

# BULLETIN D'INFORMATIQUE APPROFONDIE ET APPLICATIONS

N° 43 MARS 1996

## SCIENCES DE L'EDUCATION ET DE L'INFORMATION

### COMITE SCIENTIFIQUE

*Patrick Abellard  
Françoise Adreit  
Jalal Almhana  
France Chappaz  
M'hamed Charifi  
Roger Cusin  
Bernard Goossens  
Patrick Isoardi  
Jean - Philippe Lehmann  
Nadia Mesli  
Patrick Sanchez  
Rolland Stutzmann*

### DIRECTEUR

*Jean - Michel Knippel*

### REDACTEUR EN CHEF

*Edmond Bianco*

**1 EDITORIAL,**

*par Edmond Bianco*

### REDACTEUR ADJOINT

*Sami Hilala*

**7 LES ARCHITECTURES RISC ET POLO:  
UN PROCESSEUR ORIENTE OBJET,**

*par Bernard Goossens*

**37 TRAITEMENTS INFORMATIQUES DE LA  
NOTATION DU JEU INSTRUMENTAL POUR  
INSTRUMENT DE MUSIQUE MECANIQUE,**

*par Robert Hopp, Patrick Sanchez*

**43 VOZZAVEDIBISAR,**

*par Edmond Bianco*

Publication gratuite trimestrielle de l'Université  
3, Place Victor Hugo F - 13331 Marseille Cedex 03  
Téléphone : (33) 91 10 60 00 Télécopie : (33) 91 50 91 10

Edition 1996

ISSN 0291 - 5413

## EDITORIAL,

### INFORMATIQUE FONDAMENTALE. INTRODUCTION.

E. Bianco

Il n'est pas nécessaire d'insister sur le caractère envahissant de ce qu'on nomme couramment l'informatique. Le calcul sous toutes ses formes s'est implanté dans la plupart des domaines de l'activité humaine jusques et y compris dans ceux où sa présence n'est pas forcément indispensable. Car l'informatique sait s'infiltrer à tous les niveaux de l'appréciation humaine. Non seulement elle a permis d'accélérer fortement la notion classique de calcul, pris comme une suite d'additions, mais elle a pu remplacer l'homme dans nombre de tâches au déroulement très mécanique. Son pouvoir de commande des robots n'enlève rien d'ailleurs, à son attrait onirique qui se manifeste dans des jeux animés colorés, interactifs, bref fortement hypnotiques pour la jeunesse. C'est son aspect systématique et rigoureux qui en fait une sorte de label de qualité, de telle manière qu'il n'est plus de Président qui ne soit d'abord présagé lors de sondages puis désigné par "l'informatique" suite à l'élection. Qu'il n'est pas de bon produit matériel ou service qui ne soit le résultat d'une importante intervention "informatique".

Dans notre monde qui patauge au milieu de la plus réjouissante pagaïe il fallait un vernis, une apparence, sinon de respectabilité mais au moins de rigueur. L'informatique débarquait à point. N'essayez pas de contredire un menteur politique - ceci est un pléonasme - car, méprisant, il vous rétorquerait : « Mes dires, Monsieur, s'appuient sur des calculs informatiques ... » et tous les moutons présents d'opiner du chef, alors le temps que vous vérifiiez ...

Dans le fond, l'informatique n'est qu'un outil comme un autre, comme une automobile par exemple, mais un peu à la façon de l'automobile elle a pris sa place à part, soit label de qualité soit substitution de l'animal domestique, elle a reçu comme elle, une petite portion d'âme.

L'informatique est devenue une sorte de prothèse universelle dont nulle organisation ne pourrait plus se passer. Tel illustre Président, pour marquer la grandeur de son règne, n'avait-il pas décidé, dans le cadre de son immense projet d'informatique intergalactique, d'irriguer l'Afrique d'ordinateurs plutôt que de bon pain ? Mais si belle et si chère que soit l'automobile, elle ne tient à la route que par l'adhérence de quatre minuscules surfaces de ses pneumatiques, et si cette adhérence vient à faire défaut...

Les réalisations informatiques dépendent étroitement d'un concours de dures lois qui se contrecarrent résolument. La combinaison du poids de l'économie, du jeu de la concurrence et du pillage organisé, de la complexité du travail de programmation influent bien trop souvent de manière aberrante sur la qualité de la réalisation. Dans tous les cas le coût de la programmation est toujours très élevé. Malgré cela et aussi à cause de cela la tendance est à suraccroître la complexité du produit pour en retarder la copie illégale mais inévitable. De là un gaspillage pharamineux d'énergie, et des produits dont la complication et la confusion alambiquée est davantage étudiée dans des buts commerciaux que dans le sens de l'efficacité du problème traité.

Qu'il s'agisse de la commercialisation d'un Président, de la comptabilité d'une PME, d'un jeu vidéo à succès, du dépouillement d'immenses fichiers pour la découverte de nouvelles particules ou autres, il ne s'agit pour l'ordinateur que de dérouler des suites plus ou moins longues d'instructions élémentaires prises dans la même liste inexorablement limitée. Et qui, quelle qu'en soit la saveur perçue de l'extérieur par l'utilisateur, ne saurait faire ni chaud ni froid à ce mécanisme d'humeur inaltérable. Cet utilisateur pourra être sensible à quelques finesses de présentation alambiquées par le programmeur, elles ne seront que simple surcharge au travail de l'automate. Opposée à la diversité et à la complexité de son emploi, nous avons sous les yeux la simplicité d'un instrument, l'ordinateur, qui ne dispose que de quelques mots, les instructions, pour construire l'infinie diversité de phrases dont sont faites les applications. Il me paraît important d'observer de plus près, indépendamment de tout soucis commercial, ou émotionnel, les lois essentielles qui président à la construction de ces phrases et à leur interprétation par l'automate. Ces lois ne sont rien d'autre, et j'y reviendrai, que les lois universelles de l'organisation du travail, quel que soit ce travail. Ce n'est que la perversion apportée par les prétendues lois de la "rentabilité" et les dures obligations de la "pub" qui a pu nous faire oublier cette simple réalité. Or, la plus épaisse confusion règne quant à l'intérêt véritable présenté par l'instrument informatique. La manière dont il fonctionne est un exemple rigoureux d'organisation, tous ceux qui l'ont approché savent combien la moindre erreur peut anéantir un travail. C'est pourquoi il est plus facile de s'imaginer qu'à force de lourde programmation, qu'à partir du moment où la complexité outrancière du calcul donnera n'importe quoi, on aura devant soi l'interlocuteur valable. A partir de là l'automate sera considéré comme une sorte de Mage doué d'une infinie sagesse, autant que dénué de sentiments. Cette sorte d'approche est certes bien moins fatigante, bien que prometteuse de brillantes catastrophes, mais hélas j'ai pu acquérir la conviction que c'est ainsi que nombre de personnages puissants s'adressent à l'informatique. Observons toutefois que nous disposons ainsi d'un moyen efficace d'inspiration pour l'écriture de poèmes. Sans vouloir pour autant déboulonner la moderne Pythie, chacun a droit à sa part de rêve, dans les pages qui suivent je vais tenter de présenter l'art du calcul, non pas tout-à-

fait comme il est apparu chronologiquement, car l'informatique est née dans la guerre et pour des causes qui n'avaient rien de scientifique, mais bien plutôt dans une progression qui peut apparaître plus commode à la compréhension. Quand on a longtemps souffert à la manipulation d'un outil, certes puissant, mais surtout effroyablement rustique et éloigné des habitudes de la pensée humaine, il me paraît bon de dégager les idées qui en ont à l'usage, facilité l'approche. Pour ceux qui ont connu cette époque, l'ordinateur "tout nu", c'est-à-dire doté de son seul "langage machine" exigeait des nerfs d'acier pour parvenir à la moindre réalisation un peu compliquée. La machine était proche des technologies rudimentaires de l'époque, elle était conçue pour son efficacité personnelle, mais pas pour faciliter la vie du programmeur. L'approche en était dure, beaucoup s'y cassaient les dents et abandonnaient. D'autres, s'y jetaient à corps perdu et s'y amalgamaient au point d'en demeurer déformés à vie. Certains, éblouis par la rapidité mécanique de l'engin ne rêvaient que d'augmenter ses capacités dans ce sens, sans guère se soucier d'autres qualités, et je ne suis pas sûr qu'il n'y en ait pas de nombreux tels qui sévissent encore. Pour d'autres, au contraire, mais une minorité, il importait avant tout de rendre l'abord du matériel plus humain. Cette tendance a prévalu car c'est elle qui a fait le succès populaire de l'ordinateur. Mais un juste équilibre entre conception du matériel et conception du logiciel reste à établir. Les deux demeurent par trop chacun dans leur camps étirés par des arguments publicitaires sans grande valeur scientifique. Le logiciel a évolué, des foisons de langages étrangers à la machine sont apparues qui en rendaient la pratique plus proche des centres d'intérêt de chacun. Le matériel a également évolué, la considérable condensation de la circuiterie, accompagnée d'un tout aussi considérable accroissement de puissance de traitement, et de la souplesse des dispositifs de communication ont rendu possible l'adjonction d'une bonne ergonomie. Les commodités véritables ainsi introduites rendent l'accès au calcul très agréable mais masquent alors complètement la véritable nature du traitement de l'ordinateur. Au point que jaillissent spontanément des qualificatifs tels que : "machine intelligente", "terminal intelligent". Même s'il est programmé astucieusement pour assurer le guidage de l'utilisateur, l'automate demeure parfaitement stupide, et s'il était, par hasard, animé d'une parcelle d'intelligence c'est celle qui lui permettrait de rendre stupide précisément tout esprit qui le croirait intelligent.

Très rapidement on a envisagé de demander à l'ordinateur une partie de plus en plus grande de son travail pour aider à gérer l'ensemble des tâches qui lui étaient soumises. La charge s'accroissant rapidement on fit face comme on put, et on prit des décisions qui engageaient l'avenir. Précisément dans la mesure où le logiciel, et encore plus le logiciel à demeure, coûte très cher, on préférait bricoler un système existant que d'en concevoir un tout neuf. De telle sorte qu'on traîne encore de nos jours et sans doute pour encore longtemps des concepts quelque peu périmés qui nuisent beaucoup à la rénovation d'une organisation somme toute délicate.

Du rapport entre le logiciel à demeure et le logiciel du client il en a été exactement de même qu'entre matériel et logiciel, comme on va le voir plus loin. La conception des systèmes d'organisation et des compilateurs s'est faite sur le tas, elle s'est développée à coup d'argument de vente, sans réel souci de cohérence scientifique. C'est ainsi que les raccords entre les systèmes, les compilateurs et les programmes utilisateurs demeurent toujours hautement conflictuels, voire impossibles dans bien des cas. Par manque de cohérence ce sont toujours ces raccords qui coûtent le plus cher lors de l'accumulations d'énormes quantités de ces programmes, pour constituer les énormes ensembles qui desservent toute la planète.

Je voudrais essayer de réaliser un exposé cohérent qui mette en évidence les propriétés fondamentales de l'informatique, et montrer comment elles interviennent dans l'articulation des différentes parties qui constituent un ensemble informatique complet, qui va du matériel au service de l'utilisateur. Le spécialiste s'est bien souvent emparé d'une catégorie de problèmes afin de l'optimiser à fond sans que, pour autant, en soit envisagé l'impact sur l'ensemble du traitement. Et bien souvent, le résultat obtenu n'est pas à la mesure du travail entrepris. Il me paraît qu'une harmonie est indispensable pour relier les différentes étapes de la chaîne informatique, qui va du matériel à la tâche de l'utilisateur en passant par systèmes et compilateurs. Parce que, précisément la moindre dysharmonie se traduit rapidement par des surcharges économiques démesurées qui apparaissent aux points d'incompatibilité.

Si l'idée de calcul automatique est relativement ancienne, Pascal, Babbage, ce n'est que l'apparition de l'électronique, et en particulier de l'électronique de guerre qui permit de fournir le premier support matériel efficace. La lampe à vide de Lee de Forest offrit sous la forme d'une triode, le premier moyen efficace de noter une valeur binaire. A partir de quelques prototypes construits en laboratoire, ce fut alors le rôle normal de l'industrie de prendre le relai. Dès lors se constituèrent deux populations distinctes, voire antagonistes qui entamèrent une longue lutte pour aboutir à notre informatique contemporaine. Les premiers, les gens du "hardware", chargés du matériel, soumis aux contraintes de la technologie de leur temps. Les seconds, les programmeurs, les gens du logiciel qui se débattaient avec des langages-machines abominables dans des espaces-mémoires exigus. Comme disait Schützenberger: « l'informatique est une "big science" ». Rapidement on s'aperçut qu'effectivement c'était une énorme mine d'or. Mais il est bien connu que l'or n'a de valeur que si l'on sait qu'il existe. Alors la lutte publicitaire s'engagea entre les marchands d'ordinateurs sur la base d'arguments de vente. Et les premiers arguments portaient sur la vitesse de la multiplication ..., il fallait bien commencer par quelque chose. Longtemps on vendit des machines sur ce critère, et puis il en vint d'autres qui ne valaient guère mieux.

Dans cet esprit je voudrais commencer par reprendre quelques termes d'usage courant, les autres seront redéfinis au fur et à mesure de leur utilisation dans le développement de cet exposé. Informatique, ordinateur, programme, langage, voilà quatre termes génériques qui sont censés recouvrir tout ce qui concerne le calcul automatique. L'ordinateur représente le "matériel", l'agent qui calcule. On dit aussi l'automate, surtout quand on considère son aspect théorique. Calculateur puis computer qui nous revient des pays anglo-saxons sont d'usage plus accessoire, sauf pour les "franglicisants", au moins quant au second. La notion de programme est liée à celle de langage artificiel, on dit plutôt langage formel. Un programme est une phrase plus ou moins longue construite selon les règles du langage formel, lequel est défini par la structure de l'ordinateur. A l'extrémité de la chaîne se trouve l'utilisateur, celui dont les besoins en calcul vont s'exprimer par la fourniture d'un problème. C'est sous les formes diverses de cartes perforées, bandes magnétiques, disques ou disquettes dûment chargés d'informations, voire encore textes directement tapés au clavier, que le calcul est présenté à l'ordinateur. Les résultats seront rendus sur les mêmes genres de supports ou encore sur du papier imprimé.

Les choses se compliquent un peu lorsqu'il s'agit de distinguer entre un langage formel machine, qui est le langage que sait lire l'ordinateur, celui pour lequel il a été câblé, et un langage plus évolué, c'est-à-dire davantage formé pour un type particulier de problèmes. C'est en ce point qu'apparaît une notion nouvelle, celle de "compilateur", qui n'est rien qu'une phrase comme toutes celles que peut lire l'ordinateur, mais qui sert d'interprète pour toute phrase du langage "évolué". Le mot "évolué" est pris ici dans le sens tout particulier de: "proche des préoccupations de l'utilisateur". Nous aurons l'occasion de voir en détail que l'essentiel de la complexité, voire de la complication de l'informatique, provient précisément de tout ce qu'on est obligé de rajouter entre la mécanique brute et l'utilisateur pour que celui-ci ne souffre pas trop. C'est dans cette sorte de dynamique-tampon que se trouvent à la fois les meilleures et les pires des choses.

A suivre, nous en reparlerons dans un prochain livre, dont nous avons jeté ici les idées importantes.

## "LES ARCHITECTURES RISC ET POLO: UN PROCESSEUR ORIENTE OBJET".

Bernard Goossens : Université de Paris VII - L.I.T.P. 2, Place Jussieu - 75251 Paris Cedex 05

### I) Les architectures RISC.

- le principe fondamental de l'architecture;
- le parallélisme d'instruction;
- caractéristiques des architectures RISC;
- principaux problèmes de performances: aléas; écart entre processeur et RAMs;
- importance des caches;
- super-pipelines et super-scalaires.

### II) POLO: un Processeur Orienté Langage Objet.

- les caractéristiques de POLO;
- la POO; la pile et le tas;
- le pipeline de POLO sans aléa;
- l'adressage absolu basé;
- le sas et la MMU;
- le jeu d'instructions
- schémas (chemin de donnée, accès au sas).

Principe fondamental de l'architecture:

Un dispositif matériel ne doit être ajouté à une architecture que s'il en augmente la performance moyenne. Si le coût est un critère, le rapport performance/coût ne doit pas diminuer.

L'ajout d'un matériel dans une architecture doit être évité dans les deux cas suivants:

-s'il allonge le chemin de données, ce qui obligerait à élargir le cycle machine et se traduirait par une diminution des performances;

-s'il n'améliore que des cas peu fréquents tout en dégradant légèrement les autres.

La deuxième remarque traduit l'importance des études statistiques: quels sont les cas fréquents ?

Le parallélisme pour augmenter les performances:

- le parallélisme de programme mis en oeuvre par les multi-processeurs;

- le parallélisme d'instruction mis en oeuvre par le processeur.

Le parallélisme d'instruction se traduit par une exécution:

- soit simultanée;

- soit en recouvrement partiel (pipeline).

Dans le premier cas, on suppose que les instructions exécutées en même temps sont deux à deux indépendantes pour leurs effets sur:

- la partie du processeur accessible au programmeur;

- les parties internes partagées (UAL unique par exemple).

On sait [TJA70] qu'en moyenne dans un programme sans adaptation particulière (dépliage de boucle) 2 instructions successives satisfont le premier critère.

Pour satisfaire le second critère et garantir un doublement des performances, il faut quasiment deux chemins de données séparés.

Le parallélisme par recouvrement nécessite moins de matériel et permet un gain plus substantiel:

- le second critère est naturellement respecté si l'étagement du pipeline correspond à un découpage du chemin de données;

- plus d'instructions successives satisfont au premier critère si l'accès aux données et le rangement des résultats se font dans des étages distincts du pipeline.

Dans les deux formes de parallélisme, la liaison entre le processeur et la mémoire de code doit avoir un haut débit. En exécution simultanée, il faut fournir au processeur plusieurs instructions à chaque cycle. Avec un pipeline, c'est le cycle qui est plus court.

Les architectures RISC se caractérisent par:

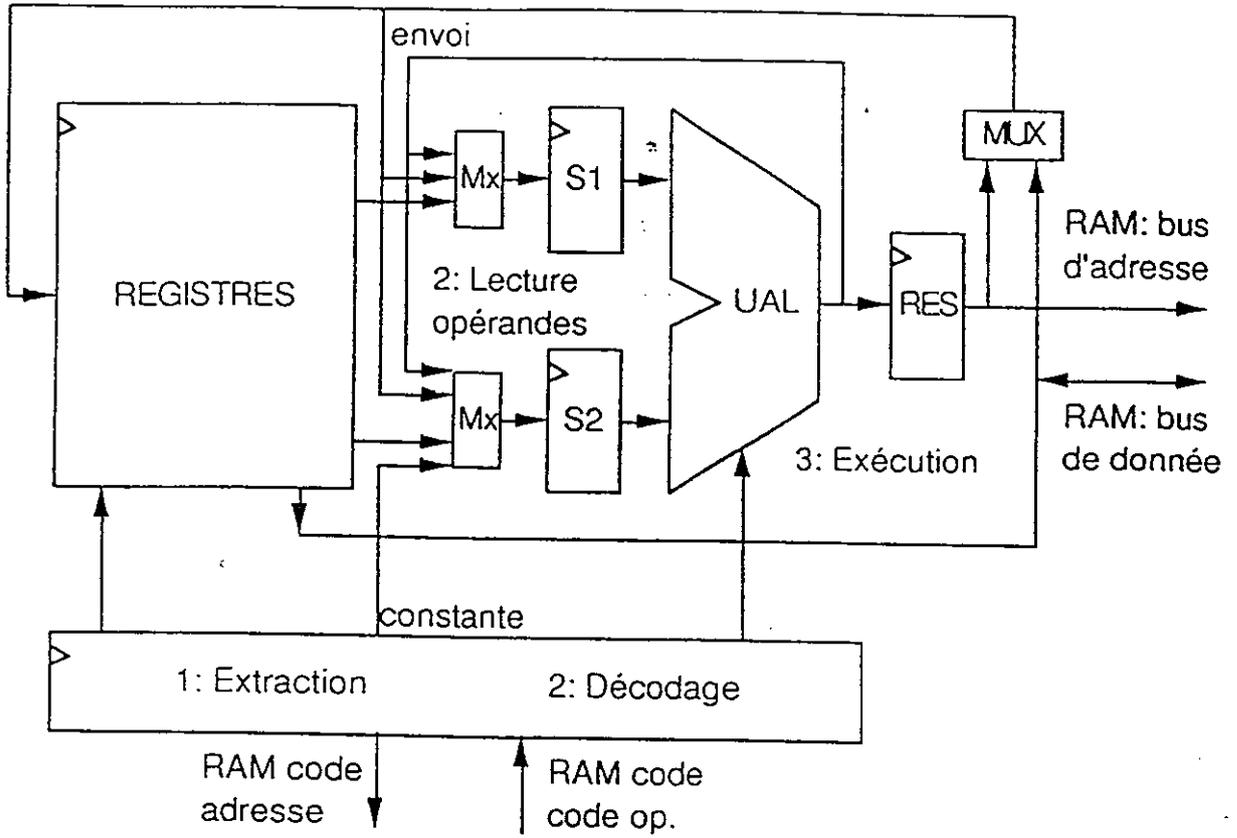
- un contrôle câblé (pas de micro-programmation; c'est une application du principe fondamental: la micro-programmation permet d'ajouter des instructions machine puissantes mais d'usage peu fréquent);
- un pipeline étageant l'exécution de chaque instruction (3à 5 étages).

Toutes les autres caractéristiques sont liées au pipeline, pour en assurer un fonctionnement le plus régulier possible.

Le pipeline impose un découpage identique de l'exécution de chaque instruction. Voici un exemple à 4 étages:

- extraction et calcul de l'adresse de l'instruction suivante;
- décodage et lecture des opérandes;
- calcul (de résultat ou d'adresse);
- écriture du résultat.

4: Ecriture



Extraction	Décodage	Exécution	Ecriture			
	Extraction	Décodage	Exécution	Ecriture		
		Extraction	Décodage	Exécution	Ecriture	
			Extraction	Décodage	Exécution	Ecriture

Chaque phase ne met en oeuvre que des dispositifs internes au processeur, sauf l'extraction.

La lecture d'une donnée en mémoire se fait plutôt en phase 4 pour tenir compte d'une adresse calculée. Il en est de même pour une écriture.

En conséquence:

- les codes opérations occupent un mot mémoire, pour que l'extraction se fasse en une seule phase; en plus cela simplifie et accélère le décodage;

- chaque instruction effectue un accès mémoire au plus;

- chaque instruction est soit un calcul, soit un accès mémoire.

L'accès à la mémoire et le chemin de données interne doivent être adaptés pour assurer au pipeline un débit maximum.

Le débit du pipeline est optimal quand le flot d'instructions est régulier. Les aléas perturbent cette régularité. Ils apparaissent lors d'un conflit entre deux instructions présentes en même temps dans le pipeline:

-aléas structurels (conflits de ressources: utilisation simultanée de l'UAL ou du bus vers la mémoire);

-aléas de données (conflits d'opérandes: registres ou mots mémoires de donnée ou de résultat);

-aléas de contrôle (conflits sur l'adresse de l'instruction suivante, provoqués par les branchements, appels, retours et interruptions).

Pour éviter les aléas, on peut:

-organiser le pipeline:

.aléa structurel: n'utiliser l'UAL que dans un seul étage du pipeline;

-séparer les accès au code et aux données (architecture de Harvard):

.aléa structurel: éliminer les conflits entre extraction et lecture ou écriture de données en mémoire;

-les détecter et suspendre le pipeline:

.aléa structurel: suspendre l'extraction lors d'un accès en mémoire de données s'il n'y a qu'une seule voie externe;

.aléa de contrôle: suspendre les extractions lorsqu'un saut est détecté, jusqu'à ce que l'adresse visée soit connue; annulation des instructions intermédiaires déjà extraites;

.aléa LAE -Lecture Après Ecriture- de données: retarder la lecture d'un opérande jusqu'à ce qu'une modification en cours le concernant soit mémorisée;

-les détecter et établir un court-circuit:

aléas LAF de données: envoi de la valeur en cours de modification avant qu'elle ne soit écrite;

-les éliminer par un réordonnement statique des instructions à la compilation:

aléas de contrôle et de données: insertion de NOP ou remplacement par une instruction déplacée.

D'autres techniques sont utilisables, qui nécessitent plus de matériel:

-le réordonnement dynamique à partir d'un tableau de marques et d'unités fonctionnelles dupliquées ou pipelinées (aléas de données);

-la prédiction dynamique de branchements à partir d'un cache (aléas de contrôle).

Le principal problème posé par les architectures RISC est l'écart important entre le temps de cycle du processeur et celui des RAMs:

- à 50Mhz, un processeur a un temps de cycle de 20ns;

- un composant de RAM dynamique a un temps de cycle de 130ns.

Le rapport, qui est actuellement de 1 à 7, a tendance à s'accroître: il était de 1 pour 1 en 1980, il sera de 1 à 10 en 1995.

Pour alimenter l'unité d'extraction sans cycle d'attente, on peut insérer un cache entre le processeur et la RAM. Il est réalisé en RAM statique (temps de cycle de 20ns).

Pour un processeur plus rapide, on peut ajouter un second cache interne (temps de cycle du processeur; indispensable en 1995).

Pour la mémoire de données, on peut aussi disposer d'un ou deux niveaux de cache.

Ainsi, 90% du temps le mot mémoire cherché est dans le cache. Il est fourni sans délai. En cas d'échec un accès mémoire est effectué avec quelques cycles d'attente.

Un processeur RISC, de par son architecture comporte un jeu d'instruction réduit (d'où le nom). Il comporte:

- des instructions de calculs entre registres;

- des instructions de lecture et d'écriture en mémoire d'adresse immédiate ou indirecte par registre avec ou sans déplacement;

- des instructions de sauts conditionnels ou pas, immédiats ou indirects par registre;

- des instructions d'appel et de retour;

- des instructions privilégiées (mode normal/privilégié).

On ne trouve pas en revanche:

- de mode d'adressage auto-incrémenté;

- de calculs à plus de deux opérandes;

- de calculs faisant intervenir un mot mémoire.

La multiplication et la division font l'objet d'un traitement spécial (coprocesseur flottant).

Pour éviter d'incessants va et vient entre la mémoire et les registres (les données et le résultat d'un calcul doivent transiter par les registres), le processeur en comporte beaucoup (16 au moins en général).

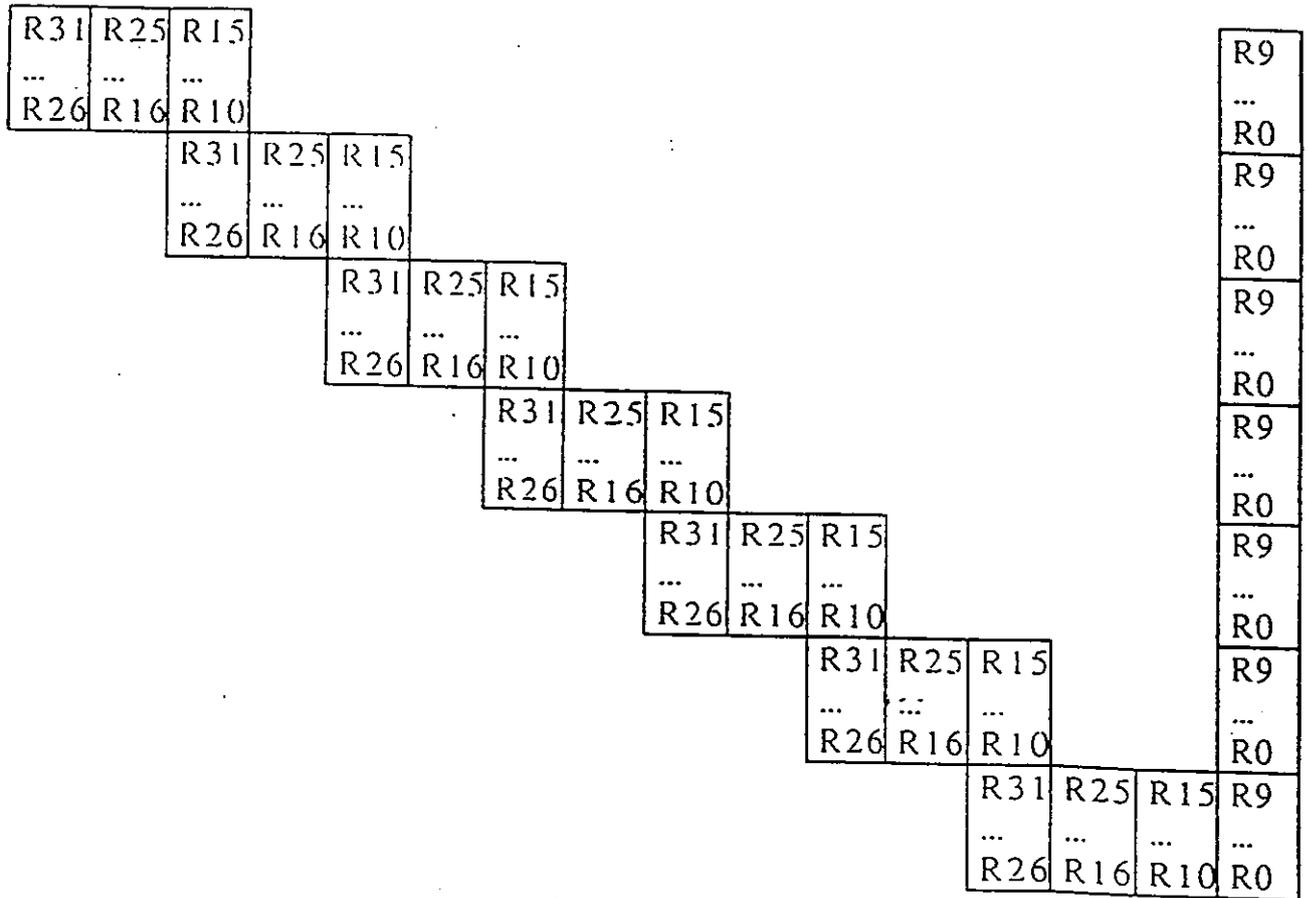
Pour simplifier la tâche du compilateur et accélérer les appels de sous-programmes, on peut doter le processeur d'un grand nombre de registres organisés en fenêtres à recouvrement partiel.

Le processeur SPARC peut avoir de 2 à 32 fenêtres de 22 registres avec un recouvrement partiel de 6 registres. Avec 7 fenêtres, le processeur dispose de 118 registres ( $7 \cdot 16 + 6$ ) plus 10 registres globaux.

Un sous-programme n'a accès qu'à une fenêtre, soient 10 registres locaux, plus 6 registres de la fenêtre précédente et 6 autres de la fenêtre suivante.

Les registres globaux portent le nom logique R0 à R9. Les 6 registres de la fenêtre suivante sont désignés par R10 à R15. Les registres locaux sont R16 à R25. Ceux de la fenêtre précédente sont R26 à R31.

A tout instant, le processeur n'a accès qu'à 32 registres (R0 à R31).



Registres en fenêtres du processeur SPARC  
 7 fenêtres de 22 registres  
 10 registres globaux

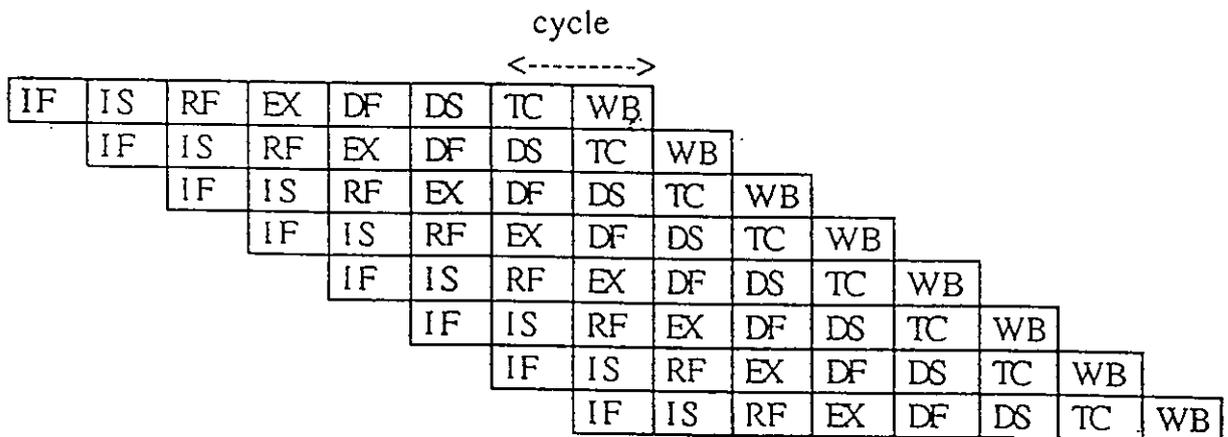
Les super-pipelines:

-le pipeline est plus étagé (8 à 12 étages) et le cycle machine est pipeliné (n étages par cycle pour un super-pipeline de degré n);

-l'unité de calcul peut être pipelinée;

-l'extraction peut être divisée: transformation de l'adresse virtuelle en adresse réelle, accès au cache;

-les caches peuvent aussi être pipelinés.



IF: Instruction cache fetch (First access)	RF: Read register File
IS: Instruction cache fetch (Second access)	EX: ALU operation
DF: Data cache fetch (First access)	TC: data Tag Check
DS: Data cache fetch (Second access)	WB: Write Back to registers

Super-pipeline du R4000 (MIPS); degré 2

Les super-scalaires:

-toutes les unités fonctionnelles sont dupliquées  $n$  fois (pour  $n$  instructions exécutées en parallèle: super-scalaire de degré  $n$ );

-toutes les étapes mémorisantes du chemin de données sont dupliquées  $n$  fois;

-l'unité d'extraction doit être capable de fournir  $n$  instructions à la fois; cela requiert un cache à blocs de  $n$  mots et un bus interne de même largeur;

-l'unité de décodage est complexe car elle doit résoudre les conflits d'instructions (exécution en parallèle ou séquentielle);

-en général, le processeur ne se charge pas du réordonnancement des instructions; c'est le compilateur qui s'en charge, de façon statique.

Extrait	Décode	Exécute	Ecrit				
Extrait	Décode	Exécute	Ecrit				
Extrait	Décode	Exécute	Ecrit				
	Extrait	Décode	Exécute	Ecrit			
	Extrait	Décode	Exécute	Ecrit			
	Extrait	Décode	Exécute	Ecrit			
		Extrait	Décode	Exécute	Ecrit		
		Extrait	Décode	Exécute	Ecrit		
		Extrait	Décode	Exécute	Ecrit		
			Extrait	Décode	Exécute	Ecrit	
			Extrait	Décode	Exécute	Ecrit	
			Extrait	Décode	Exécute	Ecrit	

Pipeline d'un super-scalaire de degré 3

Super-scalaires et super-pipelines nécessitent des caches de grande taille pour que le processeur ait un débit maximum et beaucoup de matériel supplémentaires (surtout les super-scalaires).

Compte tenu du principe fondamental de l'architecture et du fait que dans des programmes ordinaires le degré de parallélisme est de 2 instructions, soit ces architectures sont à réserver à des machines spécialisées pour des programmes dont le degré de parallélisme est plus important, soit leur degré doit être limité à 3.

Dans tous les cas, ces processeurs ont un rapport coût/performance élevé et sont encore réservées à des machines haut de gamme.

## Caractéristiques de POLO:

- pipeline à 3 étages;
- séparation de la mémoire en 3 espaces: code, pile et tas; 3 voies internes, 2 voies externes (multiplexage de l'accès à la pile et au tas)
- adressage basé et sauts absolus; adresse virtuelle 52 bits, adresse réelle 32 bits;
- modes d'adressage immédiat, indirect avec déplacement, auto-incrémenté;
- sas de pile (cache des 128 mots du sommet; 0.5k octets);
- MMU intégrée (3 TLB: instruction, pile et tas; 0.5k octets);
- caches intégrés (instruction et tas; 2k octets);
- processeur destiné à supporter des systèmes multiprogrammés (type Unix) et à exécuter des programmes structurés (C ou Pascal), modulaires (Ada) ou orientés objet (C++ ou Eiffel).

## La Programmation Orientée Objet

L'espace de travail se subdivise en:

- la mémoire du programme (les objets);  
allocation dynamique => structure de tas;

- la mémoire des sous-programmes (les variables locales); allocation par cadre => structure de pile avec accès direct en cadre.

Les sous-programmes sont courts, très nombreux et utilisent peu de variables locales qui sont le plus souvent des scalaires ou pointeurs.

Les appels sont fréquents et leur imbrication un peu plus importante en moyenne que dans les programmes structurés.

En conséquence, la pile se compose de nombreux petits cadres. Elle est fortement mise à contribution.

C'est pourquoi POLO comprend 3 niveaux de mémoire: les registres globaux, la pile et le tas.

Le pipeline de POLO.

	cycle i	cycle i+1	cycle i+2
instruction i	extraction	décodage, lecture reg., calcul	accès mémoire, écriture reg.
instruction i+1		extraction	décodage, lecture reg., calcul
instruction i+2			extraction

pipe-line à trois étages

Le pipeline de POLO n'a presque pas d'aléa:

-pas d'aléa structurel (architecture de Harvard: séparation codes et données);

-pas d'aléa de contrôle (sauts absolus);

-aléa de donnée: seulement LAE; réglés par envoi (registre-registre) ou par suspension d'un cycle (lecture mémoire-écriture registre).

Dans POLO, les sauts sont absolus.

Un saut relatif nécessite une addition. L'adresse du saut ne peut être connue qu'après le calcul. Cela retarde le saut d'un cycle, créant un aléa.

Dans POLO, l'adresse de l'instruction suivante est calculée pendant la phase d'extraction (incrémentatation du compteur ordinal) et la sélection (instruction suivante, cible d'un saut ou vecteur d'interruption) se fait au début du cycle qui suit. Les ruptures de séquence se font donc toujours sans délai.

Les sauts relatifs ne sont utiles que pour assurer la relogeabilité des programmes. Le même effet est possible en utilisant un adressage basé.

Toute adresse de code, de pile ou de tas, sur 32 bits, est préfixée d'une base sur 20 bits, obtenue à partir d'un registre spécial: BI pour le code, BP pour la pile et BT pour le tas.

Ces registres sont initialisés en mode privilégié (base des segments d'un processus) et sauvegardés-restaurés lors d'un changement de contexte.

Dans un système multiprogrammé, chaque processus se voit attribué au moins 3 espaces: code pile et tas. Chacun reçoit du système une base propre.

En mode privilégié, la base BI est inopérante (base 0), ce qui sépare le code système du code utilisateur. Cela permet, lors d'un changement de contexte, de modifier sans conséquence la base BI. L'effet du changement est différé jusqu'au retour en mode normal (au retour du sous-programme de changement de contexte).

Les bases BT et BP sont toujours actives, mais en mode privilégié, des instructions spéciales permettent d'opérer sur l'espace système (base 0; cela permet des échanges entre ces espaces, sous la responsabilité du système).

L'adressage en pile peut n'être relatif qu'à BP (accès direct aux cadres imbriqués). Il peut en plus être relatif soit à SP (empilement ou dépilement) soit à BC (Bas du Cadre courant: accès direct aux variables locales).

L'adressage basé est un mécanisme de protection. Il assure la séparation des espaces mémoire des différents processus.

Le sas de pile de POLO:

-quand l'exécution d'un programme commence, sa pile est vide, le sas également; le registre SP (Sommet de Pile) pointe sur le premier mot;

-lorsqu'il faut empiler ou réserver de la place, SP avance sur le sas où les écritures ont lieu;

-lorsqu'il faut dépiler ou libérer de la place, SP recule sur le sas d'où sont effectuées les lectures;

-lorsqu'il faut effectuer un accès direct (lecture ou écriture), celui-ci s'effectue dans le sas si le mot voulu s'y trouve, en mémoire sinon;

-lorsque SP déborde du sas par la droite (empilement ou réservation de place), une trappe survient pendant laquelle le sas est vidé en mémoire;

-s'il déborde par la gauche (dépilement ou libération de place), une autre trappe provoque le rapatriement d'un contenu ancien lu de la mémoire.

Le mot sommet de pile est toujours dans le sas.

Le sas est un cache spécialisé pour la pile, compte tenu de son utilisation particulière (accès limités à la partie du sommet; zone mémoire de taille réduite). Grâce à lui, l'essentiel des accès à la pile sont internes au processeur.

Compte tenu de la taille moyenne des cadres (8 mots) et de celle du sas (128 mots), on peut imbriquer 16 niveaux d'appels sans débordement. Ceux-ci devraient être rares.

L'ajustement de chaque cadre aux besoins de chaque sous-programme est adapté aussi bien aux programmes structurés (cadres plus grands et moins nombreux) qu'aux programmes orientés objet.

L'adressage des mots dans le sas se fait de façon ordinaire (c'est un morceau de la pile, donc de la mémoire adressable).

Les fenêtres de registre conservent un avantage sur le sas: les registres servant aux variables locales n'ont pas besoin d'être empilés lors d'un appel.

Pour la transmission des paramètres, elle se fait par registre dans le cas du sas. C'est aussi efficace que le recouvrement des fenêtres.

En plus du sas, POLO intègre deux caches: Cache-I pour les instructions (64 lignes de 4 mots), Cache-D pour les données du tas (128 entrées de 1 mot). Au total, ces deux caches occupent 2k octets.

La MMU intégrée de POLO regroupe 3 TLB (cache de couples d'adresses virtuelles et réelles): TLBI (32 entrées; pour l'espace des instructions), TLBT (32 entrées; pour le tas) et TLBP (8 entrées; pour la pile). Ces 3 tables occupent au total 0.5k octets.

Les registres RCI, RCT et RCP contiennent les adresses réelles des pages racines des tables de pages des espaces de code, de tas et de pile.

Le registre FP sert en cas de faute de page. Il reçoit dans ce cas l'adresse de la page non résidente. Il peut être consulté en mode privilégié.

En mode privilégié, on peut accéder au tas via la MMU et Cache-D, ou sans passer par TLBT (adressage réel), ou encore sans passer ni par TLBT, ni par Cache-D (accès direct en mémoire).

Au total, caches, sas et TLB occupent 3k octets.

Le jeu d'instructions de POLO:

-arithmétique entière et logique (\* et / par coprocesseur flottant, de même que l'arithmétique flottante);

-accès mémoire par adressage immédiat, indirect avec déplacement et auto-incrément; accès par mots entiers seulement;

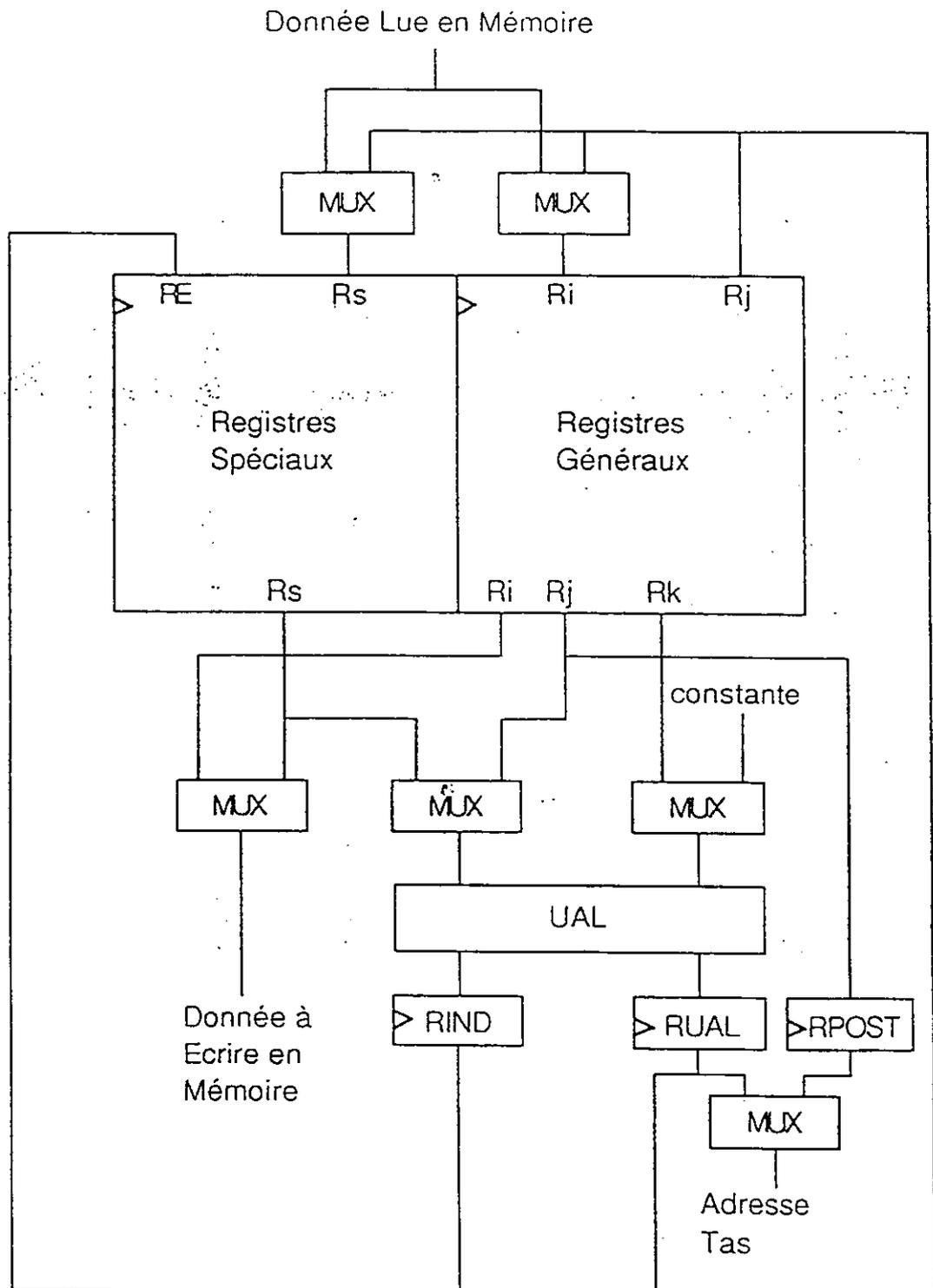
-sauts conditionnels (registre indicateur) et inconditionnels, immédiats et indirects sans déplacement;

-appel et retour, ouverture et fermeture de cadres;

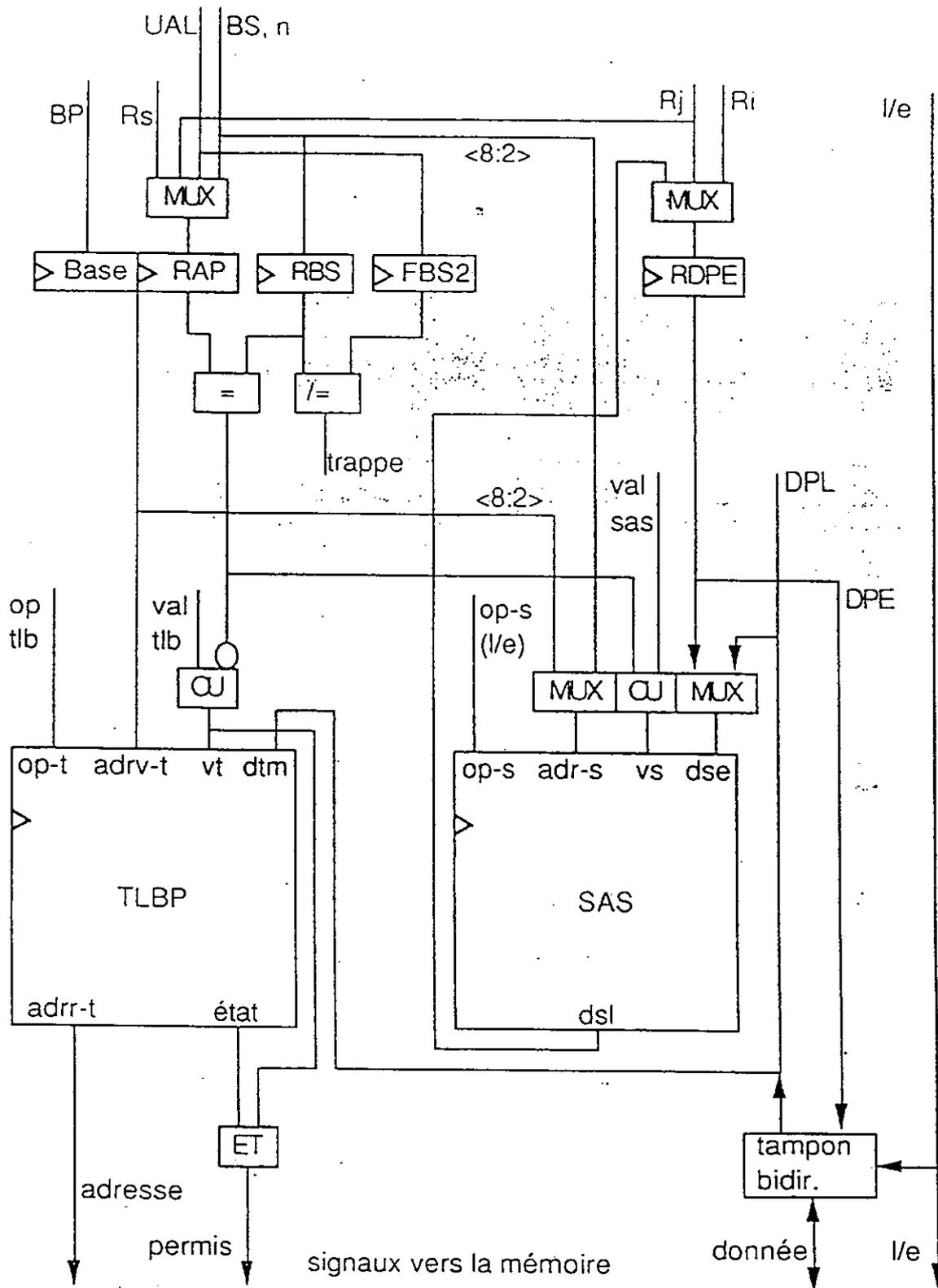
-accès à la pile par empilement, dépilement, accès direct dans le cadre courant, ou dans les cadres imbriqués;

-modes normal et privilégié; en mode privilégié, manipulation de la MMU, du sas, accès mémoires basés ou non, accès aux registres spéciaux;

-gestion précise des interruptions et trappes (y compris les reprise d'exécution en cas de trappe de faute).



Chemin de données de POLO



L'accès au sas

Le sas permet les opérations suivantes:

-accès dans le sas s'il contient le mot visé (empilement, dépilement, accès direct);

-accès en mémoire via TLBP quand le mot visé n'est pas dans le sas (partie haute de l'adresse visée différente de la base actuelle du sas:  $RAP\langle 31:9 \rangle \neq BS$ );

-trappe de débordement quand SP sort du sas;  $SP+d$  provoque un débordement par la droite: il faut vider le sas en mémoire;  $SP-d$  provoque un débordement par la gauche: il faut recharger le sas de la mémoire;

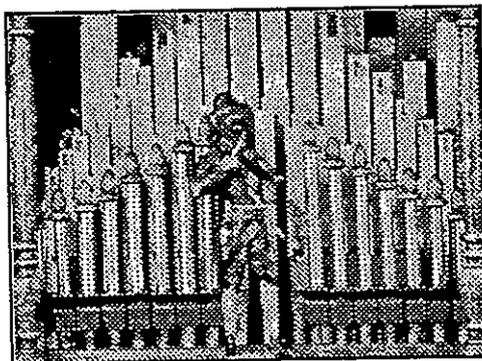
-vider le sas: lire un mot, le ranger dans un registre temporaire (RDPE) en fin de phase 2, et l'écrire en mémoire en phase 3; recommencer 128 fois;

-recharger le sas (lecture mémoire en phase 3, écriture dans le sas en fin de phase).

Le débordement est détecté en comparant la base actuelle du sas (partie haute de SP copiée dans BS) à la future base après modification de SP (notée dans FBS). BS et FBS sont dupliqués dans RBS et FBS2 en fin de phase 2.

## "TRAITEMENTS INFORMATIQUES DE LA NOTATION DU JEU INSTRUMENTAL POUR INSTRUMENT DE MUSIQUE MECANIQUE : LA TONOTECHNIE".

Patrick SANCHEZ : C.N.R.S. - L.A.S. - traverse du siphon - 13012 - Marseille  
 Robert HOPP : Facteur d'Orgue - Chateau des Confines - 84300 - Montoux



### Introduction

La Tonotechnie était autrefois l'art de piloter les cylindres à picots utilisés dans la fabrication d'instruments musicaux automatisés. On trouve l'explication de cette technique dans un recueil du XVIII<sup>ème</sup> siècle, écrit par Dom Bedos de Celles : " L'art du Facteur d'Orgue". Par extension cette technique s'applique de nos jours à la notation sur d'autres supports (carton, papier) et en particulier pour les cartons de l'orgue de Barbarie.

Une machine réalisée à partir de cette technique en collaboration avec Robert Hopp (inventeur du procédé) vient d'être présentée au Salon de la Musique à Paris en septembre 1992. Cette machine permet la création du carton perforé utilisé par l'orgue de Barbarie à partir d'un fichier musical au format <sup>1</sup>MIDIFILE enregistré depuis un séquenceur du commerce.

Cette façon de procéder permet de respecter le jeu instrumental et ouvre des horizons nouveaux pour la création de nouvelles musiques. Le perçage des cartons était jusqu'à présent une opération très longue et sujette à beaucoup d'erreurs. La facilité de création et la précision du perçage obtenue à l'aide de l'ordinateur permettent d'envisager une augmentation rapide de la création musicale pour orgue de Barbarie.

### Un peu d'Histoire

A l'époque d'Héron d'Alexandrie (fin du II<sup>ème</sup> après J-C), il existait déjà des appareils mécaniques automatiques produisant de la musique. L'imagination des hommes leur a fait concevoir ensuite toutes sortes d'instruments mécaniques merveilleux, mûs par l'eau, l'air, le feu, le sable, des ressorts, la vapeur, etc...

La musique était conservée et notée sur des cylindres de bois picotés, avec les inconvénients d'une durée limitée par le diamètre du cylindre, et d'un long travail de fixation des picots. Une grande amélioration se produisit vers 1890 avec l'emprunt aux machines à tisser Jacquard du principe des

---

<sup>1</sup> Le format MIDIFILE (Musical Interface Digital Instrument) est un standard d'enregistrement de fichiers musicaux obtenus à l'aide dun séquenceur musical.

cartons perforés. Celui-ci supprime les limites de durée, mais le long travail de notation du support subsiste. De nos jours le carton ou papier est encore perforé à la main, trou par trou, comme au siècle dernier. La transcription de l'arrangement est longue et fastidieuse.

L'orgue de Barbarie, dont l'origine du nom voudrait signifier un instrument barbare venant de l'étranger, se compose d'une soufflerie qui envoie de l'air dans des tuyaux ou sur des anches. Entre ces deux éléments, une "tête de lecture" sélectionne les notes à jouer comme le ferait un clavier ou les touches d'un accordéon. Cette "tête de lecture" utilise un carton, perforé de trous rectangulaires d'une longueur correspondant à la durée des notes. Le nombre de ces trous sur la largeur du carton correspond au nombre de touches de l'instrument (flûtes ou anches). La longueur du carton qui défile devant cette tête de lecture est fonction de la durée du morceau, : en moyenne: 10 m pour 3 minutes.

Les noteurs sont les fabricants de ces cartons qui doivent en premier lieu arranger le morceau en fonction de la tessiture de l'instrument et ensuite réaliser le perçage du carton. Travail fastidieux, long ( environ 10.000 perforations pour une seule musique) qui restreignait jusqu'à ce jour le répertoire.

L'utilisation de l'informatique moderne permet maintenant de percer des cartons d'une façon beaucoup plus pratique et on assiste aujourd'hui à un événement autant merveilleux qu'étrange : la renaissance d'une invention ancienne, le carton perforé, qui utilisait déjà le principe informatique "oui ou non", grâce à sa descendance, l'Informatique Musicale.

La Notation est le travail qui consiste à noter la musique sur les supports de mémoire musicale (carton et papier perforé, cylindres picotés etc...) servant aux instruments de musique mécanique (orgues de Barbarie, Limonaires, Orchestrions, Pianolas) et, en l'occurrence, à faire des petits trous dans du carton qui passe ensuite dans les orgues de Barbarie.

L'utilisation de l'ordinateur ne remplace pas le noteur, mais elle lui permet de se concentrer sur l'essentiel de son travail : la musique. Le côté fastidieux de la perforation est pris en charge par la machine.

Ce travail était fait jusqu'à présent manuellement : le noteur écrivait un arrangement sur papier, le traduisait ensuite en mesures et temps sur le carton vierge, et devait ensuite se positionner sur la bonne note pour percer un trou, se déplacer à la suivante, percer un petit trou, et ainsi de suite. Quand il se trompait, il bouchait les trous, et il recommençait. Quand il était satisfait de son travail, il était obligé de tout recommencer au propre, et de copier manuellement trou par trou sur du carton neuf. Un carton comporte quelques centaines voire milliers de perforations, et les musiciens passaient entre plusieurs jours et plusieurs semaines à faire un carton.

Avec la notation assistée par ordinateur de Robert Hopp, les choses deviennent plus simples : le musicien fait un arrangement sur un séquenceur du commerce, soit en jouant directement sur un clavier de synthétiseur, soit en composant sur l'écran de l'ordinateur. Il respecte les particularités de l'orgue, son étendue, et ses possibilités sonores. Il sort sa musique sous forme de fichier "Midifile" ( standard très utilisé en informatique musicale ) et on la présente à la machine à percer à commande numérique. On indique le standard du carton désiré, sa largeur, l'emplacement des notes sur les pistes, la division, etc...En quelques minutes, le carton est percé, au centième de millimètre près et sans fausses notes, avec un contrôle rigoureux des notes.

### Description technique

NOTE ORGUE	OCTAVE	TOUCHE	NOTE MIDI	CANAL
C	1	28	48	1
D	1	27	50	1
F	1	26	53	1
G	1	25	55	1
A	1	29	57	1
C	2	24	60	1
D	2	23	62	1
E	2	22	64	1
F	2	21	65	1
F#	2	20	66	1
G	2	19	67	1
G#	2	1	68	1
A	2	18	69	1
A#	2	17	70	1
B	2	16	71	1
C	3	15	72	1
C#	3	14	73	1
D	3	13	74	1
D#	3	12	75	1
E	3	11	76	1
F	3	10	77	1
F#	3	9	78	1
G	3	8	79	1
G#	3	7	80	1
A	3	6	81	1
A#	3	5	82	1
B	3	4	83	1
C	4	3	84	1
D	4	2	86	1

La vitesse de défilement normale du carton est de 60 millimètres par seconde. La note la plus courte possible est donnée par la largeur du poinçon (3,5 ou 4 mm en général)

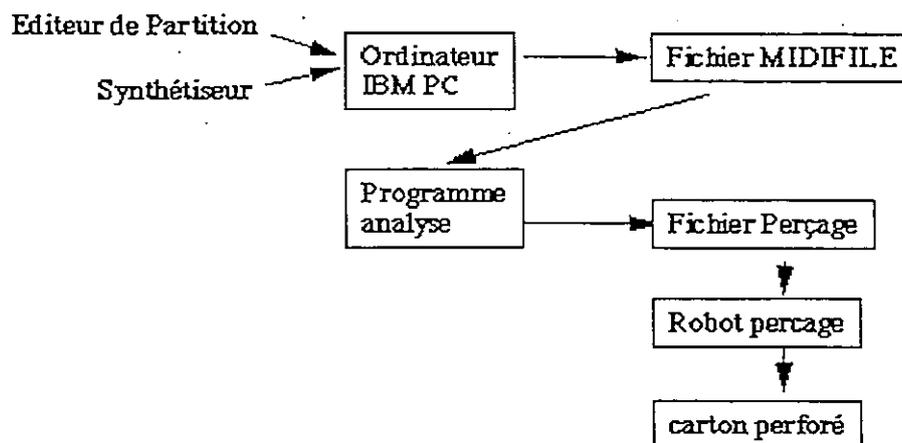
Dans un système de 4 temps dans un tempo d'une mesure par seconde la triple croche est impossible à percer.

o	60 mm	1 "
♪	30 mm	0,5 "
♪♪	15 mm	0,25 "
♪♪♪	7,5 mm	0,125 "
♪♪♪♪	3,75 mm	0,062 "
♪♪♪♪♪	1,875 mm	0,031

La machine à perforer traitera la triple croche avec la valeur la plus petite possible pour l'orgue : une valeur de poinçon. Une rafale de triple croche sera traitée par la machine comme une seule longue note, une triple croche isolée sera traitée avec la valeur bâtarde du coup de poinçon. Il y a cependant l'échappatoire de la vitesse de défilement : rien n'interdit de noter plus lentement et de tourner ensuite la manivelle plus vite. La machine n'a pas besoin de savoir quel système on utilise, elle travaille en temps réel,

Le système permet de corriger note par note le temps de réponse des instruments. Ce qui veut dire que les perforations tiennent compte des systèmes de lecture, de transmission, bref des particularités de chaque type d'orgue.

La résolution du système est de l'ordre du centième de millimètre ce qui correspond à 0,0001666 seconde. En perforation manuelle, quelqu'un qui a l'habitude perforera avec une précision d'un



La station est composée d'un ordinateur relié à une interface de puissance, reliée elle-même à une machine à perforer à commande numérique.

Les arrangements sont faits à l'aide d'un séquenceur interne ou externe, auquel cas l'importation se fait à l'aide de disquettes de n'importe quel format et formatage. Tous les standards courants peuvent être récupérés : Atari, Mac, PC, etc..., pourvu que les fichiers aient été sauvegardés sous forme de "MIDIFILE".

Le système transforme les fichiers "MIDI" en une forme exploitable par le robot, qui perce les cartons ou papiers.

Le fichier MIDIFILE contient toutes les informations sur les notes (durées, hauteurs) et sur les changements de tempo. Le tableau suivant donne la correspondance entre les touches (flûtes ou anches) et les codes MIDI pour une gamme très employée par plusieurs types d'instruments.

demi millimètre donc avec une précision 50 fois inférieure. Le système peut perforer des cartons jusqu'à 500 millimètres de large et un nombre de touches illimité.

## Conclusion

Les avantages du système sont nombreux.

La liberté musicale : les musiciens peuvent se concentrer sur leur vocation première au lieu de se perdre dans les petits trous et de se décourager avec des machines à perforer manuelles récalcitrantes.

La précision : le système perce exactement ce que le musicien entend, au dix millième de seconde près. La plus grande précision anciennement atteinte est cinquante fois inférieure.

La rapidité : si avant il fallait attendre des semaines et des mois pour les cartons, si les fabrications spéciales étaient presque impossibles, le système permet les traitements en quelques heures.

La polyvalence musicale : les arrangements sont désormais possibles dans toutes les tonalités, en accompagnement avec ou sans ligne mélodique, orchestrés selon la nécessité de l'utilisation. Le même titre peut exister en plusieurs versions différentes.

La liberté de composition : les musiciens et arrangeurs peuvent s'exprimer sur l'orgue de Barbarie, sans les contraintes pratiques de la perforation. La facilité d'adaptation de répertoires nouveaux : en un clin d'oeil il est possible de faire des musiques d'origines diverses. Chaque pays a ses musiques folkloriques propres. "La Java Bleue" est très connue des Champs-Élysées à la Cannebière, mais à Tokyo et Djakarta, ou même à Zurich, il faut faire autre chose. Ce système permet de créer des répertoires internationaux propres aux marchés de l'Europe, de l'Asie, et du Nouveau Monde.

Mais pour que cela marche, il faut tout de même respecter certaines règles. Étudier la gamme de l'instrument, et la respecter. Suivre les instructions sur les gammes en ce qui concerne les canaux MIDI et les octaves. Ne faire que les arrangements et interprétations musicalement et techniquement possibles sur un orgue de Barbarie. Pas de notes trop courtes, pas d'accords avec plus de notes en même temps que la soufflerie de l'orgue peut en supporter. Cependant tous les styles de musique sont possibles. On peut s'exprimer en free jazz, en musique contemporaine, ou en bourrée auvergnate .... En principe la machine va perforer exactement ce que l'on entend sur l'ordinateur, mais le son (le timbre) de l'orgue étant différent il faudra un tout petit peu d'imagination pour le résultat final.

## VOUZZAVEDIBISAR,

### Le Ministre et la Vache malade.

Il était une fois un pauvre ministre triste et méconnu. Tout le monde ne peut pas être comme ce bon Monsieur de Pasquà, célèbre pour avoir su, dignement, renvoyer chez eux par larges tombereaux, les malheureux africains, qui croyaient encore en la France terre d'accueil. Donc, notre pauvre ministre, nommons-le Philippe V, un nom bien français, s'étiolait lentement dans son ministère du ravitaillement, hélas ministère sans histoire. On n'était plus du temps, juste après la dernière fraîche et joyeuse de 39-45, où les chevillards, toujours assoiffés de profits, organisaient le blocus de la viande notamment autour de Marseille pour faire monter les prix... Il fallait bien que ces gens là compensent les riches trafics avec la Wehrmacht et l'organisation Todt hélas disparues à jamais. A cette époque le Ministre Yves Farges s'était alors illustré en faisant voter à la chambre la peine de mort pour les affameurs. Je voudrais rassurer les âmes sensibles, cette loi est restée une menace, elle n'a jamais été appliquée.

Donc, notre ami Philippe V., baignant dans sa consternante médiocrité voyait venir avec tristesse sa retraite de ministre, certainement à survenir prématurément avec le prochain débarquement ministériel. Le vent du boulet l'avait déjà dangereusement frôlé lorsqu'on avait viré la troupe lamentable des Juppettes.

Heureusement un événement imprévu, je dirai imprévisible pour une cervelle de ministre, survint juste à temps. Un personnage d'ordinaire discret, dont Monsieur le Ministre se faisait périodiquement un plaisir de caresser amoureusement la croupe en public, se manifesta avec fracas. En cette circonstance la Machine à faire et défaire les réputations se mit obligeamment au service de notre héros.

On savait vaguement depuis plusieurs années que quelque chose n'allait pas bien. Cela émanait de la part d'une poignée de chercheurs, vous savez de ces gens au comportement un peu bizarre. Ces individus sans foi, sous prétexte de courir après la vérité, avaient émis des propos surprenants, à tout le moins capables de semer une bonne pagaïe dans le bon ordonnancement des choses du commerce. Heureusement on les avait fait taire à temps. Malheureusement ce qu'ils avaient vu venir se réalisait brutalement, un peu à la manière d'une déferlante.

La Vache était malade !

Vous vous rendez compte ? Monsieur le Ministre avait caressé la Reine du lieu, sans méfiance, quelques semaines auparavant, au Salon de l'Agriculture. Qui avait d'ailleurs été un succès. Que la Reine avait dû, à son corps défendant, partager avec sa Majesté Savate premier Prince des Gaullicoques, qui s'en était réservé la part du lion.

La Vache était malade. On apprit du même coup que le risque de transmissibilité obligeait à l'abattre par millions, et également que l'origine du mal provenait sans doute des farines destinées à ces herbivores chargées en diverses viandes avariées. Ce sont des détails qui échappent aux ministres. Ne soyons surtout pas inquiets, les fabricants d'aliments bovins sans scrupule ne seront pas poursuivis, et ce n'est pas eux qui paieront les dégâts.

A l'annonce de la nouvelle du désastre, sans aucun doute due à quelque maladresse de ces empotés de "British", ce fut comme un coup de foudre. Un silence mortel s'étendit sur notre petit monde politique. Il y avait déjà le chômage, les immigrés, le Sida, quoique dans ce dernier cas la capote avait un peu relevé le gant. Bref les calamités s'amoncelaient. Puis dans ce calme qui masquait de profonds remous, soudain on entendit comme des chuchotements. On sentait que tout ce monde s'agitait, et d'autant plus que nous frisions la catastrophe. La réputation de la qualité de la viande anglaise n'était plus à faire, sauf lorsqu'elle est bouillie à la menthe bien sûr. Aussi du jour au lendemain plus personne n'acheta du bœuf. Imaginez le drame, le manque à gagner, la débâcle financière. Les Anglais jusque là réticents à l'entrée dans l'Europe, trop germanique à leur goût, réclamèrent une aide à leurs "partenaires", auxquels ils demandaient de payer l'ensemble des dégâts. On frisa la rupture. Bien que dans tous les cas se seraient toujours les contribuables qui finalement...

Et puis l'espoir revint, car on s'aperçut que seule la Grande Bretagne était gravement touchée. Ce fut l'occasion inespérée de rehausser le prestige du bœuf français. Il y avait bien quelques cas par ci par là dans le Morbihan, mais c'est où ça, le Morbihan ? C'est sûrement loin.

Ah, vous savez, le vrai génie trouve toujours l'occasion de se manifester! Et c'est là qu'on vit se révéler la véritable personnalité de Philippe V.. Mais surtout c'est lui qu'on vit surgir à partir de ce moment là, et en toute occasion, sur l'étrange lucarne. On le vit attablé chez son boucher, oui le boucher de son village d'origine, qui lui offrait, devinez quoi ? La splendide entrecôte française, saignante, que la caméra complaisante offrait à son tour à chaque Français avant qu'elle ne nous montre le Ministre engoulissant une large bouchée de cette viande sans tâche. Ah les mines gourmandes, la rotation de plaisir de l'œil dans son orbite, les mots pour qualifier la saveur, le parfum de ce mets de Roi!

On vit encore Monsieur le Ministre venir faire lui-même ses emplettes à cette boucherie de son enfance. S'excusant de ne prendre qu'un seul biftek car il est seul ce soir. Et le boucher lui offrait en prime une mince lamelle de viande crue qu'il dégustait à plaisir comme un bonbon fondant, avec des expressions outrageusement gourmandes.

On reprit les publicités de plus belle à propos de viande rouge, mais en prenant soin chaque fois d'ajouter le qualificatif de "français". Puis on voyait sur l'écran l'image se rouler dans un angle comme une feuille de papier tandis que derrière surgissait la tête un peu bovine du Ministre qui nous faisait un clin d'œil de connivence, sortait son poing fermé pouce en l'air appuyé d'une contracture du zygomatique droit, l'œil plissé. Personne ne pouvait plus douter alors de la qualité de notre production.

Voire. La vente du bœuf avait chuté des deux tiers en quelques heures, du jamais vu. Mille entreprises de décarcassage durent se mettre au chômage. Seuls les malheureux de la France profonde, à l'écart de l'information, continuaient à consommer. Alors, on ne vit plus que notre Ministre dans toutes les postures de la dégustation. Les chaînes nationales décidèrent même de couper les films en trois pour permettre au Ministre de s'y insérer au beau milieu, pour nous rassurer par ses apparitions gourmandes. Hélas rien n'y fit. On sentait malgré tout monter une certaine anxiété chez Philippe V., ses gestes n'étaient plus aussi ronds, à travers son sourire transparaissaient de légères crispations. Sans doute était il irrité par son insuccès.

Cela caractérisa en quelque sorte la seconde période. Les apparitions du Ministre, le nombre de ses interviews s'accrurent avec fébrilité, ses prestations également s'accrurent en fébrilité. Il était évident que le Ministre tremblait de la peur d'une catastrophe économique. Savate Premier lui-même n'avait-il pas fait le tour du monde des grands de ce monde comme un simple V.R.P., dûment accompagné du gratin de notre Industrie et de notre Commerce pour tenter de vendre et de placer Français ?

Alors débuta la troisième période. Dramatique. Pour frapper un grand coup, notre héros fit organiser une grande fête nationale qui devait être ponctuée d'un ultime clou médiatique destiné enfin à renverser la tendance. Tous les caciques de la viande rouge étaient là, tous ceux qui pouvaient se parer d'une quelconque importance dans le commerce de l'or rouge étaient là, tous les bons politiques étaient là. Et également le bon peuple accourut en masse. Tous les plus beaux spécimens de race bovine de l'hexagone étaient présents. On banquetta essentiellement de viande rouge sous toutes ses formes et tous ses modes de préparation, même le cru et le cachère furent de la fête. Le vin de nos vignobles, rouge bien entendu, coula à flot. On dansa, on s'agita, le classique, le rock, le pop, le disco, le techno, toute la musique était là, même Madonna qui inonda la foule de ses petites culottes odorantes. Le bruit courut qu'elle se fournissait de ses odeurs intimes chez Chanel.

Et puis ...

Et puis eut lieu la Grande Cérémonie. Parmi toutes les plus belles vaches de France et de Navarre fut élue la plus belle. La Chambre des Députés avait dû voter une loi spéciale pour organiser un référendum spécial auquel le peuple présent devait participer. La nuit venait de tomber quand le scrutin fut clos. Un ordinateur parmi les plus puissants avait été mobilisé pour le dépouillement. Et une heure plus tard le résultat du vote tombait. A part une dizaine de plaisantins qui s'étaient exprimés pour Jean Louis D., Ministre de l'Intérieur, l'unanimité s'était faite sur la plus belle vache de France. Non pas la plus grosse ni la plus grande, mais bien la plus belle. Son beau poil avait lui doucement sous le soleil de cette fantastique journée, ses cornes délicieusement galbées, et surtout ses yeux, la douceur de son regard délicatement abrité par des cils longs et recourbés en avaient fait la véritable Reine de cette célébration.

C'est Philippe V. qui s'était réservé l'honneur insigne d'annoncer le couronnement, car s'en fut un véritable. L'héroïne toute émue reçut des mains du personnage essentiel de l'Agriculture Française, une magnifique couronne, véritable objet d'art en or et pierres précieuses. On vit trembler la main du Ministre. Ses gestes étaient saccadés, et ses épaules étaient agitées de brefs soubresauts. Ce fut mis naturellement sur le compte de l'émoi. Ses jambes manquèrent même de fléchir sous lui au moment où il posa le bijou entre les cornes de l'heureuse élue. Dont on crut voir couler une larme de ses beaux yeux. A ce moment précis l'émotion populaire devint intense, notre héros s'approcha doucement du mufler rose et déposa dessus un tendre baiser ... Mais un étrange rictus apparut soudain sur la face du Ministre, que ne virent que les téléspectateurs car seule la caméra fut assez proche pour saisir la scène. Et tant ce fut rapide, peu de gens virent le coup de dent porté brutalement sur le délicat museau. La vache surprise tira au renard et secoua ses cornes d'indignation. Les spectateurs qui voyaient de loin crurent à une manifestation de joie et s'abîmèrent dans un tonnerre de hurrahs et d'applaudissements.

Le Ministre de l'Intérieur, Jean-Louis D., qui se considérait en tant que tel un peu responsable de tout ce succès s'approcha avec un bon sourire modeste aux lèvres, pour féliciter à son tour la magnifique reine. Il fut tout surpris, s'approchant pour une accolade avec son collègue du ravitaillement comme cela avait été prévu par le protocole, de voir devant lui un homme chancelant, les yeux injectés, un rictus dément sur le visage, les mains crispées comme des serres menaçantes. Pétrifié, il ne réagit pas quand l'autre lui bondit dessus, le mordant sauvagement au cou en hurlant avec un horrible cri de bête en furie. Ils roulèrent tous les deux dans la poussière. Un silence de mort recouvrit toute la fête. Quelques secondes durèrent des siècles pendant que les deux ministres se débattaient sur le sol. Quant un cri jaillit de la foule qui plongea comme une longue aiguille glacée le long de toutes les vertèbres:

" Il a bouffé de la vache folle ! ..... "

Edmond Bianco

**Université de Provence  
Atelier de Reprographie  
Centre Saint Charles  
3, place Victor Hugo  
F - 13331 Marseille Cedex 3**