

# Algorithme de regroupement d'objets sur une image binaire

Salim Djeziri et Fathallah Nouboud

Département de mathématiques et d'informatique

Université du Québec à Trois-Rivières

C.P. 500 Trois-Rivières (QC) Canada G9A 5H7

Email : djeziri@uqtr.quebec.ca, nouboud@uqtr.quebec.ca

## Résumé

Nous présentons un algorithme pour regrouper des objets sur une image binaire. Le regroupement d'objets est réalisé par la recherche d'enveloppes polygones qui inclue chacune un amas d'objets. L'algorithme génère automatiquement une courbe initiale fermée de petite taille localisée sur un premier objet puis, par un processus itératif de croissance de courbes, il étale cette courbe autour des objets à proximité du premier. A la fin des itérations, la courbe obtenue constitue une enveloppe qui regroupe des objets proches. Nous détaillons le processus de croissance ainsi qu'un processus complémentaire qui se charge de "simplifier" une courbe fermée en éliminant sa partie croisée. Un paramètre unique donné sous forme d'une constante ou d'une fonction de croissance permet de contrôler la croissance itérative des courbes. Le choix approprié d'une fonction de croissance permet de fixer des directions privilégiées de croissance et d'adapter la recherche d'enveloppes à la forme globale des objets présents sur l'image. Des exemples sur une image binaire ainsi que sur l'écriture illustrent l'algorithme. L'algorithme est rapide et constitue une approche intéressante comme outil général pour le regroupement d'objets binaires sur une image.

**Mots clés :** Déformation de courbes, regroupement, segmentation, croissance.

## 1 Introduction

La binarisation d'images en niveau de gris permet d'isoler les objets présents du fond de l'image. Elle est souvent mise en œuvre par une technique de seuillage sur le niveau de gris [1]. Elle constitue une étape primordiale dans un grand nombre de systèmes de vision par ordinateur, car elle fournit les caractéristiques essentielles des objets à analyser relatives à la forme, à la taille, etc. Cependant, ces informations ne sont pas toujours directement mesurables car les objets extraits de la binarisation peuvent être composés de parties disjointes. Une autre segmentation tente alors de regrouper des parties

éparses pour former l'entité à analyser ou à reconnaître. Le cas de la reconnaissance d'écriture manuscrite hors ligne constitue un cas typique de ce problème de regroupement où des traits pourtant disjoints, appartiennent à la même entité de lettre ou de mot.

Ce problème de regroupement est souvent traité de manière ad-hoc selon le contexte de l'application ou selon les connaissances sur la forme des objets ainsi que de leurs positions relatives. Par exemple en reconnaissance d'écriture manuscrite, le regroupement est souvent réalisé par la recherche d'un rectangle enveloppant les parties d'écriture. La localisation de l'écriture sur un chèque, repose sur des distances par rapport aux lignes directrices du chèque [2][3][4].

De manière générale, le regroupement de parties binaires formant un objet à analyser peut être résolu de diverses façons. Le regroupement hiérarchique basé sur la recherche de la plus petite distance entre objets permet de faire ressortir les groupes d'objets les plus proches. Cependant, le coût de calcul est assez prohibitif puisqu'il faut d'abord déterminer les pixels constituant chaque objet connexe, puis déduire la distance entre deux objets comme la distance minimale parmi tous les couples de points chacun pris dans un objet. Une autre approche, basée sur la dilatation morphologique, permettrait aussi de regrouper des objets. L'idée est de dilater chaque objet jusqu'à ce qu'au moins deux objets se touchent pour les regrouper. Il y a alors nécessité de balayer l'image autant de fois qu'il y a d'objets et que ceux-ci sont éloignés les uns des autres. Ce qui conduit à un taux de calcul prohibitif.

Dans cet article nous proposons une méthode de regroupement d'objets binaires en recherchant des enveloppes, sous forme de lignes polygones fermées non nécessairement convexes, qui regroupent des amas d'objets. Le principe est de faire croître une courbe fermée, initialement petite et localisée sur un objet, jusqu'à ce qu'elle englobe différents objets. L'algorithme est basé sur un processus itératif de croissance de courbes, dont le principe est utilisé avec

succès en segmentation d'images en niveau de gris. En outre il permet la détection de plusieurs contours à partir d'une seule courbe initiale [5]. Dans l'algorithme de regroupement, la croissance de courbes est contrôlée par un pas de d'extension qui peut être fixe ou dépendre du point de la courbe. On peut générer à partir d'une courbe initiale quelconque une série de courbes dont la croissance est privilégiée sur certaines directions. Par exemple les courbes peuvent être plus allongées horizontalement que verticalement, etc. En section 2, nous exposons le principe du processus de croissance ainsi que l'effet du pas d'expansion sur l'évolution des courbes. Nous montrons aussi comment résoudre le cas de courbes non convexes dont la croissance produit des courbes fermées entrelacées ou non simples. En section 3, nous utilisons ce processus de croissance au sein d'un algorithme pour le regroupement d'objets binaires et discutons l'influence du pas d'extension sur le résultat du regroupement. L'algorithme de regroupement génère des courbes initiales et enclenche le processus de croissance jusqu'à un critère d'arrêt spécifié. En section 4, nous discutons de l'intérêt de cette approche par rapport à l'approche classique basée sur le regroupement hiérarchique

## 2 Principe de croissance polygonale

On peut définir la croissance d'une ligne polygonale fermée, par toute transformation qui respecte les critères suivants :

- La courbe polygonale obtenue délimite une aire plus grande que celle délimitée par la courbe initiale.
- La forme globale de la transformée est similaire à la forme de la courbe initiale.

Le premier critère traduit la dynamique d'une croissance. Il est facilement vérifiable car l'aire délimitée par une ligne polygonale est calculable. Par contre, le deuxième critère reposant sur la notion de similarité de forme, est moins facile à mesurer car la similarité entre formes géométriques peut être abordée de plusieurs manières. On admettra cependant que la courbe transformée sera définie par plus de points. Ce qui lui conférera une meilleure résolution.

L'algorithme de croissance que nous proposons, est un processus itératif dont chaque itération est composée de deux étapes successives, chacune relative à un des critères précédent.

L'étape de croissance déplace chaque point de la courbe initiale sur la normale à celle-ci en ce point. Soit  $C^k$  un polygone fermé défini à l'itération  $k$  par les points  $\{P_1^k, P_2^k, \dots, P_N^k\}$ . Chaque point  $P_i^k$  est défini par ses coordonnées  $(x_i^k, y_i^k)$ . Les points  $P_i^{k+1}$  de

$C^{k+1}$  sont obtenus en déplaçant  $P_i^k$  sur la normale définie par la perpendiculaire au segment  $P_{i-1}^k P_{i+1}^k$ . Ce déplacement est exprimé par la relation suivante :

$$\begin{cases} x_i^{k+1} = x_i^k + \alpha(x_i^k, y_i^k)(y_{i+1}^k - y_{i-1}^k) \\ y_i^{k+1} = y_i^k - \alpha(x_i^k, y_i^k)(x_{i+1}^k - x_{i-1}^k) \end{cases}$$

où  $\alpha(P)$  représente la distance de déplacement du point  $P^k$  sur la normale dirigée vers l'extérieure de la courbe.  $\alpha(P)$  peut être égale à une constante ou varier selon le point de la courbe. Dans le cas où elle est maintenue constante, les courbes obtenues ont une croissance uniforme car les points de  $C^{k+1}$  se trouvent à égale distance de ceux de la courbe précédente  $C^k$ .

La deuxième étape procède à l'insertion éventuelle de points supplémentaires entre les points de la courbe obtenue à l'étape précédente. L'ajout d'un point entre  $P_i^k$  et  $P_{i+1}^k$  est conditionné par la longueur du segment  $P_i^k P_{i+1}^k$ . Si cette longueur dépasse un certain seuil  $L_s$ , le point milieu du segment  $P_i^k P_{i+1}^k$  est inséré entre  $P_i^k$  et  $P_{i+1}^k$ .

Dans [5], les auteurs montrent que lorsque  $\alpha$  est fixée à une constante et que  $L_s$  a une valeur de l'ordre de  $2.\alpha$ , l'ensemble des points de toutes les courbes obtenues aux cours de toutes les itérations, se répartissent quasi-uniformément sur le plan. Autrement, la densité des points n'est pas uniforme sur le plan. Nous nous fixons la même contrainte  $L_s=2\alpha$ , même lorsque  $\alpha()$  n'est pas une constante.

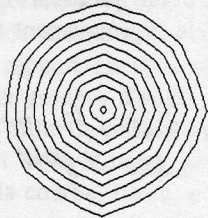
Au niveau implantation, les courbes sont définies par des listes chaînées de nœuds. Chaque nœud intègre les coordonnées d'un point ainsi que l'état de celui-ci : bloqué ou non-bloqué. Un état bloqué pour un point signifie que celui-ci ne peut être déplacé.

A titre d'exemple, la figure 1, représente quelques évolutions chacune spécifique d'une fonction  $\alpha(P)$  donnée.

Quand la courbe n'est pas convexe, son élargissement peut produire une courbe non simple avec des bras ou des parties entrelacés. Il y a alors apparition de courbes secondaires fermées. Un deuxième processus transforme la courbe entrelacée en une courbe simple. Ce processus parcourt la courbe et détecte les intersections éventuelles de segments. Lorsque deux segments se croisent, l'algorithme modifie simplement le chaînage des points de la liste définissant la courbe, voir figure 2. A ce niveau, l'algorithme se retrouve avec deux listes chaînées représentant deux courbes l'une incluse dans l'autre. Celle qui est incluse dans l'autre est éliminée tandis que

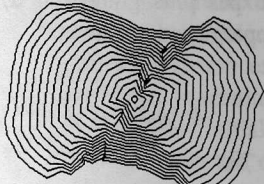
l'autre devient la courbe simple sur laquelle s'appliquera de nouveau la croissance.

Croissance Uniforme



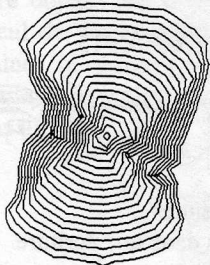
$$\alpha(P) = C^{ste}$$

Croissance à prédominance verticale



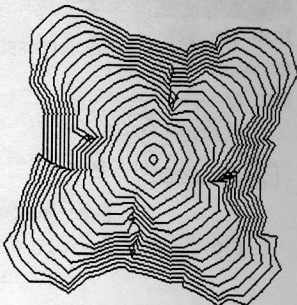
$$\alpha(P) = \begin{cases} L_s / 2 & \text{si } |\theta| < 1 \\ L_s / 4 & \text{sinon} \end{cases}$$

Croissance à prédominance verticale



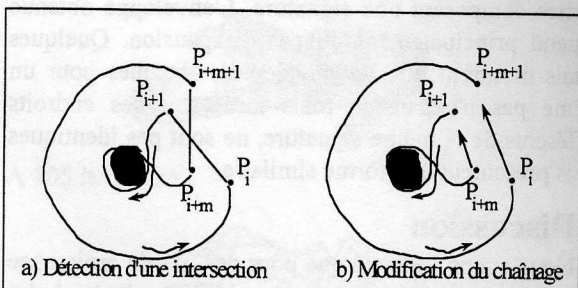
$$\alpha(P) = \begin{cases} L_s / 2 & \text{si } |\theta| > 1 \\ L_s / 4 & \text{sinon} \end{cases}$$

Croissance suivant quatre directions



$$\alpha(P) = \begin{cases} L_s / 2 & \text{si } |\theta - 1| < 1/2 \\ L_s / 4 & \text{sinon} \end{cases}$$

**Fig. 1** Contrôle de la forme de croissance des courbes par la fonction  $\alpha$ . Ces courbes sont obtenues à partir de la même courbe initiale formée par un hexagone.  $\theta$  représente la tangente de l'angle entre la normale en un point P de la courbe et l'axe des x.



**Fig. 2** Modification de chaînage après détection d'intersection. Cette procédure permet à l'enveloppe de rester simple.

### 3 Principe de regroupement

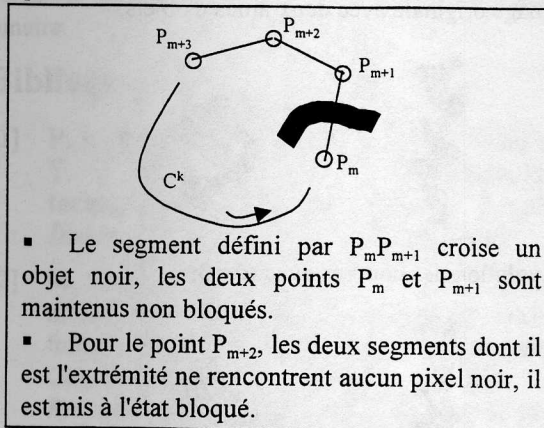
Appelons  $T(.)$  le processus de croissance tel que défini précédemment, de sorte que :  $C^{k+1} = T(C^k)$ . Le principe de l'algorithme de regroupement est de commencer par une courbe initiale  $C^0$  localisée sur une partie d'un objet, puis d'appliquer itérativement la transformation  $T()$ . A chaque fin d'itération,

l'algorithme redéfinit l'état de chaque point selon un critère spécifique. L'algorithme s'arrête lorsque tous les points de la courbe sont dans un état bloqué.

#### 3.1 Critère de blocage des points

Un point  $P_i$  de la courbe est mis à l'état bloqué si les deux arêtes dont il fait partie :  $P_{i-1}P_i$  et  $P_iP_{i+1}$  ne croisent aucun pixel d'un objet.

En pratique, ceci revient à prospector tous les points qui définissent le tracé des segments  $P_{i-1}P_i$  et  $P_iP_{i+1}$  sur l'image pour vérifier si un pixel de ces segment appartient à un objet. La figure 3, illustre le critère adopté.



**Fig. 3** Critère pour le blocage de points

#### 3.2 Algorithme de regroupement

Au début du traitement, l'algorithme génère une petite courbe initiale localisée sur le premier pixel noir rencontré au cours d'un balayage directe de l'image. Il procède alors à l'expansion de cette courbe jusqu'à l'arrêt complet de celle-ci. La courbe s'est alors agrandie jusqu'à englober certains objets proches entre eux. L'intérieur de la courbe est alors étiqueté de manière à ne permettre à aucun pixel noir s'y trouvant d'être le lieu d'une nouvelle initialisation de courbes. L'algorithme balaye de nouveau l'image, génère une courbe initiale localisée sur un nouveau pixel noir, procède à l'expansion de celle-ci et ainsi de suite. L'algorithme s'arrête lorsque tous les pixels de l'image sont englobés par une courbe. La courbe initiale pouvant être toute courbe fermée, nous choisissons d'initialiser systématiquement par un triangle.

Tant qu'il reste des pixels noirs non inclus dans une courbe, faire :

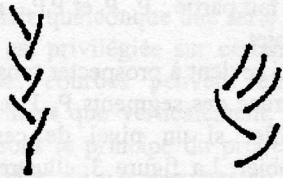
Étape 1 : Initialisation

- Balayer l'image pour prendre le premier pixel  $X_0$  non inclus dans une des courbes déjà trouvées.
- Définir une courbe initiale  $C^0$ , dont un des points se trouve en  $X_0$ , mettre  $k=0$ .

Étape 2 : Croissance

Tant qu'aucun point de la courbe  $C^k$ , n'est bloqué, faire :

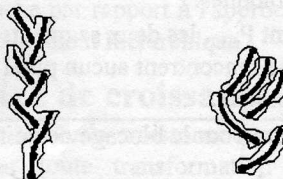
- Déduire  $C^{k+1}$  de  $C^k$  par  $C^{k+1} = T(C^k)$ ,  $k=k+1$ ,
- Simplifier la courbe par détection d'intersection puis modification de chaînage.



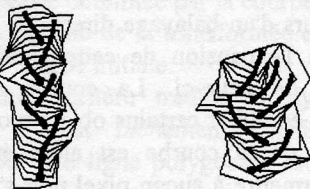
a) Image originale avec deux amas d'objets.



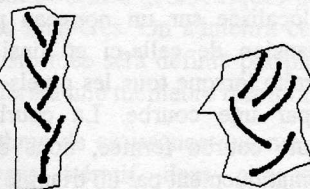
b) Évolution des courbes avec  $\alpha = 3$ .



c) Envelopes obtenues.



d) Évolution des courbes avec  $\alpha = 12$ .



e) Envelopes obtenues.

Fig. 4 Regroupement d'objets binaires avec un pas  $\alpha$  constant.

La figure 4, illustre le résultat de l'algorithme sur une image binaire avec une fonction de croissance  $\alpha(P)$  uniforme, pour deux valeurs du pas d'expansion. Sur cet exemple, l'image originale est constituée de divers objets formant visiblement deux amas distincts. Pour un pas d'expansion petit, l'algorithme détecte deux

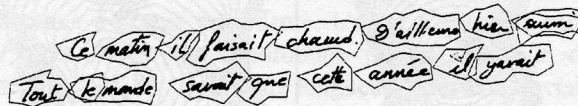
sous amas à gauche de l'image et cinq amas entourant chaque objet dans la partie droite de l'image. A l'évidence, le pas d'expansion étant assez petit, l'algorithme ne regroupe que des objets proches. Avec un pas plus grand, en d) et e), le regroupement fait apparaître deux amas.

*Ce matin il faisait chaud. D'ailleurs hier aussi.  
Tout le monde savait que cette année il y avait*

Image originale scannée à 150dpi.



Courbes de croissances avec  $L_s = 15$ .



Envelopes obtenues

Fig. 5 Segmentation de mots dans une écriture manuscrite.

La segmentation de l'écriture manuscrite peut être traitée en choisissant une fonction de croissance  $\alpha(P)$  à prédominance horizontale adaptée à l'écriture comme le montre la figure 5. On peut y déceler le croisement de certaines enveloppes entre elles et même l'inclusion de certaines enveloppes dans d'autres comme le point du "i" en fin de phrase. La figure 6 représente une application de notre algorithme pour regrouper les parties composant une signature. L'enveloppe obtenue dépend principalement du pas d'expansion. Quelques essais montrent que les enveloppes obtenues pour un même pas d'expansion mais initiées à des endroits différents de la même signature, ne sont pas identiques mais présentent une forme similaire.

## 4 Discussion

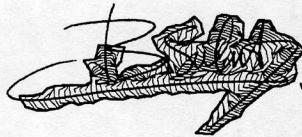
Nous avons constaté que pour des pas de croissance identiques mais avec des courbes initiales situées à des endroits différents d'un même objet connexe, les enveloppes polygonales n'étaient pas identiques mais présentaient une même forme globale typique de l'objet. La cause principale est que l'ajout de points dans la procédure de croissance, n'est pas systématique. Un ajout systématique de points, chargerait la courbe et alourdirait la procédure. Le pas de croissance constitue un paramètre important dans l'évolution des courbes de croissance ainsi que sur le résultat du regroupement. Pour des petits pas de l'ordre du pixel, les courbes de croissance successives conservent la forme globale de

l'objet, comme le feraient des dilatations morphologiques successives. Pour de grands pas de croissance, la forme globale est moins respectée mais l'algorithme nécessite moins d'itérations et devient plus rapide. La valeur du pas de croissance doit être fixée par rapport à la distance maximale tolérée pour agréger deux groupes d'objets. Lorsque le pas d'expansion est de l'ordre de cette distance maximale tolérée, le résultat peut différer nettement suivant la localisation initiale de la courbe. La forme globale n'est plus conservée et les enveloppes peuvent contenir des objets différents.

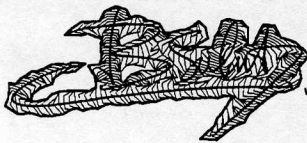
Des essais effectués sur des images binaires, confirment une nette rapidité de notre algorithme par rapport à l'approche classique basée sur la distance entre objets. En effet, l'algorithme n'effectue pas de calcul de distance alors que l'approche classique doit évaluer la distance entre objets comme la distance minimale parmi tous les couples de points chacun pris dans un objet.



A 50 itérations



A 85 itérations



A 105 itérations



Enveloppe contenant la signature

**Fig. 6.** Délimitation de signature.

Évolution de l'algorithme au cours des itérations. La fonction de croissance est à prédominance horizontale.

## 5 Conclusion

Nous avons présenté un algorithme itératif de regroupement d'objets binaire fondé sur le principe de

croissance de lignes polygonales fermées. Le résultat de l'algorithme est constitué de différentes enveloppes, contenant chacune un amas d'objets. Le pas de croissance  $\alpha(P)$  constitue le paramètre unique à définir pour l'algorithme. Donné sous forme d'une constante ou d'une fonction qui dépend de chaque point de courbe, ce paramètre permet de contrôler les formes de croissance des courbes successives. Une connaissance a priori sur la répartition des objets à regrouper peut guider à un choix adéquat de la fonction de croissance. La méthode est rapide et conduit à des enveloppes qui épousent la forme globale des objets. La méthode constitue un outil général de segmentation d'images binaire.

## Bibliographie

- [1] P. K. Sahoo, S. Soltani, A. K. C. Wong and Y. C. Chen, "A survey of thresholding techniques", *Comput. Vision Graphics Image Process.*, 41, 1988, pp. 233-260.
- [2] M. Cheriet, J. N. Said and C. Y. Suen, "A formal model for document processing of business forms", *Proceedings of the Third International Conference on Document Analysis and Recognition*, Vol.1, pp. 210-213, August 14-16, 1995, Montreal, Canada.
- [3] Ke Liu, Ching Y. Suen, Christine Nadal, "Automatic extraction of items from chèque images for payment recognition", *Proceedings of ICPR 1996*, pp. 798-802
- [4] S. Djeziri, F. Nouboud, R. Plamondon, "Extraction of Items from Checks", *Proceedings of ICDAR ULM*, August 18-20, 1997 Germany.
- [5] Djeziri S., Petit E., Lemoine J., "Un algorithme de croissance de région par déformation géométrique de contours", *9ème Congrès RFIA-AFCET, Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle*, Vol. 1, pp. 715-720, Paris, Janvier 1994.
- [6] Heijmans Henk. J. A. M., "Morphological Image Operators", *Advances in Electronics and Electron Physics*, Academic Press, 1994.