

**Zeitschrift:** Bulletin / Vereinigung Schweizerischer Hochschuldozenten =  
Association Suisse des Professeurs d'Université

**Herausgeber:** Vereinigung Schweizerischer Hochschuldozenten

**Band:** 12 (1986)

**Heft:** 1

  

**Artikel:** Le Superordinateur CRAY 1S/2000 de l'EPFL

**Autor:** Gruber, Ralf

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-894271>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 17.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Le Superordinateur CRAY 1S/2000 de l'EPFL

par Ralf Gruber, responsable du GASOV de l'EPF Lausanne

Les superordinateurs

L'évolution du marché des superordinateurs est très rapide. L'augmentation de la puissance en calcul peut s'obtenir en réduisant le temps de cycle, en découpant une opération (addition, multiplication) en plusieurs sousopérations qui s'exécutent simultanément (pipelining comme sur un CRAY 1), ou encore en augmentant le nombre de processeurs qui travaillent ou en mode synchrone (tous les processeurs exécutent en même temps la même opération) ou en asynchrone (chaque processeur fait son travail spécifique). En 1976, Seymour CRAY sortait sa première machine CRAY 1 avec des puissances de calculs extraordinaires: puissance scalaire d'environ 5 Mflops (million d'opérations à virgule flottante par seconde), puissance de pointe en mode vectoriel ou pipeline de 160 Mflops. Cette puissance de pointe ne peut être approchée que par une programmation adaptée à l'architecture de la machine. En 1983, la machine CRAY-XMP avec 4 processeurs chacun étant un processeur du type pipeline a été lancée sur le marché. La mémoire centrale de cette machine ne dépasse pas 8 millions de mots de 64 bits. Le découpage d'un programme en tâches rend possible l'utilisation de plusieurs processeurs asynchrones par le même programme. Ainsi on peut utiliser toute la mémoire pour un programme sans fortement réduire la puissance de calcul de la machine. Ces nouvelles technologies ne sont encore que rarement implémentées dans les programmes de simulation numérique d'un phénomène physique modélisé. Un grand pas vers des ordinateurs capables de résoudre des problèmes "réalistes" en trois dimensions a été fait cette année par l'annonce de l'ordinateur CRAY 2 ayant une puissance de pointe de 1 Gflops (1 milliard d'opérations à virgule flottante par seconde) et une mémoire centrale de 256 millions de mots à 64 bits.

A part Cray Research qui jusqu'à présent a installé deux tiers de tous les superordinateurs, d'autres constructeurs offrent des

ordinateurs de haute performance. Il s'agit notamment de CDC avec la Cyber 205 ayant une puissance de pointe de 400 Mflops pour des opérations à 64 bits, Fujitsu avec la VP 400 avec une puissance de pointe de 512 Mflops, NEC avec la S 2 à 1.3 Gflops et Hitachi avec sa S-810/20. Il y a trois ans, CDC a créé la nouvelle société ETA avec pour but de construire un ordinateur ayant une puissance de pointe de 10 Gflops et une mémoire de 256 Mmots à 64 bits.

### Le CRAY 1S/2000 à l'EPFL

L'EPFL a installé, en janvier, dans son Centre de Calcul, le premier superordinateur en Suisse. Il s'agit d'une machine de type CRAY 1S/2000 précédemment installée à Paris à l'Electricité de France (EDF). L'EDF a d'ailleurs remplacé cette machine par un CRAY-XMP, environ trois fois plus puissant.

Le CRAY 1S/2000 est un ordinateur vectoriel ayant 2 millions de mots de 64 bits de mémoire centrale. La puissance d'une machine vectorielle se mesure en Mflops (million d'instructions en virgule flottante par seconde). La puissance maximale théorique est de 160 Mflops. La puissance réelle du CRAY 1S dépend fortement du programme à disposition. Elle peut varier entre 5 Mflops pour les calculs purement scalaires, ce qui correspond à environ 3 fois la puissance mesurée sur un CDC Cyber 180-855 tel qu'installé à l'ETHZ et à l'EPFL et 140 Mflops pour un programme écrit en assembleur. Généralement, la puissance de calcul pour des programmes scientifiques se situe entre 10 et 50 Mflops. On voit de suite que la manière de programmer influence fortement la puissance de calcul que l'on peut obtenir. L'architecture en "pipeline" de l'ordinateur vectoriel est la clef pour comprendre d'où viennent de telles différences.

On peut comparer un ordinateur à pipeline avec une chaîne de montage de voitures, comportant une série de postes de travail. Lorsque la chaîne est remplie, le nombre de voitures produites par unité de temps est limité par la durée d'une opération individuelle sur la chaîne. Ainsi le rythme de production des voitures correspond à celui de la 1ère opération sur la chaîne. Un ordinateur séquentiel peut être comparé avec la même chaîne de montage, mais à tout instant, il n'y a qu'un seul poste de travail

actif.

En pratique, la puissance élevée d'un CRAY 1S s'obtient en réduisant le temps de cycle (on fait travailler un poste de travail plus rapidement) qui est dans notre cas de 12.5 nanosecondes et en décomposant une opération telle que l'addition ou la multiplication en plusieurs sous-opérations qui s'exécutent simultanément (on appelle cela le "pipelining").

Le CRAY 1S de l'EPFL fonctionnera principalement en mode batch, par opposition au mode interactif. Le programme à exécuter est préparé sur la machine frontale qui est liée au CRAY par un canal rapide. Le programme est transmis par ce canal sur le CRAY, qui l'exécute, et le résultat est renvoyé à la machine frontale qui, selon les choix de l'utilisateur, assure l'impression des listings ou l'édition de sorties graphiques. Comme machines frontales, l'EPFL peut offrir une Cyber 855 et un VAX 780.

### Accès et support

L'utilisation du CRAY 1S à Lausanne est ouverte aux ingénieurs et chercheurs des EPF et contre paiement, à ceux des universités et de l'industrie suisse. Nous devons cependant regretter que, du fait des restrictions d'exportation introduites par l'administration des USA en 1985, l'accès au CRAY soit interdit aux ingénieurs et chercheurs provenant des pays proscrits par le Comité pour le contrôle d'exportations (COCOM). L'accès aux frontales se fait par le réseau local EPNET, par une ligne fixe à 64 kbauds qui relie l'ETHZ et l'EPFL, par Telepac ou par une ligne téléphonique commutée ou fixe. Les personnes intéressées à accéder au CRAY 1S s'adressent à Mme Marie-Christine Festeau, responsable du support technique, Centre de Calcul, EPFL, 1015 Lausanne (tél. 021 47 22 09).

L'introduction du CRAY 1S à l'EPFL a stimulé la constitution d'un groupe d'applications scientifiques sur ordinateurs vectoriels (GASOV). Ce groupe interdisciplinaire est formé d'ingénieurs et de chercheurs ayant déjà quelques connaissances en vectorisation et en méthodes numériques. Il forme un noyau de diffusion du savoir-faire dans la structuration des problèmes et des programmes adaptés à l'architecture parallèle de l'ordinateur; il diffuse les

logiciels d'application existants et organise des cours de formation. Il apporte une aide pratique aux utilisateurs pour l'optimisation de leurs codes. Chacun de ses membres reste impliqué dans des projets de recherche. Actuellement, la plupart des 35 membres du groupe provient d'instituts de l'EPFL dont ils sont détachés à temps partiel. Des experts étrangers sont accueillis pour donner des séminaires et pour aider à augmenter le savoir-faire sur des sujets touchants le CRAY 1S et l'usage des ordinateurs vectoriels en général. Sous réserve de la restriction mentionnée plus haut, le groupe est ouvert à tous. D'ailleurs, c'est grâce à l'existence de ce groupe qu'une synergie en simulation numérique s'est manifestée à l'EPFL, conduisant à la proposition d'un projet d'école ASTRID: "Applications scientifiques. Simulations tridimensionnelles sur hypercalculateur post-CRAY 1". Ce projet a également été proposé comme projet EUREKA. Nous y reviendrons plus loin.

### La simulation numérique

Dans le développement de la science moderne on distingue deux branches caractéristiques: l'expérimentation et la théorie. L'expérimentateur rassemble des mesures qu'il essaye de comparer avec une loi simple trouvée par des considérations analytiques d'un théoricien. Nous connaissons un certain nombre d'exemples où la théorie et l'expérimentation trouvent des résultats que les chercheurs déclarent comme étant identiques, c'est-à-dire l'erreur des mesures faites est plus grande que la différence des solutions trouvées.

Un de ces exemples est la loi du mouvement d'une pierre tombant sous l'action de la gravité. On sait que cette loi est valable pour tout matériel, donc également pour une plumule, pour autant que l'on exécute l'expérience dans le vide. Si l'expérience est accomplie dans l'air les mesures donnent un résultat différent. Aussi longtemps que sa vitesse n'est pas trop grande, la pierre tombe comme dans le vide, tandis que la plumule est emportée par le vent. Dans ce cas, le comportement exact de la plumule ne peut pas être prédit par une loi simple. Ce que l'on peut éventuellement étudier sont des mouvements moyennés. En connaissant la

vitesse et la direction du vent on pourrait, sans entrer trop dans les détails sur la trajectoire précise de notre plumule, parler d'une vitesse moyenne. L'endroit de son atterrissage n'est pas connu. Ces prédictions imprécises pourraient être améliorées si l'on connaissait plus de détails sur les conditions météorologiques et topographiques de la surface terrestre au-dessus de laquelle la plumule se déplace. Si l'on veut suivre plus précisément la trajectoire de la plumule, il faut résoudre les équations de l'hydrodynamique qui sont des équations aux dérivées partielles contraintes par des conditions initiales et des conditions aux limites souvent très compliquées. Cela n'est possible qu'à l'aide d'un ordinateur. Il est alors clair que plus on introduit de données sur les conditions atmosphériques ou topographiques de la surface terrestre, plus on détermine précisément l'interaction de la plumule avec l'air ainsi que sa trajectoire: la puissance de l'ordinateur utilisé devra augmenter d'autant. L'étude de l'évolution de tels systèmes physiques en partant d'un état initial suggéré par des mesures, est appelée la simulation numérique. Souvent qualifiée de "troisième pilier de la recherche", elle se place entre l'expérimentation et la théorie.

### Applications

Début 1986, il y a environ 150 superordinateurs installés dans le monde, dont une quarantaine en Europe, utilisés principalement pour la simulation numérique. Deux tiers d'entre elles viennent de la firme CRAY Research. Rappelons que le CRAY 1S de l'EPFL est le premier de ce type en Suisse.

A côté des applications militaires, les domaines prenant le plus de temps processeur sur les superordinateurs sont:

- Mécanique des fluides
- Dynamique moléculaire
- Chimie quantique
- Physique du solide
- Traitement des signaux
- Météorologie

- Physique des plasmas
- Astrophysique
- Mécanique statistique
- Physique des particules élémentaires
- Optimisation mathématique
- Analyse structurelle
- Animation graphique
- Sismique

Les utilisateurs les plus nombreux viennent des secteurs aéronautique, automobile, pétrolier, chimique, électronique et cinématographique, ainsi que des groupes de recherches travaillant dans les domaines cités ci-dessus.

En Suisse, des recensements faits dans les deux Ecoles Polytechniques et les universités ont donné plus de cent projets de recherches prêts à utiliser un ordinateur à haute performance. Tous ces projets se situent dans les catégories énoncées plus haut. Mentionnons 5 d'entre eux:

#### Optimisation d'un four d'aluminium

(Prof. J. Descloux, DMA-EPFL, Prof. J. Rappaz, Univ. de Neuchâtel)

Une entreprise suisse est confrontée au problème de la diminution de la consommation d'électricité pour la production d'aluminium.

Dans ce domaine, la concurrence internationale est extrêmement dure. Avec la participation du Fonds national de la recherche énergétique (NEFF), le groupe d'analyse numérique de l'EPFL prévoit de simuler en trois dimensions la propagation des ondes à l'interface métal-électrolyte et de définir des géométries de four pour lesquelles les fluides demeurent stables.

Le rapprochement des anodes de l'interface permettra d'abaisser la tension; l'économie espérée par l'entreprise elle-même est estimée à plusieurs millions de francs par année. Cette simulation ne peut se faire que par le moyen d'un processeur à haute performance (PHP).

#### Stabilité MHD dans le Tokamak

(Prof. F. Troyon, R. Gruber CRPP-EPFL)

Le confinement magnétique d'un plasma chaud n'est pas parfait: des instabilités localisées ou globales provoquent des fuites

de chaleur ou la rupture complète du confinement. Expérimentalement, cela se traduit par des limites d'opération. Un des facteurs qui déclenche ces instabilités est la pression du plasma et ceci se traduit par une limite sur la pression qu'un plasma peut atteindre. Un programme spectral, ERATO, qui permet de calculer cette limite pour tokamak a été développé à l'EPFL. Une loi d'échelle a été trouvée en "expérimentant" avec ce code, changeant la géométrie et les paramètres physiques. L'accord avec les tokamaks existants est étonnamment bon. Les valeurs prédites pour un tokamak de forme conventionnelle sont plus basses qu'espéré mais elles suggèrent des formes nouvelles très différentes d'un tore de section circulaire. Il est devenu important d'examiner ces nouvelles formes de tokamak afin de vérifier la validité de la loi d'échelle. L'expérimentation avec ERATO requiert une puissance de calcul considérable et c'est la raison pour laquelle ce code fonctionne sur une machine CRAY depuis 1979.

Calcul d'écoulement tridimensionnel dans les turbines hydrauliques  
(Prof. I.L. Ryming, J.-P. Therre, DME-EPFL)

Avec l'appui de la Commission pour l'Encouragement des Recherches Scientifiques et en étroite collaboration avec différentes industries suisses, l'Institut de Machines Hydrauliques et de Mécanique des Fluides de l'EPFL est engagé dans un projet de recherche centré sur l'analyse numérique des écoulements dans les turbines hydrauliques.

Les programmes de calculs élaborés dans ce cadre doivent permettre d'améliorer les géométries de turbines projetées par les constructeurs, sur la base d'une restitution numérique très précise des conditions d'écoulement tridimensionnelles. De fait, ces codes numériques modernes, employés par ailleurs en aérodynamique par plusieurs organismes étrangers, autorisent une analyse globale et locale très fine des écoulements et correspondent donc pour les constructeurs à un outil décisif pour une optimisation rapide et efficace des tracés de roues.

Toutefois, ces méthodes numériques requièrent du fait du caractère complexe des géométries étudiées, des maillages et des temps de calcul très importants et nécessitent donc la mise en place de

processeurs à haute performance. Pour ce projet aussi, l'optimisation par modifications du prototype et par tâtonnements successifs n'est plus compétitive.

Etats électroniques de surfaces et solides bidimensionnels:  
cas du graphite

(M. Posternak, DP-IPA, EPFL)

Le graphite et ses composés intercalaires peuvent être considérés comme des prototypes de solides bidimensionnels, et leur structure électronique fait l'objet de nombreuses études, tant sur le plan expérimental que théorique. La méthode des "ondes planes augmentées linéarisées" (LAPW) est une des techniques théoriques les plus précises permettant d'obtenir la structure de bande de solides cristallins. Elle implique cependant du point de vue des calculs numériques une très grande puissance, nécessitant l'utilisation d'ordinateurs de haute performance. Un code numérique vectorisé a été développé à l'EPFL.

Grâce à cette méthode et à l'utilisation d'un PHP à l'étranger, il a été prédit l'existence, dans le cas du graphite et de son composé intercalaire alcalin  $\text{LiC}_6$ , d'un nouveau type d'état électronique: des états intercouches et des états de surface représentant leur comportement. Tous ces résultats permettent de donner une interprétation très convaincante des récentes mesures de photoémission inverse.

Il s'agit de la première mention d'états de surface dans un matériau en couches.

Dynamique quantique moléculaire et cinétique chimique

(Prof. M. Quack, Laboratoire de chimie physique de l'EPFZ)

La dynamique quantique moléculaire, relativement peu connue encore, constitue l'un des fondements de la chimie moléculaire. Il s'agit, par des méthodes numériques impliquant des matrices complexes, d'étudier l'évolution temporelle de systèmes quantiques moléculaires; les ordinateurs habituels permettent de traiter des matrices de  $300 \times 300$  et il faudrait pouvoir passer au moins à  $10'000 \times 10'000$ , ce qui n'est possible que sur un PHP.

La connaissance de la cinétique chimique est nécessaire à la compréhension des réactions chimiques. Ce domaine demande la résolution de systèmes d'un grand nombre d'équations linéaires, ce qui

entraîne, là aussi, le traitement de matrices de grande dimension.

L'étude, déjà entreprise, à l'étranger, de la pollution atmosphérique qui implique des réactions chimiques complexes dans l'atmosphère, fait appel à la cinétique chimique.

A l'EPFL, l'arrivée du CRAY 1S/2000 a abouti à une synergie entre les chercheurs qui ont proposé un projet d'école interdisciplinaire ASTRID qui a également été proposé comme projet EUREKA. Il s'agit là de créer une famille de programmes tridimensionnels, adaptés à l'architecture des hypercalculateurs post-CRAY 1 (CRAY 2, CRAY 3, ETA, NEC est..). Les applications déjà soumises à ce projet sont:

Modélisation d'écoulements fluides visqueux tridimensionnels

Stabilité d'un four électrolytique d'aluminium

Méthodes de simulation numérique pour les propriétés électroniques des matériaux

Procédés de solidification

Béton numérique

Simulation stochastique tridimensionnelle de transformations polycristallines

Modélisation de flux d'énergie et de matière (air) dans les bâtiments

Modélisation du comportement d'un plasma torique non axisymétrique

Interaction des rayonnements avec la matière

Etude d'un modèle tridimensionnel d'un plasma dense

Chaque application dans le cadre d'ASTRID forme un programme principal indépendant. Néanmoins les structures des données et des programmes ainsi que les règles de travail, de documentation et de validation et l'usage des bibliothèques mathématiques et graphiques sont les mêmes pour toutes les applications.

ASTRID a une structure modulaire dont la granularité est adaptée au découpage en tâches. Chaque pas dans l'exécution utilise au mieux la vectorisation. Il s'agit donc de choisir les algorithmes qui se prêtent au mieux aux machines à processeurs parallèles, chaque processeur étant un processeur vectoriel. Cela garantit une utilisation optimale des PHP futurs.

La création de cette famille de codes va contribuer à la formation des ingénieurs dans le domaine du génie logiciel. La structure informatique ainsi que les méthodes numériques utilisées dans ce projet pourront être enseignées aux étudiants.

On voit donc que la mise en oeuvre d'un outil de calcul moderne contribue fortement à l'évolution de la simulation numérique dans bien des domaines de haute technologie. Nous espérons vivement que la mise à disposition aux ingénieurs et chercheurs du CRAY 1S/2000 n'est qu'un premier pas. Aussi formons nous le voeu que l'industrie suisse s'associe à ce mouvement du développement de logiciel de pointe.

## Informatik an den höheren Mittelschulen des Kantons Freiburg

von Dr. Jean-François Emmenegger, Kollegium St-Michael, Universität Freiburg

### 1. Einleitung

In den fünfziger Jahren hatte die Kombination von Kybernetik mit der Elektronik zahllose Spekulationen über Möglichkeiten und Probleme der Automation ausgelöst. Aber erst die Erfindung der integrierten Schaltungen und der Mikroprozessoren an der Schwelle der siebziger Jahre haben in den Industrieländern die Welle der Automatisierung in Bewegung gesetzt. Im Jahre 1983 sind in der Schweiz die ersten automatisch gefertigten Uhren, in Italien das erste in einer Roboterfabrik hergestellte Auto (Fiat uno) auf den Markt gekommen.

Bekanntlich wird der Computer gegenwärtig auch zur Rationalisierung und Leistungssteigerung der Büroarbeit in den Betrieben und Verwaltungen eingesetzt. Textverarbeitungs-, Datenverwaltungs-, Datenbanksysteme im lokalen Betriebsnetz oder im überbetrieblichen Kommunikationssystem sind in den Arbeitsabläufen