



## UNE APPROCHE COOPÉRATIVE ET ADAPTATIVE POUR LA SEGMENTATION D'IMAGES

C. SPINU, C. GARBAY & J.M. CHASSERY

Lab. TIMC-IMAG - Institut Albert Bonniot - Faculté de Médecine  
- Domaine de la Merci - 38706 La Tronche Cedex - FRANCE -

### RÉSUMÉ

Le but de ce papier est de discuter le potentiel d'une approche multi-agents pour l'analyse bas niveau des images. L'approche est fondée sur l'hypothèse que les traitements bas niveau doivent être ajustés localement, sur des zones de caractéristiques données, et appliqués dans un cadre itératif d'évaluation et de contrôle. Un partitionnement initial en zones est obtenu par la fusion de 2 cartes : une carte de bruit et une carte de texture, représentant des régions possédant des caractéristiques similaires de bruit et texture. Une architecture multi-agents a été conçue, qui permet de sélectionner et d'ajuster une stratégie de filtrage / détection de contours pour chaque zone, en se fondant sur l'évaluation de la carte contours résultante. Le potentiel de l'approche est illustré sur une image IRM.

### 1. Présentation de l'Approche

On s'intéresse dans cet article à la segmentation d'images bruitées et texturées, en utilisant des techniques de filtrage et de détection de contours.

Il existe dans la littérature de nombreux opérateurs de filtrage (comme par exemple les filtres linéaires, d'ordre [Pitas 90], homomorphiques [Pitas 90] ou morphologiques [Serra 88]) et de détection de contours (comme les opérateurs gradient [Prewitt 70], laplacien, optimaux [Deriche 87], surfaciques [Hueckel 71] ou markoviens [Blake 87]). Ces opérateurs ont une applicabilité limitée lorsqu'ils sont considérés individuellement puisque leur efficacité dépend étroitement des caractéristiques de l'image à traiter (comme par exemple les types de discontinuités présentes dans l'image, présence éventuelle et caractéristiques du bruit ou de la texture). Il s'agit dans cet article d'adapter le(s) couple(s) filtre - détecteur de contours, en fonction des caractéristiques estimées de l'image initiale. Cette approche peut être encore raffinée, en considérant que la plupart des images naturelles affichent des caractéristiques hétérogènes qui peuvent varier d'une zone à l'autre dans l'image. Cette constatation nous a conduit aux concepts d'estimation locale et d'adaptation locale, qui constituent les principes de base de notre approche. Enfin, une étape d'analyse du résultat est effectuée après l'application des opérateurs, afin d'ajuster plus finement les paramètres de ces opérateurs.

### ABSTRACT

The purpose of the paper is to discuss the potential of a multi-agent approach for low-level image analysis. The work is based on the assumption that low-level processings should be adjusted locally, on zones of given characteristics, and be applied in an iterative framework with careful evaluation and control. An initial partition of the image in zones is obtained by the fusion of two maps : a noise map and a texture map, representing regions with similar noise or texture characteristics. A multi-agent architecture has been designed, which allows to select and adjust a filtering / edge detection strategy for each zone, based on evaluating the resulting edge map. The potential of the approach is illustrated on a MRI image.

La question du contrôle est fondamentale dans ce domaine. Il s'agit en effet de sélectionner le ou les opérateurs appropriés, et de les paramétrer de manière adéquate. Des informations de natures différentes sont ici mises en jeu : caractéristiques de l'image, applicabilité des opérateurs, qualité du résultat. Soulignons enfin que la meilleure stratégie demeure ici une stratégie de type essai-erreur, du fait qu'il n'existe ni modèle mathématique ni connaissance experte permettant a priori d'énumérer les meilleures combinaisons / zone image / opérateur / paramètre.

### 2. Architecture et Fonctionnement

Une approche multi-agents est utilisée pour formaliser et contrôler le processus de segmentation. Le système, conçu sous l'environnement COALA [Baujard 94], se présente sous la forme d'un réseau d'agents de type KS (Knowledge Server) et KP (Knowledge Processor) (figure 1). L'architecture se caractérise par la présence de 2 phases - analyse et traitement - effectuées séquentiellement. Le rôle de la phase d'analyse est de détecter des zones homogènes en bruit et en texture. La phase de traitement implique des filières d'ajustement des opérateurs, créées de manière dynamique pour chaque zone.

L'image initiale (KS Image) est analysée par un estimateur de bruit (KP Noise). En utilisant un estimateur local, le bruit affectant l'image est caractérisé comme additif, multiplicatif ou impulsionnel [Chehdi 93]. Son écart-type est calculé dans le cas du bruit additif ou multiplicatif. Une



carte de bruit est générée (figure 3b), constituée de zones homogènes en termes de caractéristiques de bruit (nature et variance), qui est ensuite transmise à l'agent KS Noisemap.

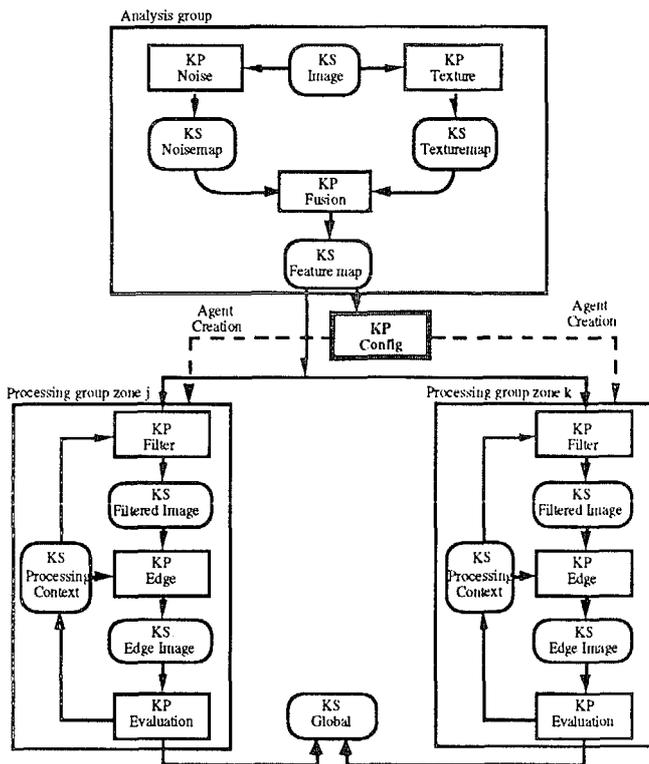


Figure 1 : Architecture du système

La texture est analysée séparément par l'agent KP Texture. Actuellement, cette analyse est effectuée en utilisant le paramètre contraste de [Haralick 79] extrait des matrices de cooccurrences. La carte de texture générée (figure 3c) est transmise à l'agent KS Texturemap.

Le rôle de l'agent KP Fusion est de construire une carte globale des caractéristiques, en combinant les cartes de bruit et de texture, et la transmettre à l'agent KS Featuremap. Chaque zone dans la carte globale correspond à une combinaison donnée des caractéristiques estimées de bruit et de texture. Une zone pourrait ainsi être définie comme présentant un bruit additif d'une certaine variance et pas de texture, tandis qu'une autre pourrait présenter une combinaison de bruit impulsionnel et texture.

Pour chaque zone fournie par KS Featuremap, KP Config déclenche la création d'un groupe d'agents de traitement.

Les agents KP Filter et KP Edge raisonnent sur la situation courante et sélectionnent la stratégie de filtrage et de détection de contour la plus adaptée, en fonction des caractéristiques de la zone et des résultats des évaluations précédentes (KS Processing Context). Ces deux agents ont accès à des bibliothèques assez vastes d'opérateurs de filtrage (filtres linéaires, homomorphiques, morphologiques, d'ordre et opérateurs de rehaussement de contraste) et de détection de contours (Prewitt, laplacien, Canny, Deriche, Shen-Castan).

La carte résultante est stockée dans l'agent KS Edge Image et est ensuite évaluée par l'agent KP Evaluation qui transmet

ses évaluations à l'agent KS Processing Context. Actuellement, l'évaluation procède par analyse des longueurs des contours et par différences entre cartes successives : l'agent KP Evaluation fournit la carte résultat partielle à l'agent KS Global dès qu'une stabilité est détectée, pour la zone concernée. Le programme se termine lorsque la stabilité est atteinte pour chaque groupe.

### 3. Implémentation

Les agents s'exécutent comme des processus UNIX indépendants sur une ou plusieurs machines connectées en réseau et communiquent selon le protocole réseau TCP / IP. La répartition des agents sur des sites physiques peut se faire statiquement, par la spécification d'un fichier de configuration ou dynamiquement, en utilisant des primitives dédiées du système pour créer, dupliquer et détruire des agents pendant l'exécution depuis les règles d'un agent.

Les procédures externes sont regroupées en plusieurs serveurs de procédures (de type concurrent) qui peuvent tourner, comme les agents, sur différentes machines. L'appel d'une procédure depuis un agent s'effectue par un protocole RPC (Remote Procedure Call) d'appel de procédure à distance. Cela permet l'exécution parallèle des procédures appartenant à des serveurs différents et l'exécution concurrente des procédures du même serveur.

Un exemple de distribution physique du réseau d'agents et des serveurs de procédures sur un réseau de stations de travail est illustré dans la figure 2 :

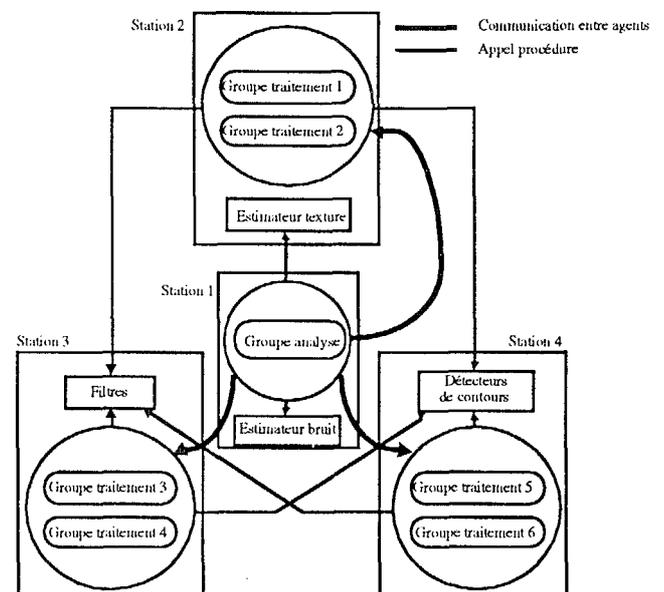


Figure 2 : Distribution physique

Cet exemple concerne un cas impliquant 6 groupes de traitement distribués uniformément sur 3 stations de travail et correspondant à 6 zones différentes dans l'image. Le groupe analyse s'exécute sur une quatrième station. Les procédures sont groupées dans plusieurs serveurs concurrents qui s'exécutent sur les 4 stations disponibles :

- un serveur pour l'estimateur de bruit ;



- un serveur pour l'estimateur de texture ;
- un serveur pour la bibliothèque des filtres ;
- un serveur pour la bibliothèque des détecteurs de contours.

#### 4. Résultats

Ainsi que nous le présentons dans les figures suivantes, l'approche adoptée permet au système de présenter un comportement adaptatif, par la création dynamique de filières de traitement, selon la nature des problèmes rencontrés dans l'image et par la sélection pour chaque filière des traitements appropriés. Ce comportement est illustré sur une image IRM présentée dans la figure 3a.

Les cartes de bruit, de texture et de caractéristiques globales correspondantes sont présentées dans la figure 3b, c, d.

Dans la carte de bruit, le fond et quelques parties de l'objet sont affectés d'un bruit impulsionnel (zone claire), tandis qu'une combinaison de bruit additif et multiplicatif apparaît sur le reste de l'objet (zones foncées et grises). Dans la carte de texture, le fond apparaît comme texturé avec différentes valeurs du paramètre contraste (zones grises et claires). L'objet apparaît plutôt comme non texturé (zone foncée).

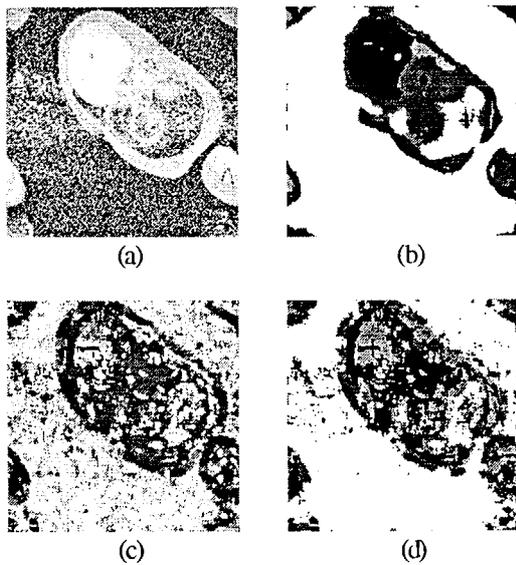


Figure 3 : (a) image initiale IRM, (b) carte de bruit, (c) carte de texture, (d) carte globale

Les résultats obtenus pendant la phase de traitement sont présentées dans la figure 4. On illustre quatre itérations successives sur les zones texturées, la dernière image présentant le résultat final.

Ce résultat est meilleur que celui obtenu par l'application globale d'un opérateur classique de Deriche, indifféremment du choix de ses paramètres (figure 5a, b). La difficulté est ici de préserver l'information contour dans l'objet tout en lissant les zones texturées. Cette difficulté démontre l'intérêt potentiel de l'approche, c'est à dire d'adapter localement la stratégie filtrage / détection de contours.

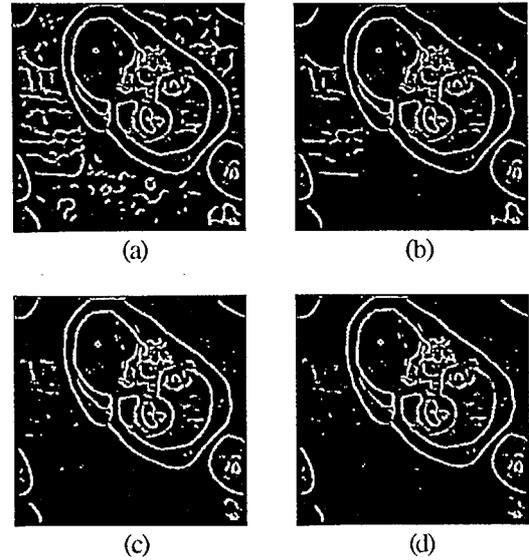


Figure 4 : quatre cartes de contours obtenues lors d'itérations successives

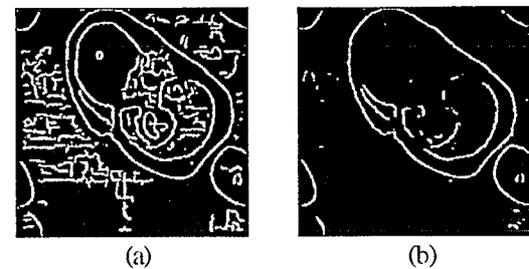


Figure 5 : (a) carte Deriche  $\alpha = 0.5$  seuil = 10, (b) carte Deriche  $\alpha = 0.7$  seuil = 50).

#### 5. Conclusion et Perspectives

Ce papier a démontré le potentiel d'une approche multi-agents pour la segmentation d'images. Le principe de base est d'appliquer des traitements sélectionnés et adaptés sur des zones de caractéristiques différentes de l'image. Ces traitements sont appliqués itérativement, dans le cadre d'un modèle général de contrôle qui implique des connaissances sur les caractéristiques de l'image et sur l'adéquation et l'efficacité des traitements. Une architecture multi-agents a été conçue à cette fin, qui permet de développer une stratégie d'analyse dédiée pour chaque zone dans l'image. Ce système a l'avantage de pouvoir se configurer dynamiquement et de pouvoir être réparti physiquement sur plusieurs sites, permettant un bon compromis entre flexibilité et efficacité. Un résultat préliminaire a été discuté, afin de démontrer l'intérêt de l'approche.

Néanmoins, un aspect important, qui n'a été discuté que très brièvement dans ce papier, demeure la partie évaluation du résultat et ajustement des paramètres de l'opérateur. Dans un travail plus récent, on a essayé de formaliser le problème d'ajustement des paramètres comme un problème d'optimisation par minimisation d'une fonction coût. L'approche envisagée est d'exprimer cette fonction coût en termes d'erreurs estimées de détection de contours (sur-détection, sous-détection et localisation) par rapport à une référence idéale imaginaire (non explicite).



Un exemple montrant l'intérêt d'une telle optimisation est présenté dans ce qui suit et se réfère à la même image IRM (figure 3a). L'opérateur choisi est celui de Deriche de paramètre d'échelle  $\alpha$ , suivi par un seuillage simple (seuil  $s$ ). La fonction à minimiser,  $G_{\text{estim}}$ , exploite un taux de bonne détection estimé à partir du nombre de contours de longueur supérieure à un seuil. Sur chaque zone dans la carte de bruit (figure 3b), on applique localement un opérateur de Deriche. Les paramètres ( $\alpha$  et  $s$ ) de ces opérateurs sont ajustés par optimisation des fonctions locales  $G_{\text{estim}}$  estimées sur chaque zone. On présente le résultat du processus d'optimisation sur 2 zones différentes correspondant à des caractéristiques extrêmes : une zone non bruitée (zone noire dans la carte de bruit figure 3b) et une zone fortement bruitée à bruit impulsionnel (zone du fond blanche dans la même carte).

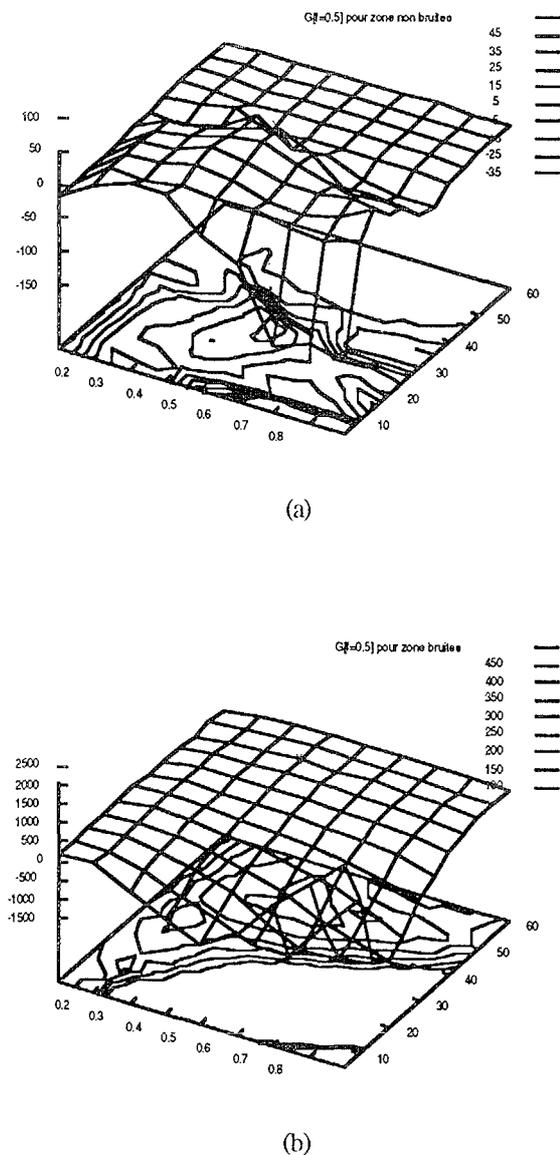


Figure 6 : (a)  $-G_{\text{estim}}$  pour zone homogène,  
(b)  $-G_{\text{estim}}$  pour zone bruit impulsionnel

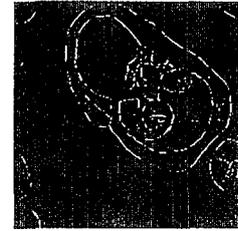


Figure 7 : carte contour résultante

Pour la zone non bruitée, l'optimisation fournit un maximum de  $-G_{\text{estim}}$  (donc un minimum de  $G_{\text{estim}}$ ) pour  $\alpha=0.5$  et  $s=30$  (figure 6a). Pour la zone bruitée, l'optimisation fournit un maximum de  $-G_{\text{estim}}$  pour  $\alpha=0.4$  et  $s=50$  (figure 6b). La carte contours obtenue par fusion des cartes partielles optimales pour toutes les zones est illustrée dans la figure 7. Le résultat obtenu est similaire au résultat présenté dans la figure 4, mais il découle d'un modèle d'évaluation/ajustement plus robuste.

## Références

- [Blake 87] Blake A., Zisserman A., "Visual Reconstruction", MIT Press, Cambridge-MA, 1987.
- [Baujard 94] Baujard O., Pesty S., Garbay C., "MAPS : a language for multi-agent system design", Expert Systems, 11(2) : 89-98, 1994.
- [Chehdi 93] Chehdi K., "Identification de la nature du bruit pour un filtrage optimal", XIV-ème Colloque GRETSI, pp 547-550, sept. 1993.
- [Deriche 87] Deriche R., "Using Canny's Criteria to Derive a Recursively Implemented Optimal Edge Detector", International Journal of Computer Vision, 1(2) : 167-187, 1987.
- [Haralick 79] Haralick R. M., "Statistical and structural approaches to texture", Proc. IEEE, 67 : 786-804, 1979.
- [Hueckel 71] Hueckel M.F., "An operator which locates edges in digitized pictures", J. Ass. Comput. Mach., 18(1) : 113-125, 1971.
- [Pitas 90] Pitas I., Venetsanopoulos A.N., "Non linear digital filters. Principles and applications", Kluwer Academic Press, 1990.
- [Prewitt 70] Prewitt J.M.S., "Object Enhancement and Extraction", Picture Processing and Psychopictorics (B.S. Likin and A. Rosenfeld eds), Academic Press, 75-149, 1970.
- [Serra 88] Serra J., "Image analysis and Mathematical Morphology : Theoretical advances", Academic Press, 1988.