

INF2705 Infographie

Travail pratique 4 *Tessellation et rétroaction*

Table des matières

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introduction | 2 |
| 1.1 | But | 2 |
| 1.2 | Portée | 2 |
| 1.3 | Remise | 2 |
| 2 | Description globale | 3 |
| 2.1 | But | 3 |
| 2.2 | Travail demandé | 3 |
| 3 | Exigences | 9 |
| 3.1 | Exigences fonctionnelles | 9 |
| 3.2 | Exigences non fonctionnelles | 10 |
| A | Liste des commandes | 11 |

1 Introduction

Ce document décrit les exigences du TP4 « *Tessellation et rétroaction* » (Automne 2024) du cours INF2705 Infographie.

1.1 But

Le but des travaux pratiques est de permettre à l'étudiant de directement appliquer les notions vues en classe.

1.2 Portée

Chaque travail pratique permet à l'étudiant d'aborder un sujet spécifique.

1.3 Remise

Faites la commande « `make remise` » ou exécutez/cliquez sur « `remise.bat` » afin de créer l'archive « **INF2705_remise_TPn.zip** » (ou .7z, .rar, .tar) que vous déposerez ensuite dans Moodle. (Moodle ajoute automatiquement vos matricules ou le numéro de votre groupe au nom du fichier remis.)

Ce fichier zip contient tout le code source du TP (`makefile`, `*.h`, `*.cpp`, `*.glsl`, `*.txt`).

2 Description globale

2.1 But

Le but de TP est de permettre à l'étudiant de mettre en pratique les concepts de tessellation et de calcul sur carte graphique. Il sera en mesure d'effectuer la tessellation pour définir plus de détails sur certains éléments dans la scène. Il sera aussi capable d'envoyer une partie des calculs sur la carte graphique pour mettre à jour une grande quantité de données. Il sera en mesure d'implémenter un système de particules pour faire un effet spécial de feu. Le travail fera l'utilisation des fonctions d'OpenGL `mix`, `smoothstep` et des shaders de tessellation, géométrie et rétroaction.

2.2 Travail demandé

Le tp4 reprend le même cadriciel que les tps précédents. Deux scènes ont été préparées pour vous, de même que les fichiers de shaders.

Pour le débogage, il est encore recommandé d'utiliser l'application `RenderDoc`.

Vous avez le droit de modifier les constantes comme bon vous semble, tant que le résultat est semblable et que les mêmes fonctionnalités et effets sont présents.

Partie 1 : Tessellation

Une des applications du shader de tessellation est la génération de terrains à partir d'une image. Il est pratique d'utiliser le shader de tessellation au lieu de précalculer les données dans un vbo, puisqu'il est possible de changer dynamiquement le niveau de détail du terrain et de traiter une grande quantité d'informations sans avoir à passer par la mémoire.

Dans le cadre de ce tp, nous allons utiliser le shader de tessellation de contrôle et d'évaluation pour implémenter le niveau de détails variables. De plus, on utilisera un shader de géométrie pour faire l'affichage du maillage du terrain.

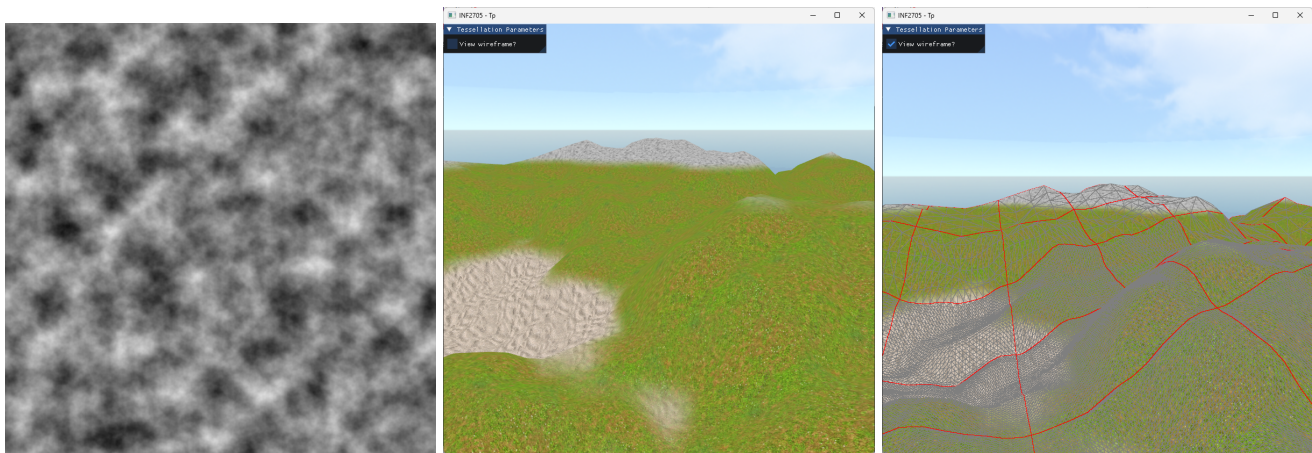


FIGURE 1 – Tessellation.

Partie 1a : Scène de tessellation

Une nouvelle scène a été préparée pour faire la tessellation. La caméra entre automatiquement dans le mode première personne, et il est possible de monter et descendre avec Q et E.

Le shader est déjà chargé pour vous, de même que les textures et les uniforms. On utilisera le shader tessellation, ainsi que les 4 textures heightmap, ground, sand et snow. Un modèle est déjà construit pour vous dans la méthode `generateMesh`; vous pouvez le modifier comme bon vous semble pour l'agrandir ou avoir qu'une seule patch, etc (optionnel). Il est constitué de plusieurs patches sous le format de quadrilatères.

Vous devez finir l'initialisation de la tessellation du côté CPU et dessiner le modèle.

Vous pouvez vous aider de `glPolygonMode` pour debugger, mais il ne devrait pas être utilisé dans votre remise (la ligne de code commentée devra être retirée).

Partie 1b : Shader de vertex et de tessellation de contrôle

Pour le vertex shader, on ne fait qu'envoyer la position non modifiée.

Pour le shader de tessellation de contrôle, vous devez définir le niveau de tessellation par rapport à la distance de la caméra.

Pour ce faire, on calcule la longueur du vecteur de la position du centre de chaque arête de la patch. On projettera la position du centre des arêtes dans le référentiel de la vue afin d'avoir la distance de l'observateur.

On fera une interpolation linéaire entre le facteur MIN_TESS et MAX_TESS (utiliser mix). Le facteur de mix sera la distance normalisée dans l'intervalle $[MIN_DIST, MAX_DIST]$ et contraint dans l'intervalle $[0, 1]$ (utiliser clamp).

Le facteur de tessellation de chaque arête est assigné au côté approprié. Pour les facteurs internes, on prendra le maximum des facteurs externes sur l'axe horizontal ou vertical.

Au final, on devrait avoir plus de détails de près et moins de détails de loin. Le calcul doit être effectué qu'une seule fois par patch.

Aidez-vous de la figure 2 pour identifier les bonnes arêtes.

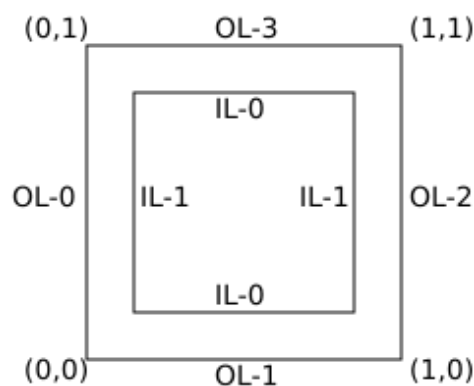


FIGURE 2 – Détail de la patch durant le shader de tessellation de contrôle.

Partie 1c : Shader de tessellation d'évaluation

Dans le shader de tessellation d'évaluation, on utilise une simple interpolation 2D pour trouver les positions des vertices à partir des 4 positions en entrées.

On pourra retrouver les coordonnées de textures en utilisant la position interpolée et en la convertissant dans un intervalle $[0, 1]$ avec la taille du plan complet (prenez note que celui-ci est centré en $(0, 0)$). De plus, on divisera les coordonnées par 4 pour étirer la texture sur le plan et réduire la fréquence des montagnes.

Ces coordonnées nous permettront d'extraire un texel de l'image contenant les données de hauteur. Puisque c'est un bitmap de noir et blanc, seulement une composante est active (même chose qu'au tp3 avec la texture spéculaire).

Pour connaître la hauteur du vertex, on convertira la donnée de hauteur $[0, 1]$ en $[-32, 32]$. L'attribut en sortie aura la valeur normalisée.

L'attribut de sortie `patchDistance` est un vecteur où chaque composante est la distance par rapport à un côté de la patch (coordonnées barycentriques du quadrilatère). On peut facilement l'obtenir avec les coordonnées de `gl_TessCoord` et $1 - gl_TessCoord$.

Pour l'attribut de coordonnées de texture, on utilise directement `gl_TessCoord` avec un multiplicateur de 2 pour augmenter la répétition dans la texture.

Ne pas oublier de faire les transformations matricielles dans ce shader, et non dans le shader de vertex.

Partie 1d : Shader de géométrie

Pour faire l'affichage en maillage, nous aurons besoin des coordonnées barycentriques. Celles-ci sont facilement obtenables dans le shader de géométrie. Ce dernier n'aura besoin que de générer les coordonnées barycentriques pour chaque triangle et de passer les attributs en entrée aux attributs de sortie.

Partie 1e : Shader de fragment

Dans le shader de fragments, on utilisera la hauteur pour choisir la texture à utiliser. L'utilisation de `mix` et de `smoothstep` pour faire le mélange entre les deux couches est nécessaire. La fonction `smoothstep` permettra d'obtenir une valeur entre 0 et 1 à partir de la hauteur. Ce facteur sera par la suite utilisé dans la fonction `mix` pour faire le mélange entre les textures.

- Entre 0.0 et 0.3, on utilisera le sable.
- Entre 0.3 et 0.35, on utilisera le sable et le gazon (mélange des textures).
- Entre 0.35 et 0.6, on utilisera le gazon.
- Entre 0.6 et 0.65, on utilisera le gazon et la neige (mélange des textures).
- Entre 0.65 et 1.0, on utilisera la neige.

Pour l'affichage du maillage, on fera un mix avec la couleur finale des textures et la couleur du maillage. Le facteur sera calculable par `edgeFactor`. Même chose pour le contour de la patch. L'affichage du maillage doit être activable avec `viewWireframe`.

Partie 2 : Particules

Les effets spéciaux de particules sont souvent utilisés en infographie. Cependant le nombre de particules est souvent une limitation pour ceux-ci. On peut remédier à ce problème en utilisant le shader de rétroaction, qui permet de faire la mise à jour des particules sur le GPU, ce qui augmente grandement le parallélisme de l'application.

On demande de faire un système de particule simple pour faire un effet spécial de feu. Vous pouvez modifier les paramètres de mise à jour comme bon vous semble et customiser votre système de particules, tant que vous modifiez la majorité des paramètres avec des animations par rapport au temps (mix, smoothstep).



FIGURE 3 – Effet de particules de feu réalisé par rétroaction.

Partie 2a : Scène de particules

Une nouvelle scène a été préparée pour faire l'effet spécial.

Pour vous faciliter la tâche, on utilisera les vao, vbo et tfo directement dans la classe. Dans le constructeur, on fera l'initialisation des différents objets graphiques. N'oubliez pas d'activer les attributs du vao. Pour le `glTransformFeedbackVaryings`, utiliser la méthode `setTransformFeedbackVaryings` avant de faire le link (`initializeShader`).

Vous devez implémenter les deux parties de la méthode `run` : la mise à jour des particules et le dessin des particules.

Pour la mise à jour, vous devez faire la gestion du shader de rétroaction avec la technique de double buffer vue en classe. Pour le dessin des particules, on activera le blending classique (α_{src} et $1 - \alpha_{src}$) et désactivera l'écriture du tampon de profondeur.

Partie 2b : Shader de rétroaction

Le shader de rétroaction fait le calcul de la physique des particules et gère leur création. Lorsque leur temps de vie est en dessous de 0.0, on réutilise la particule en l'initialisant de nouveau. Sinon, on fait la mise à jour habituelle.

Pour la création, la particule aura les propriétés suivantes :

- La position initiale est aléatoire dans un cercle de rayon 0.2 à $y = 0$.
- Les particules sont définies dans un cône. On trouve la direction de la vitesse avec un deuxième cercle de rayon 0.5 à $y = 5.0$.
- Le module de la vitesse est dans l'intervalle $[0.5, 0.6]$.
- Le temps de vie maximale est entre $[1.7, 2.0]$.
- La couleur initiale est la couleur jaune avec un alpha de 0.0.
- La taille initiale est écrasé d'un facteur 2 en x , et intact en y .

Pour la mise à jour, la particule aura les propriétés suivantes :

- La position est modifiée avec la méthode d'Euler ($position + vitesse * dt$).
- La vitesse est aussi modifiée avec la méthode d'Euler, mais avec une accélération constante de 0.1 en y .
- Le temps de vie est réduit de la différence de temps dt .
- La couleur est jaune entre 0.0 et 0.25 du temps de vie normalisé.
- La couleur change du jaune au orange entre 0.25 et 0.3 du temps de vie normalisé.
- La couleur est orange entre 0.3 et 0.5 du temps de vie normalisé.
- La couleur change du orange au rouge foncé entre 0.5 et 1.0 du temps de vie normalisé.
- Le alpha change passe de 0.0 à 0.1, puis de 0.1 à 0.0. Utiliser $smoothstep() * 1 - smoothstep()$ pour produire cette courbe. Les intervalles sont $[0.0, 0.2]$, puis $[0.8, 1.0]$ respectivement.
- La taille original de $x=0.5$ et $y=1.0$ est multiplié d'un facteur variable de 1 à 1.5 selon temps de vie normalisé.

Le temps de vie normalisé correspond au ratio de vie restante sur le temps de vie maximale. Utiliser le ratio inverse ($1 - tempsDeVieNormalise$) peut s'avérer pratique.

Partie 2c : Shader de dessin des particules

Il y a trois shaders à implémenter : vertex, géométrie et fragment.

Le shader de vertex doit calculer la position dans le référentielle de la vue.

Le shader de géométrie doit transformer les points en carrés centrés à leur position. La taille des arêtes seront de longueur `size` (reçu dans les attributs). Les coordonnées de textures sont aussi générées par le shader à partir de la position des points du carré généré. N'oublier pas la matrice de projection.

Le shader de fragments doit discard lorsque l'alpha est plus petit que 0.05. La couleur finale est un mélange de l'attribut de couleur et du texel de la texture.

3 Exigences

3.1 Exigences fonctionnelles

Partie 1 :

- E1. La tessellation des patches fonctionne et le niveau de tessellation varie selon la distance de la caméra. [9 pts]
- E2. Les calculs dans le shader de tessellation de contrôle sont fait qu'une seule fois. [1 pt]
- E3. La fonction `interpolate` effectue l'interpolation bilinéaire sur les vecteurs en entrée. [1 pt]
- E4. Les différentes textures sont mappées correctement (`texCoords`) et les facteurs d'atténuation sont appliqués. [3 pts]
- E5. La hauteur de chaque points est dans l'intervalle $[-32, 32]$ dans le référentiel du monde. [2 pts]
- E6. Les coordonnées barycentriques sont calculées correctement et permettent l'affichage en fil de fer des triangles. [3 pts]
- E7. Les coordonnées barycentriques de la patch sont calculées correctement et permettent l'affichage du contour des patches. [3 pts]
- E8. La texture du terrain dépend de la hauteur et les textures sont mixées aux jonctions entre elles. [3 pts]

Partie 2 :

- E9. Le mode d'utilisation des vbos correspond à un mode utile pour **toutes ses utilisations**. [1 pt]
- E10. La mémoire des objets OpenGL est nettoyée correctement à la destruction de l'objet. [1 pt]
- E11. La configuration de la rétroaction dans la méthode `render` permet de modifier les points. [2 pts]
- E12. La configuration du dessin des particules dans la méthode `render` permet de voir les particules. [1 pt]
- E13. Le blending est activé et les particules n'écrivent pas le tampon de profondeur. [1 pt]
- E14. Le shader de rétroaction fait l'initialisation des particules avec les bonnes valeurs par défaut. [2 pts]
- E15. La mise à jour de la position et de la vitesse est fait selon la méthode d'Euler. [1 pt]
- E16. La couleur débute en jaune et change en orange, puis en rouge foncé selon le temps de vie. Le changement est fait graduellement. [3 pts]
- E17. L'opacité de la particule fait un effet de fade in et fade out en début et fin de vie. [2 pts]
- E18. La taille augmente graduellement selon le temps de vie. [2 pts]
- E19. Le shader de géométrie convertit les points en quads texturés de tailles variables orientés vers l'observateur. [3 pts]
- E20. Les fragments transparents sont discard. [1 pt]

3.2 Exigences non fonctionnelles

De façon générale, le code que vous ajouterez sera de bonne qualité. Évitez les énoncés superflus (qui montrent que vous ne comprenez pas bien ce que vous faites!), les commentaires erronés ou simplement absents, les mauvaises indentations, etc. [5 pts]

ANNEXES

A Liste des commandes

| Touche | Description |
|---------------|------------------------------------|
| ESC | Quitter l'application |
| T | Change la scène affichée |
| SPACE | Afficher/Cacher la souris |
| W | Déplacer la caméra vers l'avant |
| S | Déplacer la caméra vers l'arrière |
| A | Déplacer la caméra vers la gauche |
| D | Déplacer la caméra vers la droite |
| Q | Déplacer la caméra vers le bas |
| E | Déplacer la caméra vers le haut |
| souris | Changer l'orientation de la camera |