

SQUELETTISATION ET DETECTION DE CONTOUR PAR DES REGLES DE REECRITURE

J. Camillerapp, P. Lebellegard, I. Leplumey

INSA/IRISA, 20, avenue des Buttes de Coësmes, 35043 RENNES Cedex

La méthode proposée permet au moyen d'une grammaire d'attributs d'effectuer, soit une squelettisation, soit une détection de contour, suivant le modèle syntaxique d'objet que l'on aura utilisé. Une première étape de segmentation fournit une double représentation: point, fournissant le squelette et intervalle assurant le suivi de contour. Le cas des embranchements est résolu dans un nouveau niveau de reconnaissance par un ensemble de règles de réécriture. Une autre étape effectue une combinaison de deux analyses monodimensionnelles transverses de ce type afin de tendre vers une isotropie de la détection.

Based on an object model, the proposed method enables detection of edges or skeletons using an attribute grammar. First, a segmentation step gives a double representation : point (giving skeleton), segment (edge tracking). The treatment of intersection cases is solved by the mean of rewriting rules, in a new representation level.

A final step makes a merging of two monodimensional orthogonal analysis so as to obtain isotropic detection.

I - Introduction

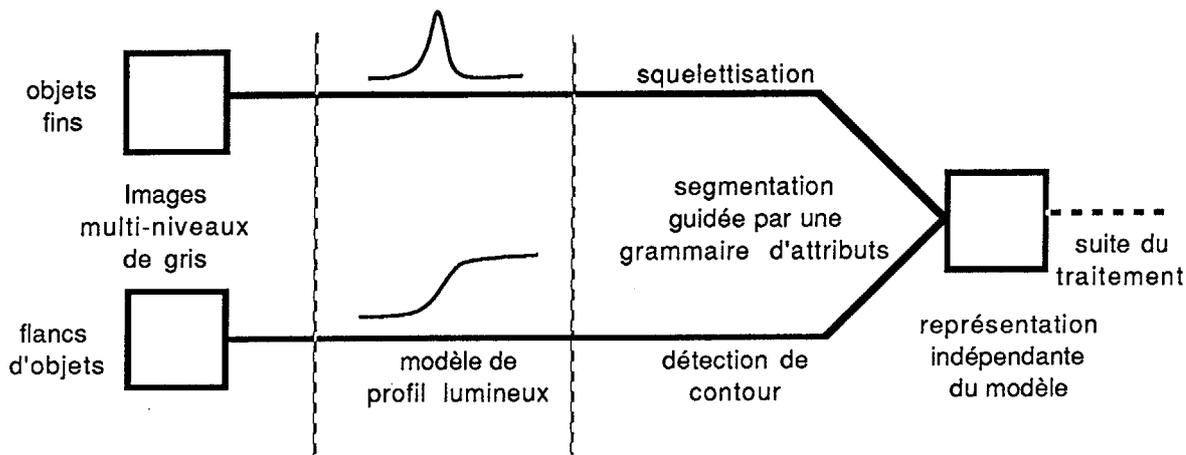
La méthode que nous proposons s'inscrit dans un projet d'analyse d'images médicales, visant à produire automatiquement une représentation tridimensionnelle des objets recherchés.

Une des idées fortes de la méthode réside dans une segmentation de l'image au moyen d'une grammaire d'attributs, dépendant du modèle des objets recherchés. La représentation à l'issue de cette segmentation est indépendante du modèle, de même que la suite du traitement.

On cherche à caractériser deux types d'objets :

- objets "fins", de largeur de quelques pixels sur une ligne d'image ; il s'agit de détecter des vaisseaux sanguins dans une radiographie vasculaire ; on effectue une squelettisation, plutôt qu'une détection des bords droit et gauche du vaisseau.

- flancs d'objets. On cherche à repérer des parois osseuses dans une coupe scanner. Sur une ligne d'image, elles peuvent s'étendre sur plus d'une dizaine de pixels. On effectue une détection de contour.





II - Analyse Monodimensionnelle

II.1. Segmentation

Dans une première étape, on procède à une analyse monodimensionnelle de l'image, suivant un balayage ligne par ligne. La segmentation est basée sur une décomposition de l'image en monotonies de luminosité, au moyen d'un automate d'états fini, et formalisable par une grammaire d'attributs. La signature d'un objet fin sur une ligne d'image est donnée par la jonction d'une monotonie ascendante et d'une monotonie descendante de luminosité; la signature d'un flanc d'objet est une monotonie soit ascendante, soit descendante.

Cette modélisation des objets par des monotonies ou des jonctions de monotonies traduit une propriété essentielle à nos yeux de non localisation des contours. Nous définissons un objet ou contour, comme une zone à l'intérieur de laquelle l'objet n'est pas localisable au pixel près. On en extrait un point représentatif dont l'emplacement est choisi de façon plus ou moins arbitraire. La représentation à l'issue de la segmentation est donc double :

- un intervalle, modélisant la zone contour sur une ligne d'image,
- un point choisi arbitrairement comme représentant de cette zone.

II.2. Obtention des contours

Un autre aspect essentiel de la méthode est l'obtention d'une double représentation permettant, d'une part, un amincissement des zones contours, d'autre part une structuration, et ce dès la première étape du traitement. La structuration des points représentatifs est obtenue par 4-connexité: deux points représentatifs sur deux lignes adjacentes, seront liés si les segments auxquels ils appartiennent sont 4-connexes, et de même type ; ce lien est en général bijectif, sauf aux endroits des intersections.

Conclusion : La décomposition en monotonies n'utilise que de l'arithmétique entière, et des opérations de comparaison d'addition ; la méthode permet l'obtention de contours structurés dès la première étape du traitement. En revanche, deux problèmes se dégagent :

- une analyse monodimensionnelle ne permet pas une détection satisfaisante des contours parallèles à la direction d'analyse, aussi montrerons-nous dans le paragraphe III comment combiner les résultats de deux analyses orthogonales.
- les intersections liées fréquemment à des phénomènes de bruit, traduisent des ambiguïtés. Nous proposons leur traitement par l'emploi d'un ensemble de règles de réécriture opérant dans un nouveau niveau de reconnaissance.

II.3. Introduction de règles de réécriture

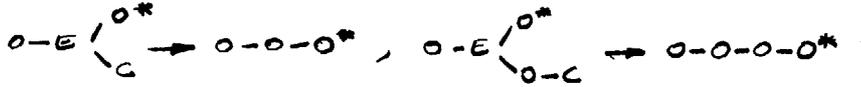
Notion de primitive de détection . Les endroits où le lien est bijectif ne traduisent pas d'ambiguïté du chaînage, aussi décide-t-on de caractériser dans la segmentation ces endroits où cette bijectivité n'est plus possible, on les appellera **primitives de détection**. Ce sont les extrémités d'arcs, les embranchements; on distingue 8 types, notés de A à H:

- A: début de chemin, B: point isolé, C: fin de chemin, D: début de chemin et bifurcation,
E: bifurcation, F: convergence et bifurcation, G: convergence, H: fin de chemin et convergence.

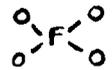
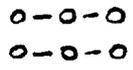
Lors de l'étape de segmentation, on est passé de la représentation par pixels à la représentation (point, segment). On aboutissait alors à la création d'un **graphe** dont des sommets étaient les points, et les arcs les liens de 4-connexité entre les segments associés. De même, l'introduction des primitives de détection permet de considérer un nouveau niveau de reconnaissance. On aboutit à la création d'un sur-graphe monodimensionnel dont les sommets (niveau III) sont les primitives de détection. Deux primitives de détection seront reliées dans ce nouveau niveau s'il existe un chemin entre les segments correspondants dans le niveau inférieur. L'examen du niveau III permet de détecter des configurations anormales dues principalement au bruit et localisées notamment aux endroits des intersections. Leur correction, par l'application de règles de réécriture, permet la modification du niveau III; les modifications ainsi effectuées sont répercutées au niveau inférieur, ce qui a pour conséquence une amélioration de la détection des contours.

Nous avons défini principalement les règles suivantes ("O" désignant un segment quelconque) :

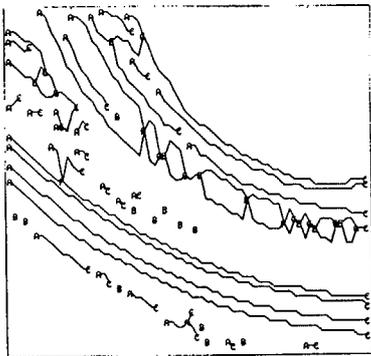
- élimination des points isolés B -> nil
- traitement des intersections, notamment élimination des branches courtes, exemple:



- traitement des contours proches parallèles : localement, le bruit peut amener deux contours

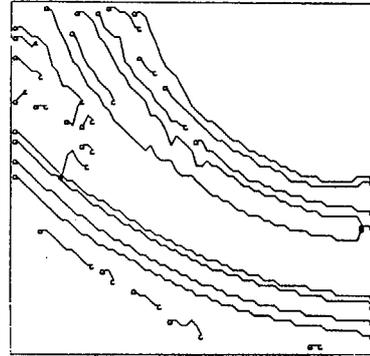
proches à fusionner, on obtient ainsi une primitive  que l'on réécrit en 

Nous ne détaillerons pas ici l'ensemble des règles mises en oeuvre; pour plus de détails, se reporter à [Lebellegard 87]. L'application de ces règles a pour but de simplifier ce graphe des primitives par élimination des configurations locales liées à des phénomènes de bruit. On aboutit à une diminution du cardinal du niveau III de l'ordre de 40% .



Niveau III avant réécriture

Nombre total de points de détection : 96
R : 33 B : 12 C : 26 D : 8 E : 7 F : 4 G : 10 H : 8



Niveau III après réécriture

Nombre total de points de détection : 54
R : 26 B : 9 C : 26 D : 8 E : 1 F : 6 G : 1 H : 8

III - Analyse Bidimensionnelle

Le détecteur que l'on vient de présenter effectue un balayage ligne par ligne de l'image, où il n'y a pas lieu, a priori, de privilégier une direction. On peut de la même manière mettre en oeuvre un balayage colonne par colonne. Afin d'obtenir une détection isotrope, on superpose dans un même référentiel, les résultats de la détection par les 2 balayages. On constate que les contours horizontaux ou verticaux ne sont détectés que dans un balayage. Il n'y a pas d'ambiguïté. Par contre, les contours à ± 45° sont détectés par les deux opérateurs, et il en existe une double représentation : il y a redondance de représentation. Il faut alors définir des protocoles de communication entre les deux graphes monodimensionnels.

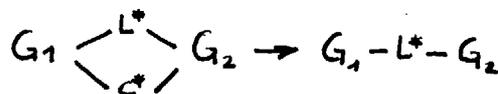
Notion de lien transverse: soit P(x,y) un point représentatif détecté par le balayage ligne. Le lien transverse est défini par le type du point détecté en (x,y) par le balayage colonne; il peut être :

- lui-même un point représentatif d'un segment : en ce cas le lien transverse est **bijectif** et P(x,y) est un **germe double**.

- n'est pas un point représentatif. Ce lien transverse est quelconque

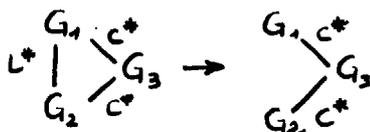
- le balayage colonne ne détecte pas de point f, le lien inverse est **nul** et P(x,y) est un **germe simple**.

Un élément de contour est alors un chemin (graphe ligne ou colonne) entre deux germes; un contour est constitué de l'agrégation d'éléments de contour. On constitue un graphe dont les sommets sont les germes, simples ou doubles, et les arcs les éléments de contour s'appuyant sur ceux-ci. Ce graphe sert de base à l'application de règles de réécriture, notamment en suppression des doubles détections :

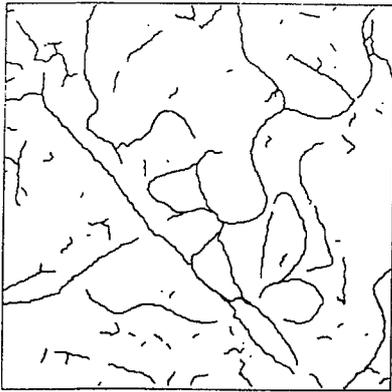


on supprime l'élément de contour c* issu du graphe colonne

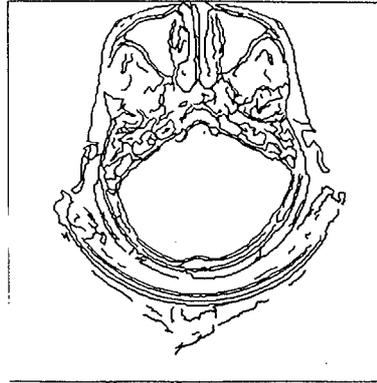
On supprime également les ambiguïtés de détection:



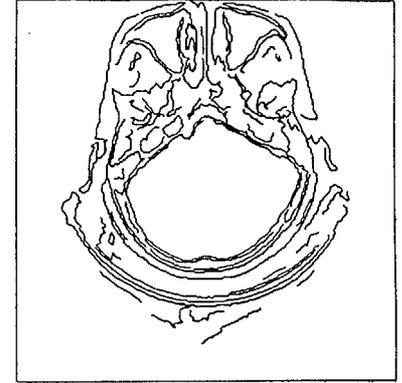
G₁ et G₂ liés dans le graphe ligne et pas dans le graphe colonne: on supprime cette liaison.



détection d'objets fins
après application de la 1^{ère}
règle bidimensionnelle



détection de
contours sans
règles de réécriture



détection de
contours après application
de toutes les règles de réécriture

Conclusion

Dans ce court exposé, n'a été détaillé qu'un petit sous-ensemble des règles mises en oeuvre dans [Lebellegard 87], on s'y reportera pour plus de détails. On trouvera notamment des règles de modifications monodimensionnelles utilisant le graphe transverse par le biais du lien transverse; la question de la stratégie d'application des règles y est également abordée.

IV. Remerciements

Nous tenons à remercier vivement l'équipe du Professeur SCARABIN du C.H.R de Pontchaillou pour l'aide qu'elle nous a apportée dans ce travail.

V. Bibliographie

- [CAM 84] **J.Camillerapp, I.Leplumey** Codage du contexte et détection au moyen de règles de réécriture. 4^{ème} Congrès AFCET RFIA, Paris, Janvier 1984, pp 93-100.
- [LEB 85] **P.Lebellegard, J.Camillerapp** Détection de contour par coopération d'une analyse syntaxique ligne et d'une analyse syntaxique colonne. 5^{ème} Congrès AFCET RFIA, Grenoble, Novembre 1985, pp 93-100.
- [LEB 87] **P.Lebellegard** Utilisation de règles de réécriture en détection de contours. Thèse de Docteur-Ingénieur, Université de Rennes I, Mars 1987.
- [LEP 84] **I.Leplumey, J.Camillerapp** Contribution d'une approche syntaxique dans la segmentation d'images. Rapport de recherche INRIA n° 331. Septembre 1984
- [LEP 86] **I. Leplumey** Une approche structurale de la segmentation d'images et de la squelettisation. Thèse de Docteur-Ingénieur, Université de Rennes I, Juin 1986.