



HAL
open science

”Simplification géométrique continue de formes aux contours bruités - applications envisagées pour l’architecture”

Xavier Marsault

► To cite this version:

Xavier Marsault. ”Simplification géométrique continue de formes aux contours bruités - applications envisagées pour l’architecture”. Séminaire, 2003, France. halshs-00265274

HAL Id: halshs-00265274

<https://shs.hal.science/halshs-00265274>

Submitted on 1 Apr 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

"Simplification géométrique continue de formes aux contours bruités - applications envisagées pour l'architecture"

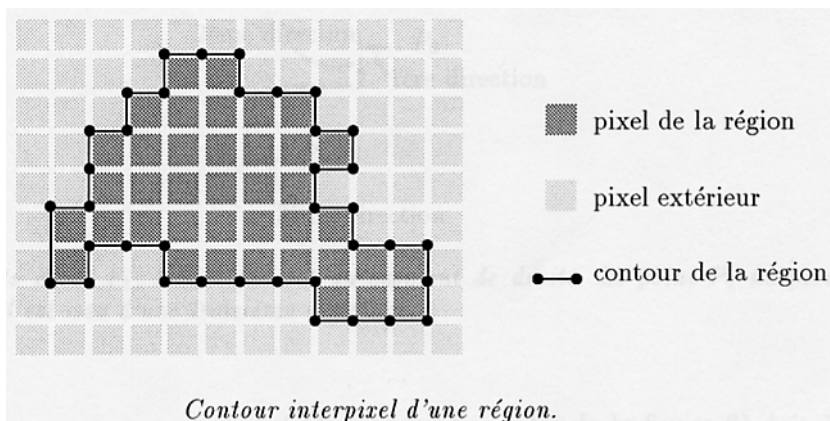
Séminaire de l'UMR MAP à Arc et Senans,
Xavier Marsault, chercheur MAP-ARIA, 29 nov 2003

1. Contexte et objectifs de l'étude

On traite ici de la simplification géométrique de formes architecturales considérées soit comme des empreintes au sol (formes binaires) extrudées ($2D\frac{1}{2}$), soit comme des empilements de telles formes, dans le contexte de la visualisation temps réel de larges bases de données urbaines (plusieurs centaines de milliers, voire millions de polygones), initiée pour le projet DEREVE sur la visualisation de villes fractales. Les tâches accomplies sont :

- l'élimination de détails superflus, génération de niveaux de détails dépendant de la distance à l'objet,
- la détection de détails caractéristiques des formes dans un contexte bruité (échantillonnage en sous-résolution, méthode générative produisant du bruit : synthèse fractale,...).
- le lissage des contours accidentés ou bruités pour améliorer l'aspect et l'analyse de formes,
- la correction des formes : rectification d'angles, de détails tronqués, récupération de formes connues mais détériorées (application en archéologie,...)

La méthode décrite traite aussi bien des données vectorielles (polylignes) que rasterisées (images). Pour des images en niveau de gris, un premier traitement d'analyse d'images permet d'isoler les formes et d'en vectoriser les contours. On obtient alors les polylignes en suivant les crêtes des pixels. On se donne aussi un paramètre de filtrage de détails géométriques (ou angulaires) ϵ , qui va piloter l'ensemble des phases des algorithmes.



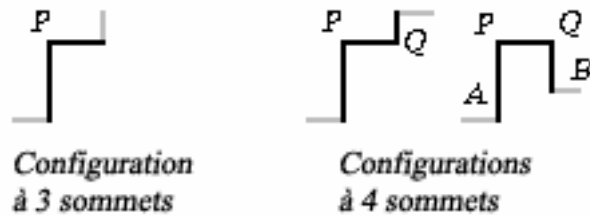
2. Détection de détails géométriques

2.1. Définition de détails géométriques caractéristiques

Pour définir la notion de détail de taille ϵ , on choisit des configurations de points successifs de base :

- avec 2 sommets, le segment, il n'y a pas de variations, donc pas de détail ;
- avec 3 sommets, il n'y a qu'une seule configuration : le « coin » P, dont la taille est définie comme la plus petite longueur des deux segments arrivant en P ;
- avec 4 sommets, il y a deux configurations de base PQ : l'escalier et la marche. L'escalier étant un double coin, on est renvoyé au cas précédent. La taille d'une marche est définie indépendamment de sa largeur PQ comme la plus petite des longueurs PA et QB. On définira par ailleurs une marche complexe comme une marche dont les sommets entre P et Q ne correspondent pas à des détails significatifs (coin ou marche).

Règle : on retient un détail local (coin ou marche) si sa taille est supérieure ou égale à ϵ .



On peut montrer que le calcul de la simplification géométrique des détails peut se ramener à l'extraction de ces formes de base, quelque soit l'échelle d'analyse spatiale. Mais toute la difficulté revient à reconnaître (donc isoler) des configurations de points P, Q, A et B au sein de l'ensemble des sommets.

2.2. Les algorithmes généraux

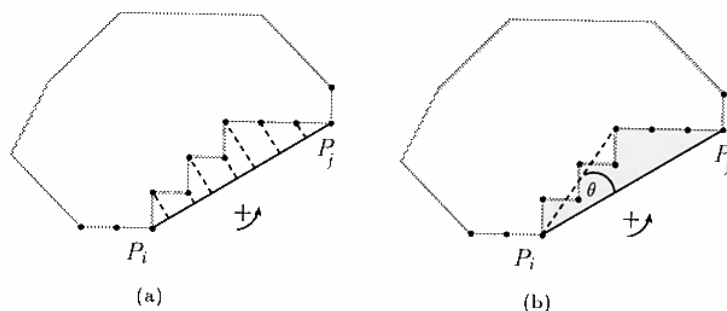
C'est pourquoi on a recours à des algorithmes généraux, dont la tâche est de pré filtrer les sommets en ne gardant que ceux, caractéristiques, qui vont permettre cette analyse. Les algorithmes généraux que nous décrivons sont quantitatifs : ils calculent des mesures d'écart ou d'angle sur des sommets et ne retiennent que certaines valeurs jugées supérieures au seuil de tolérance ϵ . On distinguera deux algorithmes généraux de base : ceux qui retiennent des sommets sur des écarts par rapport à des cordes : type Douglas-Peucker ; ceux qui estiment les angles locaux en chaque sommet, et donc la courbure.

2.3. Méthode proposée

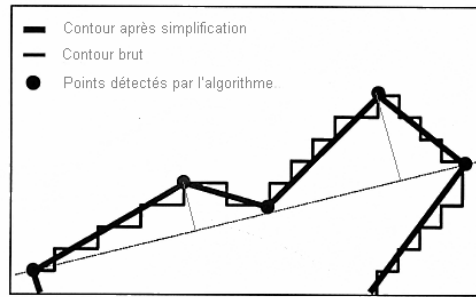
- ① détection de sommets appartenant à des détails géométriques caractéristiques par Peucker
 - ② détection de sommets dont la courbure est caractéristique
 - ③ reconnaissance de formes locales propres à des bâtiments, et corrections éventuelles des sommets issus de ① et ②.
- En pratique, ① et ② constituent deux approches complémentaires d'un même problème, ce qui ne peut qu'améliorer le traitement de la phase ③. Cependant, les traitements ne doivent pas être trop sélectifs, ni trop sensibles au bruit, afin de ne pas perdre de détails, mais aussi d'éliminer des sommets parasites.

3. Algorithme général de Douglas-Peucker

Base de l'algorithme : une corde $[P_i P_j]$ joignant deux sommets non-consécutifs du contour est divisible si elle possède un sommet intermédiaire dont la distance orthogonale (ou l'écart angulaire) est supérieure ou égale à ϵ . L'algorithme est programmé de manière récursive pour une corde ouverte, et si l'on s'intéresse à un contour fermé, on isole une corde maximale et l'on applique l'algorithme sur cette corde et sur son complémentaire.



Cet algorithme est assez sensible au bruit, et ses résultats dépendent de la corde initiale choisie, ou du point de départ sur le contour. De plus, s'il reconnaît en général facilement les points des détails de type coin (il suffit pour cela de modifier le critère de distance à la corde), il perd une partie non négligeable des points caractéristiques des marches, surtout si celles-ci sont étroites.



4. Algorithme général de calcul de courbure locale ou d'angle

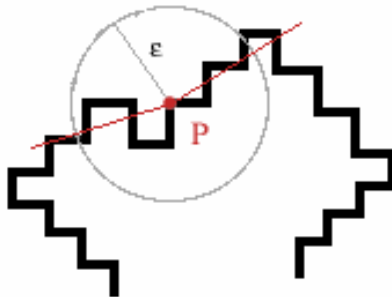
4.1. Calcul théorique

La courbure d'une courbe continue est obtenue par dérivation de l'orientation de la tangente discrète aux sommets de la polyligne, ou bien par la recherche locale des cercles osculateurs. Sur trame, les deux approches sont difficiles et coûteuses en temps de calcul. Dans le cas de formes présentant des angles assez vifs, on a adopté une méthode calculant les angles locaux optimaux, en remplacement du calcul de la courbure discrète (sur conseil d'Anne Vialard, chercheur au LaBRI, Université Bordeaux 1).

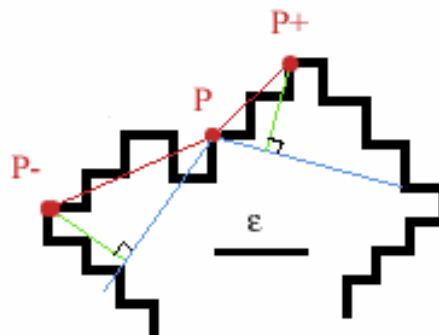
4.2. Exposé de la méthode

- première phase : suréchantillonnage global du contour de la forme. On peut augmenter le nombre de sommets de la polyligne, régulièrement espacés d'un pas h (en général h est compris entre 0.5 et 1), pour tenir compte de variations locales fortes.
 - deuxième phase : définition d'un paramètre quantitatif de lissage angulaire ϵ , et d'une zone locale de calcul de l'angle par estimation des demi-segments à gauche et à droite d'un sommet P . Deux idées ont été proposées pour définir la zone d'influence :

- le microscope local uniforme : on considère en P tous les points de la polyligne distants d'au plus ϵ de P



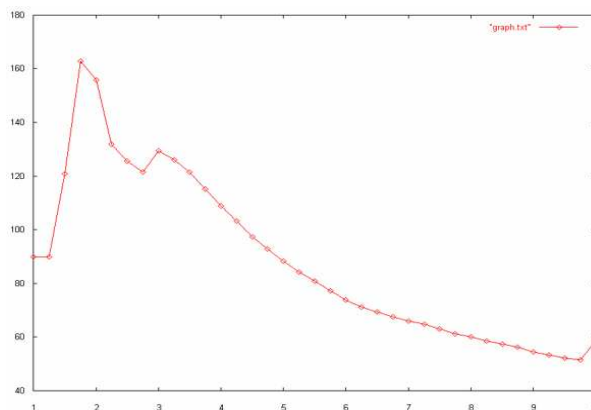
- le microscope local non uniforme dérivé de l'approche de Douglas-Peucker, permettant un calcul plus juste (non uniforme) de l'angle local (équivalent amélioré du calcul des tangentes discrètes, mais nettement plus long à calculer que le précédent).



Dans les deux cas, l'estimation des demi-segments $[P,P-]$ et $[P,P+]$ se fait grâce à une méthode aux moindres carrés réels exact (on travaille sur la projection orthogonale sur la droite d'ajustement) avec suréchantillonnage, pour augmenter la précision du calcul de l'angle. J'ai montré que cette méthode était robuste, à partir d'un certain pas local h , généralement inférieur à 0.1.

Calcul optimal par analyse de la courbe locale $\varepsilon \rightarrow \alpha(\varepsilon)$:

La meilleure solution pour déterminer automatiquement l'angle local optimal correspondant à un niveau de détail maximal ε_{\max} , consiste à étudier la courbe $\varepsilon \rightarrow \alpha(\varepsilon)$ dans l'intervalle $[1, \varepsilon_{\max}]$ pour en déterminer des valeurs caractéristiques. Il semble que le premier maximum local significatif à droite soit un bon critère.



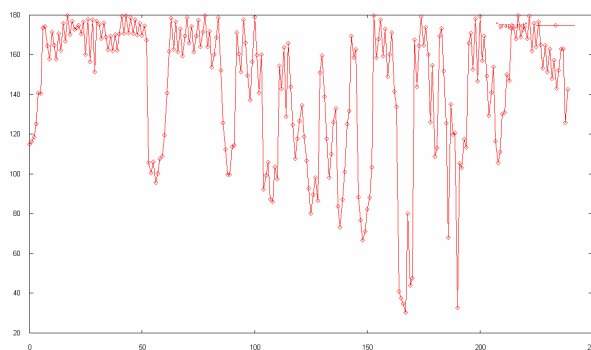
Exemple de graphe local de la fonction $\varepsilon \rightarrow \alpha(\varepsilon)$ avec $\varepsilon_{\max}=10$

Sur cet exemple, le premier maximum significatif à droite correspond à $\varepsilon=3.0$ et donne $\alpha=130$, soit un détail géométrique de mesure 1,26. On élimine systématiquement tout maximum local à gauche pour ε_{\max} , s'il n'est pas un maximum local à droite. Le seuil « significatif » correspond à un écart suffisant à droite ou à gauche du maximum local, pour filtrer les points non désirables. Pour cela, on peut calculer sur l'histogramme des différences $\delta\alpha(\varepsilon)$ la valeur critique des écarts significatifs.

- troisième phase : extraction de sommets ou de points caractéristiques par analyse des graphes des angles locaux le long du contour.

Les fonds de vallée correspondent aux zones intéressantes, et une méthode généralement adoptée consiste à seuiller les minima locaux de ce graphe, ce qui implique de définir la notion de minimum local et de calculer un seuil qui donne des résultats convenables. Un minimum local strict élimine des points d'importance, et pénalise la reconnaissance des détails. Par ailleurs, si on l'élargit trop, on récupère des détails non pertinents et pénalisant la régularité de la forme locale du contour. Dans tous les cas, il faut une méthode de quantification permettant de regrouper numériquement des valeurs jugées proches et qui se rattachent à un même détail géométrique.

L'évaluation automatique du seuil est en soi un problème difficile : on peut se servir de l'histogramme global du graphe pour le calculer, au risque de perdre des particularités locales. Deux méthodes classiques sont envisageables : le seuil est défini comme transition entre deux classes connexes (ex : minimisation de variance interclasse, nombre de classes restreint : 2 ou 3), ou à partir d'une représentation gaussienne théorique avec la moyenne M et l'écart type σ (seuil = $M - k \cdot \sigma$, k étant défini expérimentalement).



Graphe des angles locaux pour l'image test1 avec $\varepsilon=3$

Correction par détection/élimination de détails géométriques spécifiques

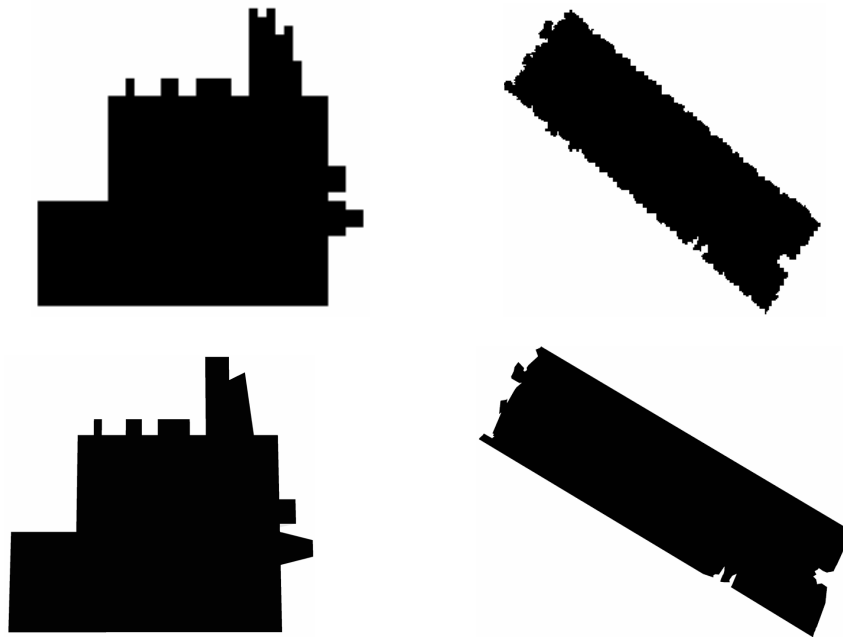
Malgré tous les efforts entrepris dans les phases précédentes, dans la représentation d'un contour basée sur les points caractéristiques extraits, rien ne garantit qu'une approximation polygonale effectuée entre les points donne la meilleurs

solution. Il nous faut revenir à la notion de « détail géométrique pertinent » pour pouvoir s'assurer qu'entre 2 points caractéristiques extraits, il ne se trouve pas d'autres points d'importance qui ont été rejetés, ou au contraire des points parasites à éliminer. Une première idée mise en pratique est d'utiliser l'algorithme récursif de Douglas-Peucker entre chaque paire de points caractéristiques consécutifs.

5. Applications à des bâtiments et perspectives

5.1. Exemples

La méthode précédente a été appliquée sur les deux formes binaires suivantes, avec respectivement $\epsilon_{\max}=3$ et $\epsilon_{\max}=5$, conduisant à des simplifications de contours notables, mais respectant la morphologie.



5.2. Perspectives

La méthode générale que nous venons de décrire repose sur des sommets statiques. La plupart du temps, la précision des positions n'étant pas suffisamment fiable (perturbation due à la sous-résolution), la position idéale des sommets est bruitée, et il importe dans ce cas de pouvoir déformer localement le contour. Pour cela, il faut définir un critère issu généralement de la connaissance sur cette forme et donc sur le bâtiment. Il peut s'agir de statistiques locales sur des formes typiques[4], ce qui permet notamment de recalibrer certains angles par quantification – élimination. Dans tous les cas, il faut passer par un calcul d'optimisation, visant à ajuster certains paramètres sur une forme théorique.

D'autre part, pour l'instant ϵ_{\max} est entré par l'utilisateur, ou bien calculé en fonction de la distance pour filtrer des détails dans un contexte de navigation en temps réel. Il serait utile de pouvoir aussi définir automatiquement ce paramètre en fonction de critères propres à la forme et à sa signification, dans un cadre d'analyse de la forme et de conservation de l'aspect (régularisation optimale).

6. Références

- [1] « Simplification de contours pour la reconnaissance surfacique », Anne Vialard, LaBRI, rapport de conseil scientifique, Université Bordeaux 1, 1999.
- [2] « Calcul de la tangente d'une courbe discrète en temps optimal : application à la courbure », Fabien Feschet et Laure Tougne, Laboratoire ERIC, Université Lyon 2, juin 1998.
- [3] « Speeding up the Douglas-Peucker Line-Simplification Algorithm », John Hershberger (DEC research center) and Jack Snoeyink (University of British Columbia, Canada), 1996.
- [4] « Vectorisation of Areal Objects by Robust Estimation Technique », Entela Kanani (C-Plan, Gumlingen, Switzerland) and Alessandro Carioso (Institute of Geodesy and Photogrammetry, Zurich), 2000.