
Simplification de surfaces polygonales complexes

Salim Belblidia*, **Jean-Pierre Perrin***

* Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie (CRAI)

UMR MAP N° 694 (CNRS/Culture)

Ecole d'Architecture de Nancy

2, rue Bastien Lepage, 54000 NANCY

belblidia@crai.archi.fr, perrin@crai.archi.fr

Résumé : L'utilisation de méthodes de simplification géométrique permet de réduire la complexité des objets pour en produire des versions simplifiées à partir de leurs descriptions originales. Sur la base d'un algorithme d'échantillonnage, nous avons développé deux algorithmes permettant un meilleur contrôle du résultat, ceci en spécifiant soit le niveau de déformation, soit le degré de complexité de la version résultante.

Abstract : The use of geometric simplification methods allows to reduce object complexity and generate several versions from the original one. Using a sampling algorithm, we have developed two algorithms which allow the user to control either the deformation or the complexity of the resulting object.

Mots-clés : simplification, complexité géométrique, niveaux de détail

Key words : simplification, decimation, geometric complexity, level of detail

1. Introduction

Malgré le développement constant des machines et des algorithmes graphiques, la visualisation en temps réel de modèles tridimensionnels complexes reste un véritable problème, car il existera toujours une scène dont la complexité dépasse les capacités de calcul d'une machine même très puissante.

Un des moyens possibles de pallier ce problème est de représenter le modèle avec des niveaux de détail plus ou moins fins selon les besoins de l'utilisateur et le type d'application. La méthode consiste à simplifier la géométrie des objets pour en produire plusieurs représentations de complexité variable. L'utilisation d'algorithmes de simplification géométrique permet d'effectuer cette tâche automatiquement.

Les algorithmes de simplification géométrique sont relativement nombreux et différents. La plupart d'entre eux sont très exigeants sur la régularité topologique des surfaces à simplifier, dans le but précisément d'en préserver les propriétés. [HAM 94][KAL94][COH 96].

L'algorithme que nous avons choisi d'étendre (2) n'appartient pas à cette catégorie puisqu'il permet de simplifier des objets polygonaux quelconques, même si ceux-ci présentent une topologie irrégulière. En effet, dans certains modèles, générés sur des modéliseurs CAO, il n'est pas rare de trouver des facettes doubles, des sommets confondus ou une juxtaposition de volumes clos décrivant un même objet.

L'algorithme retenu est intéressant par son caractère général mais il présente l'inconvénient de ne pas permettre un contrôle suffisant du résultat, ce qui mène parfois à des versions simplifiées très dégradées. Pour cette raison, nous avons développé, sur la base de cette méthode, deux nouveaux algorithmes permettant un meilleur contrôle du résultat, ceci en spécifiant soit un niveau maximum de déformation de l'objet (3), soit un degré de complexité géométrique à atteindre (4). Les trois méthodes de simplification ont été intégrées dans une application permettant la simplification d'objets surfaciques dans l'environnement du modéliseur AutoCAD (6).

2. Algorithme de simplification par échantillonnage

L'algorithme de Rossignac et Borrel [RB 93], classé parmi les méthodes d'échantillonnage, comporte les phases suivantes :

- La *pondération des sommets* consiste à affecter, à chaque sommet, un poids représentant son importance géométrique par rapport à d'autres sommets. Ce poids peut-être, par exemple, la longueur de la plus grande arête incidente.
- La *triangulation des polygones* est une étape optionnelle qui a pour but d'éviter l'apparition, après fusion des sommets, de polygones gauches..
- La *subdivision du volume englobant* en cellules est la phase dont dépend le niveau de simplification de l'objet, la taille des cellules étant la dimension maximum des détails à supprimer (Figure 1).
- La *fusion des sommets* consiste à déplacer tous les sommets contenus à l'intérieur d'une cellule, soit vers le barycentre des points pondérés, soit vers le sommet de poids fort. Dans le premier cas, on obtient une approximation de la géométrie de l'objet, alors que dans le second, on en conserve les traits les plus marquants.
- L'*élimination* est la phase qui réduit concrètement la complexité de l'objet puisqu'elle consiste à supprimer les sommets d'angle nul, les arêtes de longueur nulle, les polygones de surface nulle et les polygones doubles.

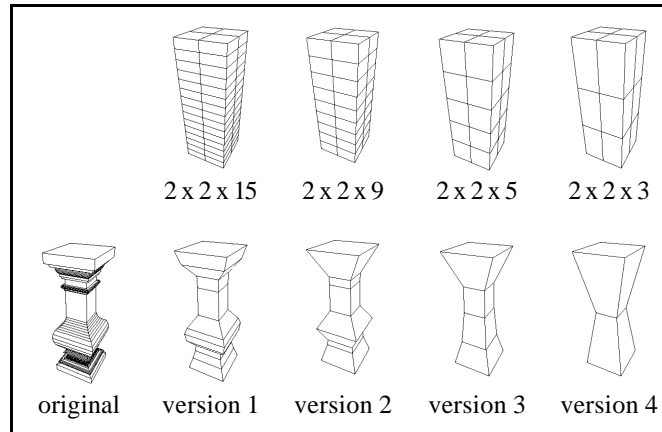


Figure 1: Exemple de simplification avec différentes valeurs de subdivision régulière

Après des expérimentations menées sur divers objets, nous avons constaté que l'utilisation d'un partitionnement régulier du volume englobant exige une approche itérative de la simplification, qui implique que l'on ne peut arriver à un résultat satisfaisant qu'après une série de cycles simplification, évaluation, modification de paramètres, simplification, etc.

Parallèlement à d'autres améliorations de l'algorithme portant sur les géométries des volumes englobants [BEL98], nous proposons ici la possibilité de fixer des objectifs de simplification auxquels l'algorithme doit tendre : un objectif de qualité garantissant une dégradation contrôlée de l'objet (3), ou un objectif de complexité pour satisfaire un taux de simplification donné (4).

3. Contrôle de la qualité

Le principe de cette approche est de *simplifier le plus possible l'objet sans atteindre un niveau de dégradation donné*. Ce niveau de qualité requis est exprimé par l'utilisateur en termes de déplacement maximum de sommets, en précisant soit une distance absolue, soit un pourcentage de la plus grande dimension de l'objet.

Après les phases de pondération et de triangulation, l'algorithme de simplification opère de la manière suivante : l'objet est d'abord contenu dans une cellule unique qui coïncide avec son volume englobant. Dans cette cellule, le déplacement maximum des points est évalué. Si celui-ci est inférieur au seuil toléré, la fusion est effectuée et la procédure s'arrête. Dans le cas contraire, la cellule est divisée en deux et la procédure reprend à l'identique avec chacune des cellules filles.

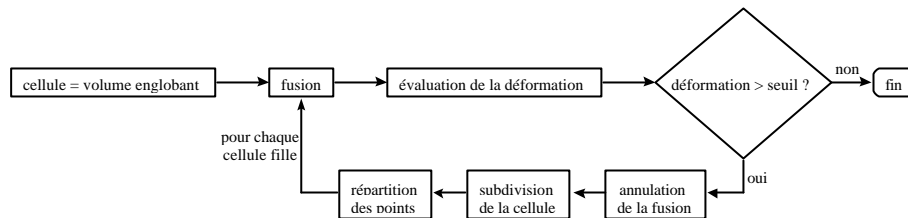


Figure 2 : Algorithme de simplification guidé par un objectif de qualité.

4. Contrôle de la complexité

Le principe de cette approche est *d'atteindre une complexité donnée de l'objet tout en le simplifiant le mieux possible*. L'utilisateur spécifie le niveau de complexité de l'objet résultant, en termes de nombre de sommets à conserver ou de pourcentage de sommets à conserver.

De la même manière que pour l'objectif de qualité, à l'initialisation de l'algorithme, l'objet est d'abord contenu dans une cellule unique. Si le nombre de sommets fixés par l'utilisateur n'est pas atteint, la cellule où le déplacement de sommets est le plus grand est choisie. La fusion des points y est annulée, la cellule est subdivisée et la fusion a lieu dans les deux cellules secondaires. La procédure itérative continue jusqu'à atteindre le seuil de complexité fixé.

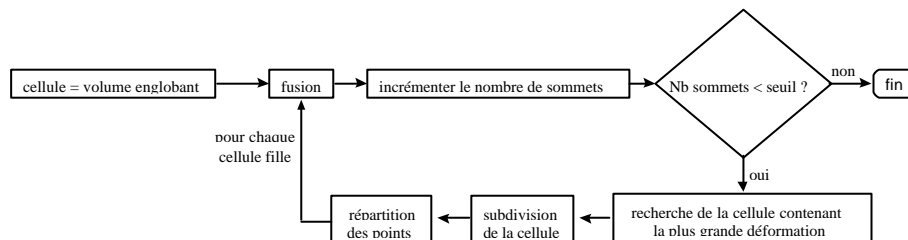


Figure 3 : Algorithme de simplification guidé par un objectif de complexité.

Le fait que la cellule où le déplacement de sommet est le plus important soit choisie à chaque itération pour y annuler la fusion permet d'obtenir la plus petite erreur possible dans la limite de la complexité fixée.

5. Discussion

Les deux algorithmes de simplification, basés sur la subdivision adaptative du volume englobant de l'objet, ne découpent pas les cellules vides (Figure 4) ce qui présente un avantage majeur. En effet, lorsqu'on veut obtenir des versions simplifiées de très bonne qualité, en utilisant la subdivision régulière, il est nécessaire de générer un très grand nombre de petites cellules, sans distinction des vides et des

pleins de l'objet, ce qui induit l'utilisation de plus de ressources de mémoire et de calcul.

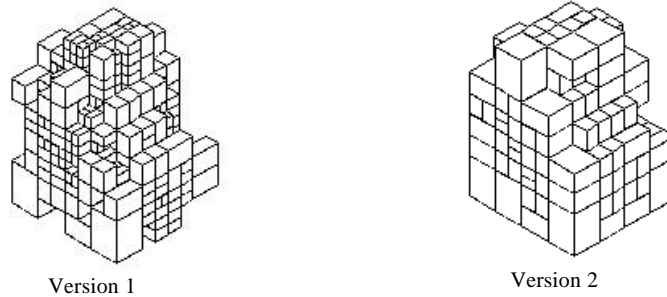


Figure 4 : Subdivisions adaptatives du même volume englobant avec différents objectifs.

Cette subdivision adaptative est basée sur une opération de base qui consiste à scinder une cellule mère en deux cellules filles, par exemple orthogonalement à la plus grande dimension de la cellule (Figure 5). Pour optimiser le découpage et éviter de générer des cellules vides, nous évaluons dans chaque cellule l'englobant des points contenus. C'est ce volume englobant intérieur dont nous examinons les proportions pour décider de la direction selon laquelle il doit être scindé (Figure 6).

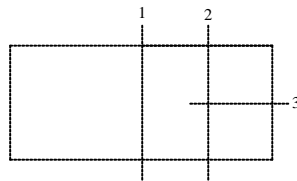


Figure 5 : Découpage de la cellule tenant compte de ses dimensions.

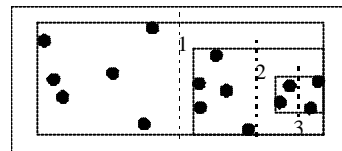


Figure 6 : Découpage de la cellule tenant compte de la répartition des points.

Cette amélioration permet de réduire le nombre de découpages nécessaires à la réalisation d'un objectif et de limiter l'espace mémoire occupé par la partition spatiale et le temps d'exécution de la simplification.

6. Implantation

Sur la base de ces algorithmes, nous avons développé une application de simplification pour AutoCAD, utilisant les fonctionnalités de la bibliothèque C++ ObjectARX.

Elle permet de traiter, en entrée, tous les objets surfaciques disponibles : les faces 3D indépendantes (*3DFace*), les maillages polygonaux réguliers (*PolygonMesh*) et les maillages indexés (*PolyfaceMesh*). Le résultat de la simplification peut être produit sous la forme d'un ensemble de faces ou d'un maillage indexé.

L'interface de saisie des paramètres de simplification permet à l'utilisateur de choisir principalement une méthode de simplification : subdivision régulière, contrôle de la qualité ou contrôle de la complexité. Pour chacune des méthodes, des paramètres numériques permettent de définir le niveau de simplification. Au terme de chaque opération, l'utilisateur peut choisir d'afficher, dans le dessin, la partition spatiale ayant servi à la simplification.

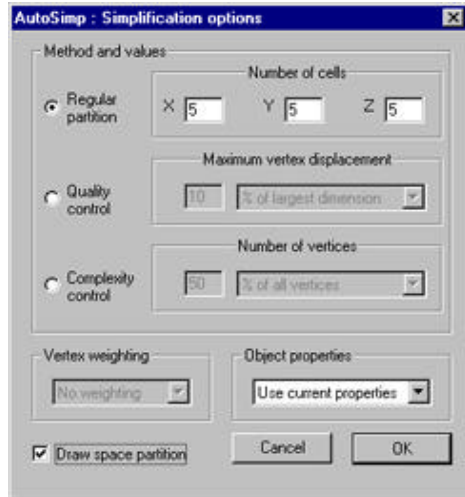


Figure 7 : Boîte de saisie des paramètres de simplification

7. Exemples

La simplification d'un modèle 3D de coeur se fait ici en utilisant des objectifs de complexité respectifs de 50% et de 20% du nombre original de sommets. Le nombre de sommets de l'objet est réduit dans des proportions voisines (resp. 55% et 23%).

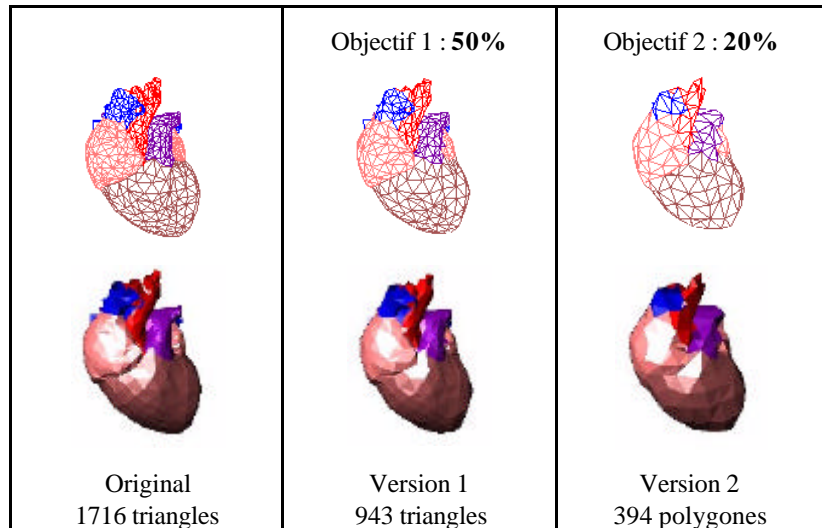


Figure 8 : Subdivision résultant d'une simplification guidée par un objectif de complexité.

7.1. Conclusion

Les extensions apportées à l'algorithme d'échantillonnage permettent effectivement un meilleur contrôle du résultat tout en conservant la simplicité et le caractère général de l'algorithme. Elles permettent de produire des résultats satisfaisants sur un grand nombre d'objets.

En revanche, la méthode générale reste basée sur la fusion de sommets proches, ce qui ne permet pas de détecter, par exemple, des faces coplanaires ou des faibles courbures sur une surface. Dans certains cas, le recours à d'autres approches de la simplification s'avère donc nécessaire.

Bibliographie

- [BEL 98] BELBLIDIA. S., *Modélisation et visualisation par niveaux de détail de scènes architecturales complexes*, Thèse de doctorat, Institut Polytechnique de Lorraine INPL, Février 1998.
- [COH 96] COHEN J., VARSHNEY A., MANOCHA D., AGARWAL P. and BROOKS F.P., *Simplification Envelopes*, Computer Graphics (Siggraph '96 Proceedings), Vol 30, 1996.
- [HAM 94] HAMANN B., *A data reduction scheme for triangulated surfaces*, Computer Aided Geometric Design, Vol 11 (2), pages 197-214, April 1994.
- [KAL 94] KALVIN A.D. and TAYLOR R.H., *Superfaces : polygonal mesh simplification with bounded error*, Technical report RC19808 (#87702), IBM Research Division, T.J. Watson research Center, Yorktown Heights, NY 10958, 1994.
- [RB 93] ROSSIGNAC J. et BORREL P., *Multi-resolution 3d approximations for rendering complex scenes*, Proceedings of the Conference on Geometric Modeling in Computer Graphics, pages 453-465, June 1993.