



# Catmull Clark Subdivision: Expérimentations

Auteur: Maria OUSSADI - M1 Informatique parcours GIG

Année: 2024/2025

# 1. Algorithme de Catmull Clark:

## 1.1. Pseudo-code:

Entrée :

- V : liste des sommets
- F : liste des faces (polygones)
- N : nombre d'itérations de subdivision

Pour chaque itération de 1 à N faire :

1. Calcul des points de face :

Pour chaque face f dans F :

Calculer le barycentre des sommets de f → point de face

2. Calcul des points d'arêtes :

Pour chaque arête e (v1, v2) partagée entre 1 ou 2 faces :

Si e est une arête interne (2 faces) :

point d'arête = moyenne(centres des 2 faces, v1, v2)

Sinon (arête frontière) :

point d'arête = moyenne(v1, v2)

3. Mise à jour des anciens sommets :

Pour chaque sommet v :

Si v est sur la frontière :

Utiliser moyenne pondérée entre v et ses voisins sur la frontière

(Explication dans la section 2.3)

Sinon :

F = moyenne des points de faces adjacentes à v

R = moyenne des points d'arêtes connectées à v

n = nombre de faces autour de v

nouveau\_v = (F + 2 \* R + (n - 3) \* v) / n

4. Construction des nouvelles faces :

Pour chaque face f dans F :

Pour chaque sommet v dans f :

Créer une face à partir de :

- v
- point d'arête entre v et son voisin suivant
- point de face de f
- point d'arête entre v et son voisin précédent

Retourner :

- Nouveaux sommets (anciens + points de face + points d'arête)
- Nouvelles faces (quadrilatères)

## 2. Expérimentations:

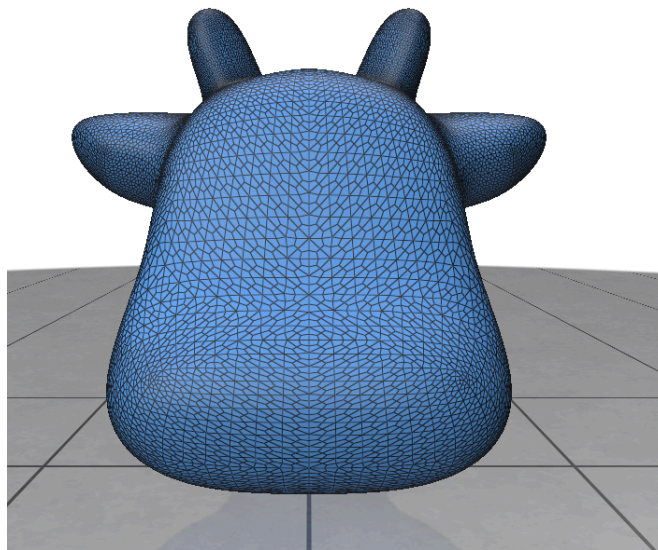
Afin d'évaluer les performances et les limites de l'algorithme de subdivision Catmull-Clark, nous avons mené une série de tests sur différents types de maillages : certains à base de **triangles** et d'autres à base de **quadrilatères**. Ces expérimentations permettent de mieux comprendre la sensibilité de l'algorithme à la topologie du maillage d'entrée.

### 2.1. Maillages triangulés (ex : Cow Head)

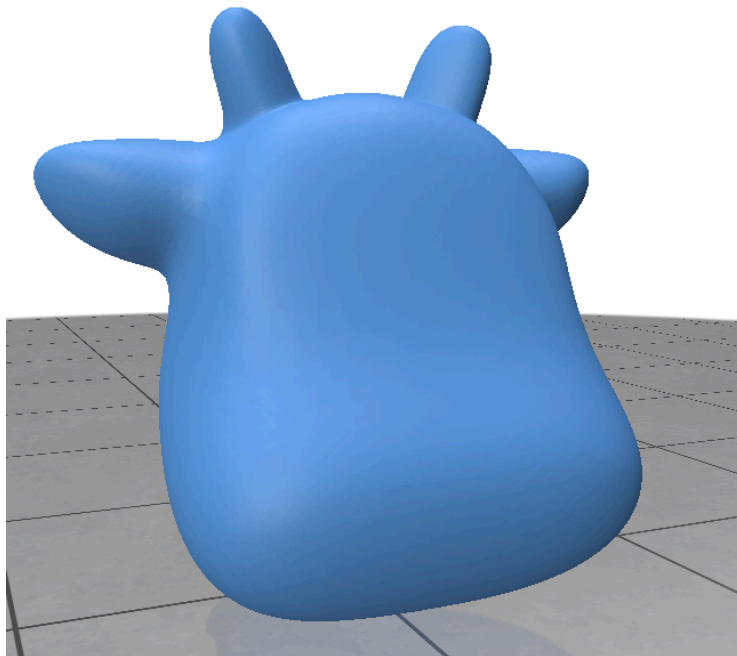
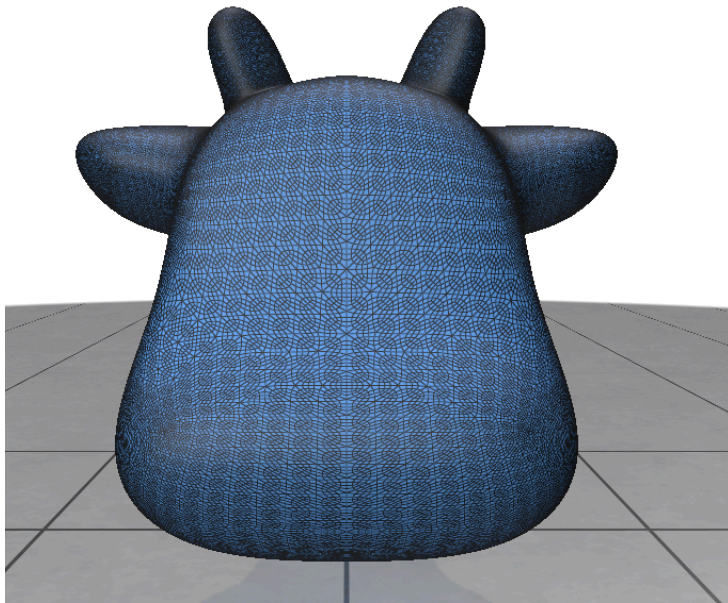
J'ai appliqué l'algorithme sur un maillage triangulé représentant une tête de vache ([cowhead.obj](#)). Bien que Catmull-Clark soit conçu pour des maillages quadrangulaires, il reste capable de transformer des triangles en quadrilatères lors de la première itération.

L'application de l'algorithme sur le Cow Head triangulé:

Iteration 01

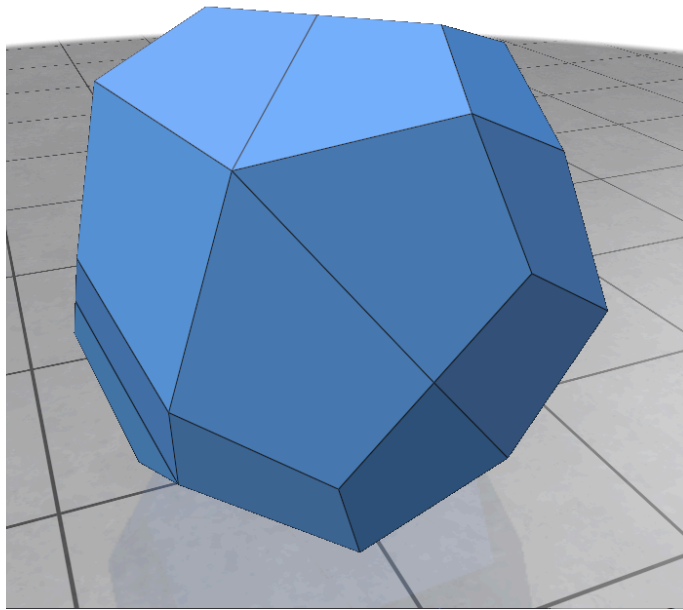


Iteration 02

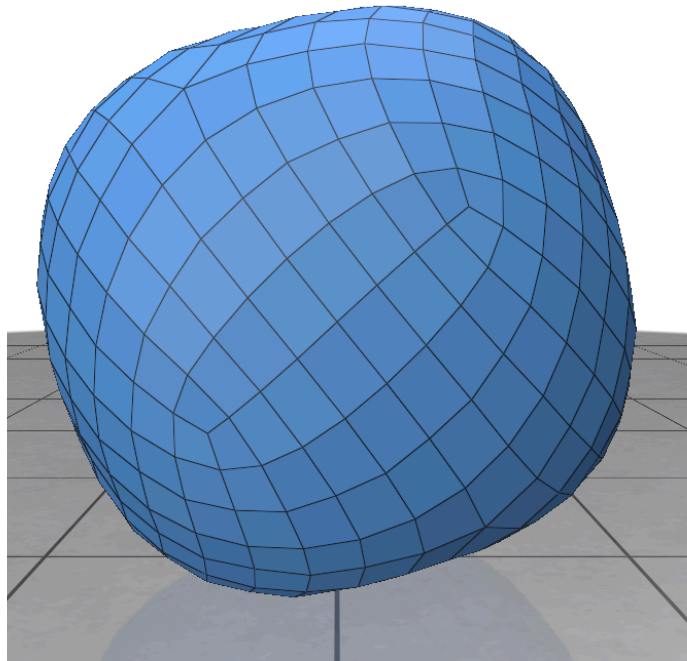


L'application de l'algorithme sur le cube triangulé:

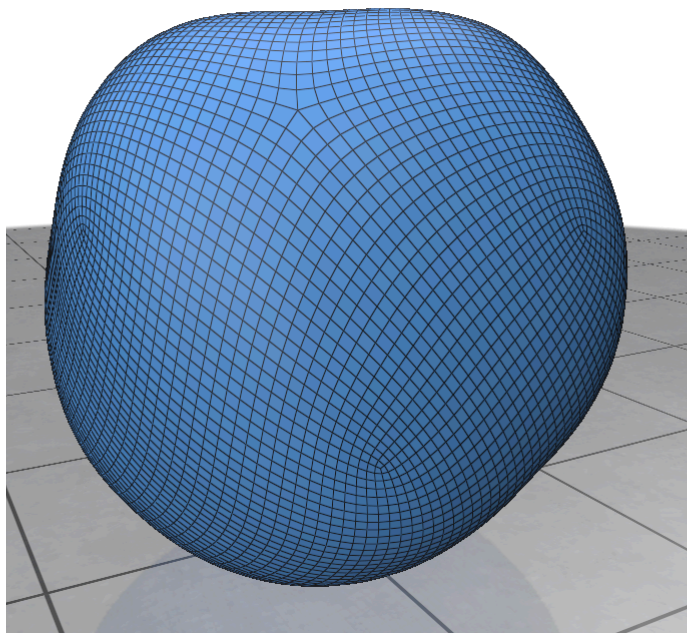
Iteration 01



Iteration 03



Iteration 05



**Observations :**

- La surface devient visuellement plus lisse, ce qui confirme que la subdivision agit bien sur la géométrie.
- Toutefois, le maillage résultant contient des quads très irréguliers, certains avec des angles excessifs ou des surfaces non uniformes.
- Cette irrégularité rend difficile une représentation optimisée de la surface pour des applications telles que le rendu ou la simulation physique.
- La transition vers une sphère parfaite, même après plusieurs itérations, reste difficile à atteindre à partir d'une base triangulée.

**2.2. Maillage quadrangulaire : Cube régulier**

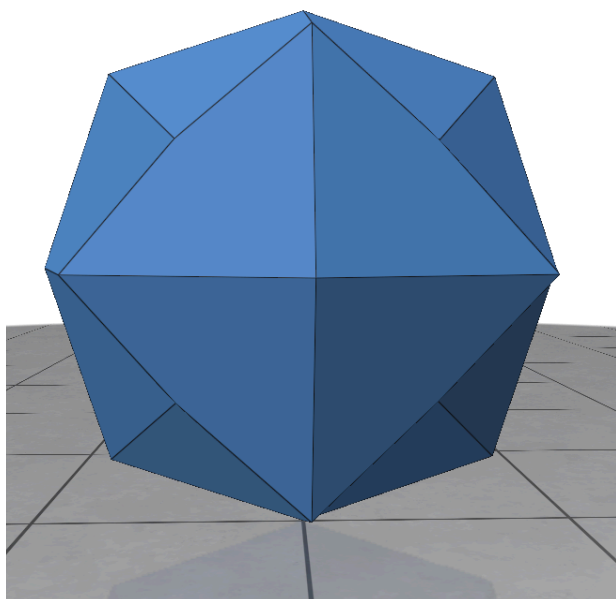
Un cube construit manuellement avec 6 faces quadrangulaires a été utilisé comme cas de référence. Ce type de maillage respecte pleinement les prérequis de l'algorithme.

**Résultats :**

- La subdivision produit des maillages réguliers et bien structurés à chaque itération.
- Après plusieurs subdivisions, le cube évolue progressivement vers une forme sphérique, démontrant une convergence géométrique harmonieuse.
- Les quads générés sont de taille plus homogène, avec des courbures réparties de manière plus naturelle.

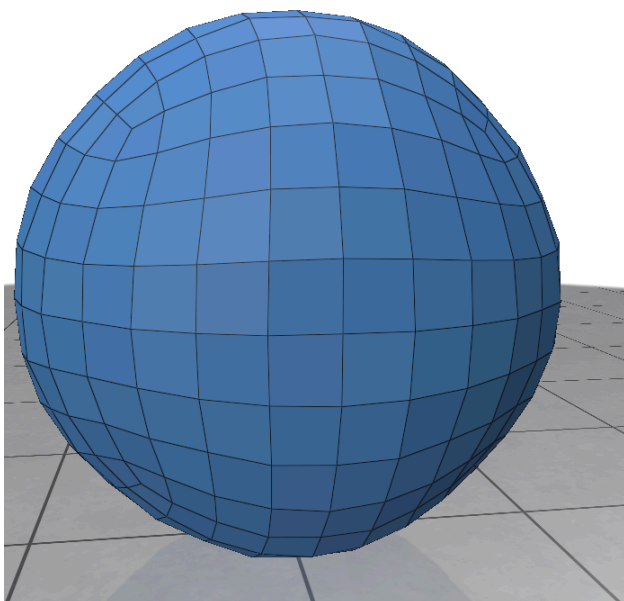
Application de l'algorithme sur le cube quad:

Iteration 01

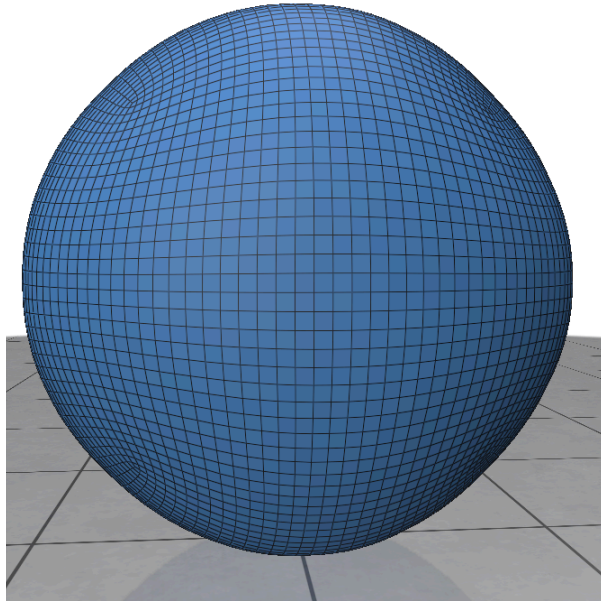


Iteration 03

---







### 2.3. Problème des frontières (bordures)

L'un des principaux défis rencontrés lors de l'implémentation de l'algorithme de subdivision Catmull-Clark a été la **gestion correcte des bordures**, c'est-à-dire des **arêtes appartenant à une seule face** (et non à deux, comme dans les maillages fermés). Ce cas est fréquent dans les modèles 3D réels comportant des surfaces ouvertes, comme le modèle [CowHead.obj](#).



Les artefacts observés sur le maillage CowHead (shrinking)

#### a) Pourquoi ces artefacts apparaissent-ils ?

L'algorithme de Catmull-Clark a été conçu à l'origine pour des **surfaces fermées (manifolds)**, où **chaque arête est partagée par exactement deux faces**. Lorsque ce principe est violé, certaines hypothèses implicites de l'algorithme ne tiennent plus, ce qui entraîne des comportements géométriques indésirables près des bords.

#### b) Artefact courant : le "shrinking" de bordure

Les **sommets proches des bordures** ont tendance à être trop "attirés vers l'intérieur" lors de la subdivision, ce qui peut provoquer des **creux visibles**, des **déformations** ou un **lissage irrégulier** le long des arêtes ouvertes. Le maillage semble alors s'effondrer légèrement sur ses bords, affectant la qualité visuelle.

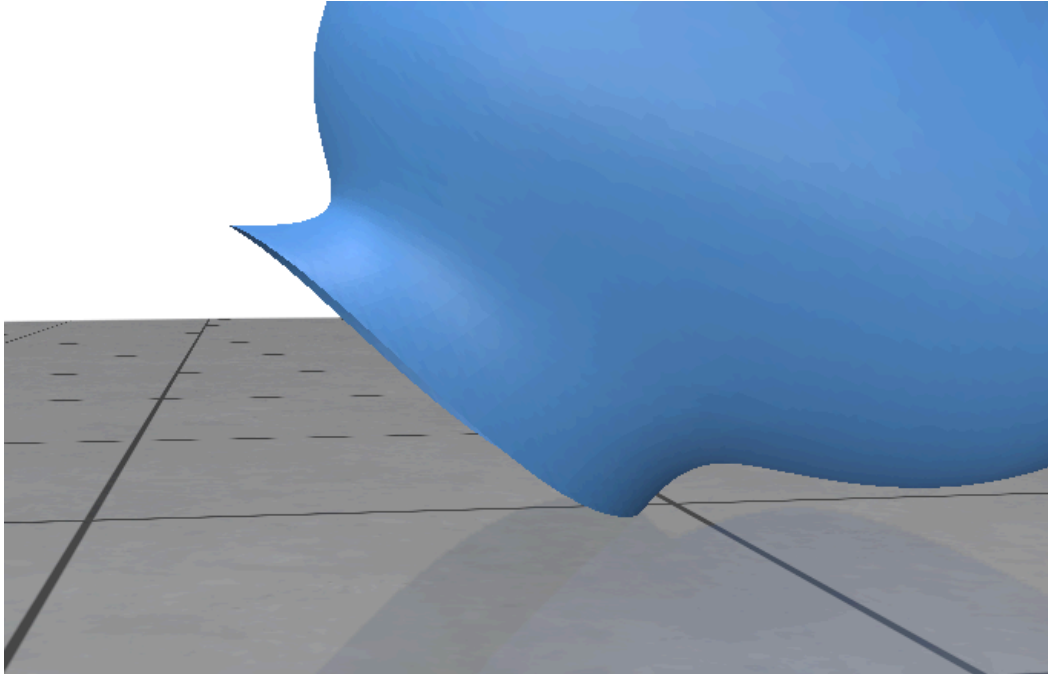
### 2.3.1 Solution mise en place

Pour corriger cela, une détection des **sommets de bordure** a été ajoutée. Une fois identifiés, ces sommets sont **déplacés en tenant compte uniquement de leurs voisins également situés sur la bordure**, afin de préserver la forme locale.

La logique peut se résumer ainsi :

- **Si le sommet est intérieur**, on utilise la formule classique de Catmull-Clark.

- **Si le sommet est sur une bordure**, on calcule la moyenne entre le sommet et ses **deux voisins sur la bordure**, afin de **conserver la continuité du contour** sans "l'aspirer" vers l'intérieur.



Bordures lisses après avoir appliqué la solution proposée

Cette modification a permis de corriger les artefacts observés, notamment sur les **modèles à géométrie ouverte comme CowHead.obj**,

### **3. Conclusion:**

L'implémentation de l'algorithme de subdivision Catmull-Clark a permis d'explorer en profondeur les mécanismes de lissage de surface via la génération de nouveaux sommets et la restructuration de la topologie polygonale. En adoptant une approche modulaire et progressive, chaque étape — du calcul des points de face et d'arête à la mise à jour des sommets — a été isolée, testée et vérifiée pour garantir un comportement cohérent.

Les expérimentations ont mis en évidence l'efficacité de l'algorithme sur des maillages composés exclusivement de quads, où le résultat tend rapidement vers une surface lisse et régulière. En revanche, son application à des maillages triangulés a révélé certaines limites : bien que fonctionnelle, la subdivision engendre une topologie irrégulière, souvent peu optimale pour des cas comme la génération de sphères ou de surfaces continues.

Un autre point clé a été la gestion des bordures, souvent source d'artefacts visuels. L'algorithme de base ne prenant pas en compte les arêtes ouvertes, une adaptation spécifique a été nécessaire pour préserver la cohérence géométrique sur les surfaces non fermées. Cette correction a nettement amélioré la qualité du maillage final, en éliminant les déformations localisées près des bords.