

# HUITIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS



NICE du 1<sup>er</sup> au 5 JUIN 1981

---

## METHODE DE DESCRIPTION DE CARACTERES PAR APPROXIMATION POLYGONALE

G. BOUVIER, J. HERAULT

E.N.S.E.R. (L.S.B.R.F.) 23, avenue des Martyrs - 38031 GRENOBLE CEDEX

---

### RESUME

Nous proposons une méthode de description de caractères par un ensemble fini de segments de droite.

Un filtrage non-linéaire, selon un modèle de réseau de neurones à inhibitions latérales récurrentes, effectue un "échantillonnage spatial", adapté aux composantes de la forme d'entrée. Les points qui appartiennent aux singularités du caractère : angles vifs, extrémités de segments, sont isolés.

Les centres de gravité des nuages d'échantillons définissent les extrémités des segments de description.

La détermination du polygone de description est faite par un critère de choix qui optimise l'approximation du graphisme.

Une telle description est bien adaptée à la reconnaissance rapide de caractères multifontes.

L'information est réduite, mais les propriétés topologiques sont conservées même en présence de bruit.

### SUMMARY

A description of alphanumeric characters is proposed by means of a finite set of straight lines.

A non-linear filter based on a nerve net model with "backward lateral inhibitions" realizes a spatial sampling, adapted to the input character components. The pixels that belong to singularities of the signal are enhanced : sailliant angles, ends of lines ...

The barycenters of the sample clusters define the end points of the describing segments, optimally determined in order to fit the structure of the character.

Such a description is well adapted to high speed multifont character recognition : the information quantity is well reduced, but topological properties are preserved even in the presence of noise.



## METHODE DE DESCRIPTION DE CARACTERES PAR APPROXIMATION POLYGONALE

---

### INTRODUCTION

Le problème clé du prétraitement en reconnaissance de forme, consiste en une paramétrisation optimale de formes élémentaires, conduisant à une description non redondante et contenant un maximum d'informations sur la structure.

En règle générale, les signaux sont acquis, échantillonnés puis digitalisés, et la définition nécessaire pour ne perdre à priori aucune information utile, doit être grande et même redondante. Le volume d'informations élémentaires à traiter est de ce fait très important.

On cherche à réduire cette redondance, tout en conservant les propriétés topologiques de la forme :

- l'information relative à la largeur du tracé sur la forme brute, est éliminée, soit par des algorithmes de squelettisation [8, 10, 11], soit par le mode d'acquisition dans le cas d'entrée par tablette graphique [1, 6].

- le codage à l'aide de segments de droite par exemple (approximations polygonales) [5, 9, 10] ou par des chaînes de vecteurs (code de Freeman), réduit le nombre de composantes de description [7, 10].

La méthode que nous proposons ici, est une description polygonale à partir d'un prétraitement de la forme brute qui sélectionne les points caractéristiques de celle-ci. Ce prétraitement est une copie du comportement de certains modèles de réseaux nerveux dits "à inhibitions latérales récurrentes" [3, 4], qui ont la propriété de réaliser un échantillonnage spatial adapté à la topologie du signal d'entrée.

Ainsi, en partant d'un échantillonnage initial relativement précis, nous obtenons une description de la forme par un nombre de points réduit qui contient toute l'information de structure.

## METHODE DE DESCRIPTION DE CARACTERES PAR APPROXIMATION POLYGONALE

### FILTRAGE NON-LINEAIRE PAR MODELE DE RESEAU NERVEUX

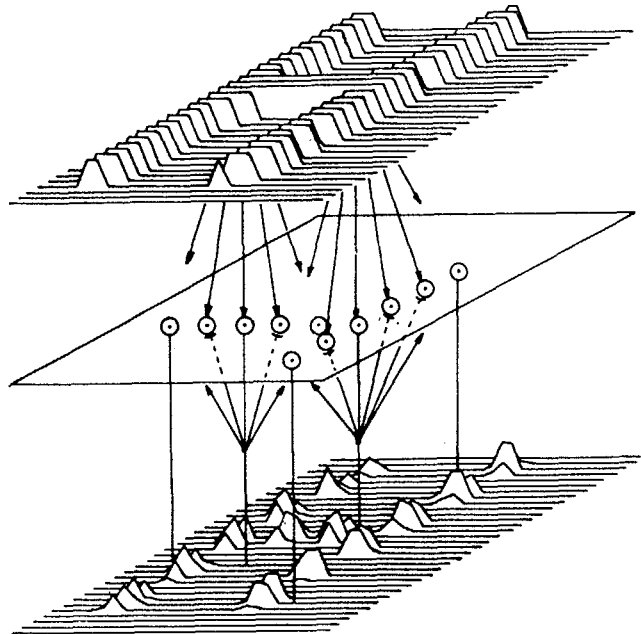
D'un point de vue simpliste (mais suffisant pour le problème qui nous intéresse), le NEURONE est un élément non-linéaire pourvu d'entrées excitatrices et d'entrées inhibitrices, dont la fréquence  $S$  des influx en sortie est proportionnelle à la différence entre les sommes pondérées des fréquences d'influx  $e_i^+$  et  $e_k^-$  afférents aux entrées excitatrices et inhibitrices. Cette relation est limitée par des non-linéarités de seuil et de saturation :

$$S = A \left[ \sum_i \alpha_i e_i^+ - \sum_k \beta_k e_k^- - \epsilon \right] \quad (1)$$

avec les restrictions  $S = 0$  si le second membre est négatif ou nul  
 $S = \text{Sat}$  si le second membre est supérieur à  $\text{Sat}$ .

- $\alpha_i$  et  $\beta_k$  sont des coefficients de pondération positifs
- $A$  est le gain de neurone
- $\epsilon$  est le seuil d'excitation du neurone.

**Figure 1.** : Principe du traitement par réseau nerveux à inhibitions latérales récurrentes. Le nombre d'opérateurs élémentaires (neurones) est égal au nombre d'échantillons de la forme d'entrée. La structure du réseau ( $\rightarrow$ : excitations,  $\dashrightarrow$ : inhibitions), a la propriété de discrétiser le signal d'entrée en sélectionnant les points caractéristiques.



Le RESEAU NERVEUX qui nous intéresse est une structure dite "à inhibitions latérales récurrentes", telle qu'on la rencontre à divers niveaux du système nerveux sensoriel et central. Dans une telle structure, les cellules sont disposées selon un maillage carré, réalisant un échantillonnage fin de l'espace, elles reçoivent chacune des excitations de toute une région de l'espace d'entrée et des inhibitions d'une autre région (incluant la première) de l'espace des sorties (Fig. 1). Les excitations sont une convolution du signal d'entrée par une fonction  $\alpha$ , les inhibitions sont une convolution du signal de sortie du réseau par une fonction  $\beta$ .



## METHODE DE DESCRIPTION DE CARACTERES PAR APPROXIMATION POLYGONALE

L'expression du signal en sortie d'un neurone de coordonnées  $(m, n)$  est alors :

$$S(m, n) = A \left[ \sum_{i=-a}^{+a} \sum_{j=-a'}^{+a'} \alpha(i, j) E(m-i, n-j) - \sum_{k=-b}^{+b} \sum_{l=-b'}^{+b'} \beta(k, l) S(m-k, n-l) - \varepsilon \right] \quad (2)$$

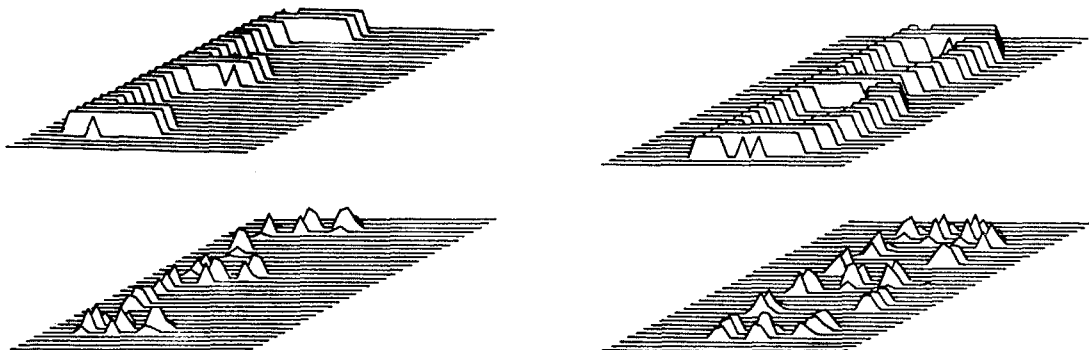
avec pour restriction :  $0 \leq S \leq \text{Sat}$

- $A$ ,  $\varepsilon$ ,  $\alpha$  et  $\beta$  sont les mêmes qu'en (1).
- $a$ ,  $a'$ ,  $b$  et  $b'$  sont les limites des domaines de définition de  $\alpha$  et  $\beta$ .
- $E(m, n)$  est le signal d'entrée.

Cette expression évoque la réponse d'un filtre récursif bidimensionnel, mais la non-linéarité du neurone exclut toutes les méthodes classiques d'étude de ce type de filtre. Seule une étude expérimentale [3, 4], a permis d'en caractériser les propriétés, dont les traits principaux sont les suivants :

- Une amélioration du rapport Signal/Bruit due au lissage par la fonction  $\alpha$  et seuillage par le paramètre  $\varepsilon$ .
- Un effet de filtrage passe-haut dû à la rétroaction du filtrage passe-bas de  $S$  par la fonction  $\beta$ .
- La convolution  $\beta * S$  peut aussi être considérée comme un effet de seuillage adaptif.

Pour certaines valeurs du gain  $A$  et de la fonction  $\beta(k, l)$ , le système d'équations (2) devient instable et présente un régime d'oscillations spatiales. Ces oscillations limitées en amplitude par la non-linéarité des neurones, conduisent à une périodisation de la forme d'entrée évoquant une sorte d'échantillonnage spatial (Fig. 1 et 2).



**Figure 2.** : Exemples de discrétisation adaptative du signal d'entrée.

Les "échantillons" sont positionnés selon les singularités du graphisme d'entrée (angles vifs, extrémités de segments) et selon les propriétés spatiales du réseau de neurones : la périodicité est une fonction du réseau, elle s'adapte aux dimensions de la forme analysée.

## METHODE DE DESCRIPTION DE CARACTERES PAR APPROXIMATION POLYGONALE

Les "échantillons" (nuages de points pour lesquels  $S(m,n) \neq 0$ ) sont disposés selon deux règles :

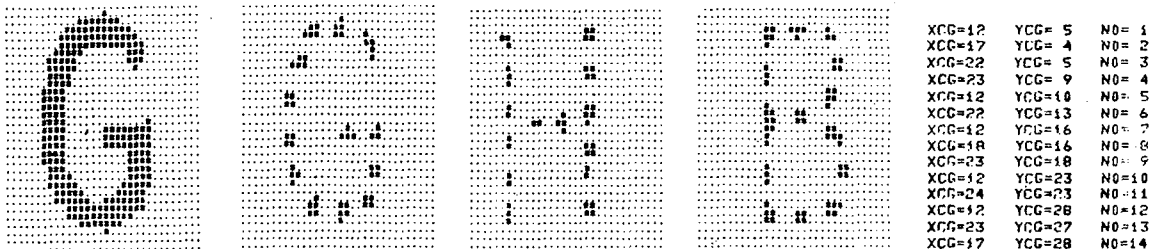
- \* Un point singulier de la forme d'entrée est toujours échantillonné.

- \* La "période" d'échantillonnage est définie par la structure du réseau (fonction  $\beta(x, y)$ ) et les dimensions de la forme d'entrée.

On obtient ainsi une description du graphisme par un nombre minimal d'échantillons disposés aux points caractéristiques de sa structure : extrémités de segments, angles vifs.

### DESCRIPTION D'UN CARACTERE ALPHANUMERIQUE PAR UN ENSEMBLE DE POINTS

Une représentation simplifiée du signal de sortie peut se concevoir en ne conservant que les points  $(m,n)$ , tels que  $S(m,n)$  est supérieur à un seuil donné (Fig. 3). On note alors une redondance encore importante de la description par nuages de points, et nous rechercherons une représentation plus concise en définissant le centre de gravité de ces nuages : les coordonnées du centre de gravité sont les valeurs moyennes pondérées par  $S(m,n)$  des coordonnées  $(m,n)$  sur le domaine du nuage :



**Figure 3.** : Discretisation d'une forme d'entrée.

La forme d'entrée (p.e. le G à gauche) est définie par 250 pixels non nuls. Le traitement donne, pour les caractères G, H et B une description réduite à 13 ou 14 nuages de points et précise les coordonnées XCG et YCG du barycentre de chaque nuage.

On obtient ainsi, une description de la forme d'entrée par un nombre minimal de points : l'ensemble des barycentres des nuages. Ils sont centrés sur le squelette de la forme et, compte tenu du réseau utilisé, un caractère majuscule de l'alphabet n'est jamais représenté par plus de 17 points. A partir de ce mode de description, deux méthodes de classification peuvent être envisagées :

Une analyse statistique des coordonnées des barycentres, permet la construction d'un classifieur de type bayésien. Cette méthode résulte en une perte considérable d'information structurelle et n'est efficace que pour un nombre limité de fontes.

Nous préférons une description structurelle par approximation polygonale, ce qui permet l'utilisation d'un classifieur syntaxique, mieux adapté à la reconnaissance multifontes.



## METHODE DE DESCRIPTION DE CARACTERES PAR APPROXIMATION POLYGONALE

### RECHERCHE D'UN POLYGONE DE DESCRIPTION

Chaque doublet de points définissant un segment, il existe au maximum  $C_{17}^2 = 136$  segments possibles. Tous n'appartiennent pas au graphisme du caractère et, dans un premier temps nous sélectionnerons ceux dont tous les points sont contenus dans la forme brute d'entrée.

La figure 4 montre le résultat de cette sélection.

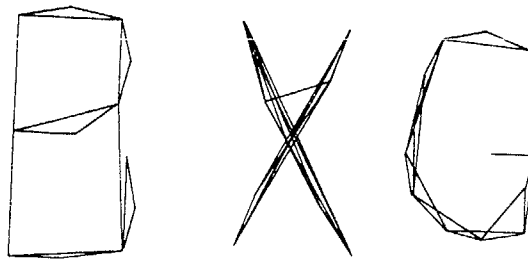


Figure 4. : Description polygonale par des segments de droites dont tous les points sont inclus dans la forme brute.

Il est évident que cette description des caractères n'est pas optimale, il y a encore trop de redondance : les zones à courbure non nulles sont décrites par de multiples segments inclus dans l'épaisseur du graphisme d'entrée. Il s'agit maintenant d'appliquer un critère de choix pour ne conserver que les segments utiles.

### OPTIMISATION DU POLYGONE DE DESCRIPTION

On remarque sur la figure 4 que les segments redondants sont toujours situés dans les zones concaves de la forme analysée. Pour les éliminer, il suffit de rechercher le chemin le plus long qui relie deux points non contigus. Cette technique est montrée à la figure 5 : On recherche parmi les trois côtés du triangle A B C, le plus long (AB) et on l'élimine. Le chemin A B est alors défini par A C et B C. Cet algorithme, appliqué de proche en proche à des groupes de trois points appartenant à des figures fermées, réduit d'une manière simple la redondance initiale (figure 6)

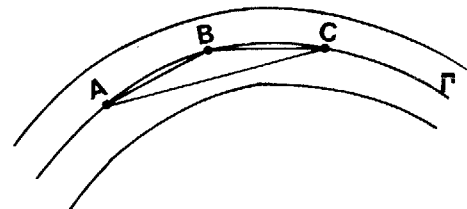


Figure 5. : Les points A C B étant disposés sur le squelette  $\Gamma$  de la forme, la meilleure approximation est obtenue par les segments A C et C B.

METHODE DE DESCRIPTION DE CARACTERES  
PAR APPROXIMATION POLYGONALE

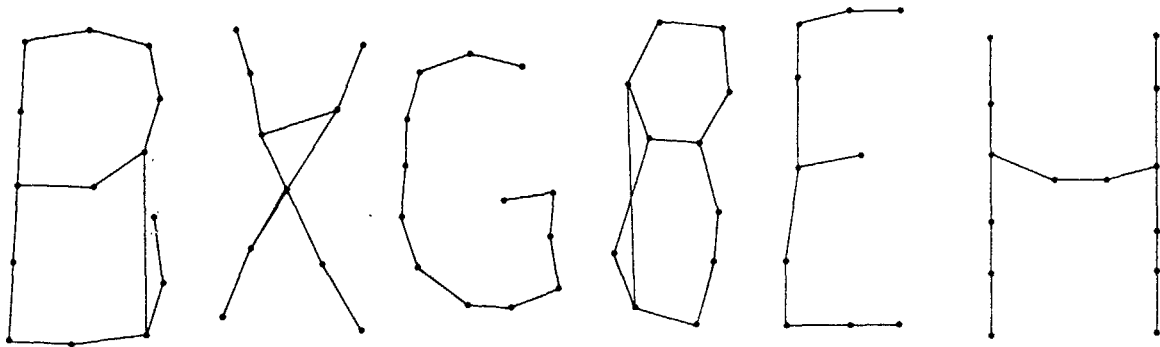


Figure 6. : Représentation de quelques caractères alphanumériques après optimisation de la description polygonale.

## DISCUSSION

L'ensemble des algorithmes présentés est actuellement implanté sur miniordinateur 16 bits. Le modèle de réseau nerveux comporte 32 X 32 neurones (échantillonnage initial), les coefficients  $\alpha_{(i,j)}$  ont une répartition gaussienne centrée d'écart-type 2 ou 3, les coefficients  $\beta_{(k,l)}$  sont équirépartis sur  $k, l \in [-3, +3]$ . Une version câblée du modèle a déjà été réalisée, elle permet d'obtenir les points caractéristiques en quelques millisecondes [2].

La recherche des polygones descripteurs peut paraître encore peu optimisée (il manque certains segments, d'autres sont redondants), mais les résultats obtenus sur un alphabet complet ne sont pas générateurs d'ambiguïtés. Au besoin, selon les problèmes rencontrés, on pourra, soit adapter la structure du classifieur de reconnaissance, soit affiner l'algorithme de recherche des polygones sans ajouter un excès de complexité.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. BERTHOD  
Expérimentation sur l'échantillonnage de tracés manuscrits en temps réel.  
Proces. 1er Congrès AFCET - IRIA, Châtenay-Malabry, Février 1978 pp. 421-426
- [2] L. DISSEAUX, P. JAN, J.C. PIETREMENT  
Système de traitement d'images.  
Projet d'élèves ingénieurs - ENSER-INP - Grenoble (1979)
- [3] J. HERAULT  
Le traitement de l'information dans les structures nerveuses.  
Thèse de Doctorat es Sciences - USM - INP - Grenoble (1980)
- [4] J. HERAULT, G. BOUVIER, A. CHEHIKIAN  
A new algorithm for image processing based on the properties of neural nets.  
Jl. de Physiques- Lettres- 41, 75-78 (1980)



METHODE DE DESCRIPTION DE CARACTERES  
PAR APPROXIMATION POLYGONALE

---

- [5] G. LORETTE  
Algorithmes de représentation de lignes polygonales.  
Proces. 2ème Congrès AFCET - IRIA, Toulouse Septembre 1979, pp. 158-165
- [6] W.W. LOY, I.D. LANDAU  
An on-line procedure for recognition on hand-written alphanumeric characters.  
Proc. of the 5th intl. Conf. on Pattern Recognition, Miami USA (1980)
- [7] L. MICLET  
Cours de reconnaissance de formes.  
Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications (1978)
- [8] M. PAVEL  
Squelettes de catégories d'images  
Note comptes rendus Acad. Sci. A-282 - 751, 754 (1976)
- [9] J. PAVLIDIS  
A review of algorithm for shape analysis. Computer graphics and image processing 7.  
pp. 243-258 (1978)
- [10] A. ROSENFELD  
Picture processing.  
Acad. Press (1969)
- [11] S. TOHME  
Prétraitement du chiffre manuscrit.  
Proces. 1er Congrès AFCET - IRIA, Châtenay-Malabry, Février 1978 pp. 568-576