



DVI2 : RÉDUCTION DE MAILLAGE

MST : Artificial Intelligence and Data Sciences

Prepared by :
AHMED SAMADY
Supervised by :
Pr. M. AIT KBIR

1 But

Diminuer le nombre de sommets/faces d'un modèle 3D tout en préservant la qualité visuelle et le niveau des détails recherchés.

2 Décoder un fichier .obj

Afin de réduire le maillage d'un modèle 3D, il est nécessaire de lire et d'extraire les informations du fichier 'obj' qui contient les données du modèle. Le script doit être capable de lire les coordonnées des sommets, les indices des faces, et les normales des sommets si elles sont présentes. Les étapes suivantes sont nécessaires pour extraire les informations du fichier 'obj' :

- **Traitement des sommets** : Les lignes commençant par 'v' représentent les sommets. Les coordonnées des sommets sont extraites, éventuellement permutées, et ajoutées à la liste des sommets.
- **Traitement des normales** : Les lignes commençant par 'vn' représentent les normales. Les coordonnées des normales sont extraites, éventuellement permutées, et ajoutées à la liste des normales.
- **Traitement des coordonnées de texture** : Les lignes commençant par 'vt' représentent les coordonnées de texture. Elles sont extraites et ajoutées à la liste des coordonnées de texture.
- **Traitement des matériaux** : Les lignes commençant par 'usemtl' ou 'usemat' spécifient le matériau à utiliser pour les faces suivantes. Le nom du matériau est stocké.
- **Traitement des faces** : Les lignes commençant par 'f' représentent les faces. Chaque face est décomposée en indices de sommets, de normales et de coordonnées de texture. Ces indices sont stockés dans la liste des faces avec le matériau associé.
- **Initialisation OpenGL** : Si l'option d'OpenGL est activée, une liste d'affichage OpenGL est générée. Les faces sont dessinées en utilisant les sommets, les normales et les coordonnées de texture précédemment extraits.

3 Vertex Clustering

3.1 Algorithme

3.1.1 Classe Mesh

La classe `Mesh` définit les structures de données nécessaires pour stocker les informations du maillage. Les données suivantes sont stockées :

- V : Les coordonnées des sommets (*vertices*).
- F : Les faces (*faces*), définies par des indices de sommets.
- N : Les normales des sommets (*normals*).
- FN : Les normales des faces.

3.1.2 Classe QuadricErrorMetric

La classe `QuadricErrorMetric` stocke deux composantes principales :

- A : Une matrice 3×3 qui représente l'accumulation des erreurs quadratiques.
- b : Un vecteur 3×1 qui encode les contraintes liées aux sommets.

On calcule la position optimale d'un sommet en résolvant le système linéaire $Ax = b$.

$$\mathbf{A}' = \mathbf{A} + w \cdot \mathbf{I}, \quad \mathbf{b}' = \mathbf{b} + w \cdot \mathbf{c},$$

où w est un poids et \mathbf{c} est le centre géométrique de la cellule. La nouvelle position du sommet est obtenue en résolvant :

$$\mathbf{A}' \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}'.$$

3.1.3 Classe VertexClustering

La classe `VertexClustering` implémente l'algorithme principal. Elle initialise les données du maillage (\mathbf{V} , \mathbf{F} , etc.) et calcule les bornes minimales (`min_coords`) pour positionner la grille 3D. Les nouvelles structures (`newV`, `newF`, etc.) sont également initialisées. L'algorithme se déroule dans les étapes suivantes :

1. **Initialisation des structures de données :** Les structures de données nécessaires sont initialisées, y compris les cartes pour les cellules et les normales, ainsi que les compteurs pour les sommets et les indices.
2. **Traitement des faces :** Pour chaque face du maillage, les indices des cellules sont calculés en fonction des coordonnées des sommets. Si les sommets de la face appartiennent à des cellules différentes, les indices des cellules sont ajoutés à la map des cellules et les normales sont mises à jour.
3. **Normalisation des normales :** Les normales des cellules sont normalisées pour obtenir des vecteurs unitaires. Si une normale est nulle, elle est remplacée par un vecteur par défaut $(0, 1, 0)$.
4. **Comptage des sommets par cellule :** Le nombre de sommets dans chaque cellule est compté pour déterminer le poids de chaque cellule dans le calcul de la nouvelle position des sommets.
5. **Calcul des métriques d'erreur quadratique :** Les métriques d'erreur quadratique (QEM) sont calculées pour chaque cellule en accumulant les matrices et vecteurs d'erreur pour chaque face.
6. **Calcul des nouvelles positions des sommets :** Les nouvelles positions des sommets sont calculées en résolvant le système linéaire pour chaque cellule, en tenant compte du poids et du centre géométrique de la cellule.

3.2 Résultats

Les résultats de la simplification de maillage des modèles 3D sont présentés ci-dessous.

3.2.1 OBJ1

Le modèle original contient 1369 sommets et 2734 faces. Le modèle simplifié contient 993 sommets et 2052 faces, avec une taille de cellule de 0.7 de la taille du modèle.

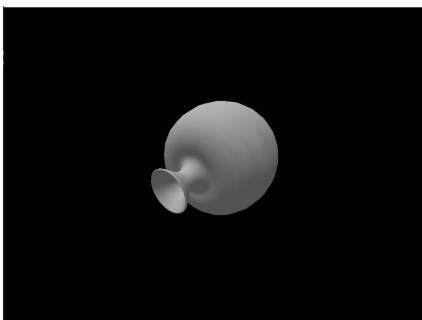


FIGURE 1 – Modèle original

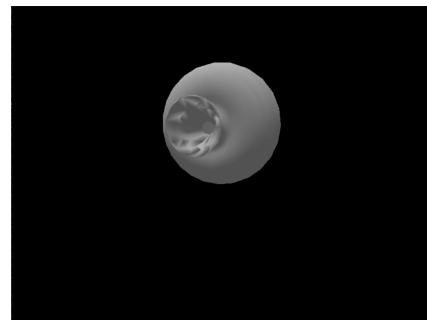


FIGURE 2 – Modèle simplifié

3.2.2 OBJ2

Le modèle original contient 10505 sommets et 20822 faces. Le modèle simplifié contient 5235 sommets et 10648 faces, avec une taille de cellule de 0.03 de la taille du modèle.

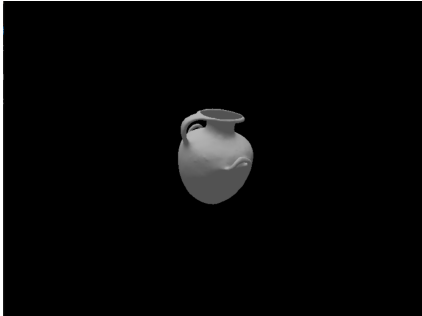


FIGURE 3 – Modèle original



FIGURE 4 – Modèle simplifié

3.2.3 OBJ3

Le modèle original contient 2165 sommets et 4438 faces. Le modèle simplifié contient 1452 sommets et 2910 faces, avec une taille de cellule de 0.1 de la taille du modèle.

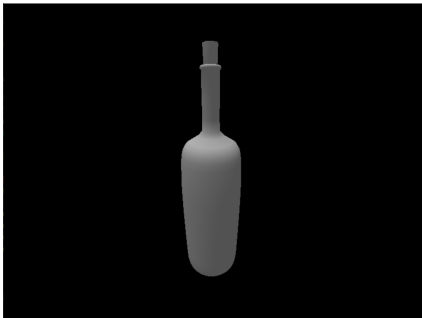


FIGURE 5 – Modèle original

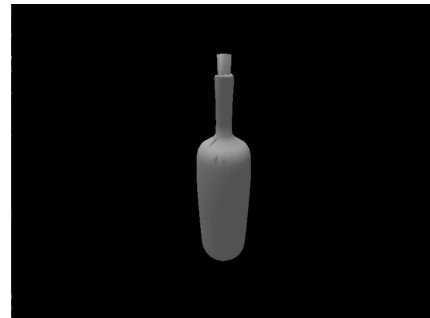


FIGURE 6 – Modèle simplifié

3.2.4 OBJ4

Le modèle original contient 17403 sommets et 34643 faces. Le modèle simplifié contient 6484 sommets et 13130 faces, avec une taille de cellule de 0.02 de la taille du modèle.



FIGURE 7 – Modèle original



FIGURE 8 – Modèle simplifié

3.2.5 OBJ5

Le modèle original contient 1932 sommets et 3824 faces. Le modèle simplifié contient 1292 sommets et 2572 faces, avec une taille de cellule de 1.0 de la taille du modèle.



FIGURE 9 – Modèle original



FIGURE 10 – Modèle simplifié

3.2.6 OBJ6

Le modèle original contient 327323 sommets et 654666 faces. Le modèle simplifié contient 11366 sommets et 23514 faces, avec une taille de cellule de 0.02 de la taille du modèle.

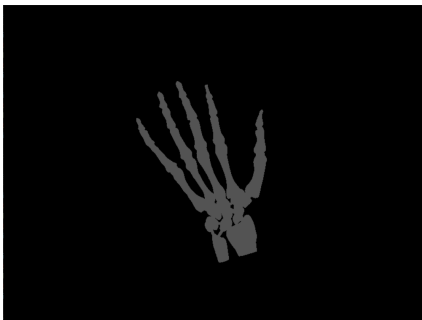


FIGURE 11 – Modèle original

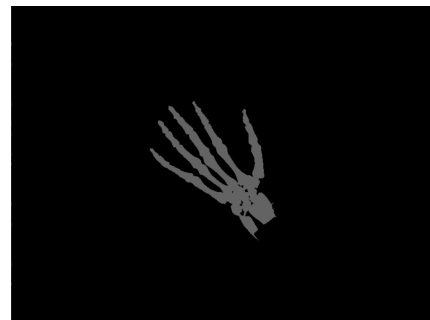


FIGURE 12 – Modèle simplifié

3.3 Conclusion

Le vertex clustering est une technique efficace pour simplifier les modèles 3D en regroupant les sommets en clusters. Les résultats montrent que le nombre de sommets et de faces peut être significativement réduit tout en préservant la qualité visuelle du modèle. La taille de la cellule joue un rôle important dans la simplification du maillage, et doit être choisie en fonction de la taille du modèle et du niveau de détail souhaité.

4 Edge Collapse

4.1 Algorithme

La classe `EdgeCollapse` implémente l'algorithme principal de réduction de maillage par collapse d'arêtes. Elle initialise les données du maillage (`V`, `F`, etc.) et calcule les coûts des arêtes pour déterminer les arêtes à supprimer. Les nouvelles structures (`newV`, `newF`, etc.) sont également initialisées. L'algorithme se déroule dans les étapes suivantes :

1. **Initialisation des structures de données** : Les structures de données nécessaires sont initialisées, y compris les listes de sommets, de faces et de normales.
2. **Calcul des coûts des arêtes** : Pour chaque face du maillage, les arêtes sont identifiées et leur coût de collapse est calculé en fonction de la distance entre les sommets adjacents.
3. **Tri des arêtes par coût** : Les arêtes sont triées dans une file de priorité (heap) en fonction de leur coût de collapse, les arêtes avec le coût le plus bas étant traitées en premier.
4. **Collapse des arêtes** : Les arêtes sont successivement supprimées en fusionnant les sommets adjacents. La position du nouveau sommet est calculée comme la moyenne des positions des sommets originaux.
5. **Mise à jour des faces** : Les faces du maillage sont mises à jour pour refléter les changements dans les sommets. Les faces contenant des sommets supprimés sont également mises à jour ou supprimées si nécessaire.
6. **Réindexation des sommets** : Les sommets restants sont réindexés pour éliminer les indices de sommets supprimés et mettre à jour les faces en conséquence.
7. **Calcul des nouvelles normales** : Si les normales des sommets ne sont pas fournies, elles sont recalculées en fonction des nouvelles positions des sommets et des faces mises à jour.

4.2 Résultats

Les résultats de la simplification de maillage des modèles 3D sont présentés ci-dessous.

4.2.1 OBJ1

Le modèle original contient 1369 sommets et 2734 faces. Le modèle simplifié contient 958 sommets et 1912 faces. Le taux de réduction est de 0.7

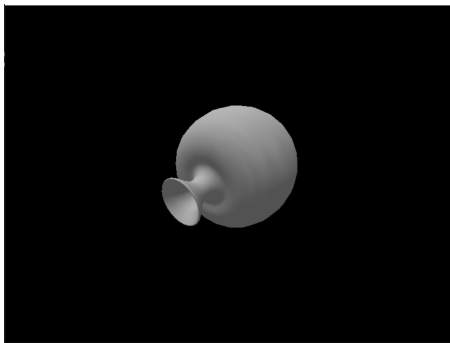


FIGURE 13 – Modèle original

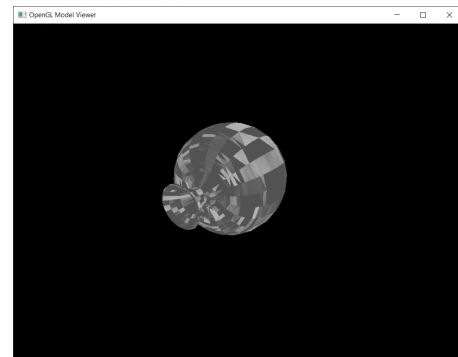


FIGURE 14 – Modèle simplifié

4.2.2 OBJ2

Le modèle original contient 10505 sommets et 20822 faces. Le modèle simplifié contient 2105 sommets et 4163 faces. Le taux de réduction est de 0.2



FIGURE 15 – Modèle original

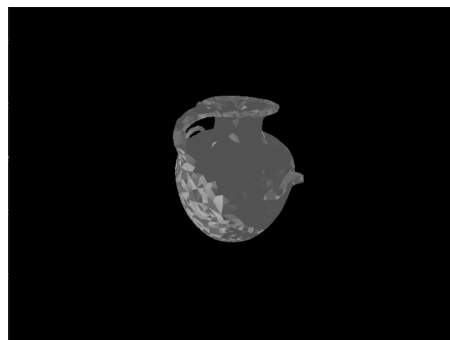


FIGURE 16 – Modèle simplifié

4.2.3 OBJ3

Le modèle original contient 2165 sommets et 4438 faces. Le modèle simplifié contient 1124 sommets et 2141 faces. Le taux de réduction est de 0.5



FIGURE 17 – Modèle original



FIGURE 18 – Modèle simplifié

4.2.4 OBJ4

Le modèle original contient 17403 sommets et 34643 faces. Le modèle simplifié contient 5224 sommets et 10392 faces. Le taux de réduction est de 0.3



FIGURE 19 – Modèle original

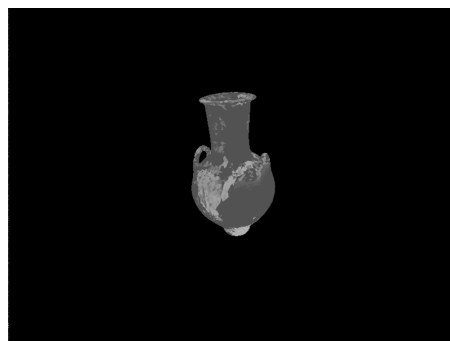


FIGURE 20 – Modèle simplifié

4.2.5 OBJ5

Le modèle original contient 1932 sommets et 3824 faces. Le modèle simplifié contient 1167 sommets et 2294 faces. Le taux de réduction est de 0.6



FIGURE 21 – Modèle original



FIGURE 22 – Modèle simplifié

4.2.6 OBJ6

Puisque le modèle original contient un grand nombre de sommets (327323) et de faces (654666), On n'a pas pu exécuter l'algorithme de Edge Collapse sur ce modèle.

4.3 Conclusion

L'edge collapse est une technique efficace pour simplifier les modèles 3D en fusionnant les sommets adjacents. Les résultats montrent que le nombre de sommets et de faces peut être significativement réduit tout en préservant la qualité visuelle du modèle. Le taux de réduction joue un rôle important dans la simplification du maillage, et doit être choisi en fonction du modèle et du niveau de détail souhaité.

5 Comparaison

— Vertex Clustering :

— Avantages :

- Peut être utilisé pour simplifier les modèles 3D en regroupant les sommets en clusters.
- Préserve les détails importants.
- Préserve les textures et les normales des sommets.
- Peut être utilisé pour réduire le nombre de sommets et de faces tout en maintenant la qualité visuelle.
- Ne nécessite pas d'un temps de calcul important pour les modèles de grande taille.

— Inconvénients :

- Nécessite de choisir une taille de cellule appropriée pour obtenir des résultats optimaux.

— Edge Collapse :

— Avantages :

- Peut être utilisé pour simplifier les modèles 3D en fusionnant les sommets adjacents.
- Préserve les détails importants.
- Peut être utilisé pour réduire le nombre de sommets et de faces tout en maintenant la qualité visuelle.

— **Inconvénients :**

- Nécessite de choisir un taux de réduction approprié pour obtenir des résultats optimaux.
- Ne préserve pas les textures et les normales des sommets.
- Peut nécessiter un temps de calcul important pour les modèles de grande taille.

5.1 Conclusion

Les deux techniques de simplification de maillage, le vertex clustering et l'edge collapse, sont efficaces pour réduire le nombre de sommets et de faces des modèles 3D. Chaque technique a ses avantages et inconvénients, et peut être utilisée en fonction des besoins spécifiques du modèle. Le choix de la technique dépend de la taille du modèle, du niveau de détail souhaité et des contraintes de temps de calcul.