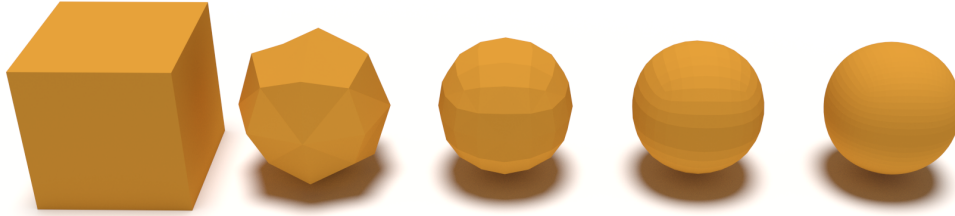


TP9 : Surfaces maillées de subdivision



L'objectif de ce TP est d'implémenter une méthode de subdivision de surface maillées. Le TP est à faire en binôme. Il est à réaliser sur les deux séances restantes. Le rendu se fait sous la forme d'un rapport de quelques pages à envoyer par mail à ulysse.vimont@inria.fr.

Maillages polygonaux

Une surface peut être définie sous la forme d'un ensemble de polygones. On parle alors d'un maillage. Les polygones en question sont en général des triangles ou des quadrangles, mais peuvent être plus généraux.

Représentation Pour représenter un maillage M , on utilise deux ensembles :

- un ensemble G de points, qui représentent les positions des sommets des polygones constituant M
- un ensemble T de n -uplets de nombres entiers positifs, qui représentent les indices des sommets de T constituant les n -gones de M

Cette structure s'appelle la "soupe de polygones". Elle est compacte mais ne stocke pas d'information locale comme :

- l'adjacence des polygones entre eux
- l'incidence d'un sommet avec les polygones dont il est constitutif
- les arêtes constituant les polygones

Format Un fichier encodant un maillage utilise naturellement une soupe de polygone pour sa compacité. Nous utiliserons principalement deux formats : OFF et OBJ.

Un fichier OFF est structuré ainsi :

- l'entête OFF
- trois nombres entiers positifs représentant les nombres de sommets, de polygones, et d'arêtes du maillage ; nous n'utiliserons pas d'arêtes et mettrons toujours le troisième chiffre à 0
- la liste des positions des sommets du maillage
- la liste des indices des sommets des polygones du maillage (commençant à 0), chacun précédé d'un nombre représentant le nombre de sommet du polygone

Un fichier OBJ est sensiblement identique, à ceci près :

- il n'y a pas d'en-tête
- les indices commencent à 1
- la position d'un sommet est précédée par "v"
- la donnée d'un polygone commence par "f" et ne contient pas le nombre de sommet
- d'autres informations peuvent être incluses (normales, coordonnées de textures, matériau, ...) mais nous ne nous en soucierons pas ici.

Exemple pour un cube unitaire :

```

OFF
8 6 0
-1.0 -1.0 1.0
-1.0 -1.0 -1.0
1.0 -1.0 -1.0
1.0 -1.0 1.0
-1.0 1.0 1.0
-1.0 1.0 -1.0
1.0 1.0 -1.0
1.0 1.0 1.0
4 4 5 1 0
4 5 6 2 1
4 6 7 3 2
4 7 4 0 3
4 0 1 2 3
4 7 6 5 4

v -1.0 -1.0 1.0
v -1.0 -1.0 -1.0
v 1.0 -1.0 -1.0
v 1.0 -1.0 1.0
v -1.0 1.0 1.0
v -1.0 1.0 -1.0
v 1.0 1.0 -1.0
v 1.0 1.0 1.0
f 5 6 2 1
f 6 7 3 2
f 7 8 4 3
f 8 5 1 4
f 1 2 3 4
f 8 7 6 5

```

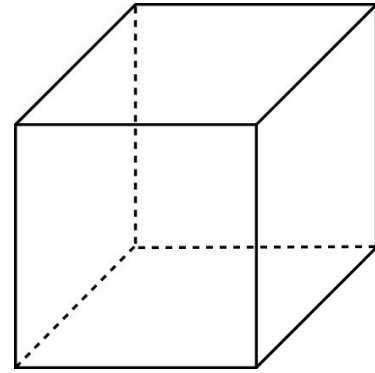


Schéma de Catmull-Clark

Nous avons vu au dernier TP le schéma de Catmull Clark dans le cas des surfaces de subdivision produit tensoriel. Le présent TP a pour but d'implémenter ce même schéma dans le cas des surfaces maillées.

L'intérêt de telles surfaces est leur utilisabilité par les artistes 3D, qui manipulent déjà des surfaces maillées grâce à des logiciels tels que Maya ou Blender.

Note culturelle. La première séquence animée à utiliser les surfaces de subdivision est un court-métrage de *Pixar* paru en 1999 et intitulé *Geri's game*. Vous pouvez le regarder à l'adresse suivante : www.youtube.com/watch?v=9IYRC7g2ICg.

Subdivision. Pour rappel, une étape de subdivision se déroule en 4 étapes :

1. pour chaque face f du maillage, ajouter un sommet s_f situé au barycentre de la face
2. pour chaque arête a du maillage, entourée des faces f_0 et f_1 et des sommets s_0 et s_1 , ajouter un sommet s_a situé au barycentre du tétraèdre formé des sommets $s_{f_0}, s_{f_1}, s_0, s_1$
3. pour chaque sommet s du maillage, entouré des faces f_i et des arêtes a_i ($i \in [0, n-1]$), déplacer s en $\frac{F+2A+(n-3)s}{n}$ où F est le barycentre des s_{f_i} et A est celui des s_{a_i}
4. pour chaque sommet s du maillage, former n faces avec les quadruplets de sommets $(s, s_{a_i}, s_{f_i}, s_{a_{i+1}})$ (avec un modulo n sur le $i+1$)

Remarques :

- Le schéma ci dessus s'applique à une surface fermée, mais peut facilement s'adapter à des maillages avec bord.
- Une autre hypothèse est faite : chaque arête est considérée comme entourée de deux faces (on parle de maillage variété).
- Le schéma ne génère que des quadrangles, quelque soit les types de polygones en entrée.
- Une itération du schéma nécessite l'accès aux arêtes du maillage, ainsi qu'au voisinages des sommets (faces et arêtes) et des arêtes (faces).

Travail à faire

Une base de code vous est fournie. Pour l'utiliser, placez vous dans le répertoire racine du projet et faites :

```
mkdir build # creation du repertoire de compilation
cd build # acces au repertoire
cmake .. # generation du makefile
make # compilation
./projet_m1_info # execution
```

La base de code contient la classe `Mesh`, qui permet de charger un maillage au format OFF ainsi que de l'exporter aux formats OFF et OBJ. L'accès aux positions des sommets se fait à travers l'attribut `vector< vec3 > vertices`, et celui aux indices des sommets des faces par `vector<vector<unsigned int>> faces`. La classe `Mesh` contient également des méthodes permettant d'accéder aux arêtes du maillage (le bord des polygones), ainsi qu'aux voisinages de différents éléments.

Les conteneurs utilisés sont ceux de la librairie standard, et les types et opérations algébriques sont ceux de la *GLM* (contenue dans le dossier `external/`). Pour plus de renseignements, voir en.cppreference.com/w/cpp/container et glm.g-truc.net/0.9.5/index.html.

Dans la base de code, vous remarquerez que la méthode `Mesh::subdivide()` est pratiquement vide. L'objectif principal de ce TP est d'implémenter le schéma de subdivision de Catmull-Clark pour les maillages ; le code correspondant devra s'insérer dans la méthode `Mesh::subdivide()`. Vous êtes libre d'ajouter toute les fonctions, méthodes, variable, et attributs que vous jugerez nécessaire.

La fonction d'export OBJ de la classe `Mesh` vous permet de charger vos résultats dans un logiciel de rendu pour en générer des images. Je vous conseille d'utiliser *Blender* (www.blender.org), mais encore une fois vous êtes libres d'utiliser l'outil de votre choix (*Meshlab* par exemple).

Ce TP est à faire sur les deux séances restantes (10/04 et 24/04). Un seul rapport est à rendre comportant une explication de votre démarche, les problèmes que vous avez rencontré, les solutions ou les moyens de les contourner que vous avez trouvé. N'oubliez pas d'inclure des images de vos résultats, et de commenter ces derniers. Mettez en annexe de votre rapport votre fonction `Mesh::subdivide()` ainsi que le code de toutes les fonctions de votre cru que vous y utilisez.

Une fois l'algorithme implémenté, testez le sur différents exemples, analysez sa complexité, et suggérez des moyens de l'améliorer.

En bonus, vous pouvez analyser les limitations du schéma de subdivision de Catmull-Clark, et essayer de modifier les paramètres de celui ci pour créer votre propre schéma de subdivision.

