

Transmission progressive basée sur le calcul d'axe médian

Florent Dupont

Benjamin Gilles

Atila Baskurt

LIRIS (Laboratoire d'InfoRmatique en Images et Systèmes d'information)

Université Claude Bernard, Lyon 1

Bât. Nautibus, 8 boulevard Niels Bohr, 69622 Villeurbanne cedex – France

{fdupont, abaskurt}@ligim.univ-lyon1.fr, benjamin.gilles@miralab.unige.ch

Résumé

Les objets discrets 3D sont de plus en plus présents dans de nombreuses applications. Le besoin de stocker et de transmettre ce type de données est sans cesse croissant. Ce papier introduit un nouveau schéma de transmission progressive d'objets 3D basé sur le codage d'un axe médian réduit et sur une optimisation de l'ordre de transmission des données transmises pour une meilleure scalabilité en terme de taux de compression et de qualité. Cette représentation d'un objet voxel est une approche sans perte et se révèle être très efficace pour la compression et la transmission progressive comme nous le montrent les résultats présentés dans ce papier.

Mots clefs

Compression 3D, Transmission progressive, Scalabilité, Axe médian, Modélisation 3D.

1 Introduction

Généralement, les maillages polygonaux sont utilisés pour la visualisation de données 3D. De nombreuses méthodes ont été proposées pour la compression de maillage de surfaces 3D afin de réduire le temps de transmission des objets 3D [1],[2],[3]. Pour les objets voxel, les squelettes et axes médians sont souvent utilisés pour caractériser des formes et certains travaux font état de description d'objets sous forme de graphe [4],[5]. Borgefors [6] et Nilsson [7] présentent des méthodes efficaces de représentation de forme avec l'axe médian. Giblin [8] propose une représentation par un hypergraphe basé sur une analyse locale de l'axe médian. Pour la partie reconstruction, Amenta [9] calcule l'intérieur de l'union de boules avec des approches continues.

Dans cette étude, nous proposons un modèle progressif basé sur l'axe médian. La section 2 rappelle le principe du calcul de l'axe médian basé sur une carte de distances et la recherche des maxima locaux. Nous montrons dans la section 3 comment optimiser le nombre de points de l'axe médian et comment choisir le meilleur ordre de transmission pour obtenir rapidement à la reconstruction une bonne qualité de l'objet reconstruit. La section 4

présente ensuite le schéma de codage et de transmission progressive. Les résultats de chaque étape sont présentés dans la section 5.

2 Axe médian

L'axe médian (AM), introduit par Blum [10], présente un intérêt particulier pour la description et l'analyse d'objets. Il est défini comme le lieu des centres des boules maximales entièrement contenues dans l'objet (Figure 1). L'AM est un squelette qui contient en chaque point l'information de la distance au bord. Trois propriétés fondamentales caractérisent l'AM : préservation de l'homotopie, bonne localisation (au centre de l'objet) et réversibilité. Cette dernière garantit une reconstruction exacte après transmission et est essentielle pour une compression sans perte.

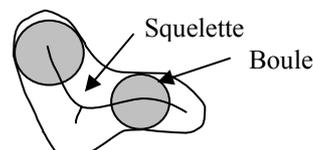


Figure 1 – Boules maximales et squelette

2.1 Carte de distance discrète

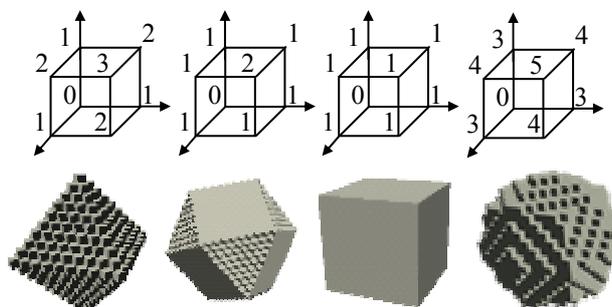


Figure 2 – 4 voisinages (1) et leur boule associée (2) avec différentes distances : (a) D6, (b) D18, (c) D26, (d) Distance de Chanfrein 3,4,5

Pour calculer un AM, une méthode consiste à obtenir une carte de distance où chaque voxel de l'objet 3D a la valeur

de la distance minimale qui le sépare du bord [11]. Comme nous travaillons dans un espace discret, nous avons considéré plusieurs distances discrètes basées sur des voisinages 3D [12]. Nous avons implémenté 4 distances (D6, D18, D26 et une distance de Chanfrein avec les paramètres 3,4,5). Les boules associées sont présentées avec un rayon égal à 10 dans la figure 2.

2.2 Maxima locaux

L'AM est l'ensemble des centres des boules maximales entièrement contenues dans l'objet. Il est obtenu en calculant les maxima locaux dans le voisinage considéré en fonction de la distance choisie.

3 Optimisation

3.1 Optimisation de l'axe médian

L'AM n'est pas minimal et contient des points redondants car certaines boules peuvent être éliminées sans changer l'objet reconstruit. Le but de notre méthode d'optimisation est d'enlever de l'AM les points inutiles pour reconstruire parfaitement l'objet. Pour cela, nous calculons pour chaque point de l'AM, le nombre de voxels (appelé "volume intrinsèque") qui appartiennent à la boule associée à ce point sans appartenir à une autre boule. La liste des points de l'AM est ordonnée par rayon croissant et les points dont le volume intrinsèque est nul, sont supprimés. Cette opération est effectuée pour tous les points avant une mise à jour des volumes intrinsèques à cause de l'influence mutuelle des boules (Figure 3).

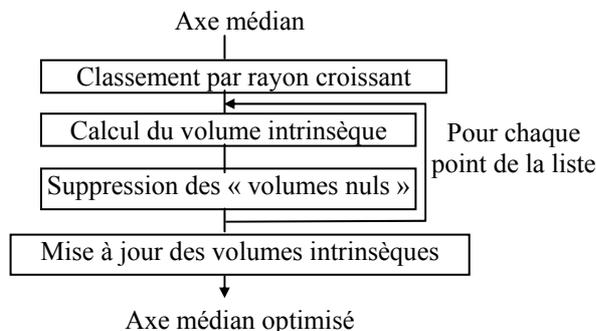


Figure 3 – *Algorithme d'optimisation*

L'étape de classement s'avère primordiale pour réduire fortement le nombre de petites boules dans l'AM.

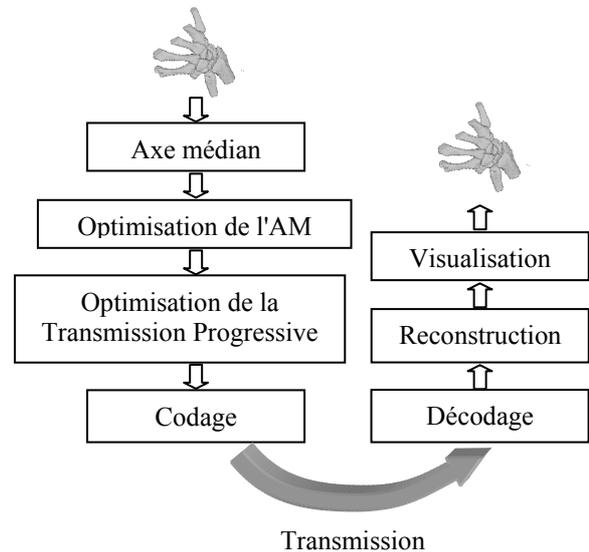
3.2 Optimisation de la progressivité

L'AM optimisé est une liste de points 3D (coordonnées X,Y,Z) avec un rayon associé, qui peuvent être classés de manière à obtenir un objet reconstruit de qualité le plus rapidement possible. Le premier point transmis est celui de plus gros rayon. Ensuite deux stratégies sont envisagées : soit par rayon décroissant, soit par volume intrinsèque croissant. La section 5 présente les résultats comparés de ces deux approches.

4 Schéma de la transmission progressive

Le schéma complet de la transmission progressive est présenté dans la figure suivante.

Figure 4 – *Schéma de transmission progressive*



Le calcul de l'AM ainsi que les deux étapes d'optimisation peuvent être calculées avec toutes les normes (voir section 2) et la meilleure en terme de compression sera retenue. Ce choix assure la taille minimale au fichier binaire. Le temps de calcul pour la compression se trouve alors augmenté.

5 Résultats

Tous les résultats présentés dans cette section ont été obtenus avec quatre volumes différents : un volume complexe de fine épaisseur (skull), un volume (hand) avec deux résolutions différentes et un volume géométrique. Le tableau suivant donne leurs caractéristiques : dimensions, taille du fichier non compressé, nombre de voxels de l'objet.

Volumes	Taille (octets)	Dimensions	Nb de voxels
skull	414022	66 x 66 x 95	34240
hand_37_63_66	154048	37 x 63 x 66	14229
hand_19_32_34	20874	19 x 32 x 34	2394
geom_vol	27202	30 x 30 x 30	1925

Tableau 1 – *Images test*

Cette étude nous apporte deux types de résultats complémentaires : l'efficacité de la compression en comparant avec d'autres standards de compression et la qualité de la progressivité de notre méthode.

5.1 Compression

Le calcul et l'optimisation de l'AM dépendent du choix de la norme. La figure 5 présente le nombre de boules après l'optimisation pour chaque norme et chaque volume. La réduction du nombre de boules est une bonne indication de la qualité de la norme dans un objectif de compression.

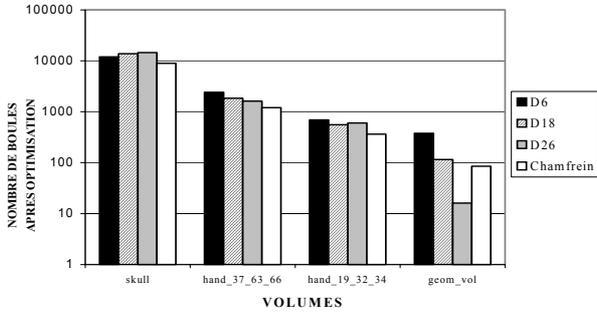


Figure 5 – Comparaison entre les normes

La norme de Chamfrein donne les meilleurs résultats pour les images naturelles. Pour l'image géométrique, D26 est naturellement la distance la mieux adaptée puisqu'elle associe des boules cubiques.

Avant l'optimisation, la norme de Chamfrein produit toujours plus de boules que les autres normes. Cependant, le nombre de boules éliminées pendant la phase d'optimisation est toujours supérieur. Les résultats détaillés sont présentés dans la figure 6.

Après le codage de l'AM optimisé, la taille du fichier binaire obtenu peut être comparée à celles obtenues par des codeurs classiques tels que GZIP ou JBIG. Ce dernier a été développé pour la compression d'images 2D binaires. Nous l'avons utilisé avec un empilement des coupes constituant les volumes. Le tableau 2 présente les taux de compression (taille du fichier brut divisée par la taille du fichier comprimé) pour notre méthode utilisée avec la meilleure norme, pour GZIP et JBIG.

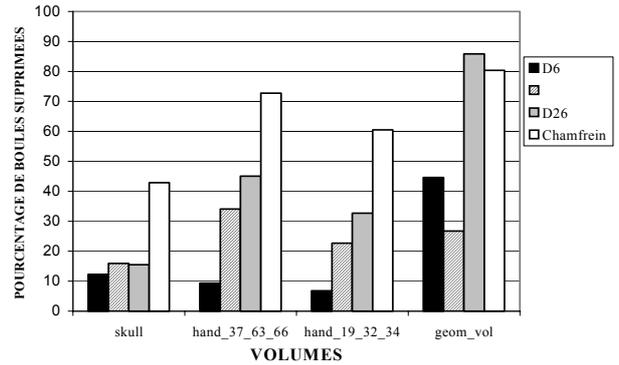


Figure 6 – Résultats de l'optimisation

Pour la compression d'objets naturels, notre méthode est légèrement moins performante que les deux autres, notamment pour l'objet mince. Cependant, notre méthode reste plus attractive avec ses possibilités de progressivité dans la transmission d'objets 3D. Pour les objets géométriques, notre méthode est très performante puisqu'un faible nombre de boules suffit à décrire l'objet.

Volumes	Notre méthode	GZIP	JBIG
Skull	13.69	29.99	36.43
hand_37_63_66	42.87	48.17	43.5
hand_19_32_34	22.79	25.18	26.46
geom_vol	591.3	83.19	177.8

Tableau 2 – Taux de compression

5.2 Transmission progressive

La figure 7 montre l'évolution de la distorsion en fonction du pourcentage de données transmises, ce qui est proportionnel au temps sur un réseau à débit constant.

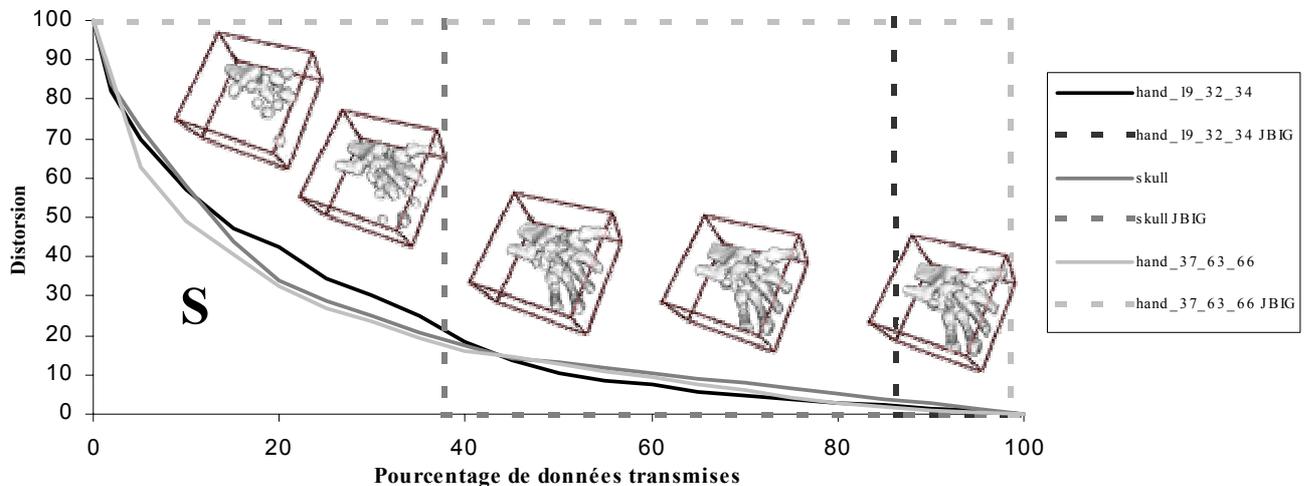


Figure 7 – Courbe temps/distorsion (avec la méthode des rayons décroissants)

La distorsion est égale à l'erreur sur le volume reconstruit à partir des données reçues en comparaison au volume d'origine. Elle est calculée en utilisant la métrique adoptée par MPEG-4 :

$$D = \frac{\text{Nombre de pixels d'erreur}}{\text{Nombre de pixels à l'intérieur de l'objet}}$$

Pour des méthodes non progressives, la courbe montre un pallier en pointillés au moment où la distorsion passe de 100% à 0% lorsque la totalité du fichier est transmise. La valeur 100 sur l'axe des abscisses correspond au moment où la totalité de l'objet est transmise avec notre méthode.

Avec notre méthode, même si la transmission est légèrement plus longue, nous avons une très bonne approximation de l'objet très tôt (après seulement 20 à 30 % de données transmises). Pour améliorer encore cet aspect de progressivité, nous avons proposé deux méthodes de classement des boules. Pour comparer ces deux méthodes avec JBIG, un bon critère est l'aire sous la courbe distorsion/temps (S dans la figure 7). Puisque nous voulons réduire au maximum le temps de transmission ainsi que la distorsion, l'aire doit être minimisée. La qualité de la méthode est calculée avec ce critère et les résultats sont présentés dans la figure 8.

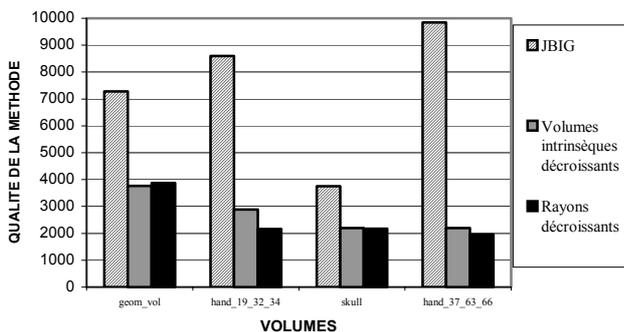


Figure 8 – Comparaison des méthodes de classement

La méthode des rayons décroissants donne des résultats sensiblement meilleurs que la méthode des volumes intrinsèques décroissants et nettement meilleurs que ceux obtenus avec JBIG.

6 Conclusion et perspectives

Dans ce papier, nous avons introduit une nouvelle méthode de transmission progressive de volumes binaires. Nous avons démontré que notre méthode est capable de donner rapidement une bonne approximation de l'objet. Notre travail actuel consiste à introduire des liens entre des boules déjà transmises afin d'accélérer la reconstruction sans transmettre toutes les boules de l'axe médian.

Cette méthode basée sur l'axe médian ouvre des perspectives intéressantes en terme de compression et de progressivité et à plus long terme pour l'animation d'objets

3D (en utilisant des transformations sur l'axe médian) ainsi que la description et l'indexation pour la recherche d'objets 3D dans des bases de données.

Une démonstration de transmission progressive en ligne est accessible sur le web [13].

7 Remerciements

Nos remerciements à Sylvain Louergue pour sa contribution à ce travail et à Bertrand Marmond pour la réalisation du site Web de démonstration. Merci à Florence Denis pour l'image scanner de la main en 3D.

Références

- [1] A. Guézic, G. Taubin, F. Lazarus and W. Horn, "Simplicial Maps for Progressive Transmission of Polygonal Surfaces", VRML'98. ACM, February 98.
- [2] H. Hoppe, "Progressive Meshes", SIGGRAPH 1996, 99-108
- [3] M. Krus, "Connexions et Facettisation: Gestion Adaptative de Scènes Virtuelles – Application à la Navigation dans des Installations Industrielles", PhD Thesis, Univ. Paris XI – Sud, France, June 1999.
- [4] R. Kresch and D. Malah, "Skeleton-Based Morphological Coding of Binary Images", IEEE Trans. Image Processing, Vol. 7, No.10, Oct. 1998, 1387-1399.
- [5] F. Reinders, M.E.D. Jacobson, F.H. Post, "Skeleton Graph Generation for Feature Shape Description", Proc. Data Visualization 2000, 73-82.
- [6] G. Borgefors, I. Nyström, "Efficient shape representation by minimizing the set of centres of maximal discs / spheres", Pattern Recognition Letters, Vol. 18, 1997, 465-472.
- [7] F. Nilsson and P-E. Danielsson, "Finding the Minimal Set of Maximum Disks for Binary Objects", *Graphical Models and Image Processing*, 59(1), Jan. 1997, 55-60
- [8] P. Giblin, B.B. Kimia, "A Formal Classification of 3D Medial Axis Points and their Local Geometry", CVPR00, 566-573.
- [9] N. Amenta, R.K. Kolluri, "The medial axis of a union of balls", *Computational Geometry*, Vol. 20 No. 1-2, 2001, 25-37
- [10] H. Blum, "A transformation for extracting new descriptors of shape", In *Symposium on Models for the Perception of Speech and Visual Form*, M.I.T. Press, 1964, 139-146.
- [11] G. Borgefors, "Distance Transformation in Arbitrary Dimension's", *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol. 27, 1984, 321-345.
- [12] Remy, E., and Thiel E., "Medial axis for chamfer distances: computing look-up tables and neighbourhoods in 2D or 3D", *Pattern Recognition Letters*, Volume 23, Issue 6, April 2002, 649-661.
- [13] Site web de démonstration <http://www710.univ-lyon1.fr/ligim/textes/equipes/IMAGE/projets/fdupont2.htm>.