



## Architecture multi parallèle Applications en traitement d'images

Rémi EUGENE Cemal DRAMAN  
Yannick HERVE Frédéric PIERRE Serge WENDLING

Ecole Nationale Supérieure de Physique  
Laboratoire des sciences de l'image et de la télédétection  
Unité associée au CNRS n° 1207  
7 rue de l'université 67000 STRASBOURG

### RÉSUMÉ

Le traitement d'images en temps réel vidéo nécessite des moyens de calcul élevés qu'on ne peut atteindre qu'en utilisant des processeurs à architecture fortement parallèle. Ce papier décrit une machine couplant deux processeurs programmables: une matrice de 48 par 48 processeurs GAPP (NCR) et un processeur vectoriel Zip (Mercury). Cette machine est plus particulièrement dédiée au traitement d'images par l'adjonction d'interfaces d'entrées-sorties programmables qui sont chargées de gérer les échanges de données à haute vitesse et de synchroniser les différents processeurs.

### SUMMARY

Image processing at video rate requires a very high level of computation power. This can only be achieved using a highly parallel architecture involving processors of different kinds. This paper describes a machine joining two programmable processors: an SIMD array of GAPP processors and an array processor (Zip from Mercury). The machine is dedicated to image processing by the use of especially designed I/O processors which are responsible for high speed data exchanges and processors synchronisation.

### 1. Introduction

Le traitement d'images en temps réel vidéo nécessite une puissance de calcul qu'un ordinateur conventionnel est loin de pouvoir fournir.

L'architecte de machines opte alors en général pour le développement de co-processeurs câblés réalisant chacun une fonction bien spécifique. Malheureusement, une telle démarche conduit à des systèmes fortement dédiés et difficilement exploitables en raison de la lourdeur de leur mise en œuvre et de leur manque de reconfigurabilité.

Or, si l'on examine les méthodes utilisées dans une chaîne de traitement d'images, il se dégage cinq grandes classes d'algorithmes: pixel à pixel, locaux, globaux, image vers liste, liste à liste. Pour chacune de ces classes, une structure particulière de calcul parallèle peut conduire aux performances demandées sans pour autant avoir à renoncer à une nécessaire souplesse d'utilisation.

Cette constatation a mené au développement d'une machine hybride, entièrement programmable et reconfigurable par logiciel, constituée de trois unités de calcul et de deux processeurs d'entrée-sortie, pilotée par une machine hôte de type PC-AT:

- une station de travail en imagerie ICOTECH [DRA-86] assurant l'acquisition et la restitution d'images en temps réel ainsi que certaines fonctions de base (histogramme, profils d'une colonne d'image, ...);
- une matrice de processeurs quasi-systoliques (GAPP) [NCR-84] particulièrement bien adaptée aux calculs sur des voisinages et capable d'exécuter en temps réel vidéo la plupart des algorithmes du bas niveau en traitement d'images. La matrice peut être facilement étendue en fonction des besoins de puissance de calcul. Une interface matérielle spécifique (Fenêtréur) développée au LSIT réalise le pré-formatage des données (fenêtrage des images) ainsi que la synchronisation des échanges avec le reste de la machine;
- jusqu'à quatre processeurs vectoriels (Zip) [MER-85] réalisant les transformations de moyen niveau. Leur intégration dans le système est assurée par une interface spécialement développée.

L'ensemble de la machine est connecté d'une part à un bus standard (Multibus I) pour le contrôle et d'autre part à un ensemble de bus vidéo numérique pour les échanges de données permettant, par un système d'aiguillage, d'adapter la topologie de la machine à une application particulière.



données permettant, par un système d'aiguillage, d'adapter la topologie de la machine à une application particulière.

Une description plus détaillée de l'ensemble de la machine (figure 1) ainsi que des exemples de performances sont donnés dans [PIE-88]; l'utilisation des processeurs GAPP se trouve dans [HER-87] et [HER-88].

## 2. Applications.

La première application décrite est l'obtention d'un squelette en temps réel utilisateur sur un flot d'images. Cet exemple démontre les possibilités de calcul des processeurs GAPP en traitement d'image bas niveau. L'arrêt du traitement est décidé par une condition globale sur l'image entière (photo 3).

L'algorithme utilisé est du type "feu de prairie" [SER-87] modifié (un filtre passe bas  $3 \times 3$  est appliqué toutes les 8 itérations d'une érosion conditionnelle) et doit, pour chaque pixel traité, examiner des voisinages qui peuvent être très grands par rapport aux dimensions de la matrice de calcul et dont la taille dépend de la forme des objets. Ce voisinage est simulé par itérations. La squelettisation est effectuée par passes successives de l'image à travers la matrice de processeurs, chaque passe examinant un voisinage  $3 \times 3$ . La condition d'arrêt du processus itératif est la stabilité de l'image résultat. L'organisation du processeur et de son interface permet d'obtenir le squelette d'un objet de 100 pixels de large en 330 millisecondes.

Le deuxième exemple utilisant également les GAPP est un zoom interpolé en temps réel. (photo 2) De façon interactive, un utilisateur peut se "déplacer" par exemple dans une image satellite et choisir un facteur de zoom qui lui permet de retrouver des amers de quelques pixels de surface dans une image qui peut atteindre 6000 par 6000 pixels. La machine présentée dans ce papier est un outil performant pour atteindre des résolutions sub-pixel dont une autre application est la simulation de capteur CCD  $1024 \times 1024$  à partir de capteurs  $512 \times 512$ .

L'algorithme utilisé est un zoom par 2 réalisé par itération d'une interpolation de Shannon tronquée sur un voisinage  $11 \times 11$ . A chaque itération (33 millisecondes), une image  $512 \times 512$  pixels est générée à partir d'une image  $256 \times 256$  pixels. La position de cette zone zoomée est choisie interactivement par l'utilisateur ainsi que le facteur de zoom qui est déterminé par le nombre d'itérations effectuées.

La photo 1 montre un zoom par duplication de pixels réalisé par Icotech sur une image satellite alors que la photo 3 est un zoom interpolé sur la même zone. L'image affichée a une taille de  $512 \times 512$  pixels. Elle provient de 3 itérations appliquées sur une partie de  $64 \times 64$  pixels de l'image initiale ce qui correspond à un voisinage simulé de  $31 \times 31$ . De plus, un point "faux" (tache blanche) a été introduit pour visualiser la réponse impulsionnelle du masque utilisé. Dans cet exemple, une nouvelle image est disponible toutes les 99 millisecondes ce qui justifie l'appellation "temps réel utilisateur".

Les développements actuels d'algorithmes sur les processeurs GAPP portent sur les automates cellulaires, les gaz sur réseau (modèle d'Ising, modèle d'Ottavi, simulation d'écoulement dans une soufflerie) les croissances dendritiques (photo 4) et les fractals aléatoires (photo 5). Une version plus élaborée de cette machine dotée d'une matrice de processeurs plus adaptés devrait permettre, en temps réel, des déformations géométriques telle que rotations d'images, corrections de perspective qui sont des opérations usuelles en télédétection et très coûteuses en temps de calcul sur des machines conventionnelles.

En ce qui concerne le processeur vectoriel, sa structure interne et ses performances intrinsèques (unité arithmétique et logique sur 16 bits bloc flottant) permettent de l'utiliser pour des transformations globales type transformée de Fourier rapide (1440 millisecondes pour une image  $512 \times 512$  octets, en réel) ou pour des transformations du type image à liste. Des temps de calcul plus détaillés sont donnés dans [PIE-88]. Néanmoins, le processeur d'entrées-sorties assurant l'interface avec le reste du système (schéma producteur-multi consommateurs) n'est pas limité à un seul type de processeur: une évaluation future sera de comparer, pour les opérations usuelles de traitement d'image en télédétection, les performances d'un processeur vectoriel et de cartes Intel à base de 80386+80387.

## 3. Conclusions

Nous avons décrit une machine de traitement d'images en cqui utilise différents types de parallélisme. Le but de cette étude est de pouvoir disposer d'un outil de travail pour déterminer expérimentalement les domaines d'emploi de chacune des architectures utilisées, c'est-à-dire:

- SIMD forte granularité
- SIMD faible granularité
- MIMD
- MISD ou macro-pipeline

Cette structure permet l'étude de la parallélisation et de la vectorisation d'algorithmes afin d'en déduire une architecture plus performante. Elle permet également de faire l'étude d'algorithmes bas niveau qui ont été jusqu'à présent délaissés parce qu'ils nécessitaient des temps de calcul trop importants (tests de différents zooms interpolés avec décision interactive, choix en temps réel utilisateur de masques de convolutions, etc).

Ce papier est la synthèse de trois propositions d'articles qui ont dû être fusionnés. Par manque de place, de nombreux détails ont été omis et certains développements supprimés dans la version définitive de l'article.

### Bibliographie

- [DRA-86] Cemal DRAMAN, Karine ZAMPIERI, Pierre-Louis WENDEL  
 Poste de traitement d'images configurable : Icotech  
 Semaine internationale de l'image électronique de Nice 1986
- [HER-87] Yannick HERVE, Frédéric PIERRE  
 Optimisation de l'utilisation des processeurs en matrice : Le codage optimal.



Congres AFCET-RFIA ANTIBES, nov 1987  
pp 1007-1014

[HER-88] Yannick HERVE  
Mise en oeuvre et optimisation de l'utilisation d'un  
processeur quasi-systolique dans une chaine de  
traitement d'images temps reel.  
These de Doctorat , avril 1988  
Universite Louis PASTEUR, STRASBOURG.

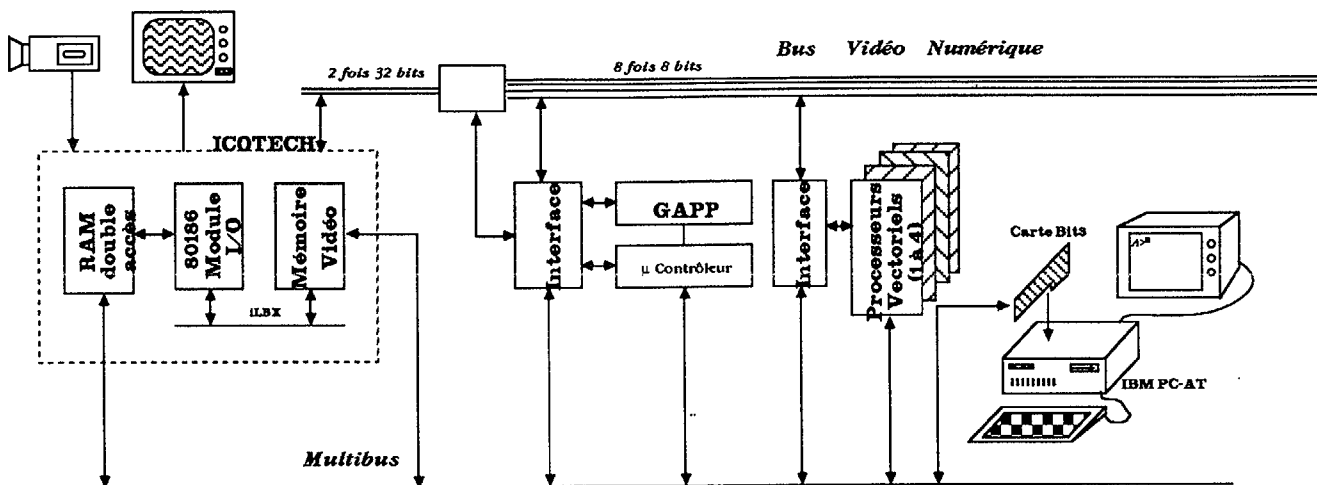
[LEV-85] S. LEVIALDI ed.  
Integrated technology for image processing.  
Academic press 1985

[PIE-88] Frédéric PIERRE Yannick HERVE Rémi EUGENE  
Cemal DRAMAN Serge WENDLING  
Description d'une machine de traitement  
d'images temps réel :l'approche multi-  
parallélisme  
PIXIM 88 Paris La Villette.

[PRE-82] Kendall PRESTON, Leonard UHR  
Multicomputers and image processing  
Academic Press 1982

[SER-88] Jean SERRAT  
Image analysis and mathematical morphology  
Academic Press 1988

[SNY-85] Lawrence SNYDER ed.  
Algorithmically specialized parallel computers.  
Academic press 1985



**Architecture d'ensemble : masyve**

LSTT/GRT

Figure 1



Photo 1: Zoom par duplication de points, 1/25 sec.

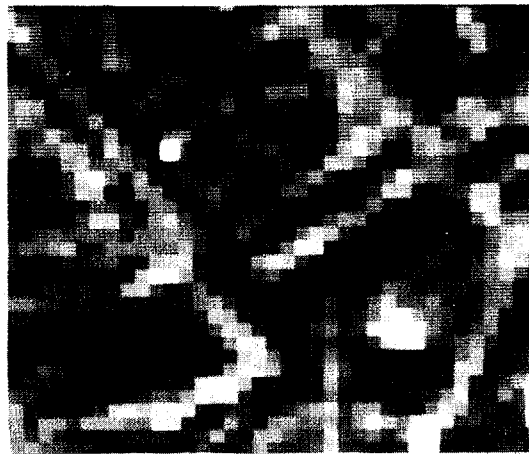


Photo 2: Zoom par interpolation, de facteur 8. 1/10 sec

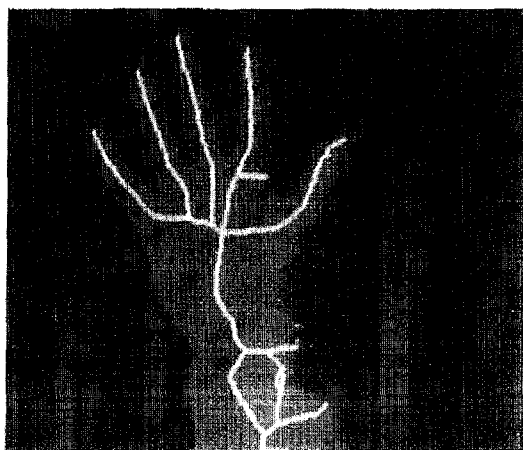


Photo3 : Extraction du squelette, 1/3 sec

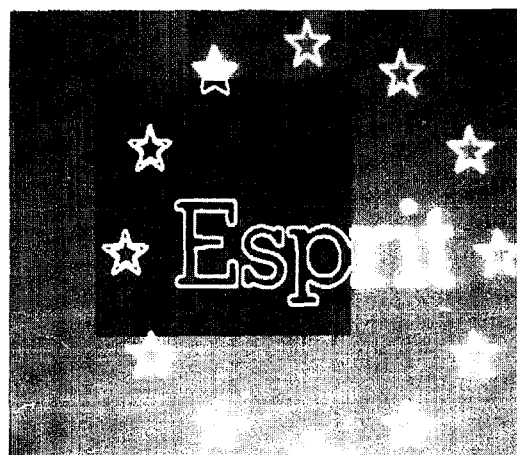


Photo 6: Execution d'algorithme dans une fenetre, gestion par le FENETREUR, 7ms .

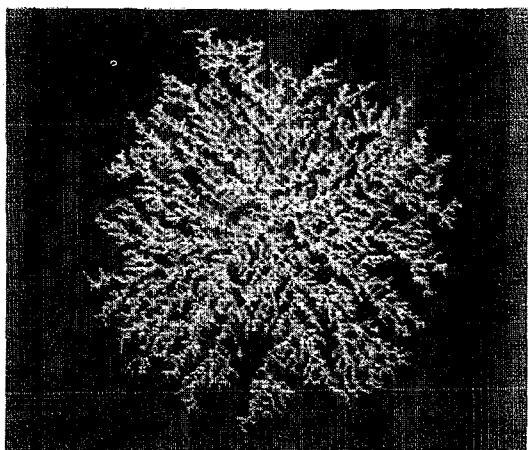


Photo 4: Simulation d'une croissance dendritique.



Photo 7: Quatre extraction de contours, 1/25sec.



Photo5: Fractals aléatoires.

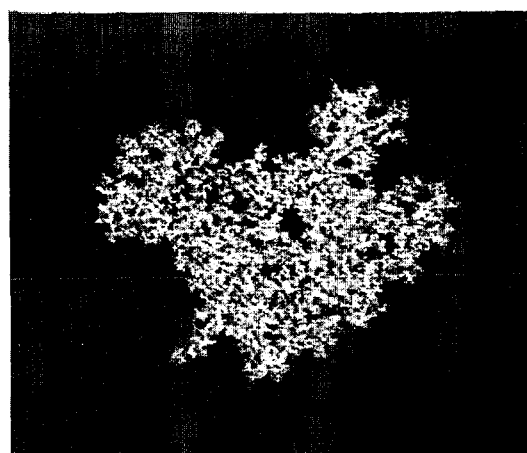


Photo 8: Calcul validé par un masque de forme quelconque .