

## FUSION DE REGIONS SUR CRITERES GEOMETRIQUES

Sylvie PHILIPP, Jean-Pierre COCQUEREZ

Equipe de Traitement des Images et du Signal, ENSEA  
Les Chênes Pourpres, 95014 Cergy-Pontoise Cedex  
GDR 134

### RESUME

Dans le cadre de l'interprétation d'images aériennes comportant des bâtiments, nous présentons un algorithme de polygonalisation basé sur un suivi des contours puis le calcul d'un paramètre de forme sur une région, qui est sa ressemblance à un parallélogramme. Nous présentons enfin un algorithme de fusion de régions ayant des côtés parallèles conduisant à la reconstitution de parallélogrammes.

Notre étude se situe dans le cadre de l'interprétation d'images aériennes de zones urbaines ayant pour but l'identification des bâtiments. Ces derniers ayant des formes polyédriques, nous exploitons les segments de droite associés aux frontières des régions résultant d'une segmentation. Nous proposons dans cet article un algorithme de polygonalisation puis un algorithme de fusion de régions qui raffine les résultats de la segmentation en vue d'une meilleure reconnaissance.

### 1 POLYGONALISATION

De nombreux algorithmes de polygonalisation de contours ont déjà été proposés, la plupart cherchant à minimiser la distance entre une portion de contour et un segment de droite. C'est le cas des algorithmes de Ramer [1], de Sklansky [2], de Pavlidis [3]. Certains stockent tous les points de contour (Ramer), ce qui nécessite un parcours préalable du contour et induit des calculs assez lourds. Les résultats de certains algorithmes (Ramer, Sklansky) dépendent du premier point étudié, qui doit être de préférence un sommet du futur polygone. Tous les algorithmes, y compris celui de Chébaro [4] nécessitent une phase de fusion des segments colinéaires.

### ABSTRACT

Within the context of the interpretation of aerial images, we present an algorithm of polygonalisation based on the following of the edges and a shape attribute of a region, which is its resemblance with a parallelogram. An algorithm of merging of regions having parallel edges is then exposed, leading to parallelogram reconstitution.

L'algorithme basé sur les "îlots de confiance" proposé par Chébaro *et al.* a l'avantage d'être simple et rapide puisqu'il ne calcule pas de distance entre contour et segments de droite. Nous avons adopté la première partie de cet algorithme, celle qui extrait les îlots de confiance et modifié la deuxième partie, qui ferme le polygone. L'algorithme de Chébaro utilise des automates qui travaillent sur les chaînes de Freeman des contours en 8-connexité. Ces automates recherchent des motifs de 1, 2 ou 3 directions se répétant consécutivement dans le contour (fig. 1).

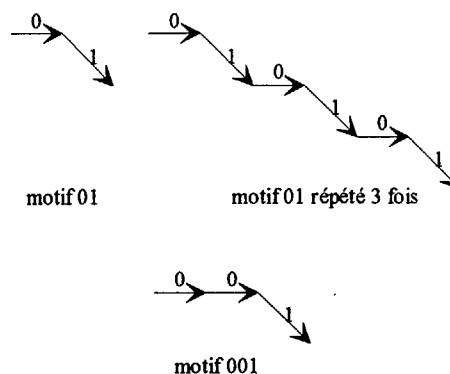


Figure 1 : exemples de motifs de 2 et 3 directions

Les motifs de 1 direction extraient les segments de directions 0 et 45 degrés modulo 90 (fig. 2), ceux de 2



directions extraient les segments de directions 27 et 63 degrés (mod 90) et ceux de 3 directions extraient les segments de directions 18, 34, 56 et 72 degrés (mod 90).

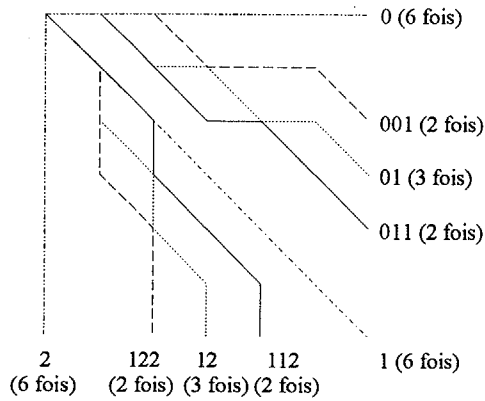


Figure 2 : les chaînes de 1, 2 et 3 directions

La figure 2 montre les segments que l'on peut détecter en prenant 6 motifs identiques pour les chaînes de 1 direction, 3 motifs identiques pour les chaînes de 2 directions et 2 motifs identiques pour les chaînes de 3 directions (sur un quart du plan seulement). Avec ces trois seuls automates, on recouvre le plan discret par des segments de droite dont les directions diffèrent d'au plus 11 degrés, sauf pour les directions proches de 0 degré (mod 90) où l'on a une lacune de 18 degrés. On peut le combler en ajoutant le motif de 4 directions 0001 et les 7 autres motifs obtenus par symétrie, qui extraient les segments de directions 14 et 76 degrés (mod 90) et le motif de 5 directions 00001 et les 7 autres motifs obtenus par symétrie, qui extraient les segments de directions 11 et 79 degrés (mod 90).

La deuxième partie de l'algorithme consiste à fermer au mieux le polygone en s'appuyant sur les "îlots de confiance" extraits et en restant proche du contour. Selon leur position respective, les segments de droite vont être fusionnés ou prolongés. Dans le cas où on ne peut ni fusionner ni prolonger, on ajoutera un segment intermédiaire [4,5].

La structure de données utilisée pour fermer le polygone est une liste chaînée de segments, créée lors de la phase de recherche des motifs. Chaque suite de motifs identiques est stockée sous la forme d'un segment orienté muni d'un pointeur vers le segment suivant. L'algorithme suivant ferme le polygone en un seul parcours de cette liste chaînée.

L'algorithme examine à chaque étape deux segments consécutifs de la liste,  $s = (A,B)$  et  $t = (C,D)$ . On note *long* la longueur du contour (comptée en somme de 1 et

de  $\sqrt{2}$ ) entre les points B et C et *suiv* représente le segment suivant  $t$  dans la liste.  $d$  est la distance euclidienne.

Algorithme de polygonalisation

cas 1 (fig. 3a et 3b)

SI  $s$  et  $t$  sont parallèles et de même sens et  $d(B,C) < \text{seuil}0$

fusionner  $s$  et  $t$  en  $(A,D)$   
 $s \leftarrow (A,D)$ ;  $t \leftarrow \text{suiv}$

cas 2 (fig. 3c)

SI les supports de  $s$  et  $t$  se coupent en  $P$  et  $d(A,P) > d(B,P)$  et  $P \notin (A,B)$  et  $d(D,P) > d(C,P)$  et  $P \notin (C,D)$  et  $|\text{long} - (d(B,P) + d(P,C))| < \text{seuil}1$

$B \leftarrow P$ ;  $C \leftarrow P$   
 $s \leftarrow t$ ;  $t \leftarrow \text{suiv}$

cas 3 (fig. 3d)

SINON  
 insérer le segment  $(B,C)$   
 $t \leftarrow (B,C)$

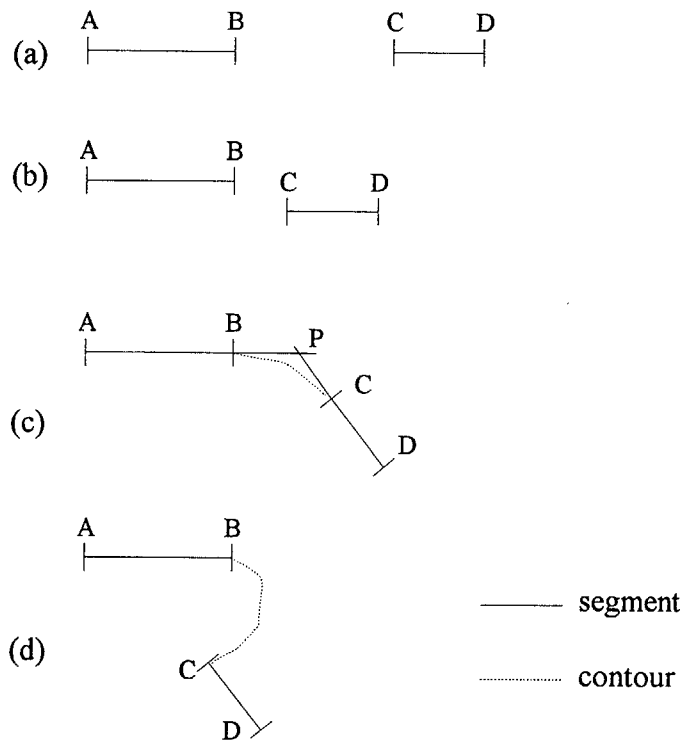


Figure 3 : positions relatives de 2 segments

Pour pouvoir fermer le polygone, il faut avoir extrait suffisamment de segments sûrs lors de la première



phase. L'algorithme comble alors les trous entre les segments et fournit les sommets du polygone avec une résolution subpixelle (lors de la création des points P).

Certaines applications telles que celle que nous présentons ensuite ne nécessitent pas la fermeture complète du polygone. Celle-ci peut être en effet imprécise si le contour est trop bruité et qu'un trop faible pourcentage du contour a pu être approximé par des segments. L'insertion d'un segment (B,C) (cas 3) ne se fait que si celui-ci est suffisamment proche du contour. L'algorithme est alors modifié ainsi :

#### Algorithme de polygonalisation incomplète

cas 1 et 2 inchangés

cas 3

SI  $|long - (d(B,C))| < \text{seuil2}$  et  $d(B,C) > \text{seuil0}$

insérer le segment (B,C)

$t \leftarrow (B,C)$

cas 4

SINON

$s \leftarrow t; t \leftarrow \text{suiv}$

Il est judicieux de prendre  $\text{seuil0}$  égal à la longueur minimale des segments de droite.

On examine le dernier et le premier segments comme les autres couples de segments consécutifs; l'algorithme est donc indépendant du point de départ choisi.

Le parcours du contour se fait toujours dans le même sens, tous les segments sont stockés dans un parcours horaire du contour ce qui sera utile pour la phase de fusion.

## 2. APPROXIMATION D'UNE REGION PAR UN PARALLELOGRAMME

Parmi les attributs de forme que l'on peut calculer sur une région de l'image, on utilise souvent la "ressemblance" à des rectangles ou à des cercles. L'approximation par un parallélogramme est pourtant très utile en imagerie aérienne [6]. Il est difficile de définir dans l'absolu le parallélogramme approximant au mieux une région de forme quelconque. Nous nous sommes fixés les critères suivants : ce parallélogramme

est circonscrit à la région et ses côtés sont parallèles à des directions apparaissant souvent dans le polygone d'approximation.

On recherche donc toutes les directions des segments (non nécessairement jointifs) obtenus par la polygonalisation. On considère ceux-ci comme des vecteurs et on recherche les vecteurs parallèles; on somme les vecteurs parallèles et de même sens et on soustrait ceux de sens contraire. Pour chaque direction, on a ainsi fabriqué un vecteur parallèle à un ou plusieurs côtés du polygone et dont la longueur est la somme de ces côtés. On extrait ensuite les deux vecteurs dont le produit vectoriel est maximal, ils correspondent à deux des directions les plus fréquentes, on les appelle directions principales des côtés. Nous ne prenons pas les deux directions engendrant les vecteurs les plus longs, qui peuvent être très proches, mais le critère du produit vectoriel maximal offre un bon compromis entre des vecteurs longs et un angle suffisamment ouvert.

Nous appellerons MPA, le **meilleur parallélogramme approximant**, c'est le parallélogramme circonscrit à la région, dont les côtés sont parallèles aux deux directions principales. Ce n'est pas obligatoirement le parallélogramme de plus faible surface englobant la région.

Pour chaque région on peut alors calculer le pourcentage d'approximation par un parallélogramme; c'est le rapport de la surface de la région multiplié par 100 et de la surface du MPA. Cette dernière est calculée à partir du produit vectoriel précédent.

## 3. FUSION DE REGIONS

L'image segmentée est représentée sous la forme d'un graphe d'adjacence des régions [6], chaque région étant affectée d'un certain nombre de paramètres (dont le pourcentage d'approximation par un parallélogramme), qui pourront servir à la reconnaissance ou être employés comme critères de fusion. Les régions sont étudiées par ordre de surfaces décroissantes; les plus petites régions ne sont pas étudiées, car la polygonalisation et le critère de ressemblance à un parallélogramme n'ont alors plus de sens. On cherche à fusionner chaque région avec une région adjacente plus grande, dont la moyenne des niveaux de gris n'est pas trop éloignée et ayant deux couples de côtés parallèles.



Le but est en effet de reconstruire des formes géométriques, telles que des parallélogrammes ou des trapèzes, qui ont été partagées en plusieurs régions par une sursegmentation (due au bruit ou à la présence de petites structures parasites) (fig. 4). Il existe dans ce cas deux couples de vecteurs  $(u_1, v_1)$  et  $(u_2, v_2)$  colinéaires et de même sens, tels que  $u_i$  appartienne à l'une des régions et  $v_i$  appartienne à l'autre. On ne considère pour chaque région que les vecteurs parallèles aux deux directions principales des côtés. Les vecteurs étant stockés dans le même sens de parcours pour toutes les régions, les vecteurs appartenant à la frontière commune sont toujours de sens opposés dans les deux régions.

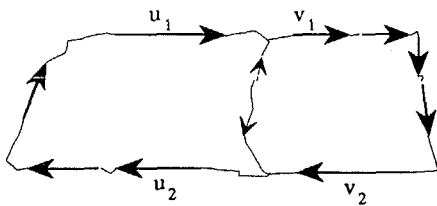


Figure 4 : principe de la fusion de 2 régions adjacentes

L'algorithme ne nécessite pas de seuil, hormis pour le parallélisme de deux segments. Celui-ci est fixé à un angle de 18 degrés pour être cohérent avec la première partie.

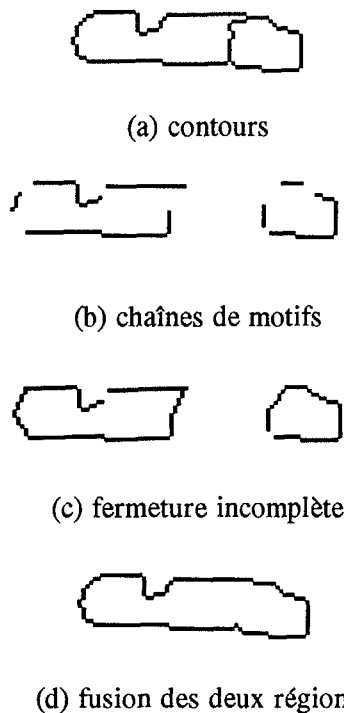


Figure 5 polygonalisation et fusion de régions

Des résultats d'approximation polygonale et de fusion de régions sont présentées sur des images

aériennes réelles (fig. 5). Les contours ont été obtenus avec l'opérateur NAGDIF, puis fermés [7].

Les segments de droite ont une taille minimale de 4 pixels; seuil0 a donc été fixé à 4, les autres seuils (seuil1 et seuil2) valent toujours 3.

## CONCLUSION

Nous avons proposé un algorithme très rapide de polygonalisation de région. Chébaro [4] a montré que l'algorithme de polygonalisation basé sur l'extraction d'îlots de confiance est plus performant que les autres algorithmes cités en référence. Cet algorithme peut s'appliquer également sur des contours de régions non fermés, on ne travaille alors que sur les points de contour "sûrs".

Les segments obtenus nous permettent d'une part de calculer un paramètre d'approximation par un parallélogramme très utile dans notre système de reconnaissance des bâtiments [6]; ils sont d'autre part exploités pour la fusion de régions basés sur des critères géométriques en vue d'améliorer la segmentation.

## REFERENCES

- [1] U. RAMER, "An iterative procedure for the polygonal approximation of plane curves" *Computer, Graphics and Image Processing*, 1, p. 244-256, 1972
- [2] J. SKLANSKY, V. GONZALEZ, "Fast polygonal approximation of digitized curves", *Pattern Recognition*, vol. 12, n° 5, pp 327-331, 1980
- [3] T. PAVLIDIS, S.L. HOROWITZ, "Segmentation of plane curves", *IEEE Trans. on Computer*, vol. C-23, n°8, pp. 860-870, 1974
- [4] B. CHEBARO, L. MASSIP-PAILHES, S. CASTAN, "Description polygonale basée sur l'extraction d'îlots de confiance", 8ème RFIA, Villeurbanne, Nov. 1991
- [5] M. ZAHID, J-P. COCQUEREZ, S. PHILIPP "Localisation et reconstruction de bâtiments à partir d'un couple stéréoscopique d'images aériennes", 8ème Congrès AFCET RFIA Lyon, novembre 1991
- [6] J-P. COCQUEREZ, P. GAUSSIER, S. PHILIPP "Système d'interprétation mixte : réseau de neurones, système-expert appliqué aux images aériennes", *revue Traitement du Signal*, vol. 8, n°6, pp 421-439, 1992
- [7] R. DERICHE, J-P. COCQUEREZ, G. ALMOUZNI "An efficient method to built early image description", 9th International Conference on Pattern Recognition, Rome, July 1988