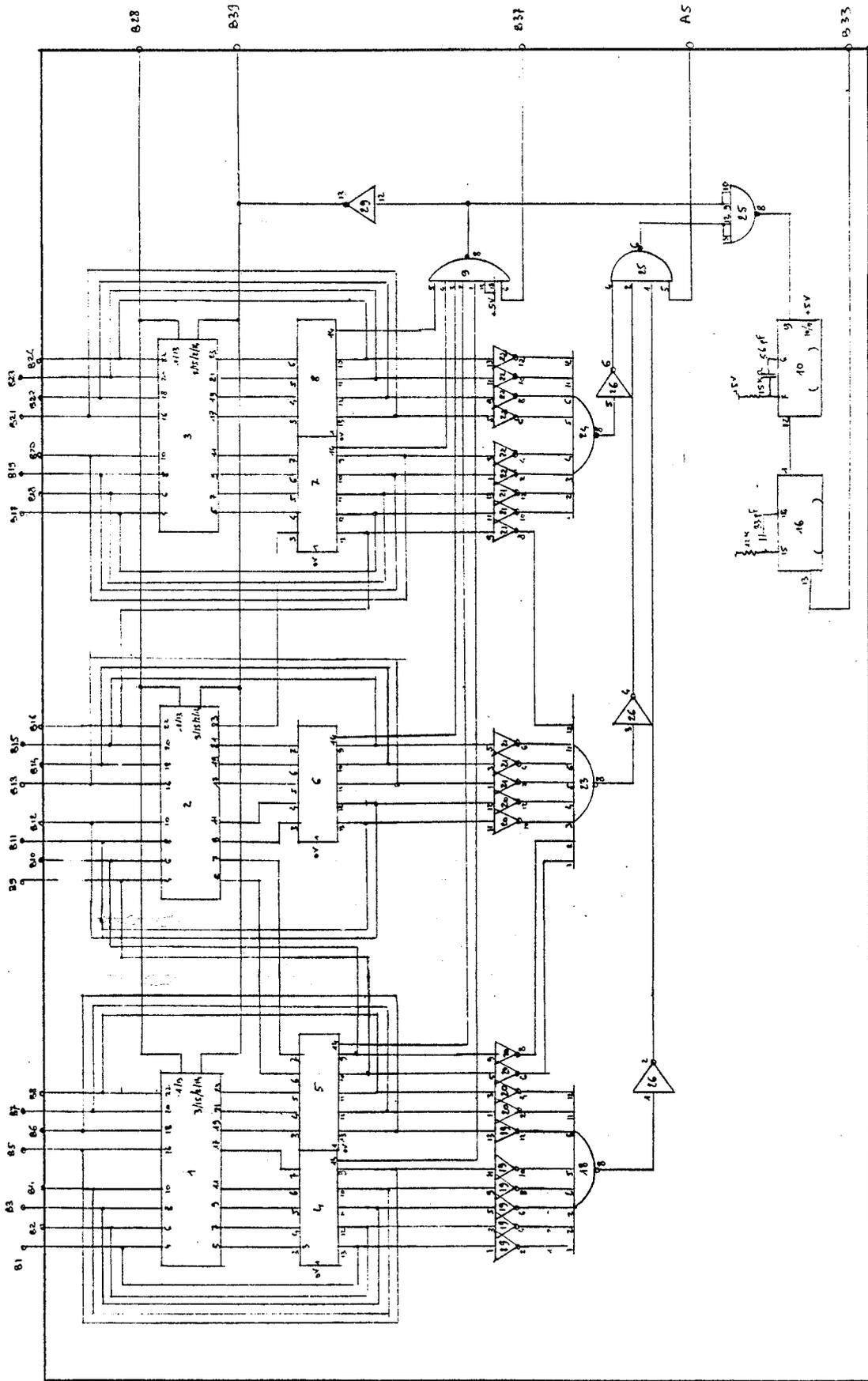
Les 16 bits B1 à B16 vont toujours sur le premier module mémoire 512 mots de 16 chiffres binaires. Les bits 17 à 32 sont adressés au deuxième module, seulement lorsque le signal en A34 autorise ce mode de fonctionnement (512×32). Dans le cas contraire, ce sont aussi les bits 1 à 16 qui traversent ces multiplexeurs pour remplir la mémoire (1024×16).

Le rôle des boitiers 16, 17, 21 sera expliqué dans le schéma suivant An.8.

Les portes 18, 19, 20 sont des adaptateurs de puissance pour les mémoires.

Actuellement, on préfèrerait utiliser des portes trois états.

Shift_crank E (2^{ème} partie)
(Méthode / retard K_{0.1})



Le schéma An.8 est un dispositif de détection de changement de configuration. Effectivement, lorsqu'on enregistre une information de 32 chiffres binaires, on a besoin d'un trente troisième chiffre pour indiquer qu'une information nouvelle doit être mémorisée. Ce chiffre peut être extérieur.

Sinon, on compare à l'aide des boîtiers 4, 5, 6, 7 et 8 les informations en entrée d'un registre mémoire (latch) et en sortie de celui-ci (ici 1, 2, 3).

Si les informations sont identiques, on reste en attente. Si l'un des chiffres en entrée change d'état, les comparateurs le détectent et émettent en B33 une impulsion de saisie provoquant la recopie du mot dans le registre à décalage et dans les registres de comparaison (1, 2, 3).

Les boîtiers 18 à 24 permettent d'exclure la combinaison 0.

Le schéma An.8 est actif pour 24 chiffres binaires en entrée. L'extension à 32 chiffres est réalisée dans la carte An.7, les entrées des signaux se faisant en B37 et A5.

La carte E du registre à décalage représentée dans le schéma An.9 comporte un compteur 1024 soit 10 chiffres binaires.

Ce compteur sert d'adressage pour la mémoire adressable jouant le rôle de registre à décalage : Ses sorties A7 à A15 sont envoyées sur les adresses des 512 mots de 16 chiffres binaires de chacun des deux blocs ; le bit de poids 10 est envoyé sur telle ou telle carte mémoire suivant la configuration mémoire appliquée en B26.

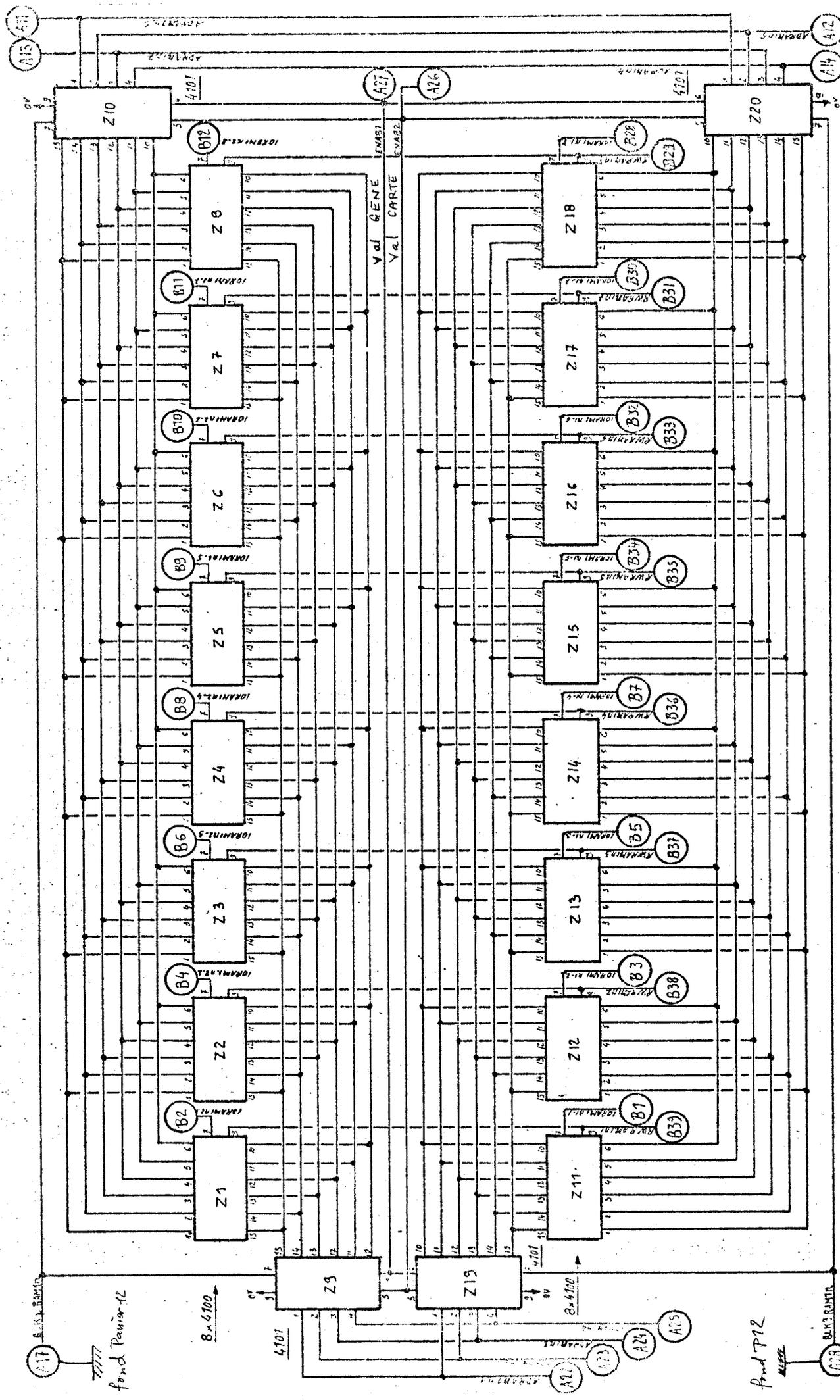
Le registre-adresse augmente unité par unité à chaque impulsion en provenance :

- du circuit de détection d'une nouvelle configuration pour l'entrée dans le registre,

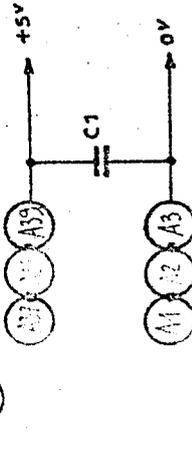
- du circuit de recopie sur bande magnétique pour la sortie des informations.

Dans le premier cas, 50×10^{-9} s après l'impulsion d'avance du compteur, un monostable (28) génère une impulsion de 100×10^{-9} s de largeur pour servir d'ordre "Ecriture" en A36 après amplification de puissance. Le retard permet aux bits d'adresse de se stabiliser avant écriture dans la mémoire.

L'indication "registre plein" est détectée à la 512ème ou 1024ème impulsion selon la configuration (B36) [débordement].



| | | |
|--------------|-----------------|-------------|
| ECH: | N° 210 | |
| | DESS. 5000-1000 | LE. 9.09.71 |
| MEMOIRE RAMI | | VERIF. LE |
| CARTE-G | | |



La carte-mémoire G représentée en An.10 est la carte de base du système Harmonie ; c'est une carte RAM de 2 fois 256×8 bits.

La technologie actuelle permettrait une concentration bien supérieure à ce que nous pouvions obtenir au début de notre étude.

Le boîtier-mémoire Z1 à Z8 et Z11 à Z18 a une capacité de 256×1 bit et un temps d'accès de 80 ns ; le chiffre en entrée et en sortie est sur la patte 7 du boîtier, l'ordre Lecture ou Ecriture est sur la patte 9.

L'adressage de $1/256$ est obtenu à l'aide de 2×6 fils : pour chaque groupe de 6 fils, 3 d'entre eux doivent être à 1.

Un tel adressage est obtenu à l'aide du boîtier spécialisé 4101 de Fairchild qui reçoit 4 bits d'adresse pour fournir 6 fils codés. Un boîtier mémoire Fairchild 4100 est donc adressé par deux 4101.

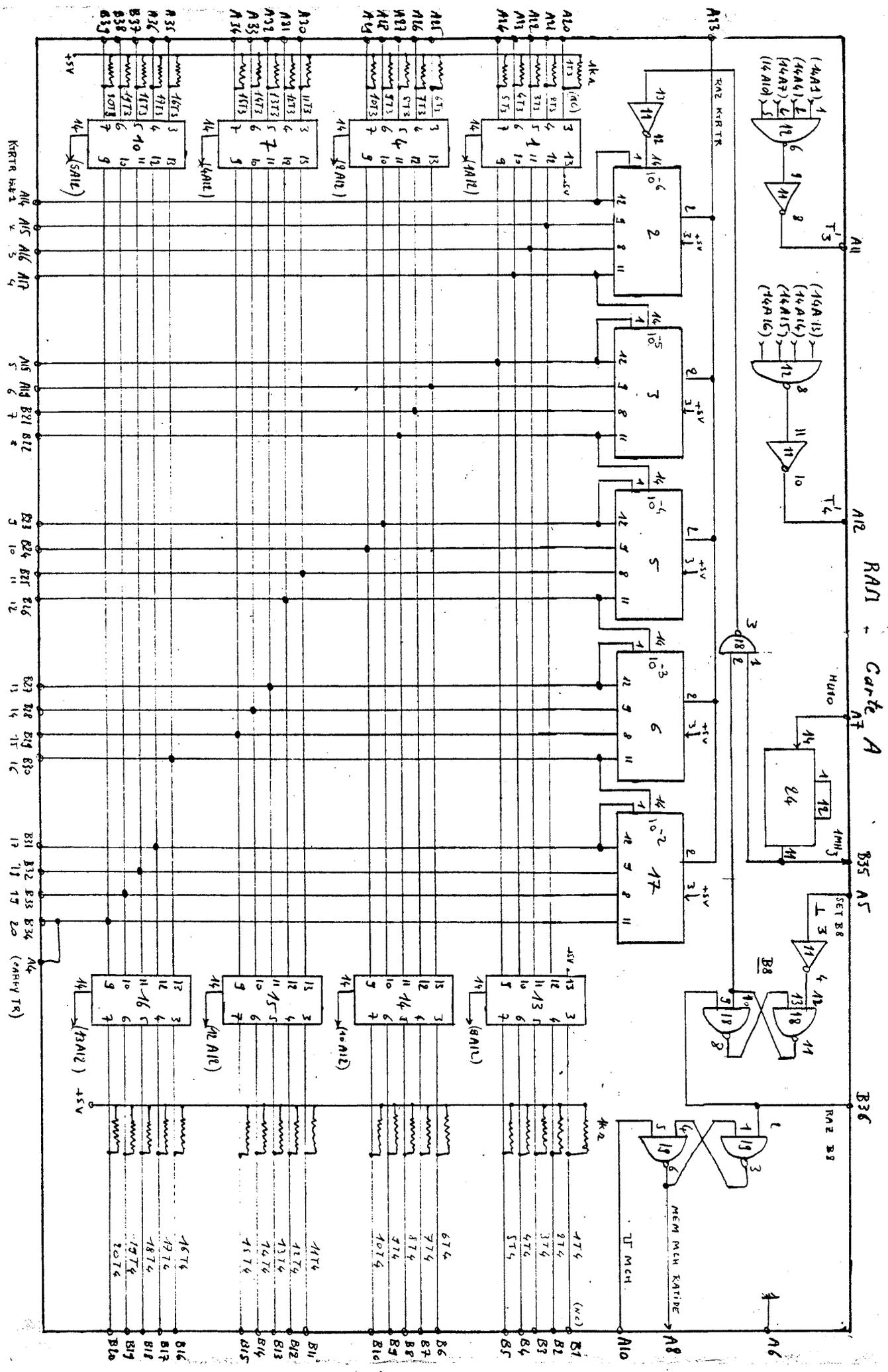
Les boîtiers décodage sont donc Z9, Z10, Z19, Z20 et les fils d'adresse A11 à A14 et A22 à A25. Les entrées A26 et A27 sont des entrées de validation de la carte.

Le registre à décalage comporte 4 cartes identiques à An.10.

Le synoptique An.11 représente le fonctionnement de la mémoire adressable ; il comprend essentiellement :

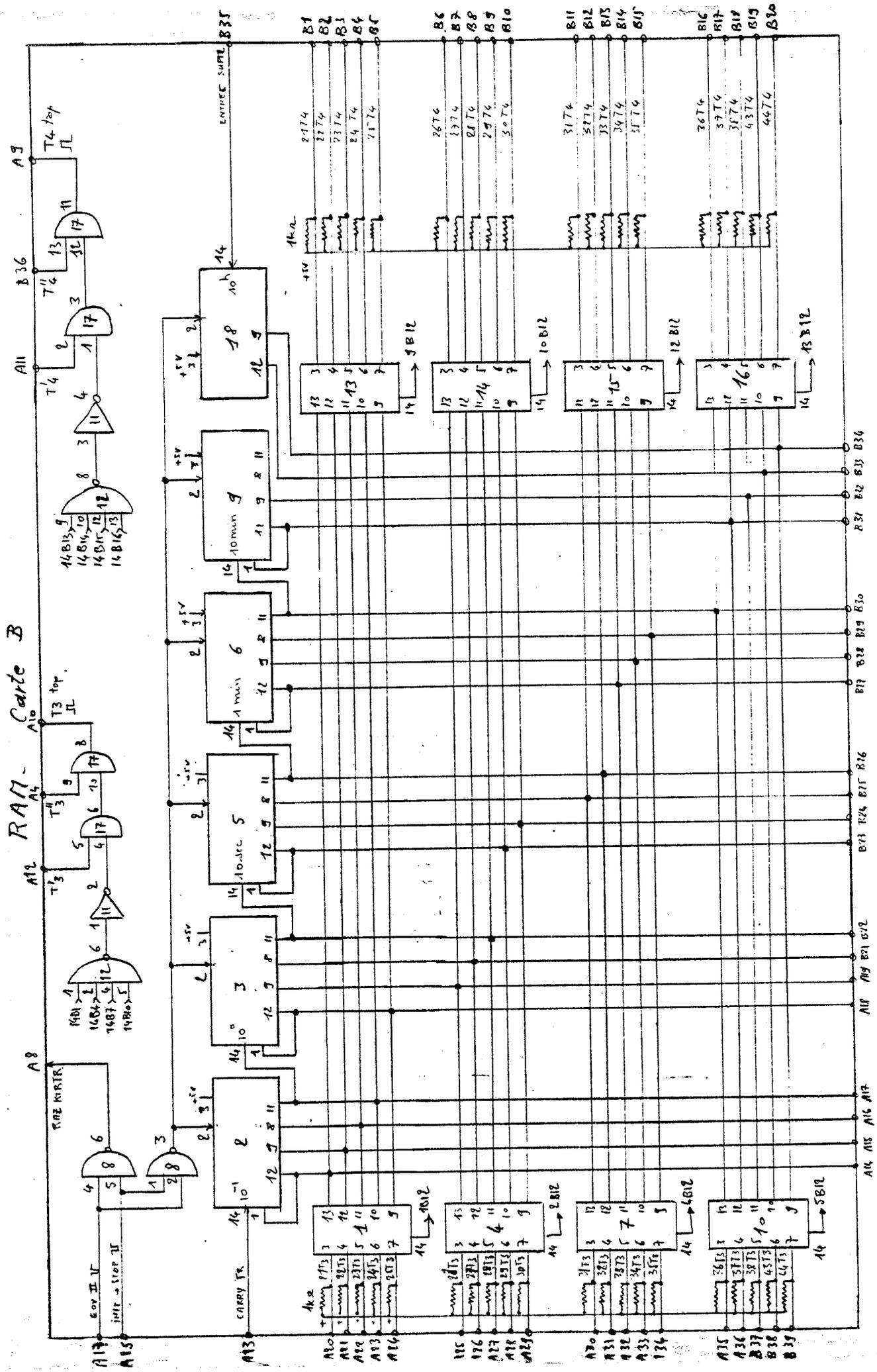
- deux cartes mémoires de 256 mots de 16 chiffres binaires,
- une logique marche/arrêt qui valide l'entrée dans ces mémoires,
- pour chaque carte, un ensemble : registre lecture/compteur/
registre d'écriture permettant l'incrémentation dans la mémoire,
- une logique commandant la recopie des informations contenues dans la mémoire vers le dérouleur de bande.

Bien que semblable à ceux du registre à décalage, la réalisation des circuits présente des différences.



AN.12

RAM - Carte B



Les schémas An.12 et An.13 représentent le compteur de temps depuis 1 μ s jusqu'à 40 heures, durée possible de la saisie dans le registre adressable.

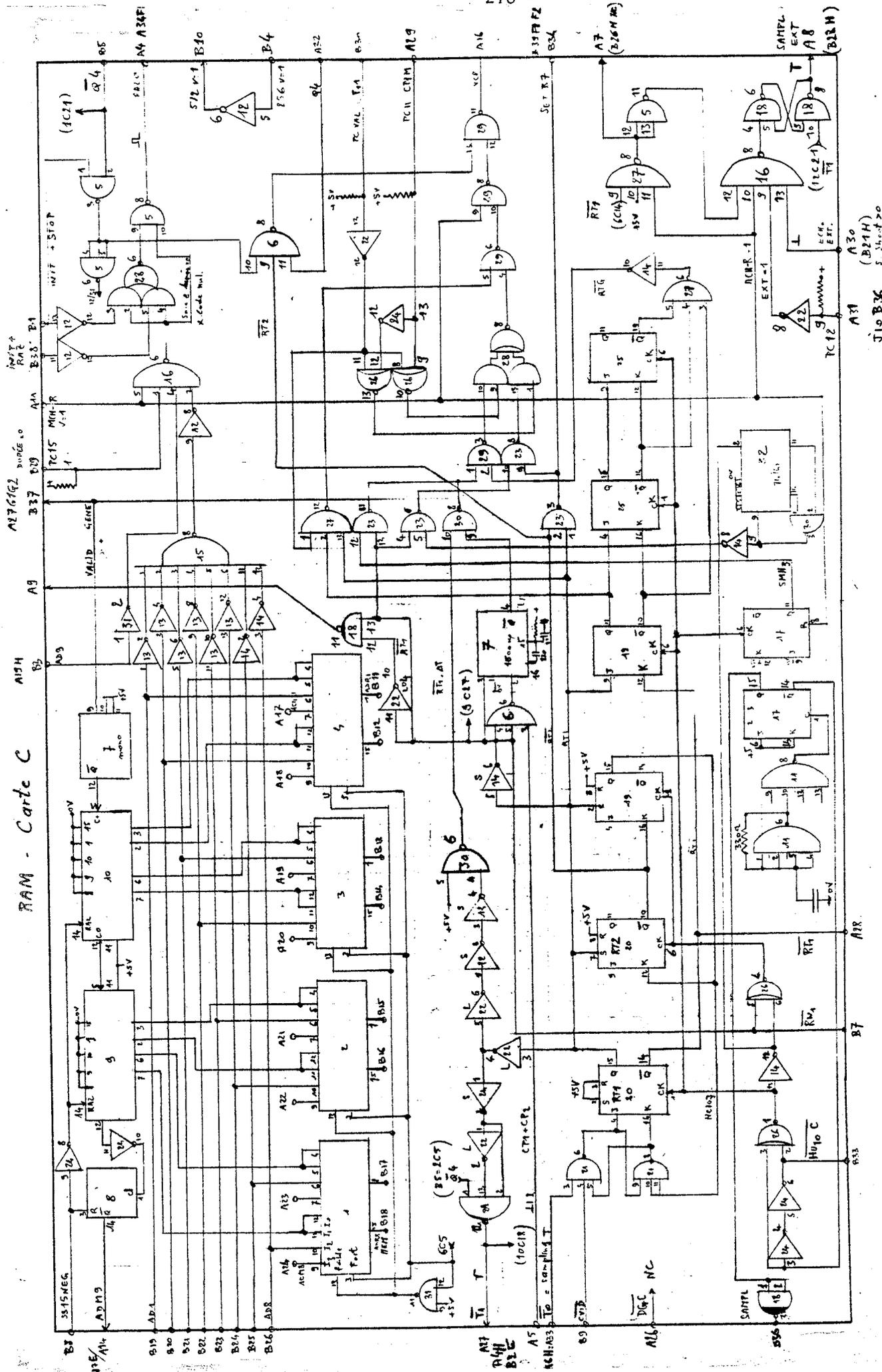
Une décade de ce compteur est reportée dans la carte D (An.15), boîtiers 20, 21 et 22.

A chaque instant, on compare la valeur du compteur avec les affichages "heure de déclenchement" et "heure d'arrêt" affichées au panneau de commande, à l'aide des comparateurs 1, 4, 7, 10, 13 à 16 sur les cartes A et B.

On part encore d'une horloge 1 MHz obtenue à partir d'un oscillateur 10 MHz (boîtier 24 de la carte A).

Les sorties des comparateurs sont regroupées dans les ET des boîtiers 12. Les sorties du compteur vont sur les broches A14 à A19 et B23 à B34.

RAM - Carte C

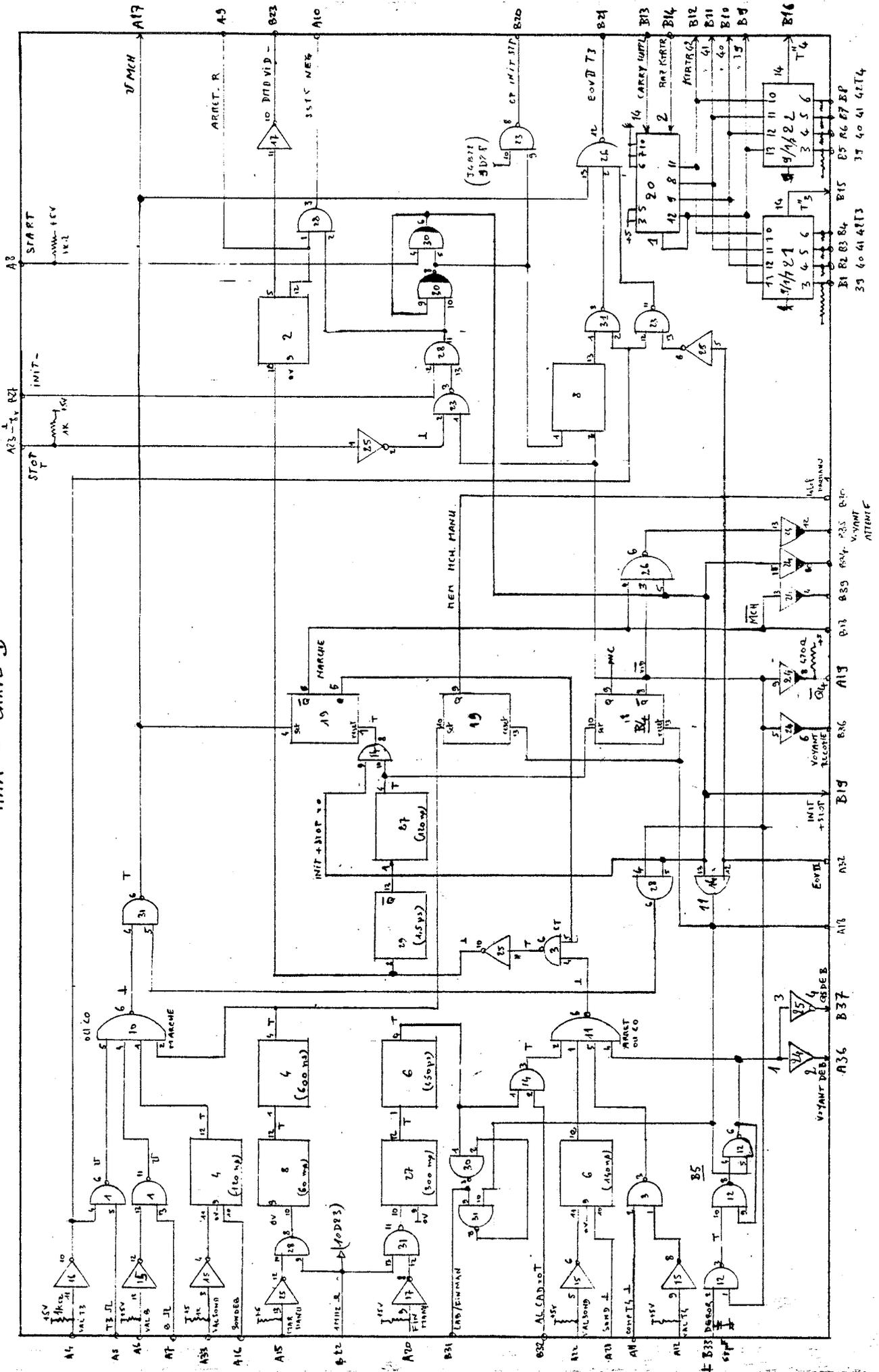


A30 (B21H)
 A31
 J10 B36 5 Sheets
 (B21H)

Le schéma An.14 représente les circuits qui contribuent au déclenchement des phases d'attente, saisie et recopie de la mémoire adressable.

On ne détaillera pas ici le fonctionnement de cette carte.

RAM - CARTE D



Les circuits de An.15 ont pour but de déclencher ou arrêter la saisie des informations dans la mémoire adressable.

La pièce maitresse est constituée par la bascule 19 (partie supérieure) qui est à 1 lorsque le dispositif est en saisie (Marche). Elle peut être positionnée à partir de la porte 10 :

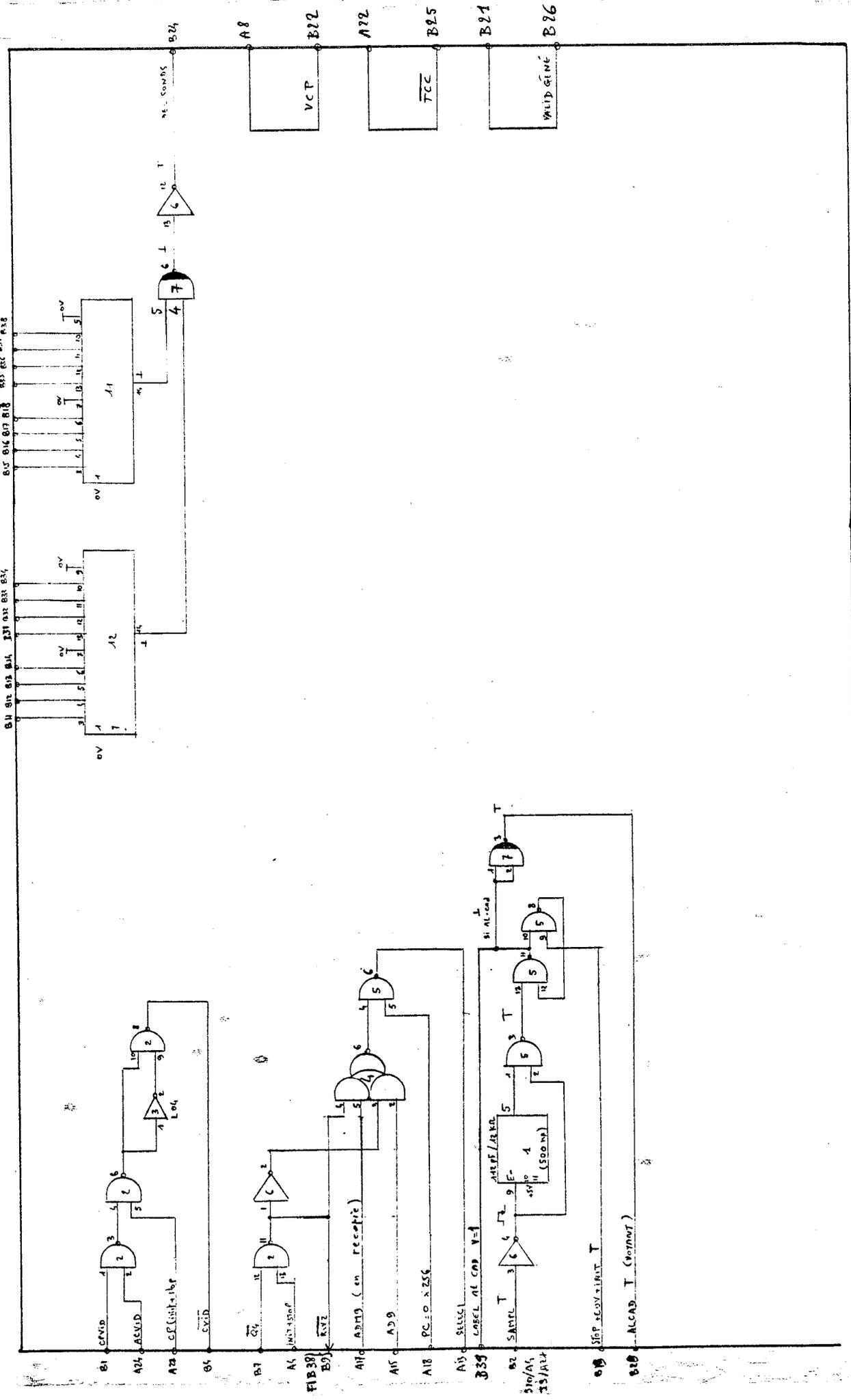
- avec le compteur de temps (T3) s'il est validé,
- lorsqu'une configuration B est atteinte sur 10 signaux externes,
- sur un signal unique extérieur s'il est validé,
- à l'aide d'un bouton-poussoir qui de plus est mémorisé dans la deuxième moitié inférieure du boîtier 19.

La porte 11 regroupe les ordres possibles d'arrêt de saisie :

- à l'aide d'un bouton-poussoir manuel validé,
- lorsque deux configurations se succèdent à moins de $500 \cdot 10^{-9}$ s,
- avec le compteur de temps (T4) s'il est validé,
- sur un signal unique extérieur s'il est validé,
- lorsqu'il y a débordement de capacité d'un mot mémoire.

Le schéma comporte également des circuits d'initialisation, notamment les remises à zéro des bascules et de la mémoire.

RAM - CARTE E

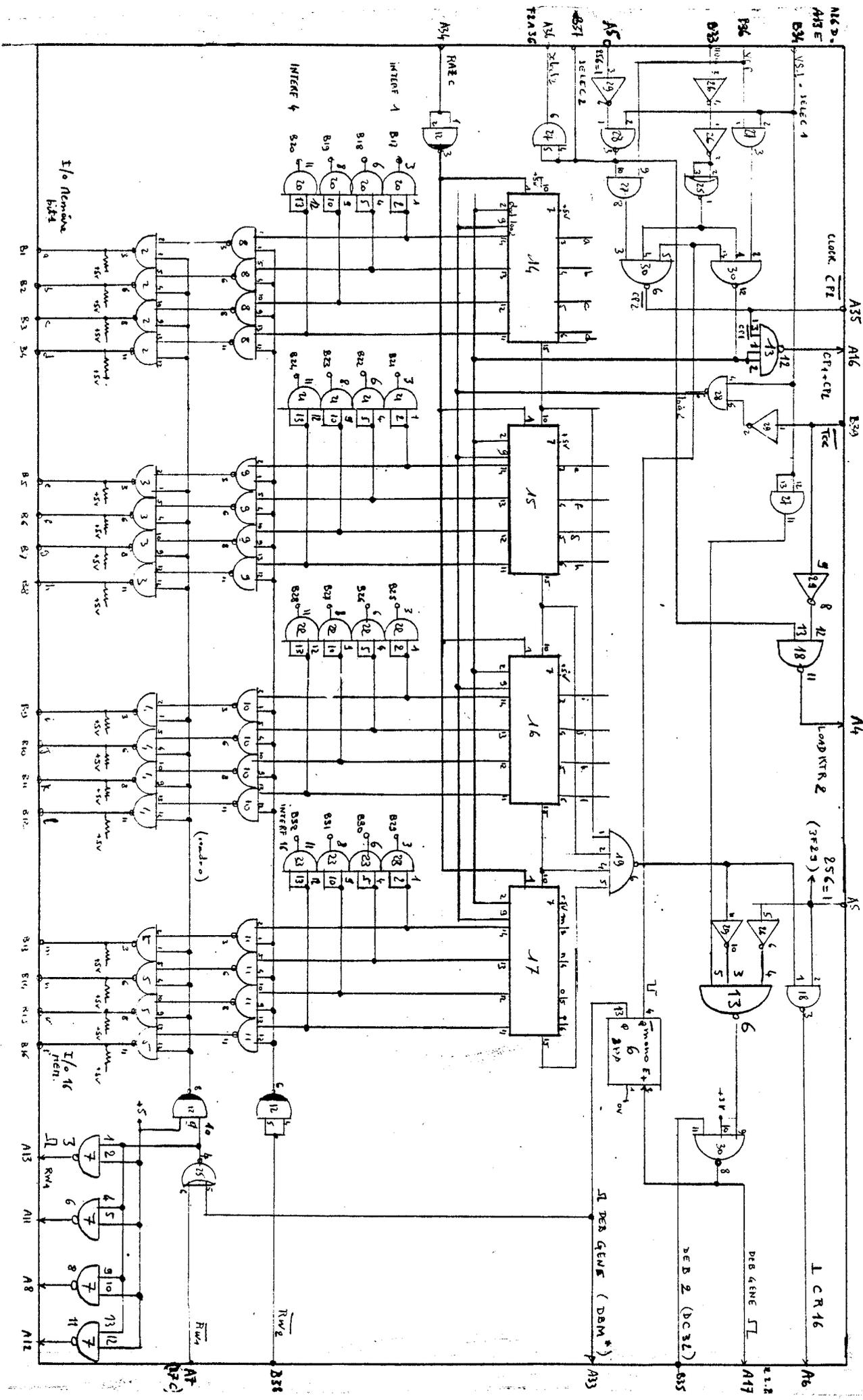


Le schéma An.16 participe aux signaux de déclenchement. Il comporte notamment :

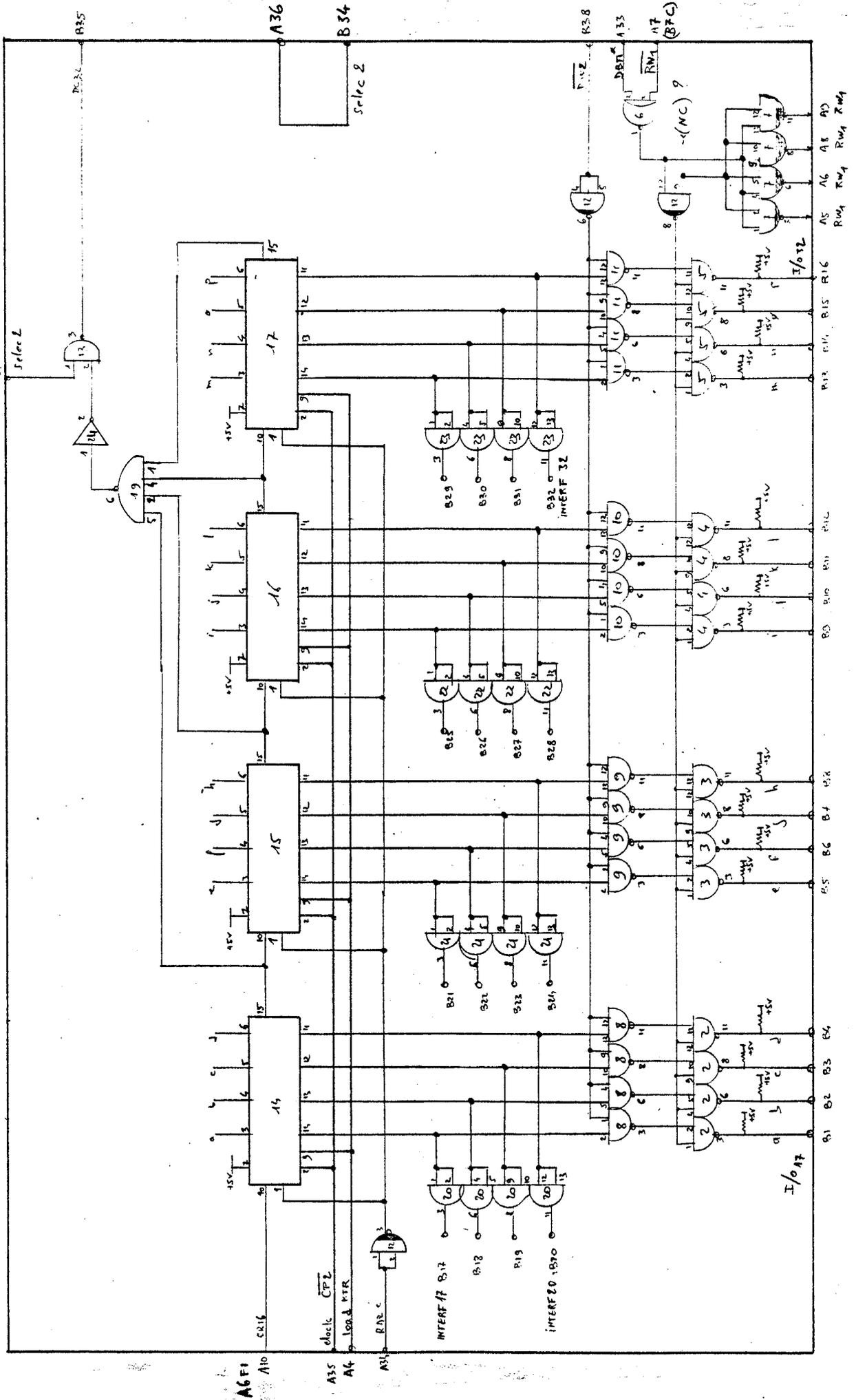
- en 12 et 11, les circuits comparant 8 sondes extérieures (B11 à B18) aux 8 interrupteurs d'affichage (B31 à B38) ;

- en bas à gauche (1 et 5), les circuits d'alarme si deux configurations sont trop rapprochées ; le réglage du monostable définit la résolution possible ; il peut être aisément changé pour des mémoires plus rapides.

RAM - CARTE F1



RAM - Carte F2



Les schémas An.17 et An.18 sont semblables. Chacun est affecté à une des cartes "mémoire".

Le compteur-latch 14, 15, 16 et 17 à 16 chiffres reçoit d'abord le contenu d'un mot mémoire adressé (entrée load) puis incrémente ce mot (clock), puis envoie son contenu à travers les portes 8 à 11, 2 à 5 à l'aide des ordres d'écriture RW.

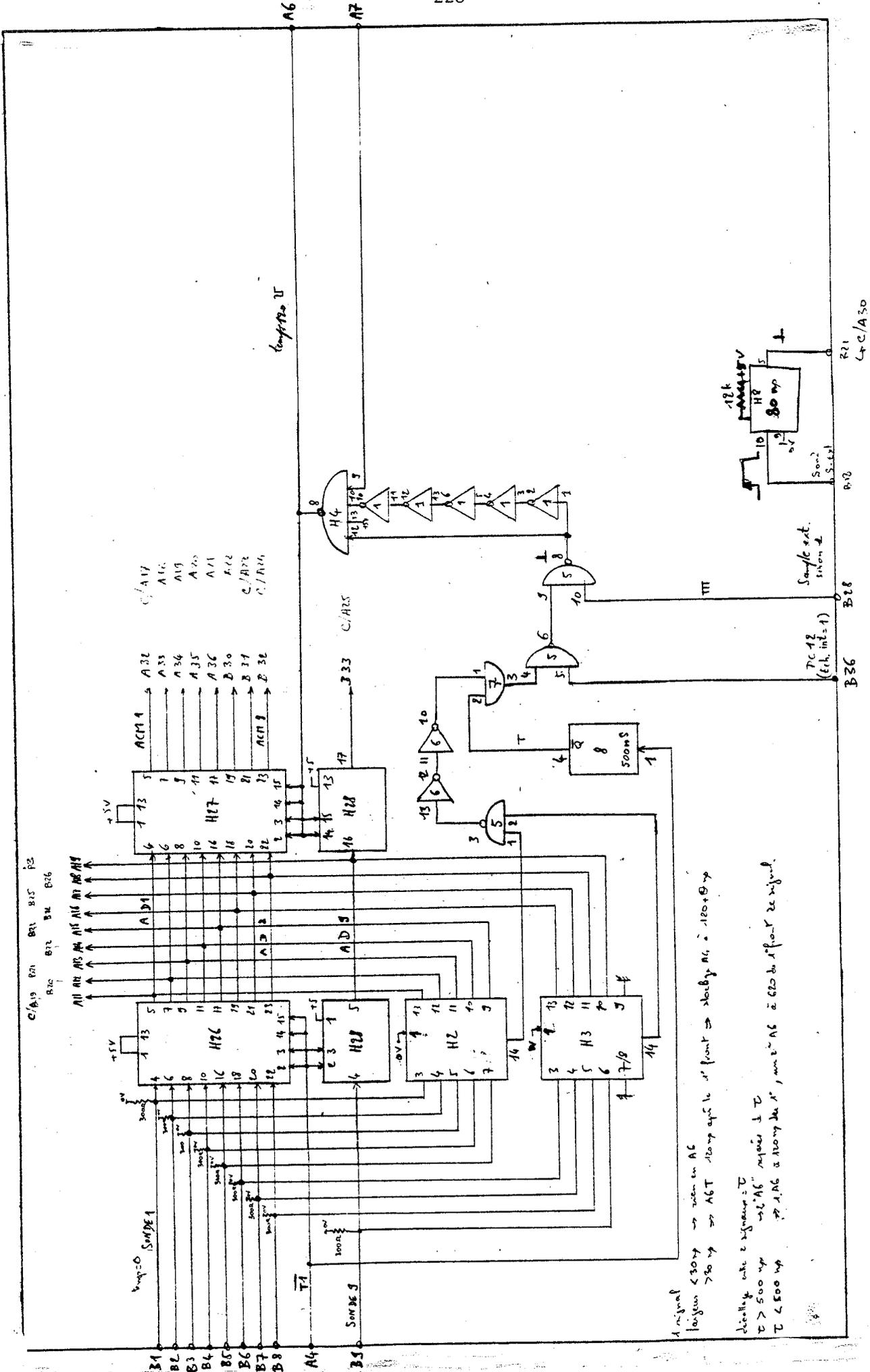
Ces ordres de chargement, incrémentation, écriture ont été élaborés d'une part dans la partie supérieure gauche de la carte, d'autre part dans le schéma An.14 que nous n'avons pas voulu détailler.

On remarquera que les deux compteurs de 16 bits sont synchrones et que les comptages sont indépendants l'un de l'autre (configuration 512×16) ou successifs l'un à l'autre (configuration 256×32).

Le circuit de débordement en partie supérieure droite de An.17 tient compte de ces éventualités.

C'est la rapidité de lecture de la mémoire et de ce compteur qui définit la résolution minimum de ce dispositif.

RAM - CARTE H



Signal
 largeur 280µs → min en A6
 280µs → A6T (largeur de front) → stable A6 = 100+0µs
 stability rate 2 signaux = 0
 T > 500µs → "A6" signal ↓ T
 T < 500µs → "A6" signal ↓ T

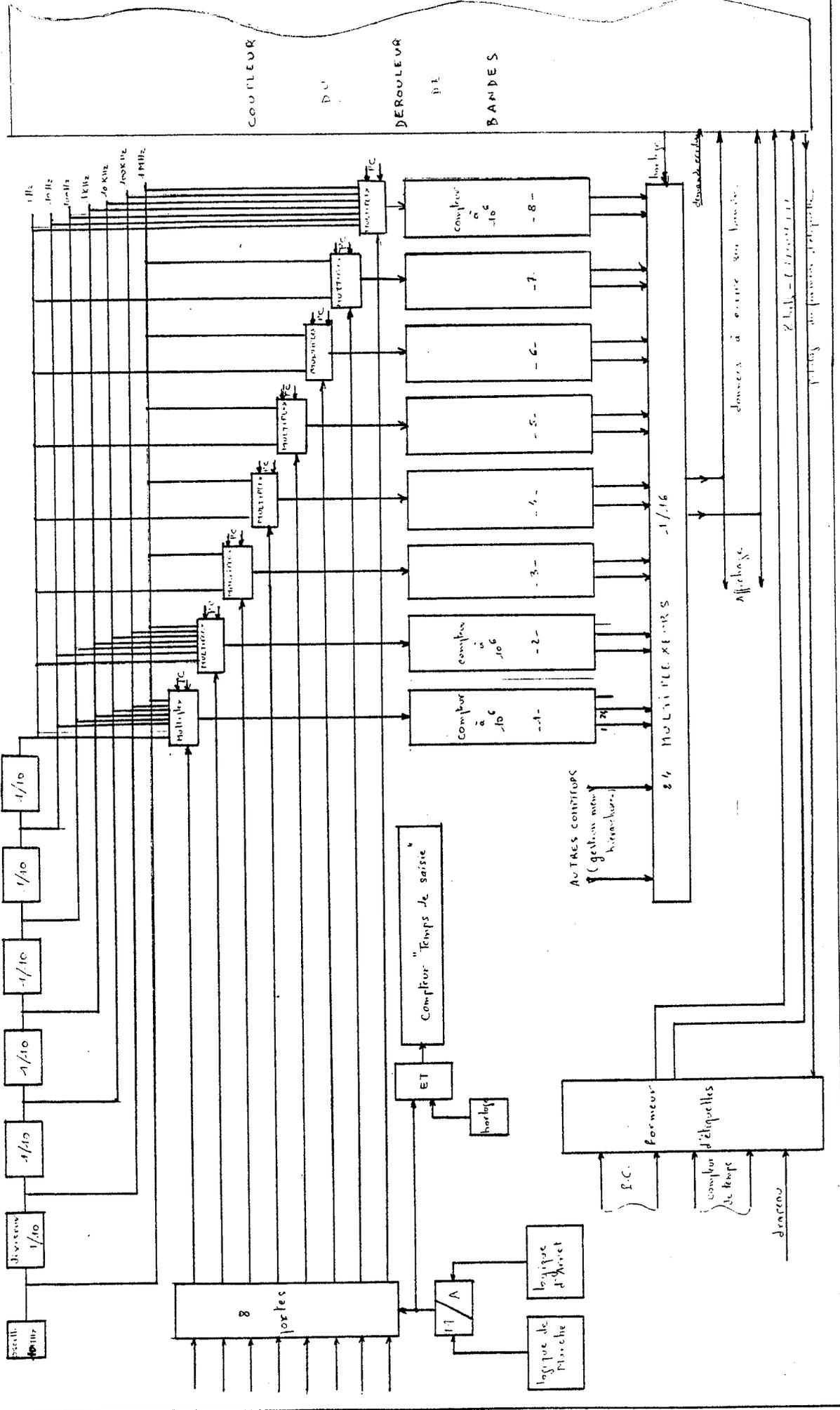
Lorsqu'une configuration de 8 (ou 9) signaux se présente dans le système mémoire adressable, un signal supplémentaire est nécessaire pour valider ces signaux.

Au cas où il n'existerait pas, le schéma An.19 de la carte H représente la production de ce signal :

H2 et H3 comparent les deux côtés d'un registre "latch" de 9 chiffres binaires H26 et H28. Si un chiffre change en entrée, le dispositif génère en A6 une impulsion 120×10^{-9} s plus tard, à condition que le changement ait duré au moins 30 ns.

Cette impulsion provoque une mise à jour du latch et le déclenchement de l'incrémentatation du compteur décrit dans An.17 et An.18.

Au cas où une deuxième configuration apparaîtrait à moins de 500×10^{-9} s de la première et à plus de 120×10^{-9} s, la deuxième pourrait être stockée provisoirement et traitée 500×10^{-9} s après la première.



Synoptique - 8 compteurs indépendants

Le synoptique An.20 est relatif aux compteurs indépendants les uns des autres d'Harmonie. Dans une première version, nous n'avions créé que 8 compteurs. L'expérience en utilisation nous a conduit à en prévoir 16 sur les machines futures.

Un dispositif Marche-arrêt commandé à partir de l'horloge et des conditions au panneau de commande ouvre un ensemble de portes qui autorisent l'incrémentation dans les compteurs. La durée d'ouverture de ces portes est comptabilisée dans un compteur "temps de saisie".

Chaque compteur enregistre un nombre d'évènements ou un oscillateur pendant la durée de l'évènement. Cet oscillateur peut être 10 MHz ou ses diviseurs par 10 : ainsi, on perd en précision mais on gagne en durée de mesure.

Le choix de la fréquence est fait à l'aide de multiplexeurs affectés à chaque compteur.

Un autre jeu de multiplexeurs permet d'émettre vers l'affichage et vers le dérouleur de bande, le contenu de l'un d'eux.

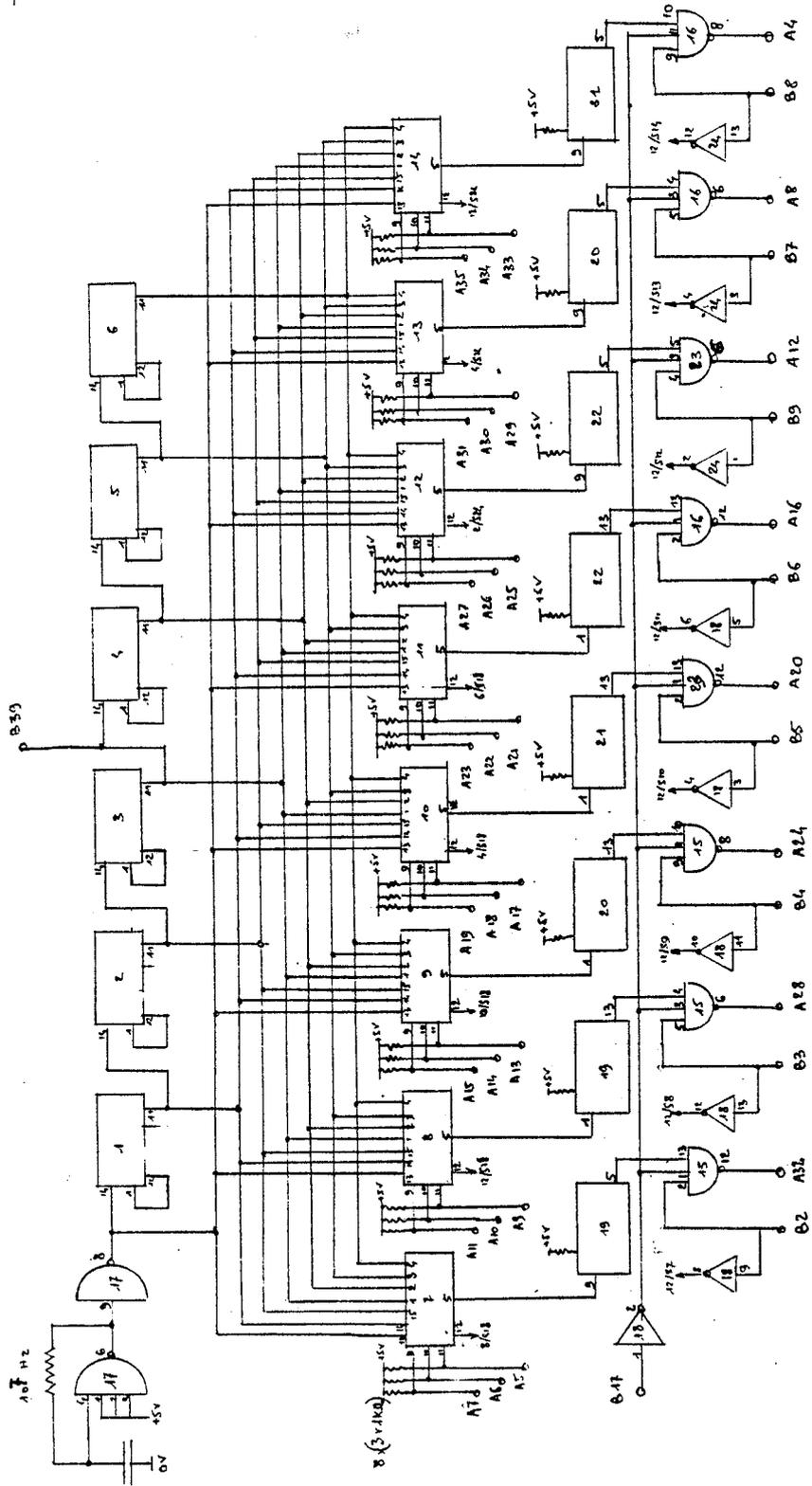
Le schéma An.21 représente la logique de marche/arrêt de la partie "compteurs".

Elle comporte un compteur de temps (boitiers 1 à 8) permettant de compter jusqu'à 40 heures avec une résolution de la milliseconde.

Ce compteur est comparé aux conditions d'arrêt dans les boitiers 9 à 16, afin de provoquer une interruption automatique des mesures à l'échéance d'un temps préfixé.

Des bascules (17 à 21) mémorisent le débordement éventuel de l'une des voies et provoquent une interruption bloquant la mesure.

C.P.11 - cont'd. S



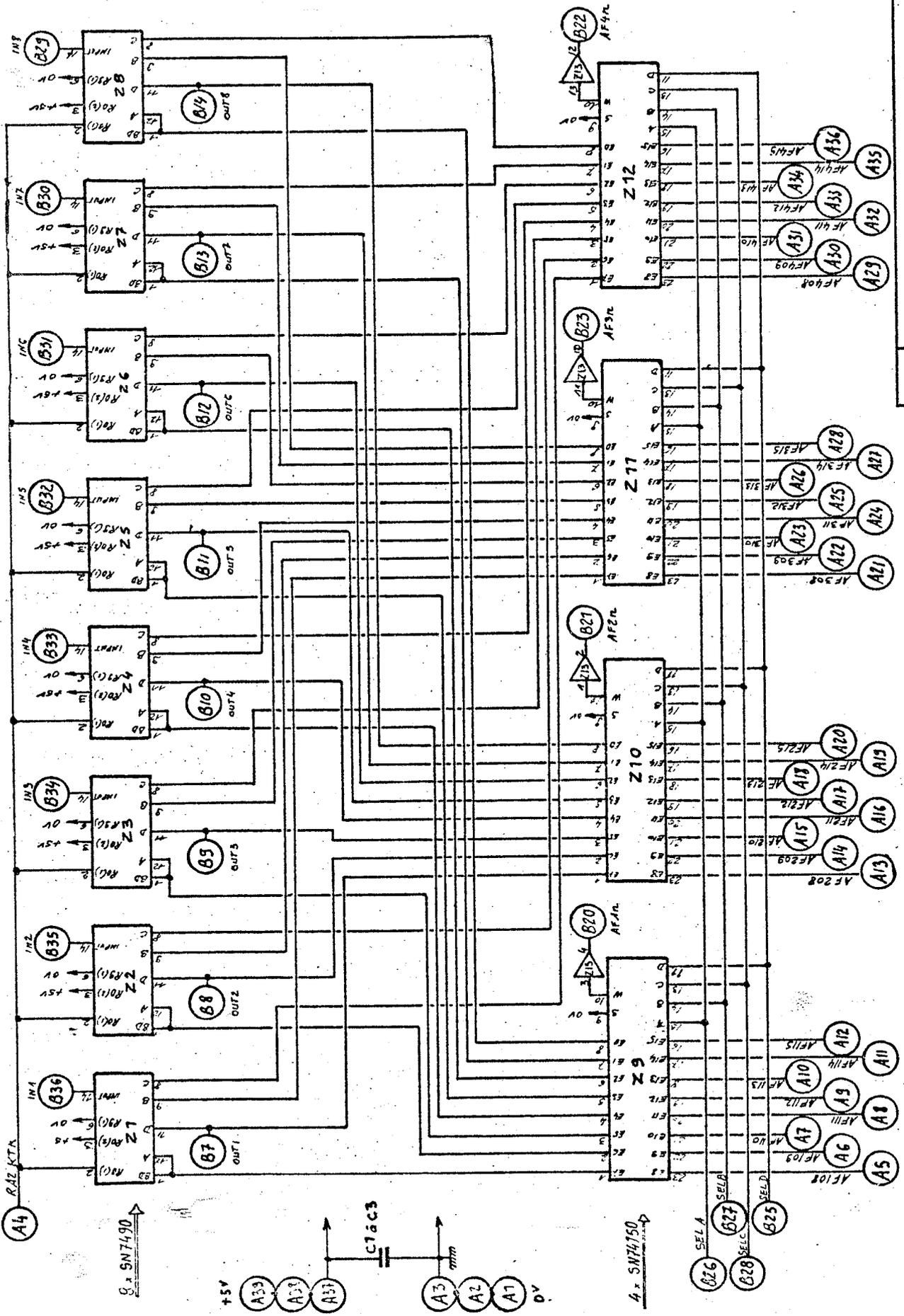
An.22 comporte un oscillateur à 10^7 Hertz qui est successivement divisé par puissance de 10 dans les boitiers 1 à 6.

Une sortie intermédiaire permet l'émission du 10^3 hertz pour le compteur de temps.

Ces fréquences sont multiplexées dans autant de circuits (7 à 14) qu'il y a de compteurs (ici 8), le choix étant fait au panneau de commande.

Ces fréquences serviront à échantillonner l'évènement dont on désire connaître la durée.

Ces fréquences sont mises en forme dans des monostables (19 à 22) puis envoyées vers les compteurs à travers des portes de commande.



ECH: **COMPTEUR MULTIPLEXEUR**
CARTE IVT

N° 214
 DESS. FIGURE: ch
 I.E. 15.03.71
 YERIF
 LE

FORMAT

La carte T représentée dans le schéma An.23 comporte une tranche de 4 chiffres binaires de chacun des 8 compteurs (21 à 28).

L'entrée B36 reçoit la décade précédente, la sortie B7 sera connectée à l'entrée de la décade suivante, etc...

Pour réaliser 8 compteurs de 32 chiffres binaires, on emploiera 8 cartes semblables les unes derrière les autres.

Les multiplexeurs Z9 à Z12 reçoivent les sorties de ces compteurs ainsi que celles d'autres compteurs de la machine afin de sortir une seule voie vers l'affichage et le dérouleur de bande.

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

- [1] CARLSON Gary : The use of statistics in performance measurement -
Part 1 - Part 2 - EDP Performance Review -
Août 1977 - Septembre 1977

- [2] DIDAY E. : Une nouvelle méthode de classification automatique et de
reconnaissance des formes - Université Paris 6 -
Thèse 1972

- [3] BIONDI Joëlle : Application de l'analyse des données à la description
de la charge d'un calculateur microprogrammé -
Université de Nice - Thèse Novembre 1976

- [4] COCHRAN W.G. : Sampling Techniques - Wiley Ed. 1953

- [5] SCHWARTZ Daniel : Méthodes statistiques à l'usage des médecins et
biologistes - Flammarion 1963

- [6] ACM - Chapitre français : La statistique, outil d'analyse des systèmes
informatiques - Journées d'étude Novembre 1976

- [7] DUCHENE Janine : Analyse des traitements statistiques à appliquer aux
compteurs d'Harmonie - Rapport de stage CTI -
Septembre 1975

- [8] JACQUIER M. Eric : Compte-rendu sur les méthodes de description et de classification de la charge d'un centre informatique - note interne CTI du 1er Mars 1977

- [9] HOGER Thomas M. : Hardware and software monitors : are they for you ? CAN DATA 11 : 70-2 - Novembre 1979

- [10] LAUR Bernard : Des outils pour la maîtrise des performances - OI Informatique - Mars 1980

- [11] GAUDEUL Bruno : Cahier des charges du logimètre Harmonie - CTI - Note Mars 1973

- [12] HOWARD Ph. : Performance Management Information Systems - State of the art - EDP Performance Review - Juillet 1977

- [13] PEARSON S.W. : Measurement of computer user satisfaction - NTIS Décembre 1977 (328 p)

- [14] HOWARD Ph. : Measuring User (di) satisfaction - EDP Performance Review - Juin 1976

- [15] ENGLE W.B. : Making the most of performance monitors - COMP DEC 10 : 50 - Novembre 1978

- [16] HYMAN Joan P : Monitors help control DP ressources, stall new computer purchases - BANK SYS - Mars 1979

- [17] MEAD C.W. : Hardware monitors help services firm... forecast, budget growth for 11 data centers - Computerworld - 26 Novembre 1979

- [18] SARDO V.M. and GOTTHARDT David W. : Performance measurement auditing - ED.PACS - Juin 1979

- [19] EDWARDS Russel : SMF for performance measurement - EDP performance
Review - Février 1979

- [20] MOISNIER Luc : SMF - Répartir les coûts ? oui. Mesurer les performances ?
Non. - 01 Informatique - Novembre 1975

- [21] HIRSCH Alan : Using the System Measurement Facilities for Performance
Analysis - CMG Trans n° 23-4 - Mars-Juin 1979

- [22] IBM : Virtual System 1 Performance Tool - Sales and Systems guide -
Note interne - Janvier 1974

- [23] DARRAS X./CxP Etude 006 : Comptabilité analytique de l'exploitation -
Mars 1975

- [24] DARRAS X./CxP Etude 020 : Comptabilité analytique de l'exploitation -
Février 1976

- [25] DARRAS X./CxP Etude 041 : Comptabilité analytique de l'exploitation

- [26] GAUDEUL B. et alias - CTI : Rapport de mesure à Nancy -
Décembre 1976

- [27] GAUDEUL B. et alias - CTI : Rapport de mesure à l'IRT - Février 1977

- [28] GAUDEUL B. et alias - CTI : Rapport de mesure au MICA -
Septembre 1977