

LA SEGMENTATION COOPERATIVE:
COMMENT COMBINER DETECTION DE CONTOURS ET
CROISSANCE DE REGIONS?

P.Bonnin*, B.Zavidovique**

* ETCA/CREA/SP et IUT de Villetaneuse Dépt GEII (Université Paris XIII)

** ETCA/CREA/SP et IEF Orsay

ETCA/CREA/SP 16 bis Av Prieur de la Côte d'Or 94114 Arcueil Cédex

tel: 16 1 42 31 97 59, fax: 42 31 99 64, email: pat@etca.fr

RÉSUMÉ

La plupart des applications complexes en "Vision par Ordinateur" nécessitent de disposer simultanément en fin d'étape de segmentation, des informations issues d'une détection de contours et d'une croissance de régions

La **Segmentation Coopérative** est une méthode permettant d'obtenir ces deux segmentations totalement compatibles. Elle combine les avantages de chacune prise séparément: la précision et la rapidité d'une segmentation en contours, la fermeture des frontières et la densité de l'information extraite d'une segmentation en régions.

I / Introduction

I.1) Besoins des Applications "Complexes"

La plupart des applications complexes en "Vision par Ordinateur" **nécessitent de disposer simultanément en fin d'étape de segmentation, des informations issues d'une détection de contours et d'une croissance de régions** [BB91] [Bon91] [Cha93]. La reconstruction 3D d'environnements structurés en est un exemple concret. Elle est une tâche essentielle à réaliser dans le cadre de la robotique dite de "troisième génération", c'est-à-dire mobile et autonome, car elle confère au robot l'aptitude à percevoir son environnement tridimensionnel, ie de le modéliser. Cette reconstruction 3D peut être obtenue à l'aide d'une ou de plusieurs caméras mobiles par des techniques de stéréovision et/ou mouvement.

En effet, les méthodes de reconstruction 3D par stéréovision mono (parfois appelé mouvement) bi ou tri -oculaire basées sur les contours ne permettent pas d'extraire une information 3D suffisamment riche : le système reconstruit uniquement des points 3D ou des segments 3D à partir desquels il va devoir générer des facettes planes. Les ambiguïtés d'appariement entre images (car rien ne ressemble plus à un segment d'une image qu'un autre segment de la même image à un endroit différent) font qu'un pourcentage non négligeable des points 3D ou des

ABSTRACT

Some Complex applications in "Computer Vision" require simultaneously results coming from different image processing operators, namely -edge and -region detectors,

The **Cooperative Segmentation** is a method which allows to obtain these two wholly compatible segmentation results. It gathers the advantages of both separately taken : accuracy and rapidity of an edge segmentation, the closed boundaries and the density of the extracted information of a region segmentation.

segments 3D sont érronés. En revanche les informations 3D correctes sont, sur le plan de la localisation, très précises.

L'information 3D obtenue par des méthodes de reconstruction 3D basées sur les régions est quant à elle beaucoup plus dense. Les régions étant une primitive globale, les ambiguïtés d'appariement diminuent. Par contre la précision de la localisation des information 3D est moins bonne dans le cas fréquent, où la reconstruction 3D est menée à partir des frontières de régions, du fait qu'il est difficile de contrôler correctement un algorithme de croissance de régions dans l'image.

Les propriétés complémentaires des deux types d'informations 3D recueillies (les avantages de l'un pallient les faiblesses de l'autre) nous montrent l'intérêt de disposer simultanément des contours et des régions.

Ce sujet de "*l'obtention d'une segmentation comportant les aspects contours et régions*" suscite maintenant l'intérêt de nombreuses équipes de recherche, c'est d'ailleurs la raison pour laquelle il a donné lieu à une journée de réunion du GRECO Segmentation (GT8) sur le thème : "*la coopération de méthodes en segmentation d'images*". A l'ETCA, il a fait l'objet d'une grande partie d'une thèse de doctorat [Bon91]. Nous n'avons malheureusement recensé que très peu de travaux dans ce domaine.



I.2) Segmentation Région et Contour

Les contours sont le reflet des propriétés de **différences locales** autour des pixels, les régions **d'homogénéité globale** sur toute une zone de l'image. Ces deux propriétés sont théoriquement duales: s'il existe des différences locales autour d'un pixel, il n'y aura pas théoriquement homogénéité globale sur toute zone de l'image incluant ce pixel et vice-versa. Mais les résultats obtenus à l'aide d'un détecteur de contours et d'une croissance de régions ne vérifient que très rarement la dualité précédente sur l'image entière. En effet, sur certaines parties de l'image, peuvent apparaître les incompatibilités suivantes: - un contour est situé à l'intérieur d'une région, - il n'existe pas de contour détecté sur la frontière commune entre deux régions adjacentes. La raison de l'apparition de ces incompatibilités entre les résultats des diverses segmentations est simple: régions et contours sont obtenus à l'aide de deux mécanismes de regroupement des pixels, dont le comportement est différent sur les parties difficiles à segmenter. La fusion des informations duales s'avère difficile à effectuer et l'algorithme de reconstruction 3D doit alors prendre la décision: "à quel opérateur faire confiance?", ce qui n'est pas son rôle. Des travaux récents [KB93] qui ont pour objet de trouver et de comparer diverses distances entre résultats de segmentation d'images pourraient résoudre ce problème. Associés à des méthodes plus classiques de fusion de données, par une minimisation de la distance moyenne, ils pourraient assurer la fusion.

La méthode **COOPÉRATIVE** que nous proposons évite ce genre de problèmes en garantissant deux segmentations dont les résultats sont mutuellement compatibles. Mieux, elle combine les avantages de chacune prise séparément: la précision et la rapidité d'une segmentation en contours, la fermeture des frontières et la densité de l'information extraite d'une segmentation en régions.

Après avoir défini le terme de Segmentation Coopérative, ses caractéristiques, ses limitations et avoir donné quelques exemples dans la littérature, nous présenterons notre méthode (détaillée dans [Bon91]), avant de conclure sur ses divers avantages.

II/ La Segmentation Coopérative

II.1) Définition

Nous définissons la segmentation coopérative comme étant une méthode de segmentation dans laquelle **plusieurs types de propriétés inhérentes à l'image sont simultanément pris en compte**. Dans notre méthode nous utilisons les différences locales et l'homogénéité globale, au travers de l'extraction **conjointe et simultanée des contours et des régions, incluant des échanges explicites d'information entre les deux détecteurs tout au long du déroulement du processus**.

Une telle segmentation se veut d'exploiter au mieux la **dualité** entre les propriétés, ce qui se traduit par une **complémentarité** au niveau des opérateurs. Ainsi, l'extraction d'un type de primitive sera **guidé** par les résultats de l'extraction du type dual, et vice-versa. C'est dans ce sens que l'on comprend parfaitement le terme "**Coopérative**".

Nous avons énoncé ce principe dès 1988 [BPZ88], lors de l'étude d'un système de poursuite en imagerie infra-rouge. Les primitives images étaient alors les points d'intérêt (primitive locale) et les régions (primitive globale).

II.2) Limitations

Sont exclues de cette définition les méthodes où **une carte des contours, définie au préalable, permet de guider une croissance de régions** (le but est uniquement d'obtenir une segmentation en régions, ainsi *l'extraction n'est pas conjointe et simultanée* : il n'y a pas de retour de l'information des régions sur les contours, ce qui n'empêche pas ces algorithmes de donner une segmentation en régions d'excellente qualité [WM87] [VSCG88]), ainsi que les méthodes dans lesquelles **le retour de l'information provient de l'étape suivant la segmentation**, comme c'est le cas dans certaines techniques en stéréovision; la mise en correspondance entre les images gauche et droite permet de terminer la segmentation des deux images [VSCG88] [Wro88].

II.3) Caractéristique

La différence fondamentale entre ces méthodes et la segmentation coopérative est **l'introduction dans cette dernière du contexte commun de détection de contours et de croissance de régions**. Introduit initialement par R.Bajcsy en 1986 [BLM86], il traduit les dépendances entre les divers paramètres de contrôle (ou seuils) du détecteur de contours et de la croissance de régions.

Il est évident qu'il existe une relation entre la valeur du seuil de la **transition locale** (au dessus de laquelle un pixel est reconnu comme point de contour), et la valeur du seuil sur **l'homogénéité globale** (en dessous de laquelle une zone de l'image est reconnue comme étant une région). Si ce contexte n'est pas nécessaire pour obtenir une segmentation en régions guidée par les contours, il l'est en revanche pour garantir la compatibilité entre les segmentations en régions et en contours.

II.4) Bibliographie

Bien que de nombreuses équipes soient arrivées à la conclusion que l'utilisation conjointe des contours et des régions est une réelle nécessité pour une pléiade d'applications, peu d'entre elles ont

proposé une technique de segmentation s'inscrivant dans la philosophie que nous venons de décrire.

Les travaux les plus anciens sont ceux de R.Bajcsy décrits dans [BLM86] et [ABM87]. L'algorithme décrit est un "système expert de segmentation" qui modifie au cours de son déroulement ses paramètres de contrôle de sorte que les résultats des deux segmentations soient globalement compatibles. Chacun des deux modules (détecteurs de contours et de régions) peut être amené à fonctionner un nombre important de fois jusqu'à convergence, ce qui est difficilement compatible avec une implémentation future temps réel sur système autonome. De plus le système expert nécessite des connaissances, ce qui rend la segmentation trop spécifique à un type restreint d'applications.

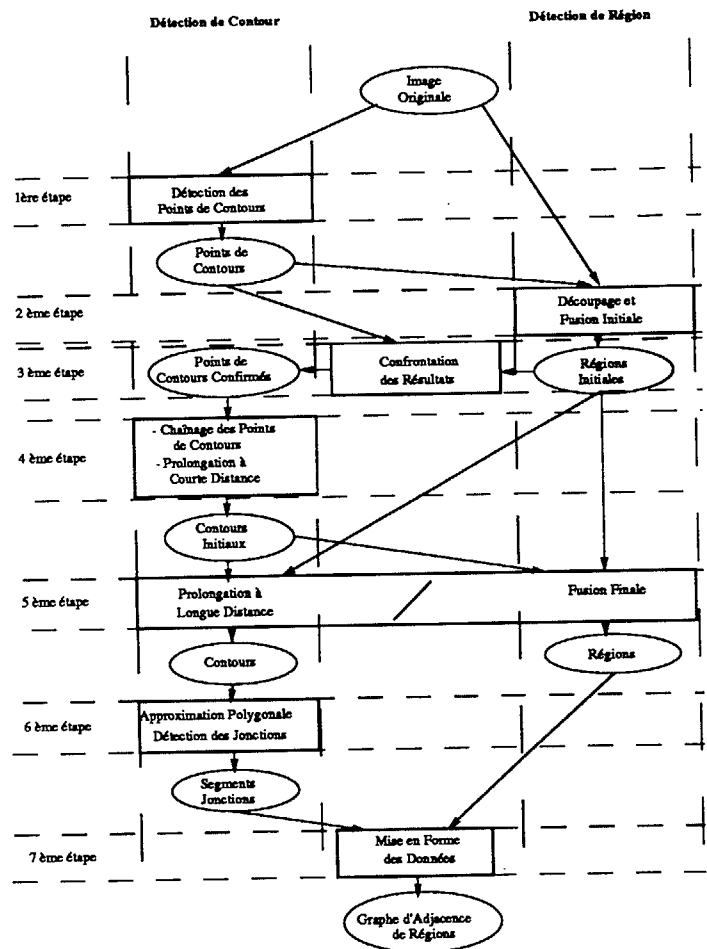
Le détecteur de facettes proposé par H.Chabbi [Cha93] permet une fusion élégante des informations issues des contours et des régions. Les segments de contours extraits les premiers permettent de guider correctement la croissance de régions, en influant sur le seuil contrôlant la fusion des régions adjacentes. Ensuite, les segments de contours sont regroupés en facettes. Une facette comprend : la région et les segments de contour qui la bordent. Bien que le principe soit simple à énoncer, le nombre de cas à prendre en compte est impressionnant.

La méthode proposée par J.Benois [BB92] reprend un schéma algorithmique de coopération entre les informations issues des contours et des régions similaire au notre. L'originalité réside dans l'implantation de techniques de morphologie mathématique pour la partie "détection de régions". En effet, des points particuliers du squelette (construit à partir des points de contours) seront centres de croissance dans une procédure de croissance de régions.

Le schéma algorithmique de notre méthode de segmentation coopérative tire profit de ces 4 expressions de la dualité.

III.2) Synoptique de la Segmentation

Dans la colonne de gauche (resp droite) du synoptique ci-dessous, on reconnaît les procédures classiques d'une segmentation en contour (resp. régions). La colonne du milieu traduit l'aspect coopératif de deux manières : échange d'informations (guidage mutuel) ou étapes coopératives.



III/ Méthode Proposée

III.1) Différentes Expressions de la Dualité Région / Contour

La dualité entre les régions et les contours d'une image peut être exprimée de 4 manières différentes :

- 1) Les régions sont situées à l'intérieur des contours, par conséquent, il n'y a pas de point de contour à l'intérieur d'une région.
- 2) Un point de contour réel est situé sur ou du moins à proximité (distance à définir) d'une frontière de région.
- 3) Une frontière de région est fermée par nature, un contour doit l'être aussi!
- 4) Un contour ne peut pas être situé à l'intérieur d'une région, et de plus un contour doit être situé sur la totalité de la frontière commune entre deux régions.

Les points de contour sont extraits les premiers. Leur position dans l'image est précise, aussi, s'ils ne sont pas détruits lors de la suite de l'algorithme, leur position restera inchangée.

Une première segmentation en régions est ensuite effectuée, sous le contrôle des points de contours. Elle commence par une procédure de division, puis de fusion des régions, dont le rôle est d'extraire l'intérieur des régions qui ne comporte aucun point de contour. Les bordures des régions sont ensuite obtenues par deux étapes successives de fusion des pixels adjacents à l'intérieur des régions. La seconde étape est guidée par les contours. Les frontières ainsi extraites sont suffisamment précises



sur le plan de la localisation pour être confrontées aux points de contour.

Seuls les points de contour confirmés par la proximité d'une frontière de région seront pris en compte pour le chaînage. Les autres seront éliminés, car ils sont considérés comme du bruit de détection. Cette confrontation entre les résultats des deux procédures est la première étape commune (colonne centrale).

L'étape de chaînage consiste d'une part "à chaîner" en parallèle les points de contour confirmés (donc sûrs), et d'autre part à fermer les contours sur les points de frontière de région, car les frontières des régions sont naturellement fermées. Bien que très intuitive, cette idée n'a pas été utilisée avant dans la littérature.

La dernière étape (seconde étape commune : colonne centrale), garantissant une compatibilité totale des deux segmentations, consiste à examiner la frontière commune de chaque paire de régions adjacentes puis à prendre l'une des deux doubles décisions suivantes:

- fusion des régions adjacentes / effacement du contour sur la frontière commune,
- non fusion / prolongation du contour sur toute la frontière commune.

III.3) Divers Modes de Contrôle

Le contrôle mutuel entre les deux extracteurs peut être effectué de trois manières différentes:

◇ par simple guidage de l'information duale:

- Contour-> Région lors de la croissance de régions contrôlée par les contours,
- Région -> Contour lors de l'étape de prolongation des contours à courte distance sur les frontières de régions.

◇ par fusion seule des informations, lors de l'étape de confirmation des points de contours par la proximité d'une frontière d'une région.

◇ par guidage mutuel lors de la dernière étape où la décision de segmentation finale est prise simultanément.

IV/ Conclusion

Les deux segmentations obtenues par notre méthode coopérative sont mutuellement compatibles. Les contours ont été d'abord validés puis fermés par l'intermédiaire des frontières de région. Les frontières de région sont localisées précisément, grâce au guidage des points de contour. Les problèmes de la sur-division et du sur-découpage ont été en grande partie résolus, grâce au guidage des contours. La dernière étape est essentielle pour la compatibilité totale des deux segmentations puisque la décision d'action est prise simultanément sur les deux segmentations. Notons que seule la richesse et la variété des contrôles décrites ci-dessus permet d'arriver à ce résultat.

En ce qui concernera la rapidité d'exécution, la méthode coopérative n'est pas plus longue qu'une segmentation en régions classique, car les divers rebouclages permettent l'emploi de techniques plus frustes, donc plus rapides.

Dans un futur très proche nous comptons étendre cette méthode d'une part à la segmentation multi-spectrale, et d'autre part à la segmentation de séquence d'images. Nous proposerons une généralisation des notions de point de contour et de région dans ce cadre. En plus de la coopération entre homogénéité et disparité, nous tirerons profit de la coopération inter-canal. La méthode que nous proposerons pourra s'appliquer à des canaux de nature différente comme le visible et l'infrarouge, la seule contrainte étant la même résolution, et le même angle d'ouverture. Pour la segmentation de séquence d'images, le but sera de propager l'information d'une image à l'autre de manière à réduire le temps de calcul.

V/ Références

- [ABM87] HL.Henderson, R.Bajcsy, M.Mintz, A modular feedback system for image segmentation, Rapport de l'Université de Pennsylvannie Juin 1987.
- [BB91] T.Baron, M.Briot, Structuration d'images par utilisation de groupements perceptuels pertinents, 13 ième colloque GRETSI Septembre 1991 Juan les Pins pp 1133-1136.
- [BB92] J.Benois, D.Barba, Image segmentation by region - contour cooperation as basis for efficient coding scheme, SPIE vol 1818 Visual Communications and Image Processing'92 pp 1218-1229.
- [BLM86] R.Bajcsy, M.Mintz, E.Liebman, A common frame work for edge detection and region growing, Rapport de l'Université de Pennsylvannie Février 1986.
- [Bon91] P.Bonnin, Méthode systématique de conception et réalisation d'applications en vision par ordinateur , Thèse de Doctorat Décembre 1991.
- [Cha93] H.Chabbi, Construction de facettes 3D par stéréovision intégrant des principes de géométrie projective, Thèse de Doctorat février 1993.
- [KB93] R. Kara Falah P.Bolon, Mesure de dissimilarités entre deux segmentations, 14 ième Colloque GRETSI .
- [VSCG88] L.Vinet, PT.Sander, L.Cohen, A.Gagalowicz, A hierarchical region based stereo matching, Rapport INRIA du 28 Octobre 1988.
- [WM87] B.Wrobel, O.Monga, Segmentation d'images naturelles: Coopération entre un détecteur de contours et un détecteur de régions, Congrès COGNITIVA 87 MARI 87 Mai 1987 Paris pp 181-188.
- [Wro88] B.Wrobel, Perception de la distance par la mise en correspondance de régions entre images stéréoscopiques, Thèse de Doctorat Mars 1988.

VI / Remerciements

Cette étude a été financée par le Service des Recherches de la Direction des Recherches et Etudes Techniques (DRET/SDR/G1) au titre des contrats n° 87/1040 et 89/1027.