

## ASIC DE SEGMENTATION D'IMAGES EN TEMPS REEL PAR APPRENTISSAGE

J. Mitéran\*(1), P. Gorria \*(1), M. Robert (2).

(1) Laboratoire GERE, Université de Bourgogne, I.U.T. du Creusot, 12 rue de la fonderie, 71200, Le Creusot.

\* membre du GDR134 du CNRS

(2) LIRMM CNRS URA 1480. Université Montpellier II. Place E.Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5

### RÉSUMÉ

Pour effectuer une segmentation ou un classement d'images, en temps réel, en vue de la détection de défauts, nous proposons l'intégration dans un ASIC d'une méthode de classification géométrique par apprentissage de polytopes de contraintes, qui autorise l'utilisation d'un grand nombre de paramètres et assure une vitesse de décision élevée. La simplicité de mise en oeuvre, la rapidité et la robustesse en classification de l'opérateur de décision associé à cette classification sont des qualités qui lui permettent de rivaliser avec les opérateurs neuronaux.

### ABSTRACT

To make a segmentation or to classify images in view of defect detection, in real time, we propose the integration under the form of a precharacterized circuit of a method of geometric classification by stress polytope training allowing the use of a large number of parameters and ensuring a high decision speed. Implementation simplicity, rapidity and sturdiness in classification of the decision operator associated to this classification, represent qualities enabling it to rival neuron operators.

### 1. Introduction

En vue de la classification d'objet ou de la segmentation d'images en temps réel, notamment en détection de défauts, le laboratoire GERE a développé un ASIC de classification par apprentissage. Cet opérateur possède la propriété de traiter les données de façon parallèle, ceci en se basant sur une méthode de classification géométrique, dite par polytopes de contraintes, mise au point par le même laboratoire. /GOR./MIT/

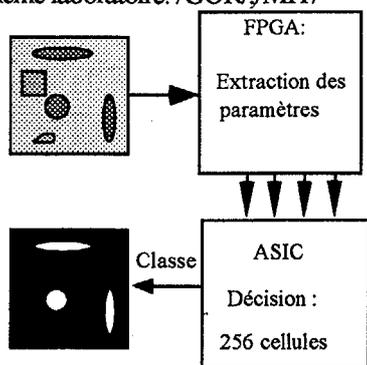


Fig. 1 Segmentation temps réel par ASIC de classification.

Pour classer un élément, on en extrait un vecteur de paramètres. Ce vecteur est fourni à la partie classification, qui donne sa décision concernant l'appartenance de l'élément à l'une ou l'autre des classes définies pendant l'apprentissage.

Ces opérations sont réalisées en temps réel (moins de 200 ns

par pixel) grâce à l'utilisation d'ASICs programmable en ce qui concerne l'extraction des paramètres, et de l'ASIC polytope en ce qui concerne la décision, selon la figure 1.

### 2. Méthode de classification géométrique

La phase d'apprentissage est basée sur un algorithme de découpe de l'espace des paramètres en hyperrectangles, ou polytopes: on soumet au système un certain nombre de mesures de référence ainsi que les classes théoriques auxquelles ces points appartiennent (sur la figure 2 est représenté un exemple à deux classes: C0 symbolisée par "o", C1 par "+").

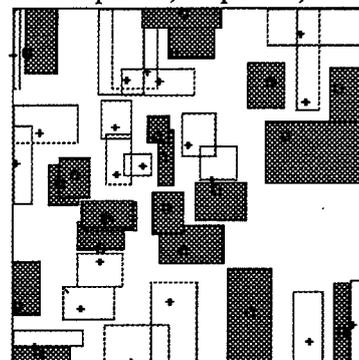


Fig 2: Contraintes locales autour d'un échantillon d'apprentissage.

La méthode consiste alors à élaborer une contrainte locale autour de chaque point d'apprentissage, puis à fusionner ces



contraintes de manière à diminuer au maximum le nombre d'hyperrectangles (Fig 3), tout en vérifiant la non-intersection des espaces réservés pour chaque classe. /ICH/

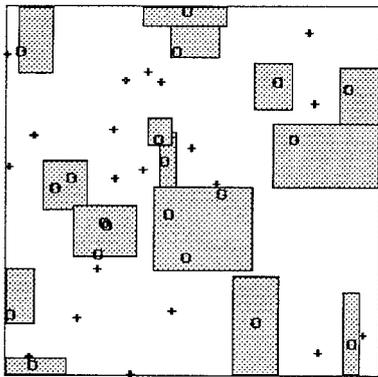


Fig. 3: Après fusion.

La phase de décision (Fig. 4) pour une nouvelle mesure consiste simplement à vérifier si le point appartient à au moins un des hyperrectangles (il sera alors déclaré de classe C0) ou à aucun (classe C1).

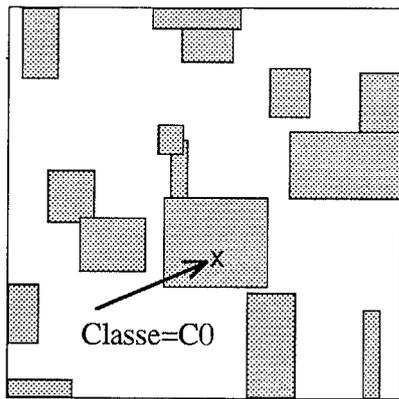


Fig. 4 : Phase de décision.

Pour obtenir cette vérification, il suffit d'effectuer des doubles comparaisons du type:

$$\text{borne inférieure} < \text{mesure } x_k < \text{borne supérieure}$$

où les bornes inférieures ( $a_{ik}$ ) et supérieures ( $b_{ik}$ ) sont celles d'un polytope donné  $i$ , pour un paramètre donné  $k$ . Pour un exemple à  $p$  polytopes,  $n$  paramètres, nous aurons donc  $p.n$  doubles comparaisons à faire parallèlement pour donner la classe d'un élément (typiquement  $32 \times 4$  ou  $64 \times 4$  doubles comparaisons).

L'étude des performances de l'opérateur a été menée théoriquement et pratiquement, et a montré que l'opérateur est robuste, c'est à dire que ses performances ne se dégradent pas lorsque l'on ajoute des paramètres aléatoires à un ensemble de paramètres déjà discriminants.

### 3. Intégration

Afin de réaliser une classification en temps réel, nous avons

développé un circuit VLSI qui effectue en parallèle les opérations décrites précédemment pour des vecteurs attributs de dimension huit.

La Figure 5 illustre l'organisation physique du composant, implanté sous forme de 256 cellules élémentaires. La figure 6 présente la structure d'une de ces cellules, composée d'un élément  $x_k$  du vecteur attribut, d'une borne inférieure  $a_{ik}$ , d'une borne supérieure  $b_{ik}$  et d'un ensemble logique de comparaison.

Chacune des cellules permet de vérifier la condition d'appartenance de l'attribut  $x_k$  à un intervalle  $I_k = [a_k, b_k]$  donné. Si cette condition est vérifiée, la sortie  $S_i$  prend la valeur logique 1, sinon elle prend la valeur logique 0.

Un décodeur de sortie 256 vers 4 indique en sortie le rang de l'ensemble de cellules qui prend la valeur logique 1, ce qui caractérise la classe du vecteur attribut.

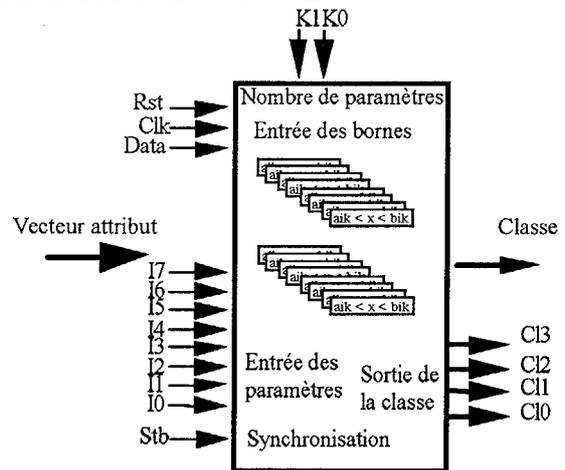


Fig.5: Organisation physique.

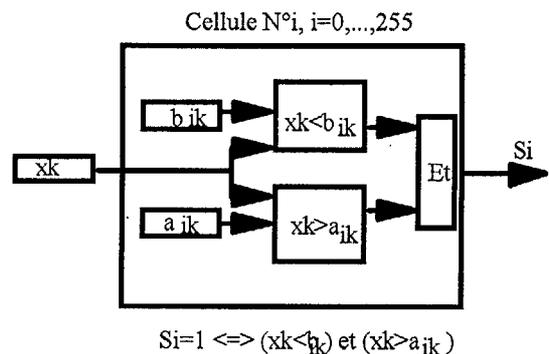


Fig. 6: Cellule élémentaire.

Les bornes  $a_{ik}$  et  $b_{ik}$  sont chargées en série à la mise sous tension du circuit. Les signaux  $K1$  et  $K0$  permettent de configurer l'ASIC pour 2,4 ou 8 paramètres.

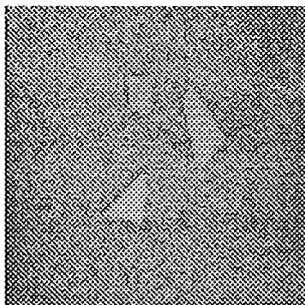
Le circuit effectue l'ensemble des comparaisons ( $x_k > a_{ik}$ ) et ( $x_k < b_{ik}$ ) en moins de 100 ns et fournit en sortie la classe du vecteur attribut présenté en entrée. Si l'on souhaite augmenter le

nombre de paramètres, le nombre de classes, ou le nombre de polytopes, il est possible d'augmenter le nombre de cellules en cascasant indéfiniment les composants.

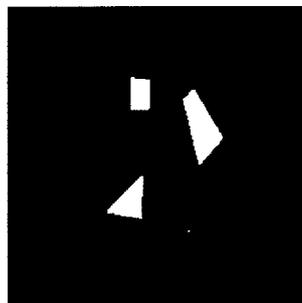
Ce circuit a été développé au LIRMM de Montpellier, dans l'environnement Cadence Solo 2030 en technologie 1.5 $\mu$ m, et a conduit à une intégration "Full Custom" des 512 comparateurs dans un composant moins de 50 mm<sup>2</sup>.

#### 4. Résultats

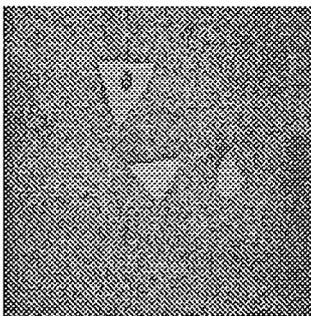
Voici un exemple de résultat obtenu par cette méthode de classification géométrique. Il s'agit de segmentation d'images texturées. Nous avons réalisé l'apprentissage à l'aide de l'image 7a et de la même image segmentée 7b. Après extraction des paramètres, élaboration puis fusion des contraintes, nous avons appliqué la décision sur chaque pixel de l'image 7c, ce qui nous a donné l'image 7d. Les paramètres utilisés dans ce cas sont des valeurs de luminance moyenne et de gradient moyen sur des fenêtres de différentes tailles autour du point considéré. Les polytopes sont au nombre de 4, pour 8 paramètres.



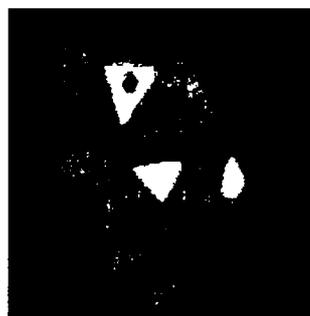
7a: Image d'apprentissage.



7b: Image segmentée.



7c: Image test.



7d: Image test segmentée.

#### 5. Conclusion

Finalement, la simplicité de mise en oeuvre, l'aspect massivement parallèle de cette architecture, la robustesse en classification de la méthode, sont des qualités qui lui permettent de soutenir la comparaison avec les opérateurs neuronaux.

#### Bibliographie

- /BLA/ W.E. Blanz et S.L. Gish, "A real-time segmentation system using a connectionist classifier architecture", *International journal of pattern recognition and artificial intelligence*, vol. 5, N°4, pp 603-617, 1991.
- /COX/ C.E. Cox, W.E. Blanz, "GANGLION- A real Field-programmable gate array implementation of a connexionist classifier", *IEEE journal of solid state circuits*, vol 27, N° 3, pp 288-299, Mars 1992.
- /DUD/ R. Duda et P. Hart, "Pattern classification ans scene analysis", New-York, Wiley, 1973.
- /DUB/ B. Dubuisson, "Diagnostic et reconnaissance des formes", *Traité des nouvelles technologies*, Hermes, Paris, 1990, chap 3.
- /GOR/ P.Gorria, Y.Gour, J.Midol-Monnet "Classification géométrique par polytopes de contraintes", *Treizième Colloque GRETSI Traitement du signal* page 1129-1132 Juan les Pins Sept. 1991
- /ICH/ M. Ichino, "A nonparametric multiclass pattern classifier", *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, vol. 9, N° 6, pp 345-352, Juin 1979.
- /MAT/ G. Matthews et J. Hearne, "Clustering without a metric", *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 13, N°2, pp 175-184, Février 1991.
- /MIT/ J. Mitéran, P. Gorria, M. Elloumi, "Architecture programmable pour l'intégration d'un classifieur géométrique", *Colloque Controle Qualité par Vision Artificielle*, Le Creusot, Mai 1993.
- /ROB/ M. Robert, M. Paindavoine, P. Gorria, "Architectures for integration of real time image processing systems.", *IEEE VLSI Signal Processing*, pp 267-276, Octobre 1992.

#### Mots clefs:

Segmentation, Image, Temps réel, ASIC, Classification, Apprentissage, Polytope, Hyperrectangle.