

Détection de contours par une approche prétopologique

D. MAMMASS¹, S. DJEZIRI², F. NOUBOUD²

¹ Département de Mathématiques, Faculté des sciences, Université Ibnou Zohr,
B.P.28/S, Agadir, Maroc Fax:(212) (8) 22-01-00

² Département de Mathématiques et d'informatique, Université du Québec à Trois Rivières,
Case postale 500, 3351, Boul. des Forges, Trois Rivières (QC)G9A5H7.
e-mail : djeziri@uqtr.quebec.ca, nouboud@uqtr.quebec.ca

Résumé

Nous présentons une approche basée sur un formalisme prétopologique qui permet d'extraire les lignes de contours. Le choix de la prétopologie est motivée par le fait qu'elle intègre moins d'axiomes que la topologie, offrant ainsi plus de souplesse à l'application. Dans notre approche, la fonction adhérence est définie à partir d'une mesure de contraste sur le niveau de gris. Le formalisme est simple et conduit à un algorithme itératif basé sur une agrégation de pixels à partir de germes initiaux. L'algorithme initie un germe en prenant le point de l'image présentant le plus grand contraste. L'agrégation qui s'en suit, aboutit à une partie fermée de l'image composée d'une ligne de contours. Cette approche se distingue par son aspect dynamique car le résultat est évolutif faisant apparaître d'abord les lignes de contours les plus contrastées pour ensuite faire apparaître les lignes de moins en moins contrastées.

Mots Clés : Prétopologie, Détection de contours, Segmentation.

1. Introduction:

La détection de contours constitue un moyen souvent privilégié en segmentation d'images car elle offre une description aisée des objets présents à l'aide de leurs lignes de frontières. Une multitude de méthodes de détection de ces lignes de contours existent de nos jours. La majorité de ces méthodes utilisent une opération de dérivation numérique du premier ou du second ordre. Des masques de convolution (Sobel, Prewitt, etc...) constituant des approximations de dérivation spatiales en x et y de l'image $I(x,y)$, sont largement utilisées pour rechercher les lignes de discontinuité de luminance dans l'image [1]. Des filtres à réponse impulsionnelle infinie, comme les filtres de Canny [2] ou de Derriche [3], constituent une approche plus intéressante car elle permet de moduler, théoriquement du moins, les paramètres du filtre en fonction du modèle de contour recherché pour

optimiser des critères telles que : unicité du contour, bonne localisation et rapport signal sur bruit maximum.

Dans cet article, nous proposons d'extraire les lignes de contours, par une approche itérative basée sur un formalisme prétopologique d'agrégation de pixels. L'agrégation de pixels inclue un critère d'homogénéité évaluée à partir d'une mesure de contraste en niveau de gris.

L'intérêt de la prétopologie est d'avoir moins d'axiomes que la topologie, ce fait la rend moins contraignante et facilite son adaptation aux espaces discrets et donc au traitement des images [4][5][6]. Par exemple dans un espace prétopologique, la fonction adhérence n'est pas idempotente, ce qui lui permet des applications successives sur les objets. Les fermetures prétopologiques sont de bonnes candidates à la partition de cette image en parties connexes et homogènes au sens du critère associé à la structure prétopologique. La recherche des fermetures prétopologiques est faite par applications successives de la fonction adhérence sur des germes initiaux choisis dans l'image.

Au paragraphe 2, nous exposons brièvement les notions de base de la prétopologie. Au paragraphe 3, nous définissons le critère d'homogénéité associé à la prétopologie. Par la suite, nous élaborons l'algorithme itératif utilisé pour extraire les lignes de contours.

2. Notions de prétopologie

Voyons d'abord quelques aspects importants liés à la définition d'une prétopologie. Soient E un ensemble non vide et $P(E)$ l'ensemble des parties de E .

Toute fonction $a(\)$ définie sur $P(E)$ par: $a(\) : P(E) \rightarrow P(E)$ et vérifiant : $a(\emptyset) = \emptyset$ ainsi que $A \subset a(A)$ pour tout A dans E , est appelée adhérence sur E .

On peut définir une prétopologie sur E par une fonction intérieure. Une fonction intérieure peut se définir comme une fonction $i(\) : P(E) \rightarrow P(E)$ qui vérifient : $i(\emptyset) = \emptyset$ ainsi que $i(A) \subset A$ pour tout A dans E . L'espace prétopologique est alors noté (E, i) . A

noter que les fonctions adhérence et intérieure ne sont pas nécessairement duales, comme c'est le cas dans un espace topologique. Lorsqu'elles sont duales, on a : $i(A) = (a(A^c))^c$ où A^c désigne le complémentaire de A dans E .

Une propriété importante concerne la fermeture d'un ensemble A , A est dit fermé s'il vérifie : $a(A)=A$. La fermeture d'un ensemble A est notée $F(A)$ et est définie comme le plus petit fermé contenant A . Pour plus de détails se référer aux articles [4][5][6].

Une fonction adhérence sur une partie E de Z^2 peut être définie de la façon suivante :

$$a_8(A) = \{x \in E, V_8(x) \cap A \neq \emptyset\}$$

$V_8(x)$ désigne l'ensemble formé du point x et de ses huit voisins. (E, a_8) est la structure prétopologique associée à la base structurante $V_8(x)$. Cette fonction adhérence prend la même forme que l'élément structurant $V_8(x)$ après un certain nombre d'itérations et donne le même effet que la dilatation morphologique [8]. Pour éviter cet effet, nous allons définir une autre fonction adhérence $a_8^*(\cdot)$ qui tient compte de l'homogénéité entre un point et ses voisins.

3. Critère d'homogénéité associé

La mesure de contraste exprime l'écart d'un modèle de contour en escalier. Elle est calculée en recherchant le plus grand écart de palier en un point donné de l'image. Elle est définie par :

$$c(x) = \text{Max}_D \{|\eta(s_1) - \eta(s_2)|\}$$

où $\eta(s_i)$ désigne la moyenne de niveau de gris des pixels faisant partie du segment s_i . s_1 et s_2 sont deux segments pris de part et d'autre du point x sur une droite D , voir figure 1.

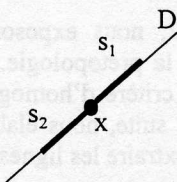


Fig. 1 La mesure $c(x)$ est évaluée à partir de toutes les droites D passant par x .

Les segments s_1 et s_2 ont la même longueur de 3 pixels. Le critère d'homogénéité entre 2 points est défini par :

$$|C(x) - C(y)| < \text{Seuil}$$

Ce critère permet de n'agréger que les pixels présentant un contraste de même ordre de grandeur.

Une ligne de contour est ainsi définie comme une ligne sur laquelle le contraste varie peu d'un pixel à un autre. De plus, on peut voir que l'ensemble des points qui vérifient ce critère constitue une classe

d'équivalence par rapport au critère d'homogénéité associé.

3.1 Procédure d'extraction :

Le principe de notre approche est d'aboutir à une extraction de lignes de contours, par l'obtention de toutes les parties fermées E_i de l'image. Un pixel initial ou germe, automatiquement choisi est utilisé pour enclencher le processus d'agrégation. Cette agrégation est itérative et finit par l'obtention de la fermeture prétopologique du germe. Le germe est choisi parmi les points de l'image non encore traités ou agrégés, qui ont une valeur de contraste au delà d'un certain seuil. La procédure s'arrête lorsqu'aucun pixel de l'image ne convient pour être pris comme germe initial.

Le seuil S est fixé de façon heuristique. Il permet d'éliminer une multitude de faux points de contours issus soit du bruit présent dans l'image soit simplement de variations faibles de luminance.

3.2 Algorithme :

- Initialiser CE le complémentaire de E , à toute l'image .
- Boucle : Tant que CE n'est pas vide, faire :
 - {
 - 1-Choix d'un germe initiale :
Prendre de CE , le point de l'image qui présente la valeur maximum de $c(x)$.
Si cette valeur est inférieure au seuil S , aller à Fin .
Sinon : Initialiser une nouvelle classe d'équivalence CG avec ce germe .
 - 2-Agrégation :
Tant que le cardinal de CG change, faire :
{
 - Considérer un point x de CE dont au moins un de ses voisins y est dans CG .
 - Inclure le point x dans CG si un des points y vérifient $|C(x) - C(y)| < S$.
 - Redéfinir le complémentaire CE , en lui soustrayant la classe CG .
 - }
 - }
- Fin : Afficher toutes les classes d'équivalence.

La figure 2 représente l'évolution du résultat sur une image de scène. On peut constater que les lignes qui apparaissent aux premières itérations sont les lignes de plus fort contraste. S'en viennent ensuite les classes ou les lignes de contours les moins contrastées sur l'image. Par rapport aux méthodes classiques d'extraction de lignes de contours, le résultat change au cours des itérations incluant à chaque fois de nouvelles classes d'équivalence. Chaque nouvelle classe d'équivalence

est constituée par un ensemble connexe de pixels formant une ligne de contour. Si le processus est arrêté avant la fin complète de l'algorithme, seules les lignes de fort contraste sont détectées.

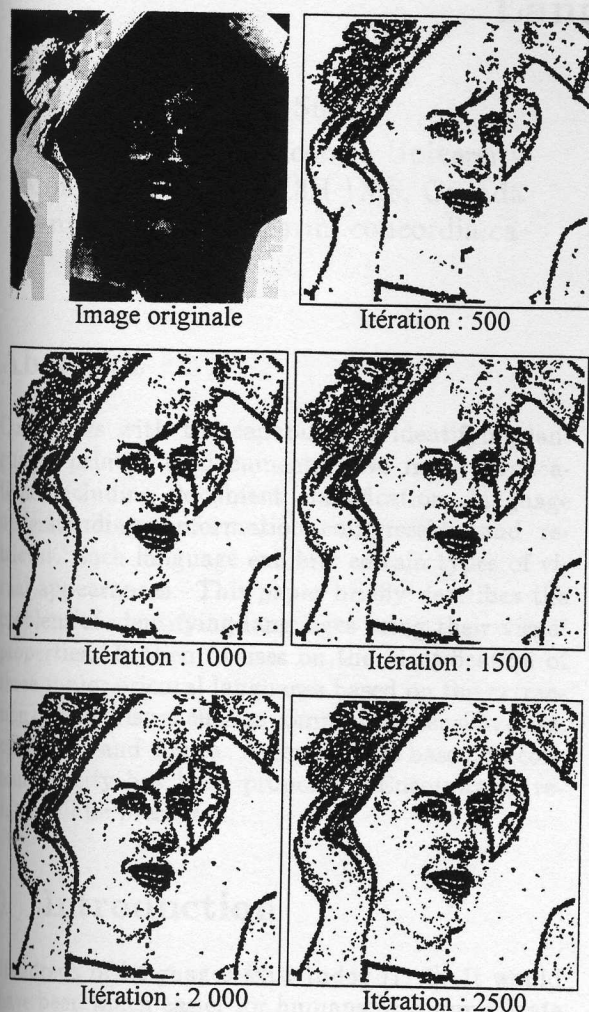


Fig. 2 Extraction itérative de lignes de contours

4. Conclusion

Nous avons présenté une approche prétopologique où la fonction adhérence est définie à partir d'une mesure de contraste de niveau de gris. Cette approche constitue un formalisme intéressant pour l'extraction de lignes de contours par le fait qu'elle définit celles-ci comme des classes d'équivalence ou des parties fermées de l'image. L'approche est mise en œuvre par un algorithme itératif de recherche de classes d'équivalence à partir de germes initiaux. De plus, l'évolution dynamique du résultat au cours des itérations, fait ressortir les lignes de contours par ordre de leur importance dans l'image. Par rapport aux méthodes classiques de détection de contours, elle offre

ainsi, l'avantage de dresser dès les premières itérations une esquisse des principales lignes de contours dans l'image. Le nombre d'itérations alloué à l'exécution de l'algorithme est directement lié à l'intérêt à faire ressortir les faibles lignes de contours dans une image. Cet avantage permet de restreindre l'analyse d'une image en s'intéressant à ses contours les plus significatifs.

Bibliographie

- [1] G. Granlund, M. Kocher, C. Horne, "Traitement numérique des images", sous la direction de Murat Kunt, *Presses polytechniques et universitaires romandes*; Paris, CNET-ENST, 1993.
- [2] J. Canny, "A computational approach to edge detection," *IEEE PAMI*, Vol. 8, n° 6, pp. 679-698, 1986.
- [3] R. Deriche, "Optimal edge detection using recursive filtering," *Proceedings First International Conference on Computer Vision*, London, pp. 501-505, 8-12 June, 1987.
- [4] M. Lamure, J.J. Milan, "A System OF Image Analysis Based On a Pretopological Approach", *Intelligent Autonomous System Proceeding*, pp. 340-345, 1987.
- [5] J.P. Auray, G. Duru, M. Lamure, M. Terrenoire, "Outils Prétopologiques Pour Le Traitement Des Images", *Actes Du Colloque "Analyse Des Problèmes Décisionnels Dans Un Environnement Incertain Et Imprécis"*, Reims (France) 1985, pp.135-145.
- [6] M. Archoum, M. Lamure : "Segmentation By Region Growing : A Methodological Approach Based on a Pretopological Concept", *International Conference On Optical Information Processing*, St Petersburg, Russia, 2-7 August, 1993.