

## **IMPORTANCE DE LA CAPACITE DE MEMOIRE POUR LA SOUPLESSE D'UTILISATION DES PETITES CALCULATRICES SCIENTIFIQUES**

par A. KETTERER  
*SEPSEA (Paris)*

Les techniques électroniques et assimilées ont apporté, dans le domaine du calcul scientifique, rapidité, automatisme et universalité.

L'automatisme et l'universalité, en fait, peuvent être considérés comme une seule et même chose, car ils s'obtiennent principalement, tous deux, par le développement de la capacité de mémoire.

La rapidité, par contre, dépend certes de la rapidité intrinsèque des circuits, mais aussi du temps d'accès aux organes de stockage.

Or, dans l'état actuel de la technologie, il n'est pas encore possible de réaliser de grands organes de stockage à temps d'accès très court pour un prix raisonnable.

Les très gros ensembles pour lesquels cette question de prix n'intervient pas réunissent ces deux qualités. Mais quand il s'agit de concevoir une petite calculatrice, le constructeur doit faire un compromis ou un choix : rapidité ou grande capacité de mémoire, choix qui dépendra des applications auxquelles est destinée la machine.

Dans le cas de traitement de l'information en temps réel, par exemple dans les calculatrices industrielles destinées à mettre en marche, suivre et corriger des machines-outils, ou bien s'il s'agit d'exploiter des programmes de calcul dont le nombre d'instructions n'est pas trop élevé mais dont le temps de passage est considérable, le critère rapidité est primordial.

Par contre, dans le cas où l'organe de stockage doit contenir un programme encombrant, comportant un grand nombre d'instructions, ou encore s'il s'agit de conserver en permanence toute une batterie de programmes de routine et de service, un traducteur automatique des formules, etc., tous destinés à faciliter la mise en œuvre de la machine, le choix se porte alors sur une grande capacité de mémoire.

Nous allons donc étudier trois domaines d'utilisation des petites calculatrices pour lesquelles le volume des programmes à conserver simultanément impose un organe de stockage de grande taille.

Ces trois domaines originaux sont :

- l'utilisation en porte ouverte,
- la mise au point de programmes destinés aux très gros ensembles,
- l'enseignement du calcul numérique et de la programmation.

#### **Machine en porte ouverte.**

On parle de fonctionnement en P.O. ou en libre service lorsque la programmation et la mise en œuvre de la machine sont effectuées par les ingénieurs et les chercheurs eux-mêmes. Cela suppose évidemment que les problèmes qu'ils traitent ne soient pas trop longs et compliqués, auquel cas ils seraient alors confiés à une équipe spécialisée.

Les caractéristiques d'une machine en libre service sont les suivantes :

- ses utilisateurs sont nombreux et non spécialisés dans la programmation et la manipulation des calculatrices électroniques,
- leurs problèmes sont de nature très variée (mathématiques, physiques, techniques), non répétitifs, de précisions diverses, plus ou moins fréquents et urgents.

Compte tenu de ces caractéristiques, la calculatrice devra être automatique afin de pouvoir être mise en condition et manipulée par des non-spécialistes et universelle pour être en mesure de résoudre tous les problèmes qui lui seront soumis.

L'usage est de qualifier d'automatique tout matériel apportant une réduction d'intervention humaine. L'automatisme intégral serait atteint si aucune intervention n'était plus nécessaire.

Dans le cas des calculatrices, cela supposerait que toutes les situations possibles ont été prévues à l'origine.

A l'intérieur d'une spécialité c'est possible car le nombre de situations est limité; par contre, il est très grand pour une calculatrice universelle. Il faut donc la préparer extérieurement à traiter les problèmes nouveaux.

Cette préparation comprend :

- un travail intellectuel qui est la rédaction d'un programme,
- un travail manuel : mise en condition de la machine – introduction du programme et des données – manipulation d'exploitation.

La rédaction du programme étant le plus gros travail, il faut donc un langage de programmation beaucoup plus proche du langage mathématique des ingénieurs que du code interne de la machine. Ce langage symbolique

est appelé aussi traducteur automatique des formules, compilateur ou compilateur.

Une calculatrice serait universelle si elle pouvait résoudre directement n'importe quel problème. Mais il y a bien sûr des limites : dans ce domaine aussi l'absolu n'existe pas.

Une universalité satisfaisante est obtenue lorsque le jeu des opérations machine élémentaires est suffisant pour permettre n'importe quelle transformation des données numériques ou d'informations quelconques.

Le champ d'applications d'une calculatrice sera donc d'autant plus étendu que les possibilités de stockage du programme principal, des données et de tous les programmes de routine seront plus grandes.

Il faudra donc avoir en permanence dans la machine :

- un compilateur très élaboré,
  - tous les programmes de routine, c'est-à-dire les opérations mathématiques et les fonctions non câblées (opérations en virgule flottante, fonctions trigonométriques, ...),
  - les programmes de service destinés à faciliter la mise en œuvre et la mise au point : (machine de bureau, recherche et analyse d'erreur, ...),
- tout en laissant, bien sûr, une place suffisante pour les données et pour le programme-machine généré par le compilateur.

Sur la CAB 500 équipée d'un tambour magnétique de grande capacité, contenant 16.384 mots de longueur fixe de 33 positions binaires, le traducteur automatique des formules PAF occupe 2.000 mots, les programmes de routine et de service près de 7.000, ce qui laisse encore plus de 7.000 mots pour le programme généré et les données.

#### **Outil de mise au point de gros programmes.**

L'expérience montre qu'actuellement l'opération de mise au point de programmes représente de 30 à 40 % du temps de fonctionnement de très grosses calculatrices scientifiques. Ce sont bien évidemment des heures non rentables.

Cette mise au point est longue pour deux raisons principales :

- tout d'abord parce que les problèmes à traiter sont le plus souvent très complexes, mal définis et nécessitent des calculs préliminaires. Il faut alors déterminer plusieurs méthodes, les essayer sur machine et les comparer pour ne retenir que la meilleure,
- ensuite parce que la mise en œuvre d'un gros ensemble et la rédaction des instructions des programmes sont difficiles et que le programmeur ne peut dialoguer avec la machine, modifier directement des instructions ou sortir des résultats intermédiaires, ces opérations

manuelles étant beaucoup trop longues par rapport à la vitesse des calculs et l'heure machine coûtant très cher.

Bien entendu, tant que la saturation n'est pas atteinte, il est toujours possible de consacrer plus de temps à la mise au point, mais l'expérience montre que rares sont les très gros calculateurs qui sont sous-exploités et qui ne fonctionnent pas à plein temps.

L'emploi d'une petite calculatrice annexe s'avère donc pratiquement indispensable.

Nous concevons alors immédiatement que sa caractéristique essentielle sera de posséder un organe de stockage pouvant contenir un compilateur, les programmes de routine et de service et bien sûr l'ensemble du programme à mettre au point et ses variantes.

Le compilateur est indispensable, surtout au début lorsqu'il s'agit d'essayer différentes méthodes et de les comparer.

La méthode définitive ayant été déterminée, il s'agit ensuite de l'optimiser, de prévoir tous les cas possibles et de faire les tests de sécurité. Le programmeur peut alors dialoguer directement avec la machine grâce aux programmes de service : analyse du programme instruction par instruction, impression de ces instructions et des résultats intermédiaires, recherches des erreurs, exécutions partielles fonctionnement pas à pas.

Faisons une dernière remarque.

Il existe actuellement un grand nombre de langages symboliques et il peut être nécessaire de traduire le programme mis au point ainsi que la petite calculatrice en un langage compréhensible par le gros ensemble auquel il est destiné.

### **Enseignement.**

Une calculatrice installée dans une université ou dans une grande école a deux fonctions à remplir.

Tout d'abord une fonction enseignement consistant :

- en travaux pratiques sanctionnant des cours universitaires ex-cathedra de mathématiques appliquées et d'analyse numérique ou des cours de programmation,
- en séance d'initiation d'élèves ingénieurs et d'ingénieurs confirmés en cours de recyclage.

Ensuite une fonction recherche :

- que ce soient des recherches théoriques de calcul et d'analyse numérique, par exemple des études de nouvelles méthodes de calcul matriciel,

— ou des travaux sur les structures et les langages des calculatrices électroniques, par exemple sur des nouveaux compilateurs ou traducteurs (programmation directe en Algol sur CAB 500).

Pour les travaux pratiques, la qualité essentielle demandée est une mise en condition très rapide; les séances étant limitées par des horaires stricts dus au nombre des étudiants, ceux-ci doivent pouvoir travailler immédiatement, dès leur arrivée auprès de la machine, sans être obligés de manipuler rubans perforés et bandes magnétiques.

Tous les programmes de routine doivent donc se trouver en permanence dans l'organe de stockage principal et d'accès direct. De plus, les étudiants étant maladroits et inexpérimentés par définition, de nombreux tests de sécurité doivent être prévus et programmés.

En ce qui concerne les travaux de recherche pure en analyse numérique, les mathématiciens n'ont ni le temps ni la compétence pour rédiger des programmes optimisés, ou pour essayer de les raccourcir par l'emploi de nombreuses boucles et itérations afin de les faire tenir sur un organe de mémoire trop justement dimensionné. Il leur est tellement plus facile et rapide de programmer linéairement.

Enfin, les études sur de nouveaux compilateurs et traducteurs symboliques sont très complexes et demandent une grande place en mémoire, les programmes à mettre au point ayant 2 ou 3.000 instructions.

Nous venons de passer en revue trois domaines d'application originaux des petites calculatrices, domaines pour lesquels la rapidité d'exécution n'a pas besoin d'être extrême.

Les qualités demandées sont une universalité assez poussée, une grande facilité d'utilisation et une zone de mémoire de travail importante.

Comme nous l'avons vu, ces trois qualités nécessitent un organe de stockage de grande capacité.

C'est un tambour magnétique de 16.000 mots qui a fait le succès de la CAB 500.

Le choix fait lors de sa conception a été justifié par la réputation acquise.

Et ses dernières extensions, CAB 502 équipée d'un tambour magnétique de capacité double de 32.000 mots et CAB 600 avec ses boucles magnétiques, seront des machines encore mieux adaptées si possible à ces trois domaines : libre service, mise au point de programmes et enseignement.