



Rapport : Réduction du nombre de sommets/faces d'un modèle 3D

Module: Multimedia Mining and Indexing

Devoir Individuel



ENCADRER PAR : M'HAMED AIT KBIR
REALISER PAR : KHATTABI IDRIS

Introduction

La réduction de maillage est une étape essentielle dans le traitement des modèles 3D, en particulier pour les applications qui nécessitent une visualisation en temps réel ou une gestion efficace des ressources. Avec l'augmentation de la complexité des modèles et des scènes 3D, il devient crucial de diminuer le nombre de sommets et de faces tout en préservant la qualité visuelle et les détails pertinents. Ce processus permet non seulement de réduire la charge sur les processeurs graphiques, mais aussi d'améliorer les performances globales des systèmes.

Dans ce rapport, nous examinerons les différentes étapes impliquées dans la réduction de maillage, y compris le décodage des fichiers .obj, la présentation de deux algorithmes de simplification (« Vertex Clustering » et « Edge Collapse »), ainsi que la comparaison de leurs résultats. Ces méthodes offrent des approches différentes pour atteindre le même objectif : simplifier le modèle tout en préservant son intégrité visuelle.

Décodage d'un fichier .obj

Le format de fichier .obj est largement utilisé pour représenter des modèles 3D. Il contient principalement les informations suivantes :

- **Vértices** (sommets) : position dans l'espace 3D.
- **Faces** : ensembles de sommets connectés formant des surfaces.
- **Normales** : vecteurs perpendiculaires aux surfaces pour définir l'éclairage.

Pour décoder un fichier .obj, les structures de données suivantes peuvent être utilisées :

- **Liste de sommets** : Tableau contenant les coordonnées 3D des sommets.
- **Liste de faces** : Tableau contenant les indices des sommets constituant chaque face.
- **Table de correspondance** : Permet de relier efficacement les sommets et les faces.

Ces structures facilitent la manipulation des primitives lors de la réduction de maillage.

Explication des algorithmes de réduction de maillage

1. Regroupement de Sommets (Vertex Clustering)

Le regroupement de sommets consiste à regrouper les sommets du maillage en clusters (ou groupes) et à remplacer chaque cluster par un sommet représentatif unique.

Processus :

1. **Créer une Grille Spatiale :**

- Diviser l'espace 3D contenant le maillage en une grille 3D uniforme (ou grille de voxels).
- Chaque cellule de la grille représente un cluster de sommets.
- La taille des cellules détermine le niveau de simplification (petites cellules = plus de détails ; grandes cellules = simplification importante).

2. Assigner les Sommets aux Clusters :

- Pour chaque sommet du maillage, déterminer à quelle cellule de la grille il appartient en fonction de ses coordonnées.
- Regrouper les sommets qui tombent dans la même cellule.

3. Calculer un Sommet Représentatif :

- Pour chaque cluster, calculer un sommet représentatif. Méthodes courantes :
 - La position moyenne (centroïde) de tous les sommets du cluster.
 - La position d'un sommet choisi au hasard dans le cluster.

4. Reconstruire le Maillage :

- Remplacer tous les sommets d'un cluster par le sommet représentatif.
- Mettre à jour les faces du maillage (triangles ou polygones) en connectant les nouveaux sommets représentatifs.
- Supprimer les faces dégénérées (celles qui ont deux ou plusieurs sommets identiques).

Comment cela fonctionne :

- Le processus réduit efficacement le nombre de sommets en fusionnant plusieurs sommets en un seul.
- Cette méthode est simple et rapide, mais elle peut introduire des artefacts visibles, comme des formes en blocs, surtout sur les détails fins.

2. Collapse d'Arêtes (Edge Collapse)

Le collapse d'arêtes simplifie le maillage en réduisant une arête à un seul sommet, fusionnant ainsi deux sommets et mettant à jour les faces concernées.

Processus :

1. Sélectionner une Arête à Réduire :

- Identifier une arête (une paire de sommets connectés) à réduire. Les critères de sélection incluent souvent :
 - La longueur de l'arête (les arêtes plus courtes sont prioritaires).
 - La courbure (les arêtes dans des régions plus plates sont prioritaires).
 - Les métriques d'erreur (ex. : *quadric error*).

2. Calculer une Nouvelle Position de Sommet :

- Déterminer la nouvelle position pour le sommet unique issu de la réduction. Options possibles :
 - Le point milieu de l'arête.
 - La position de l'un des sommets originaux (pour préserver certaines caractéristiques).
 - Une position optimisée pour minimiser l'erreur (ex. : *quadric error metric*).

3. Mettre à Jour la Connectivité :

- Supprimer l'arête réduite.
- Mettre à jour toutes les faces partageant cette arête pour utiliser la nouvelle position de sommet.
- Supprimer les faces dégénérées (celles avec des sommets dupliqués).

4. Répéter :

- Continuer à réduire les arêtes de manière itérative selon les critères de sélection, jusqu'à atteindre le niveau de simplification souhaité.

Comment cela fonctionne :

- Chaque réduction d'arête diminue le nombre de sommets de 1 et le nombre de faces de 2.
- Cette méthode offre un contrôle plus précis sur le processus de simplification par rapport au regroupement de sommets.
- L'utilisation de métriques d'erreur comme le *quadric error* permet de préserver autant que possible la forme du maillage.

Comparaison

Caractéristique	Regroupement de Sommets	Collapse d'Arêtes
Niveau de Simplification	Résultats grossiers ; adapté aux grandes réductions.	Contrôle fin ; conserve mieux les détails.
Vitesse	Très rapide ; basé sur le regroupement par grille.	Plus lent ; nécessite une sélection et une réduction itératives.
Implémentation	Simple à implémenter.	Plus complexe, avec des calculs d'erreur.
Qualité du Résultat	Moindre, surtout pour les détails fins.	Supérieure, avec une bonne sélection d'arêtes.

Cas d'Utilisation

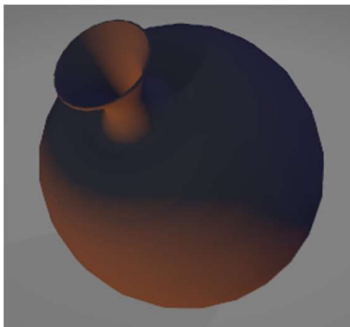
- **Regroupement de Sommets** : Idéal pour des simplifications rapides et approximatives, comme la génération de niveaux de détail (LOD) pour des objets distants dans les jeux ou le rendu.
- **Collapse d'Arêtes** : Parfait pour des simplifications de haute qualité, comme l'impression 3D, la conception assistée par ordinateur (CAO), ou lorsque la topologie du maillage doit être maintenue.

Si vous souhaitez des exemples visuels ou des diagrammes pour illustrer ces concepts, faites-le moi savoir !

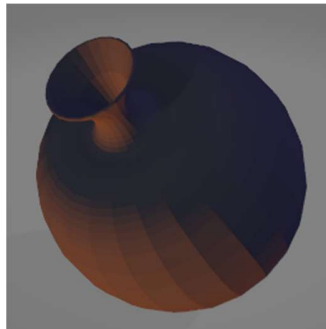
Comparaison des résultats

En comparant les performances des algorithmes « Vertex Clustering » et « Edge Collapse » sur différents modèles, plusieurs observations peuvent être faites :

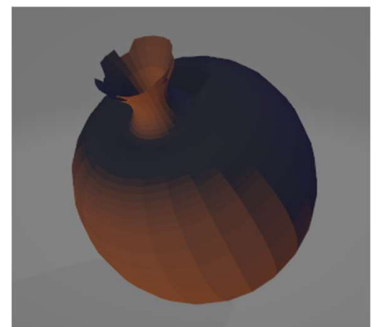
OBJ 1 :



Original



Vertex Clustering



Edge Collapse

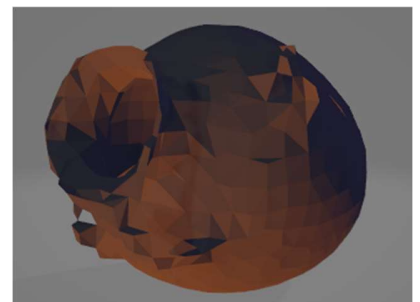
OBJ 2 :



Original

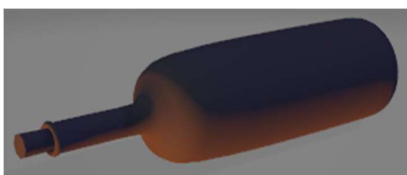


Vertex Clustering

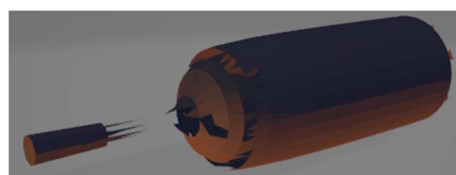


Edge Collapse

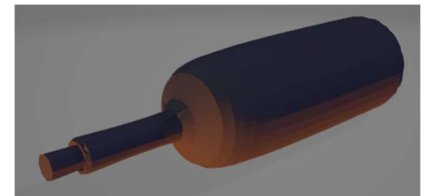
OBJ 3 :



Original



Vertex Clustering



Edge Collapse

OBJ 4 :



Original

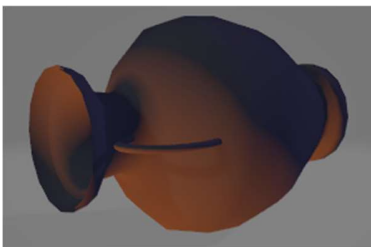


Vertex Clustering

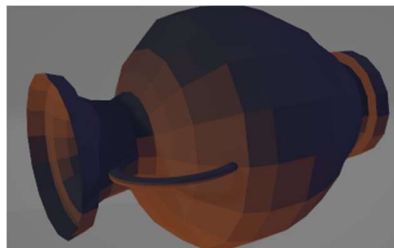


Edge Collapse

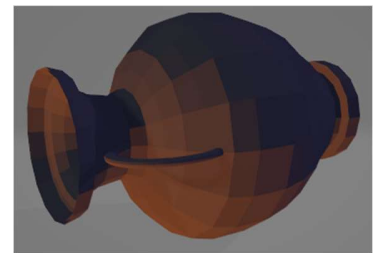
OBJ 5 :



Original

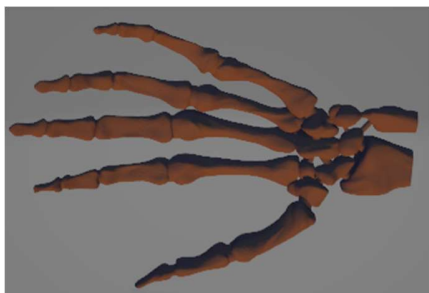


Vertex Clustering



Edge Collapse

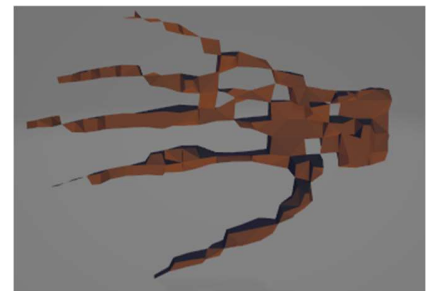
OBJ6 :



Original



Vertex Clustering



Edge Collapse

Nombre des sommets et faces et le temps dans l'objet original, Vertex Clustering, Edge Collapse.

Modèle	Original	Vertex Clustering	Edge Collapse
OBJ1	1369 sommets, 2734 faces	1259 sommets, 2514 faces (0.08s)	1369 sommets, 2102 faces (0.05s)
OBJ2	10505 sommets, 20822 faces	752 sommets, 1613 faces (0.10s)	10505 sommets, 0 faces (0.37s)
OBJ3	2165 sommets, 4438 faces	1452 sommets, 2910 faces (0.04s)	2165 sommets, 1574 faces (0.07s)
OBJ4	17403 sommets, 34643 faces	451 sommets, 988 faces (0.15s)	17403 sommets, 0 faces (0.65s)
OBJ5	1932 sommets, 3824 faces	1932 sommets, 3824 faces (0.05s)	1932 sommets, 3824 faces (0.09s)
OBJ6	327323 sommets, 654666 faces	404 sommets, 980 faces (2.87s)	327323 sommets, 0 faces (12.80s)

La taille des objets pour original, Vertex Clustering, Edge Collapse (en Kb)

Modèle	Original	Vertex Clustering	Edge Collapse
OBJ1	166	73	75
OBJ2	1839	367	62
OBJ3	270	87	88
OBJ4	3154	617	39
OBJ5	289	112	112
OBJ6	24916	12061	39

Conclusion

Les résultats montrent que le choix de l'algorithme dépend fortement du contexte et des priorités :

Le « Vertex Clustering » offre une meilleure rapidité et une réduction équilibrée des sommets et des faces. Il est idéal pour les applications où une exécution rapide et une préservation générale de la structure du modèle sont importantes.

Le « Edge Collapse » réduit plus drastiquement les faces mais au prix d'un temps d'exécution plus élevé. Il est mieux adapté aux situations où les détails visuels sont prioritaires et où les sommets doivent être préservés.

Ainsi, le « Vertex Clustering » se démarque par sa simplicité et sa rapidité, tandis que le « Edge Collapse » excelle dans la préservation des sommets au détriment des faces et du temps.