

**Sébastien Valette**

Informatics & Telematics Institute  
1st km Thermi-Panorama Road  
57001 Thermi-Thessaloniki  
Greece

Tel : (+30) 69 47 24 65 81

courriel : valette@iti.gr

Page Personnelle : <http://www.iti.gr/~valette>

**Dossier de candidature au concours CR2 CNRS :**

**Résumé des travaux effectués**

## Travaux de DEA (Janvier-Septembre 1998):

Laboratoire : Centre de REcherches et d'Applications en Traitement de l'Image et du Signal,  
UMR CNRS 5515, Lyon

Directeurs : Isabelle Magnin et Didier Revel

Tuteur de DEA: Rémy Prost

Sujet : *Décomposition en ondelettes géométriques de la surface d'images 3D, application à la compression et à la transmission progressive via Internet*

Contexte :

Avec la montée en puissance des ordinateurs, l'utilisation de modèles 3D est devenue de plus en plus fréquente dans un grand nombre d'applications : imagerie médicale, jeux vidéos, simulations par éléments finis, réalité virtuelle, etc. La grande majorité de ces applications utilisent des maillages surfaciques 3D triangulés, car leur affichage est désormais très standardisé et bien pris en charge par la plupart des processeurs graphiques. La complexité des modèles grandissant (il n'est plus rare de rencontrer des modèles possédant plusieurs millions de sommets), la compression du volume de données nécessaire à la reconstruction de tels maillages est devenue un enjeu très important. Ce fait est d'autant plus vrai que contrairement aux Signaux classiques, qu'ils soient 1D (signal), 2D (image) ou 3D (Volume), le coût stockage naïf du graphe de connectivité d'un maillage ne croît pas linéairement avec le nombre de sommets, mais proportionnellement à  $n \cdot \log(n)$  où  $n$  est le nombre de sommets du maillage. La décomposition en ondelettes géométriques des surfaces triangulées a été initialement formulée par Lounsbery et al. [LOUN94], offrant des perspectives intéressantes pour la compression de la géométrie des maillages (figure 1). La limitation essentielle de cette approche réside dans la subdivision régulière des faces qui impose une forte contrainte de connectivité pour le maillage à traiter : La connectivité des maillages propices à cette décompositions doit être issue d'une subdivision de Loop [LOOP87].

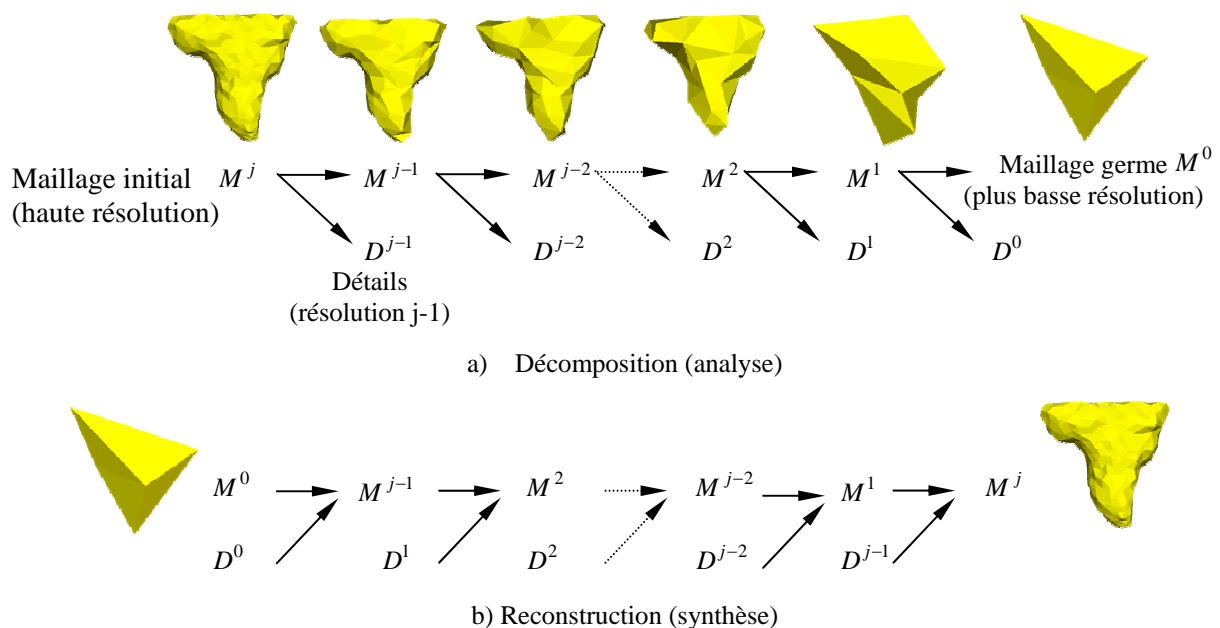


Figure 1 : Analyse multirésolution des maillages 3D : une hiérarchie de maillages est créée à partir du maillage haute résolution original, par simplification de sa connectivité et décomposition de sa géométrie sur une base d'ondelettes. Ce processus doit être réversible : la reconstruction du maillage original est possible à partir du maillage germe  $M^0$  et des détails perdus lors des approximations successives

### *Notre contribution*

Deux solutions sont envisageables pour s'affranchir de la contrainte de connectivité:

- Un remaillage de la surface en un maillage satisfaisant la contrainte de connectivité de subdivision.
- Une extension de l'approche de Lounsbery et al., permettant l'analyse multirésolution sur des maillages quelconques. Cette méthode possède l'avantage de pouvoir conserver la connectivité originale de la surface.

Nos travaux concernent la deuxième solution proposée : si on désire appliquer l'algorithme d'analyse multirésolution de Lounsbery sur un maillage, ses faces doivent pouvoir être fusionnées 4 par 4, pour inverser le processus de subdivision intrinsèque à la méthode.

Dans [VALE99a] nous proposons un processus de subdivision irrégulière (figure 2), qui permet, par le biais de la résolution d'un problème inverse discret, l'analyse de la géométrie des maillages irréguliers sur une base d'ondelettes, menant à des taux de compression très compétitifs pour la géométrie des maillages.

La compression de la connectivité des maillages est effectuée par un codage compact des informations de subdivision, décrit dans [VALE99b].

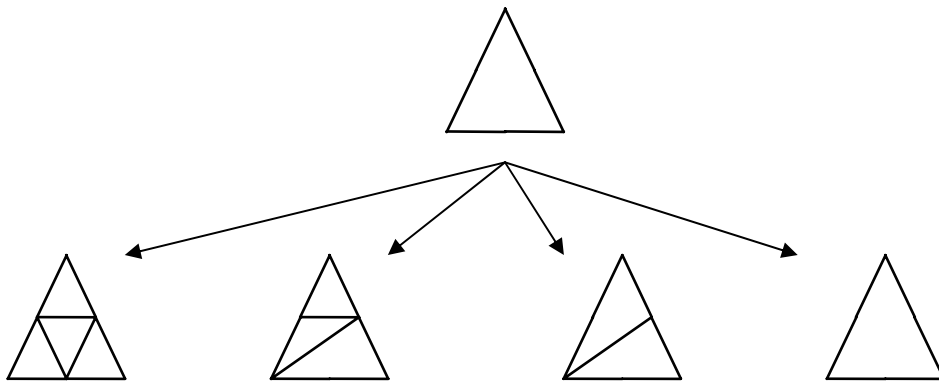


Figure 2 : quelques cas de subdivision : notre processus de subdivision ne découpe pas systématiquement chaque face du maillage en quatre, mais peut les découper en trois, deux ou les laisser intactes.

### *Publications : 2 articles de conférences*

[VALE99a] **Sébastien Valette**, Yun-Sang Kim, Ho-Youl Jung, Isabelle Magnin and Rémy Prost, A multiresolution wavelet scheme for irregularly subdivided 3D triangular mesh, IEEE Int. Conf on Image Processing ICIP'99, October 25-28, Kobe, Japan, Vol. 1, pp 171-174.

[VALE99b] **Sébastien Valette**, Yun-Sang Kim, Ho-Youl Jung, Isabelle Magnin, Rémy Prost, Décomposition en ondelettes de maillages triangulaires 3D irrégulièrement subdivisés. Application à la compression, 17<sup>e</sup> Colloque GRETSI '99, Vannes, France, 13-17 Septembre 1999, pp. 949-952

## **Travaux de thèse (Octobre 1998-Janvier 2002):**

Laboratoire : Centre de REcherches et d'Applications en Traitement de l'Image et du Signal, UMR CNRS 5515, Lyon

Directeurs : Isabelle Magnin et Didier Revel

Thèmes : Imagerie Volumique et Imagerie Dynamique

Directeurs de thèse : Rémy Prost et Isabelle Magnin

Titre : *Modèles de maillages déformables 2D et multirésolution surfaciques 3D sur une base d'ondelettes*

Cette thèse est découpée en deux grandes thématiques : l'analyse multirésolution des maillages 3D triangulés, et l'utilisation de maillages actifs pour la segmentation d'objets vidéo.

### **I- Analyse multirésolution de maillages 3D surfaciques**

L'idée d'inverser une subdivision irrégulière pour simplifier les maillages triangulaires détaillée dans [VALE99a] et [VALE99b] s'est avérée très prometteuse au vu des premiers résultats obtenus en termes de compression.

Durant ma thèse, j'ai donc développé un cadre théorique pour formaliser la principale difficulté de l'approche qui consiste en la résolution du problème inverse de simplification du maillage. Les règles de simplification ont été établies, et nous avons développé un algorithme capable de simplifier efficacement tout maillage homéomorphe à une sphère [VALE01b].

L'établissement d'un schéma de transformée avec arrondis [VALE01a] nous permet désormais de garantir que le schéma de transmission progressive reconstruit le maillage original sans pertes, malgré l'utilisation d'un banc de filtres établi par lifting possédant des coefficients non entiers.

#### *Résultats :*

Nous montrons ici les résultats de décomposition multirésolution obtenus avec un maillage (figure 3) représentant une partie de la structure interne d'une vertèbre. Le fichier non compressé fait 5221 octets alors que la version compressée fait 877 octets. Le taux de compression sans perte est donc de 5.9 :1 .

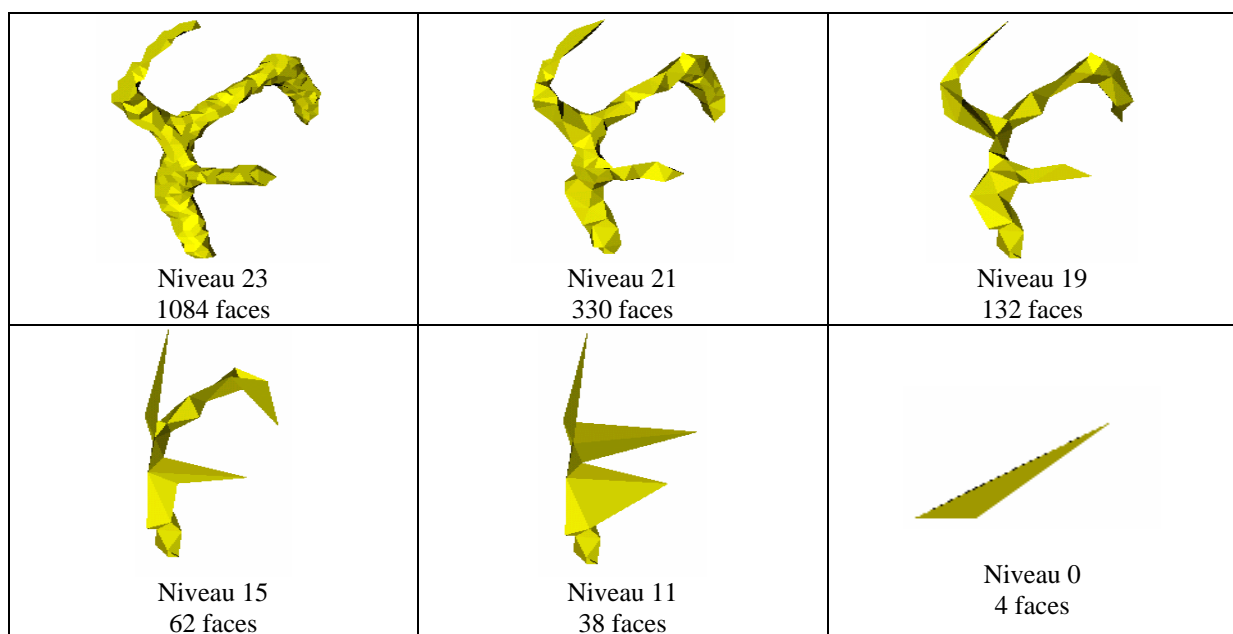


Figure 3 : résultats obtenus sur une partie de la structure interne d'une vertèbre.

*Publications* : 2 articles de conférences

[VALE01a] **Sébastien Valette**, Yun-Sang Kim and Rémy Prost, The inverse problem of wavelet scheme construction for irregularly subdivided 3D triangular Meshes, *Quality Control by Artificial Vision QCAV 2001*, Le Creusot, France, may 21-23, 2001, Vol. 2, pp. 452-457.

[VALE01b] **Sébastien Valette**, Yun-Sang Kim et Rémy Prost, Décomposition multirésolution et compression de surfaces triangulées à l'aide d'ondelettes géométriques, *journée thématique : « Coopération Analyse d'Image et Modélisation »*, LIGIM, Université Claude Bernard Lyon 1, Juin 2001, pp 82-86.

## II - Segmentation et suivi d'objets vidéo par maillage actif

*Contexte :*

Les standards multimédia émergents tels que MPEG 4 et MPEG 7 vont donner à l'utilisateur de nouvelles libertés. En effet, la notion d'objets est incluse : une scène multimédia (images + son) se décomposera et plusieurs objets (audio et vidéo) ayant chacun leur propre représentation, type de compression, et interactivité (figure 4).

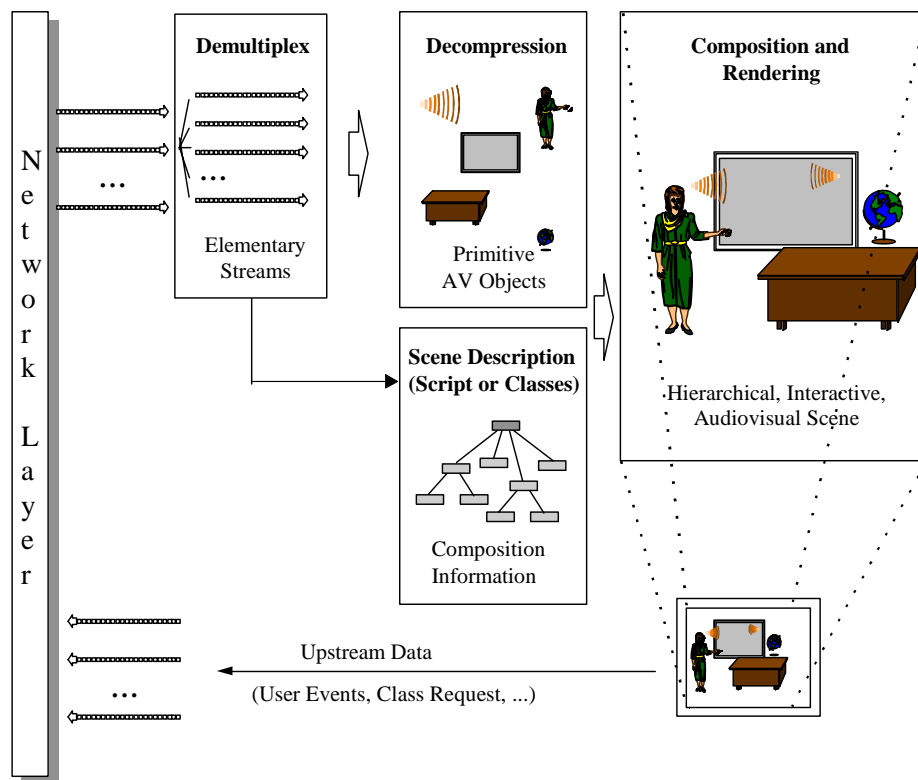


Figure 4 : décomposition d'une scène multimédia MPEG 4

Tiré du rapport MPEG 4 : N2323 (mars 98, Dublin)

plus d'information disponible à l'URL : <http://cseit.it/mpeg>

Malheureusement, la norme MPEG 4 ne décrit que les moyens pour gérer les différents objets d'une scène, et ne fournit aucun outil permettant de générer ce type d'objets (i.e. extraire les différents objets présents dans une scène vidéo). La segmentation vidéo reste donc un problème ouvert.

## Notre approche

Nous avons décidé d'étudier la segmentation vidéo en utilisant des éléments finis (maillages) qui ont déjà fait leurs preuves en matière de compression vidéo à bas débit. Nous avons choisi d'utiliser des maillages déformables multi-échelles, adaptatifs à la forme des objets et à la précision requise. L'augmentation de la résolution s'effectue en subdivisant les cellules nécessitant plus de détails (en définissant un critère de découpage). La figure 5 montre un exemple de maillage actif, alternativement déformé et subdivisé, afin d'obtenir une bonne segmentation [VALE00].

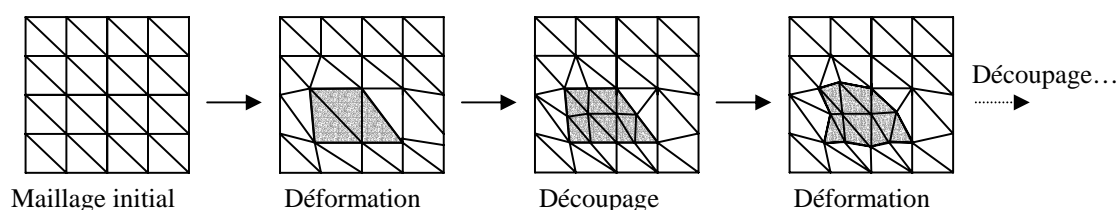


Figure 5 : Création du maillage

L'étape de déformation est l'étape la plus importante, puisque c'est à ce moment que les arêtes du maillage vont être déplacées sur les frontières entre les objets. Notre algorithme de déformation est basé sur la minimisation d'une fonctionnelle d'énergie prenant en compte trois critères [VALE01c][VALE02a]:

- Le mouvement de l'image : un estimateur de mouvement modélise les discontinuités de mouvement entre les objets, et estime un champ continu à l'intérieur des objets. Ceci permet une estimation plus robuste du champ de mouvement apparent. Ici, la déformation agit afin que les cellules du maillage possèdent un mouvement interne continu, afin qu'elles ne puissent contenir plusieurs objets à la fois.
- Les caractéristiques spatiales de l'image : les arêtes entre les objets segmentés sont déplacées sur les zones à forte gradient de l'image, en considérant qu'une zone homogène au sens de la couleur ne contient pas de frontière entre deux objets de l'image.
- La segmentation effectuée à l'image précédente : un terme de régularisation temporelle permet d'avoir une segmentation plus agréable visuellement.

## Résultats

Dans l'exemple de la figure 6, nous avons appliqué notre algorithme de maillage actif sur la séquence van, en commençant à l'image 100. La première segmentation a été effectuée de manière semi-automatique [VALE01d] : Nous avons appliqué notre algorithme, en utilisant, lors de l'étape de déformation, uniquement l'énergie de mouvement. La segmentation automatique a été effectuée en ne retenant que les cellules ayant un mouvement estimé non nul (figure 6.a)).

La deuxième étape consiste à modifier le maillage créé automatiquement, à l'aide d'une interface graphique : l'utilisateur peut déplacer les nœuds du maillage, et séparer les deux objets présents dans la scène : le camion et la voiture (figure 6.b)). Une fois les objets correctement définis, l'algorithme entièrement automatique peut être lancé. Les images de la figure 6.c) et 6.d) exposent les résultats obtenus sur les trois images suivantes de la séquence.

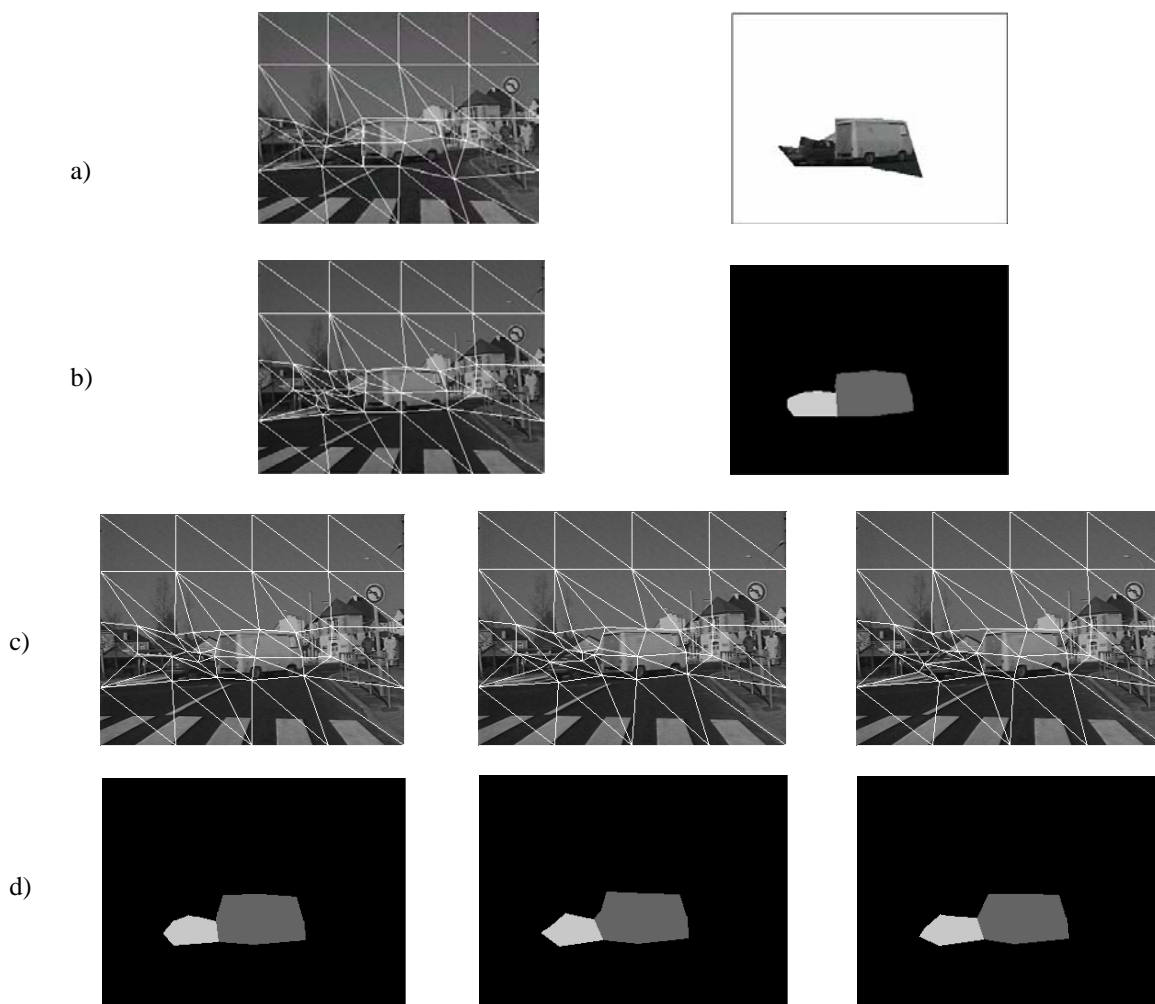


Figure 6 : résultats de segmentation et de suivi sur la séquence «van »

Ce travail est réalisé dans le cadre du contrat exploratoire RNRT OSIAM (Outils de Segmentation d'Images Animées pour MPEG 4/7) en partenariat avec France Télécom R&D, Philips, I3S (Nice), IRISA (Rennes), IRESTE (Nantes), LIS (Grenoble), CREATIS (Lyon)

Des réunions semestrielles d'avancement ont été organisées afin de partager les diverses innovations des participants. L'issue de ce contrat a été la réalisation d'une plate-forme informatique regroupant les divers algorithmes de segmentation développés au sein de ce projet.

*Publications* : 3 articles de conférences, 1 article de revue internationale

- [VALE00] **Sébastien Valette**, Isabelle Magnin et Rémy Prost, Maillage actif de type quadtree pour la segmentation de séquences vidéo, *journées CORESA 2000*, Poitiers, octobre 2000, pp 197-204.
- [VALE01c] **Sébastien Valette**, Isabelle Magnin and Rémy Prost, Active mesh for video segmentation and objects tracking, *IEEE Int. Conf. on Image Processing ICIP 2001*, Thessaloniki, Greece, October 7-10, 2001, Vol. II, pp. 77-80.
- [VALE01d] **Sébastien Valette**, Isabelle Magnin et Rémy Prost, Segmentation et suivi d'objets par maillage déformable : gestion des discontinuités de mouvement, *18<sup>e</sup> Colloque GRETSI 2001*, Toulouse, 10-13 Septembre 2001, Vol. 1, pp. 521-524.
- [VALE04a] **Sébastien Valette**, Isabelle Magnin and Rémy Prost, Mesh-based video objects tracking combining motion and luminance discontinuities criteria, *Signal Processing*, Vol. 84, no. 7, July 2004, pp. 1213-1224.



## **Travaux post-doctoraux (Janvier 2002-Août 2003)**

Laboratoire : Centre de REcherches et d'Applications en Traitement de l'Image et du Signal, UMR CNRS 5515, Lyon

Directeurs : Isabelle Magnin et Didier Revel

Encadrant : Rémy Prost

Cette période a donné lieu à l'amélioration de notre approche de transmission progressive : notre algorithme est désormais capable de simplifier tous les maillages homéomorphes à une sphère jusqu'au maillage le plus simple : un tétraèdre. De plus, une simplification contrainte conserve la régularité des maillages obtenus [VALE04a] et améliore le taux de compression de la connectivité. Associée à la décomposition en ondelettes, cette approche, que nous avons baptisée Wavemesh, donne des résultats supérieurs à toutes les approches de compression progressive pour les maillages, autant au niveau compression sans perte [VALE04b] (nous obtenons un gain variant entre 15% et 40% pour la compression de la connectivité par rapport à la meilleure approche existant auparavant [ALLI01b]) qu'en termes de compromis débit/distorsion.

De plus, une étude des bancs de filtres utilisés nous a permis d'accélérer les calculs d'approximation : dans [VALE04a], nous avons observé que la création du banc de filtres à l'aide du lifting restreint au 1-Disque autour de l'ondelette concernée offrait le meilleur compromis complexité/qualité d'approximation (la figure 7 montre différentes ondelettes géométriques) .

Enfin, nous avons proposé une approche de compression de maillages progressive en précision [VALE04c]. Ce travail couple notre approche de décomposition en ondelettes à un codeur par plan de bits, permettant un raffinement progressif des coefficients d'ondelette lors de la décompression du modèle. De plus, cette approche permet de s'affranchir de l'étape de quantification des coordonnées des sommets du maillage, étape nécessaire à tous les précédents travaux sur la compression des maillages irréguliers.

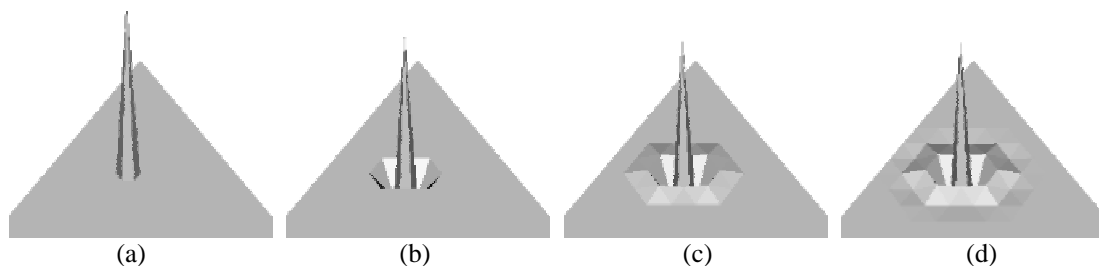


Figure 7 : différents types d'ondelettes. (a) : Ondelette "lazy", (b)(c) et (d) : Ondelettes créées par lifting, restriction respectivement au 0-anneau, 1-anneau et 2-anneau. Ces ondelettes sont classées dans l'ordre croissant de la complexité calculatoire et de la qualité d'approximation.

Cette année a aussi été le commencement pour l'Action de Recherche Coopérative (ARC) Télégéo (Géométrie et Télécommunications), ayant pour but de faire collaborer différentes équipes autour du concept émergent de *Traitement Numérique de la Géométrie*, concernant la compression, le remaillage, le codage résilient, et le tatouage. Le groupe initial (non fermé) autour de l'ARC Télégéo est composé de plusieurs membres:

- **Projet PRISME, INRIA Sophia-Antipolis**
- **Projet ISA, INRIA Lorraine**
- **Projet TEMICS, IRISA, Rennes**
- **TSI/TII, Paris**

*Publications* : 3 articles dans des revues internationales , 1 article de conférence :

[ALLIE03] Pierre Alliez, Olivier Devillers, Martin Isenburg et **Sébastien Valette**, Compression de maillages, un état de l'art, *journées CORESA 2003*, Lyon, Janvier 2003.

[VALE04b] **Sébastien Valette** and Rémy Prost Wavelet Based Multiresolution Analysis Of Irregular Surface Meshes, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 10, No. 2, March/April 2004, pp. 113-122.

[VALE04c] **Sébastien Valette** and Rémy Prost, A Wavelet-Based Progressive Compression Scheme For Triangle Meshes : Wavemesh, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 10, No. 2, March/April 2004, pp. 123-129.

[VALE04d] **Sébastien Valette**, Alexandre Gouaillard and Rémy Prost, Compression of 3D triangular meshes with progressive precision, *Computers & Graphics*, Vol. 28, No. 1, February 2004, pp. 35-42..

## Séjour post-doctoral (Octobre-Novembre 2002)

Laboratoire : GVU Center, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA.

Encadrant : Prof. Jarek ROSSIGNAC

Durant ce séjour, nous avons étudié avec le Professeur Jarek Rossignac la distribution des valences des sommets dans les maillages 3D triangulés. Cette étude nous a mené à la création d'un nouvel algorithme de compression du graphe de connectivité des maillages triangulaires, ne codant que les sommets dont la valence est différente de 6 (les sommets irréguliers). Les premiers résultats sont assez prometteurs (cet algorithme est à l'heure actuelle surtout efficace pour les maillages possédant une forte régularité).

Une autre conséquence de cette étude a été l'amélioration de notre approche de transmission progressive des maillages 3D (Wavemesh). Dans le cas où le maillage à compresser est issu d'une subdivision de Loop [LOOP87], Wavemesh, dans sa version originale [VALE04b] n'obtient le taux de compression optimal que dans 25% des cas. Notre nouvelle approche [VALE03] garantit une optimalité dans 100% des cas en une seule passe (figure 8), et apporte parfois des taux de compression de la connectivité supérieurs aux méthodes mono-résolution basées sur le codage de la valence des sommets [ALLI01a]. Cette nouvelle approche apporte aussi de meilleurs résultats lorsque le maillage possède des régions à connectivité de subdivision ou des régions fortement régulières.

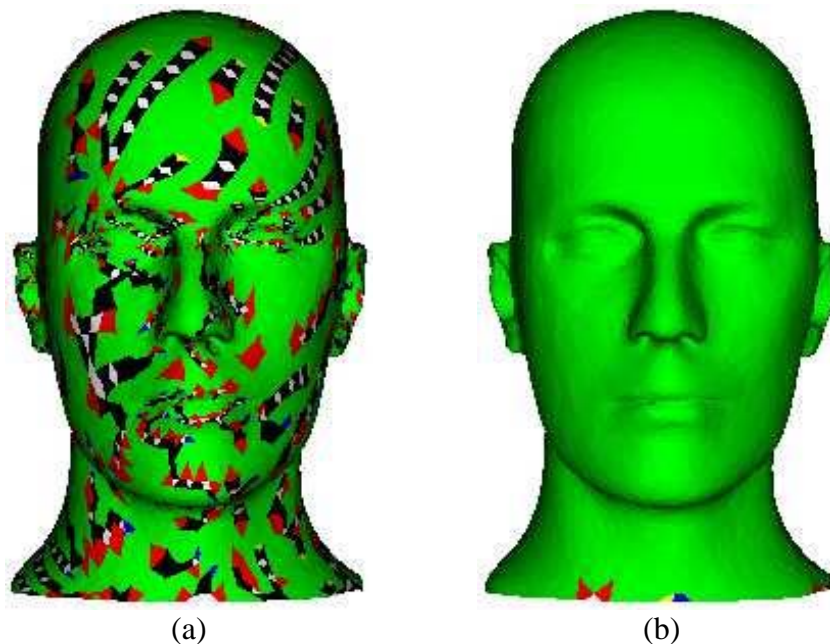


Figure 8 : amélioration de l'efficacité de Wavemesh : le maillage Mannequin n'a une connectivité de subdivision que sur sa partie supérieure. (a) la version originale de Wavemesh n'est pas arrivée à simplifier de façon optimale le maillage (couleurs différentes) alors que la version modifiée a simplifié toute la région à connectivité de subdivision de manière optimale (couleur uniforme)

*Publication:* 1 article de conférence

[VALE03b] **Sébastien Valette**, Jarek Rossignac and Rémy Prost, An efficient subdivision inversion for Wavemesh-based progressive compression of 3D triangle meshes, *IEEE Int. Conf. on Image Processing ICIP 2003*, Barcelona, Spain, September 14-17, 2003, Vol. 1, pp. 777-780.

## Stage post-doctoral (Septembre 2003 – Août 2004)

Laboratoire : Laboratoire des Images et des Signaux (LIS), Grenoble, France

Directeur du laboratoire et encadrant : Jean-Marc Chassery

Mon travail au LIS s'est principalement porté sur l'étude de l'échantillonnage des surfaces. Les modalités de création des maillages (modèles) peuvent être très différentes, et une étape de remaillage est parfois nécessaire afin de faciliter les traitements à effectuer sur un modèle donné. Les causes d'une telle opération peuvent être le trop grand nombre d'éléments (sommets) du modèle original ou sa complexité topologique. Nous avons proposé une approche de simplification des maillages polygonaux, qui produit en sortie des maillages triangulaires uniformes, et dont la topologie a été simplifiée, faisant disparaître les anses et trous pouvant résulter du bruit d'acquisition.

Cette approche est basée sur la classification des cellules du maillage original en une approximation de diagramme de Voronoï centroïdal, en considérant que le nombre d'éléments du maillage final sera très inférieur au nombre d'éléments du maillage initial. Les régions ainsi formées ont des propriétés similaires aux régions de Voronoï. Nous construisons une triangulation en calculant le dual du diagramme, à l'instar des triangulations de Delaunay. Les avantages de cette approche sont sa vitesse d'exécution et sa capacité à traiter les maillages à topologie complexe, opérant comme un filtre à la fois topologique et géométrique.

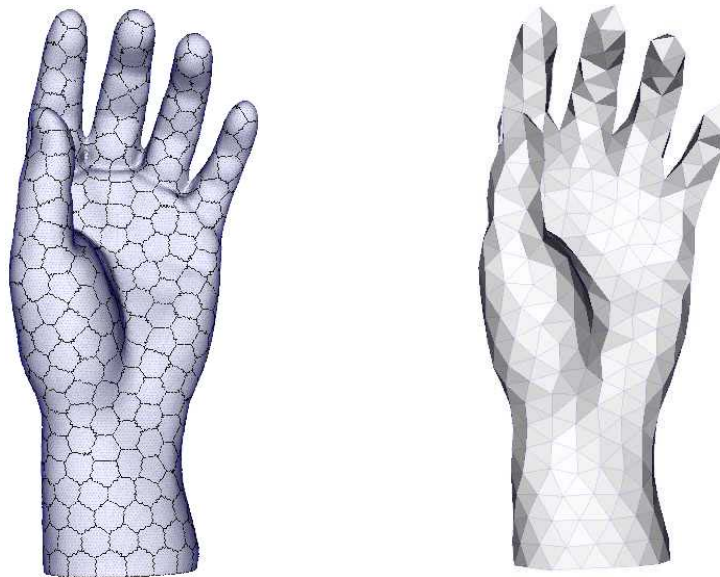


Figure 9 : exemple de simplification uniforme par approximation d'un diagramme de Voronoï centroïdal. A gauche : le modèle original et le diagramme construit. A droite : triangulation résultante.

*Publication* : 1 article de revue internationale (aussi présenté à la conférence internationale Eurographics 2004).

[VALE04e] **Sébastien Valette** and Jean-Marc Chassery, Approximated Centroidal Voronoi Diagrams for Uniform Polygonal Mesh Coarsening *Computer Graphics Forum (Eurographics 2004 proceedings)*, Vol. 23, No. 3, pp. 381-389, September, 2004.

## Stage post-doctoral (Depuis Septembre 2004)

Laboratoire : Informatics & Telematics Institute, Thessaloniki, Grèce

Encadrant : Yiannis Kompatsiaris

L'objectif de ce stage est la combinaison d'à priori sémantiques avec le traitement de la géométrie afin de franchir la barrière existant entre les algorithmes de reconnaissance de formes, de détection ou d'indexation et le processus engendré par la vision humaine. Pour cela, mon but est l'introduction d'*ontologies* (définitions d'objets en fonction du domaine traité) et de *règles* (relations entre les différents objets ou parties d'objets) pour guider les algorithmes de classification ou d'indexation des objets.

La première étape est la création d'une approche rapide de classification (ou schématisation) des différentes parties formant un objet 3D. Cette approche est basée sur la détection des principales extrémités d'un objet, et la représentation de ces extrémités par des ellipsoïdes. Cette représentation est conforme à la notion de descripteurs 3D perceptifs définis par le standard émergent MPEG-7. Les premiers résultats montrent que cette approche est robuste pour un très grand nombre de formes, du fait de son unique paramètre d'entrée (qui fixe la sensibilité de la détection envers les différentes extrémités de l'objet). La figure 10 montre trois exemples de schématisation. Les modèles originaux sont situés en haut de la figure. Les représentations simplifiées (en bas) sont visuellement très proches des modèles originaux.

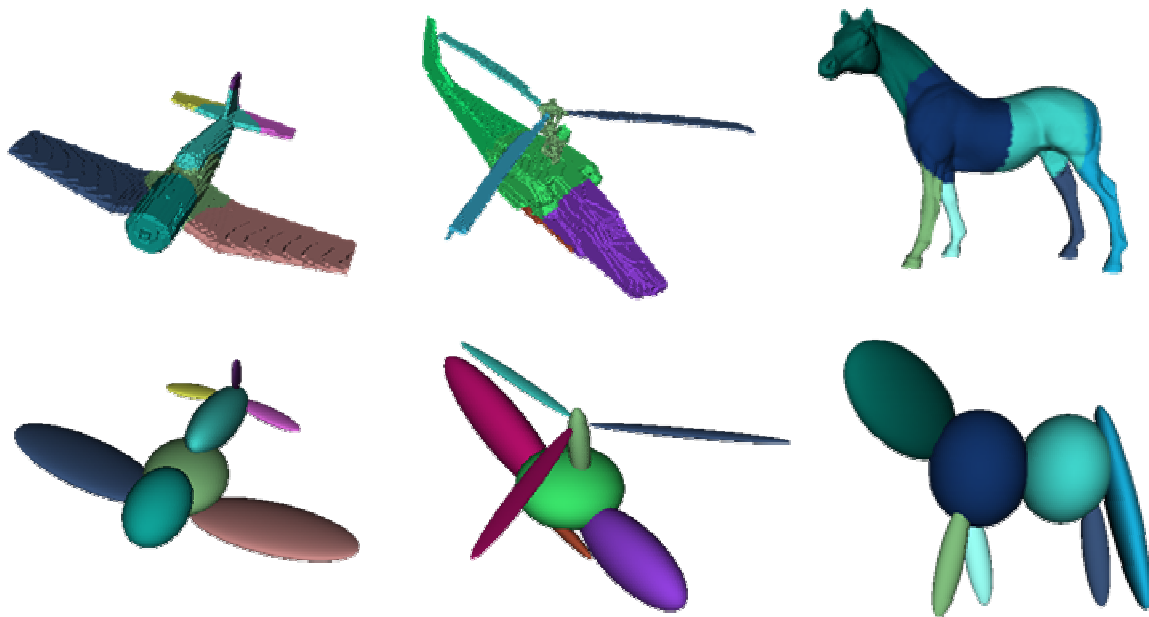


Figure 10 : Exemple de schématisation d'un objet 3D : le modèle original (haut) est traité et ses extrémités en sont extraites afin d'obtenir une représentation intuitive et conforme à la perception humaine (bas)

## **Références bibliographiques**

- [ALLI01a] P. Alliez, M. Desbrun, Valence-Driven Connectivity Encoding for 3D Meshes, *EUROGRAPHICS 2001*, Volume 20, No. 3, 2001, 10p.
- [ALLI01b] P. Alliez, M. Desbrun, Progressive Encoding for Lossless Transmission of 3D Meshes, *Proceedings of SIGGRAPH 2001.*, 8p.
- [LOOP87] C. T. Loop, Smooth Subdivision Surfaces Based on Triangles, *Master's Thesis, University of Utah*, August 1987, P. 74.
- [LOUN94] M. Lounsbery. Multiresolution Analysis for Surfaces of Arbitrary Topological Type, PhD thesis, Dept. of Computer Science and Engineering, University of Washington, 1994, 112p.