

PRELIMINAIRES, POUR LE PS/BOOSTER,
DE L'ASPECT DES PROBLEMES D'ACQUISITION
ET DE COMMANDE VIA UN ORDINATEUR

E. Asséo
H. van der Beken

Introduction

La solution des problèmes posés par l'acquisition et la commande, via un ordinateur, des éléments conditionnant le PS ou le booster doit à la fois tenir compte

- des possibilités des ordinateurs
- des exigences de l'appareillage.

Nous essayons de définir ici les intermédiaires nécessaires entre l'ordinateur et les appareillages pour obtenir une exploitation

- plus centralisée
- flexible
- adaptée à l'opération (sûreté et encombrement)
- automatique ou qu'il est possible d'envisager telle

et qui permettent à l'équipe d'opération d'agir par l'intermédiaire des entrées et sorties de l'ordinateur, via un pupitre d'opération, par des actions directes ou contrôlée par programme. Une action manuelle indépendante de l'ordinateur demeure possible.

Cette étude comprendra donc :

- une analyse rapide du cadre (ordinateur et appareillage)
- la définition, dans ce cadre, d'un système d'acquisition et de contrôle faisant ressortir l'état des études et réalisations actuelles ainsi que celles à poursuivre ou entreprendre. Le but immédiat étant une application au PS pouvant être extrapolée pour le booster.

1. Le Cadre

L'ordinateur* et les appareillages

Les moyens d'entrée et sortie de l'ordinateur conditionnent fortement les moyens d'acquisition et de commande.

Les entrées et sorties digitales parallèles (16 bits - fréquence jusqu'à 500.000 mots/seconde) sont les plus proches du fonctionnement interne de l'ordinateur. Elles se prêtent bien à une transmission multiplexée, rapide et sûre. Cependant elles nécessitent presque toujours l'association d'un élément de conversion (Digital/Analogue ou vice versa). Mais il semble que, notamment pour l'acquisition, la digitalisation pour l'exploitation ordinaire représente la tendance actuelle.

Les entrées et sorties digitales série (train d'impulsion jusqu'à 25 KHz pour la sortie, 5 KHz pour l'entrée) ne sont qu'un dérivé des précédentes; les mêmes remarques sont donc valables. Cependant, il faut ajouter qu'elles sont en général plus astreignantes pour l'ordinateur car elles exigent un ordre d'entrée/sortie par impulsion alors que les entrées/sorties digitales parallèles n'exigent qu'un ordre par mot. De même, les transmissions nécessitent, pour la même capacité d'information que pour les liaisons parallèles, une vitesse notablement plus importante (16 fois plus pour 16 bits si la série est pondérée plus éventuellement une horloge, 2^{16} fois plus si la série n'est pas pondérée).

Un ordinateur peut acquérir et distribuer des intervalles de temps (qui peuvent en fait se considérer comme l'enveloppe du digitale série). Leurs utilisations présentent une assez forte astreinte pour l'ordinateur et peuvent conduire à des problèmes délicats, dans le fonctionnement en temps réel, dus à la nécessité d'exécuter des opérations quasi-simultanées à un instant rigoureux défini extérieurement à l'ordinateur (exemple: un cadencement).

* Les références sont prises par rapport à l'IBM 1800

Les entrées sorties analogiques sont souvent les plus directement exploitables sur l'appareillage et sont de ce fait attrayantes. Cependant elles se prêtent mal à une transmission multiplexée et/ou rapide. (Seuil résiduel des multiplexeurs analogiques, bande passante de la ligne et problèmes du bruit.) Elles semblent plus particulièrement adaptées pour les liaisons directes (point à point) ou pour des multiplexages lents à très lents (< 50 Hz).

Pour avoir fait le tour il nous reste à mentionner pour l'appareillage, la commande ou l'acquisition de position qui se trouve en général résolue respectivement par des moteurs (DC, Stepping) et des transducteurs (encodeurs, potentiomètres, ...).

Il faudrait ajouter, pour être complet, les aspects économiques. C'est-à-dire l'influence, sur l'appareillage, la commande et l'acquisition, des différents moyens d'entrée et sortie utilisables, compte tenu de leur coût. Nous n'aborderons pas ici à cette étude.

2. Le Système

Dans le cadre défini plus haut il faut structurer un système d'acquisition et de commande tenant compte des trois fonctions demandées.

- fonctionnement automatique (via l'ordinateur)
- fonctionnement manuel
- affichage en fonctionnement automatique et/ou manuel.

Un système de transmission digital parallèle (S.T.A.R.- Système de Transmission Adressé Rapide*) appliqué à l'acquisition est en fin de construction. Il permettra l'acquisition de signaux déjà digitalisés. Il comporte la possibilité de fonctionnement automatique ou manuel et l'affichage en manuel. L'affichage en fonctionnement automatique n'est pas incorporé car ce problème est directement lié à ceux de la commande et est en étude à l'heure actuelle. Cependant un affichage

* Rapport en préparation

digital utilisant le C.O.D.D.* et un affichage analogue et/ou digital utilisant un oscilloscope à mémoire branché sur l'ordinateur seront utilisés dès le début de l'exploitation.

L'acquisition de l'analogique a été résolue dans certains cas particuliers en adoptant des liaisons point à point ou totalement multiplexées (Carryplex**). Ces solutions d'opportunité permettent cependant d'avancer dans des problèmes plus généraux tels que celui de l'isolement des masses par exemple. Nous sommes par ailleurs en train d'étudier une solution plus systématique avec ses aspects technologiques tels que le multiplexage de l'analogique, les convertisseurs analogues digitaux, le rattachement à un système de transmission.

On peut dire que la solution de l'acquisition est déjà bien structurée, compte tenu des problèmes restantes en études. On est même en mesure de spécifier sous quelle forme doivent être présentés les paramètres digitaux (Binaire pur ou code 1.2.4.8 - "0" logique de -4 V à -10 V ou impédance infinie; "1" logique - 1 V à +30 V ou court-circuit). Des spécifications complètes seront fournies après la mise en exploitation.

Le problème de la commande reste à approfondir. Cependant certaines investigations technologiques ont d'ores et déjà été faites pour permettre de résoudre certains des problèmes de la commande (Mémoire non destructive, Mémoire à accès rapide, convertisseur Digital/Analogique, Commande de moteur DC ou pas à pas). L'examen des systèmes possibles nous a suggéré les remarques suivantes :

- 1) Fonctionnement automatique : cela signifie commande (ou acquisition) pilotée par l'ordinateur avec un pupitre permettant d'introduire manuellement des informations de valeur ou de programme dans l'ordinateur. Ce pupitre est un pupitre d'opération; en cas d'arrêt de l'ordinateur (voulu ou non voulu) ce pupitre peut

* MPS/Int.RF 65-7, O. Barbalat

** MPS/CO/SP 1, 15.12.65 B. Sagnoll

permettre un accès centralisé et manuel par la transmission multiplexée utilisée en fonctionnement normal. Ce fonctionnement manuel, pour éviter des ambiguïtés par la suite, sera appelé opération manuelle centralisée.

- 2) Fonctionnement manuel : ce fonctionnement doit être considéré comme un accès direct à l'élément à régler ou un accès manuellement multiplexé (si cela est justifié par le nombre de voies) à un groupe d'éléments à régler, de même nature et n'ayant pas besoin d'être réglé simultanément; dans ce cas nous parlerons de réglage manuel ou de réglage manuel multiplexé si cela est le cas. En cas de multiplexage manuel l'observation ou l'affichage est automatiquement multiplexé en même temps que la commande.

Cette remarque est justifiée, à notre avis, par le fait qu'il n'est pas favorable de faire appel au système automatique de multiplexage pour les réglages manuels pour deux raisons

- la réalisation en devient indépendante
- en cas d'arrêt du système automatique on conserve la possibilité du réglage manuel.

- 3) La commutation du passage de l'opération centrale (avec ou sans ordinateur) à la position réglage manuel ou vice versa ne doit pas provoquer de variation de la valeur réglée. On est ainsi conduit à utiliser un élément de référence commun au système d'opération central et au système de réglage manuel. On aboutit ainsi à un schéma où la commutation opération centrale/réglage manuel se fait juste avant l'élément de référence qui pour des raisons de sécurité (de fonctionnement) doit souvent être une mémoire non destructive. Comme nous le verrons par la suite, suivant le choix de la nature de cette mémoire on peut être conduit à avoir ou non la possibilité, tant pour le réglage manuel que pour l'opération centrale, de réaliser des commandes par variation ou par valeur absolue. Pour la commande de grandeurs analogues la commande manuelle se fait par variations, ce qui évite l'acquisition de l'état de la mémoire non destructive qui n'a, en général, pas une signification physique directe et donc n'est pas facilement utilisable

- 4) L'affichage en réglage manuel doit permettre une observation directe de la grandeur physique réglée et ceci localement, c'est-à-dire proche des organes de réglage manuel. Ceci implique que les liaisons de commande manuelle doivent aussi comprendre des liaisons d'affichage (multiplexé éventuellement). Cependant ces liaisons d'affichage peuvent rester utilisables en opération centrale.
- 5) L'affichage en opération centrale : dans ce cas on est amené à considérer les deux possibilités d'opération centrale automatique et manuelle. Pour la première (opération automatique) il est sans doute préférable d'envisager un affichage contrôlé par l'ordinateur pour deux raisons importantes
 - pouvoir obtenir l'affichage de résultats traités (normalisation, moyenne, conversion, etc.)
 - pouvoir lier facilement l'affichage à la fois au programme de commande et à celui d'acquisition.

Les considérations qui précèdent nous conduisent à la structure donnée sur le schéma 1 qui met en évidence les problèmes restant à résoudre. Parmi ceux-ci il s'agit de choisir, comme nous l'avons dit en introduction, ceux des problèmes permettant une application expérimentale débouchant sur des spécifications pour de nouvelles constructions d'appareillage. Dans ce sens le "groupe récepteur de contrôle" semble particulièrement important.

3. Groupe récepteur de contrôle

Nous venons de la voir ce groupe procède de trois aspects principaux

- l'opération centrale (automatique ou non)
- opération manuelle
- mémoire non destructive.

Il agit sur l'élément à régler qui peut, en général, utiliser soit l'un des moyens suivants soit un groupement de deux ou même trois de ces moyens

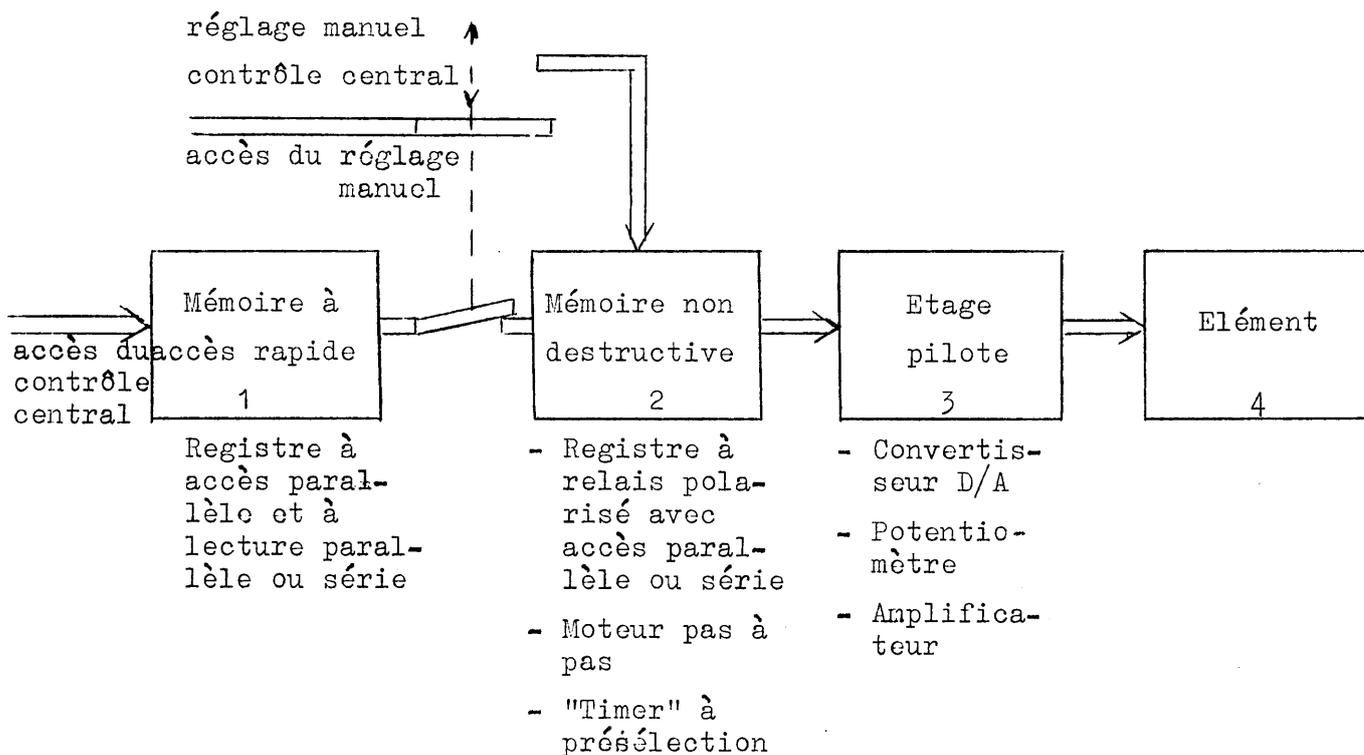
- nombre d'impulsions ou intervalle de temps
- un mot digital parallèle
- une tension analogue

et doit accepter deux types de commande, automatique ou manuelle (locale ou à distance).

Il importe donc de disposer d'un étage pilote de l'élément et de choisir la mémoire non destructive la plus appropriée. Or pour ce dernier point la gamme est peu étendue : moteurs pas à pas ou à courant continu et relais polarisés. La combinaison de ces éléments éventuellement associés à des convertisseurs digitaux/analogues couvrent la gamme des besoins courants. Il est aussi important de noter qu'une tendance actuelle tend à faire une large part pour le contrôle de certains processus à l'utilisation de mémoires analogues et qu'un tel choix est possible si l'on consent à abandonner la notion stricte de mémoire individuelle non destructive.

L'accès de commande par l'opération centrale automatique doit être rapide (50 kilomot par seconde) pour une bonne efficacité de l'ordinateur. Or les mémoires non destructives, quelque soit leur type, sont en général d'accès lent. On en vient ainsi à les faire procéder d'une mémoire tampon d'accès rapide.

D'autre part pour éviter les sauts de valeur lors du passage de l'opération centrale à l'opération manuelle ou vice versa on est conduit à ce que ce soit l'élément mémoire non destructive qui présente les deux accès ce qui nous amène au schéma suivant.



Ce schéma apparaît particulièrement apte en ce qui concerne les informations de grandeur à être commandées manuellement par des variations, ce qui est opérationnellement favorable et technologiquement plus simple.

Il s'agit maintenant de faire face à la diversité des besoins tout en conservant une structure unitaire et simple au point de vue opérationnel. Sur le schéma 2 nous indiquons les structures envisageables dans cet esprit et capables de résoudre un grand nombre de problèmes. On voit que l'on peut, sans grande contrainte, arriver à un système très souple ne supposant que deux types de mémoire à accès rapide (déjà développés) et laissant la possibilité de trois types de groupe récepteur de contrôle (déjà expérimentés et en voie de réalisation*). Le réglage manuel à partir de seulement deux éléments de commande permet la même gamme de facilités.

Des études sur la mémoire non destructive à relais polarisés nous ont conduits aux conclusions suivantes :

- 1) Avec une telle mémoire deux types de commande sont possible par variations ou par valeur absolue

* Une partie de ces développements a été effectuée par le Groupe Linac pour la centralisation des données et la commande de moteurs pas à pas.

- 2) La vitesse de transfert en parallèle est assez bonne (1 à 2 ms). La vitesse d'accès série est équivalente à celle des moteurs pas à pas (100 à 300 Hz suivant le type de relais utilisé)
- 3) Associé à un convertisseur digital/analogue cet élément est capable de commander des valeurs qualitatives (polarité, gamme, etc.) et des valeurs quantitatives analogues (ou digitales bien sûr).

Les études ont débouché sur la spécification d'une unité fonctionnelle ayant les capacités suivantes :

16 bits dont

12 bits à accès parallèle et série

4 bits à accès parallèle seulement

(informations qualitatives).

En accès série la commande se fait par variations positives ou négatives apportées à l'état antérieur de la mémoire. On peut lier l'état du bit de polarité à celui des variations injectées à l'entrée pour obtenir une variation continue de $+2^{13}$ à -2^{13} ou vice versa (capacité apparente 13 bit soit 12 bit + 1 bit polarité). Les schémas fonctionnels ont été développés; un prototype est à l'étude.

4. Conclusion

Nous avons abouti à la structure d'un système qui nous semble suffisamment souple et qu'il était nécessaire de faire tel en tant que première investigation car il ne représente d'abord qu'un outil de recherche avant que son implantation signifie l'existence effective de contrôles automatiques. L'étude de son utilisation, pour résoudre certains problèmes relevant du fonctionnement d'un accélérateur tel que le PS ou le booster doit nous conduire à mieux définir les différents blocs fonctionnels réalisant la structure générale. C'est cette étude qui doit se poursuivre en parallèle avec l'étude détaillée des groupes récepteurs de contrôle, du pupitre d'opération, de la transmission des commandes, de l'affichage en fonctionnement automatique et de l'acquisition de l'analogique avec priorité pour ce dernier point.

En outre l'étude du mode de fonctionnement de ces appareillages en liaison avec l'ordinateur nous a amené à penser qu'une structure étagée de calculateurs semble préférable. Pour nous une telle structure signifie l'implantation d'un ou plusieurs "petits" ordinateurs digitaux rapides principalement chargés des fonctions d'entrée sortie avec le processus contrôlé et liés avec un "gros" calculateur jouant le rôle de cerveau directeur et chargé des traitements plus complexes. Deux raisons notamment nous conduisent à cette conclusion.

Un ordinateur utilisé pour de telles applications doit présenter la possibilité de travail en partage de temps (par exemple compilation et tests de programmes puis contrôle de processus). La sollicitation fréquente d'un tel ordinateur nuit à son efficacité.

D'autre part les tests d'appareillage monopolisent pour des temps plus ou moins longs l'ordinateur qui pourrait être mieux utilisé.

En résumé on hésite à demander des travaux "peu nobles" à un calculateur élaboré et ceci peut se traduire par une complexité peu souhaitable des appareillages qui lui sont liés.

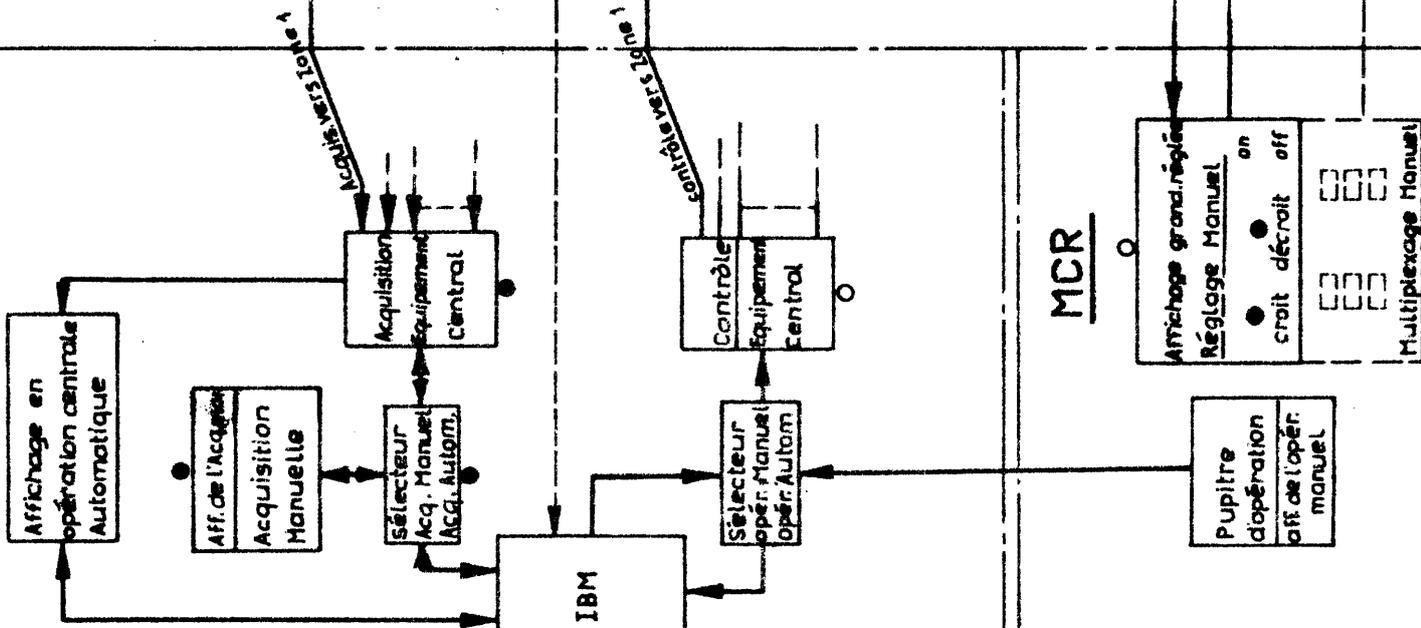
L'exploitation appliquée au PS doit nous permettre une analyse plus profonde de ces différents problèmes.

E. Asséo
H. van der Beken

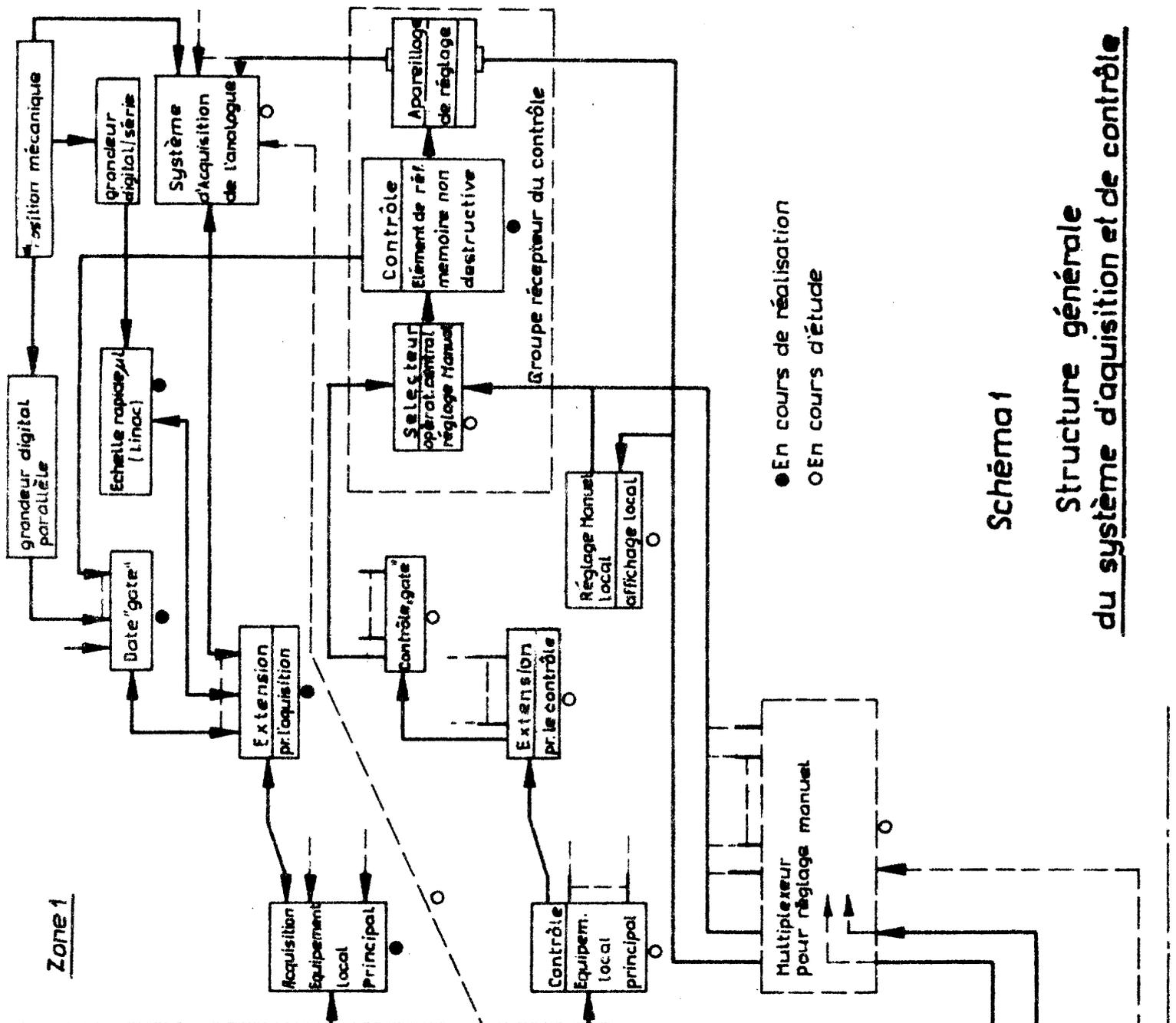
Distribution

Personnel scientifique PS
Groupe Contrôle
H. Dijkhuizen, NPA
I. Kamber, NPA
J. Kuiper, NPA
D. Neet, ISR
B. Sagnell, ISR
G. Schaffer, ISR
P. Wolstenholme, ISR

Salle de l'ordinateur



Zone 1



● En cours de réalisation
○ En cours d'étude

Schéma 1

Structure générale du système d'acquisition et de contrôle

GRUPE RECEPTEUR DU CONTROLE

OPERATION CENTRALE

AUTOMATIQUE OU OPERATION CENTRALE MANUELLE

REGLAGE MANUEL

LOCALE ET EVENTUELLEMENT
MANUELLEMENT MULTIPLEXE

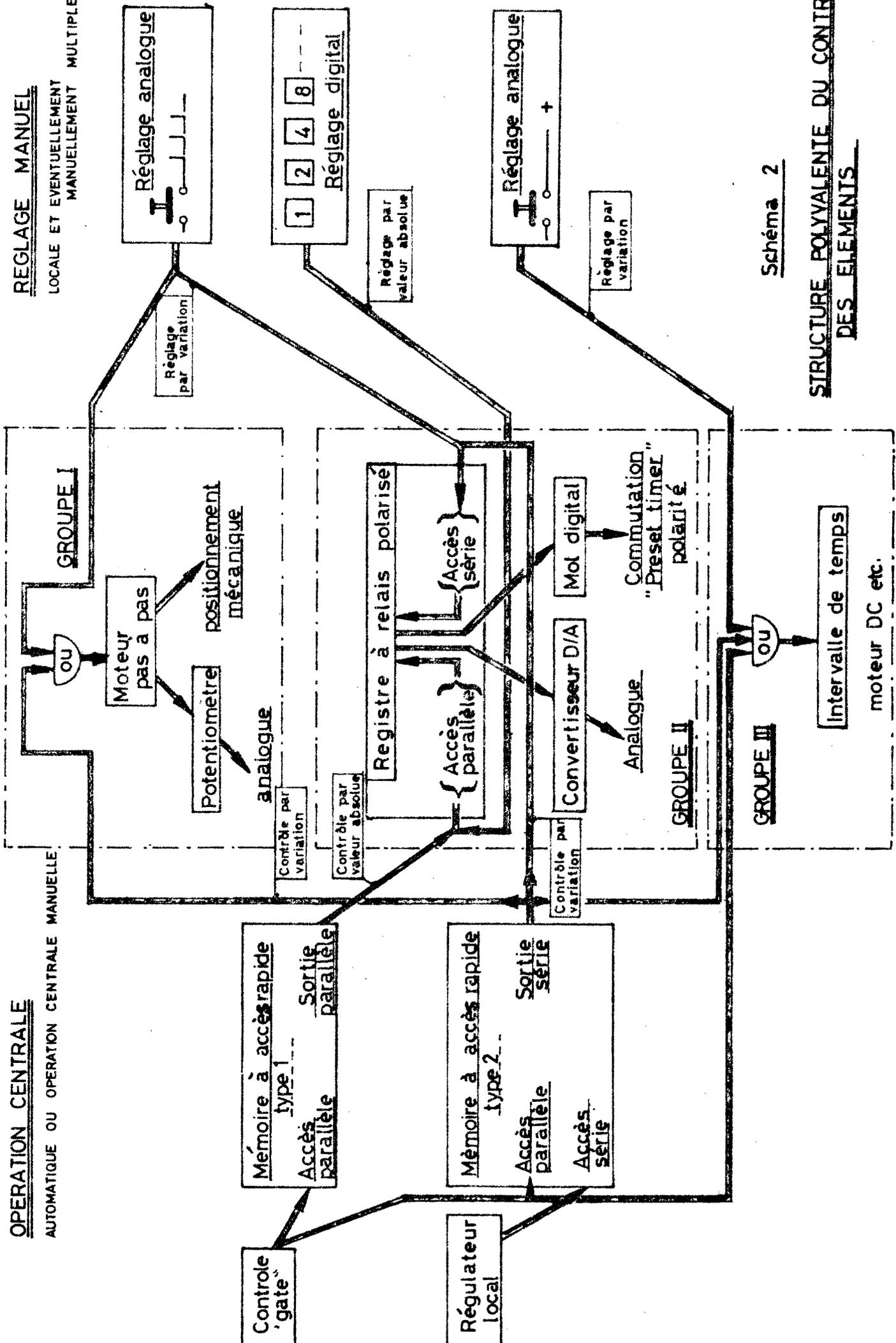


Schéma 2

STRUCTURE POLYVALENTE DU CONTROLE
DES ELEMENTS