

# Examen session 1:

## Rendu graphique, Animation et Simulation, GPU

5ETI IMI, CPE Lyon

durée: 3h

**3 feuilles A4 manuscrites autorisées.**

**Tout les autres documents sont interdits. Calculatrices interdites.**

Vous explicitez au maximum vos réponses de schémas et de pseudo-code.

La notation tiendra compte de la précision et du recul que vous apporterez à vos réponses.

Si vous n'êtes pas certain de comprendre une question, expliquez comment vous comprenez celle-ci et poursuivez dans cette direction. La plupart des questions sont indépendantes.

### 1- Animation et simulation

#### 1.1 Questions générales (15 min)

**Question 1** *Expliquez précisément ce qu'est un Octree. À quoi peut il servir ? Quel sont les complexités associés ? Aidez vous d'un schéma.*

**Question 2** *Définissez ce qu'est une triangulation de Delaunay, donnez en particulier une propriété fondamentale permettant de vérifier qu'un triangle peut être qualifié de Delaunay.*

#### 1.2 Skinning (15 min)

**Question 3** *Expliquez en quelque mots et à l'aide d'une ou plusieurs formules et schémas la différence entre la méthode de skinning dite rigide, et celle dite lisse.*

**Question 4** *Donnez 2 défauts visuels de la méthode de skinning standard, expliquez dans quels conditions ces défauts sont observables.*

### 1.3 Simulation particulière (30 min)

Soit une sphère dont le centre est initialement positionnée en  $c$ , cette sphère possède une masse  $m$  et un rayon  $r$ . Soit un plan de normale  $n$  passant par le point  $p$ . La sphère est lancée au temps  $t = 0$  avec une vitesse  $v$  et tombe sous son propre poids.

**Question 5** *Donnez l'équation de la trajectoire temporelle suivie par le centre de la sphère en fonction du temps  $t$  tant que celle-ci ne rencontre pas le plan.*

Le plan est situé sous la sphère et celle-ci tombe dessus (le plan n'est pas forcément horizontal).

**Question 6** *Donnez une formule reliant  $c$ ,  $r$ ,  $n$  et  $p$  permettant de déduire sur la sphère est située au dessus ou au dessous du plan (le dessus du plan étant défini comme le demi-espace orienté dans la direction de sa normale).*

**Question 7** *Donnez l'expression du temps  $t_i$  telle que la sphère intersecte le plan. Explicitez également à quelles conditions la sphère intersecte ce plan en fonction des variables du problème.*

**Question 8** *Donnez la formule permettant de calculer la nouvelle vitesse de la sphère juste après que celle-ci ait rebondie sur le plan. On pourra considérer une perte d'énergie de la sphère lors du rebond. Rem. On pourra utiliser la variable intermédiaire  $t_i$  pour éviter d'avoir à écrire de trop longues formules.*

## 2- Rendu

### 2.1 Rendu projectif (25 min)

**Question 9** *Expliquez en quelques lignes ce qu'est un Z-buffer (ou buffer de profondeur). Ecrivez sous forme de pseudo code l'utilisation d'un Z-buffer dans le cadre d'utilisation vu en TP.*

Soit  $P$  une matrice dite de *projection*. Soit  $M$  une matrice dite de *modelview*. Soit  $p = (x, y, z)$  un point de  $\mathbb{R}^3$ . On souhaite afficher suivant l'approche de type *rendu projectif* réalisé en TP l'image du point  $p$  après application de la matrice de modelview et de la projection sur une image comportant  $N_x \times N_y$  pixels. On appellera  $u = (u_x, u_y)$  la coordonnée du pixel de l'image correspondant au point  $p$  une fois le rendu réalisé.

**Question 10** *Quelle dimensions possèdent la matrice  $M$  et la matrice  $P$ ? expliquez pourquoi. Que pouvez vous dire de la structure probable de la matrice  $M$  ?*

**Question 11** *Décrivez précisément les étapes qui permettent de calculer les coordonnées de  $u$  en fonction de  $p$  et des différents paramètres.*

## 2.2 Lancé de rayons (15 min)

Dans le contexte du lancé de rayons, vous avez utilisés dans le TP correspondant la commande `offset` ou un équivalent permettant de déplacer légèrement le point d'origine d'un rayon dans la direction de celui-ci.

**Question 12** Expliquez pourquoi vous avez eu à utiliser cette commande. En particulier, précisez le, ou les, problèmes observés si on ne l'utilise pas en expliquant son, ou ses, origines.

**Question 13** L'algorithme du lancé de rayon permet de gérer aisément les ombres portées d'un objet sur l'autre. Décrivez à l'aide d'un algorithme la méthode permettant de savoir si une position donnée est dans l'ombre ou non. Soyez en particulier précis sur les intervalles que vous considérez en fonction de la distance relative des objets, aidez vous d'un schéma.

## 2.3 Rendu volumique (25 min)

**Question 14** Expliquez en quelques ligne en quoi consiste le maximum intensity projection (ou MIP).

**Question 15** Donnez un exemple concret de champs volumique vectoriel.

**Question 16** Donnez trois exemples de visualisation différentes possibles de ce champs volumique vectoriel. Décrivez précisément ce que vous visualisez, par quelle approche, et quelle information vous pouvez en tirer.

# 3- GPU

## 3.1 Généralités (25 min)

**Question 17** Donnez trois algorithmes ou effets qui ont tout intérêt à être implémentés sur le GPU par rapport au CPU.

**Question 18** Donnez trois algorithmes ou effets qui n'ont pas d'intérêt à être codés sur le GPU. Expliquez pourquoi.

**Question 19** Expliquez en quelques mots ce qu'est un Frame Buffer Object (ou FBO). Donnez deux exemples différents d'utilisation d'un FBO (les utilisations doivent être pertinentes et utile dans le contexte que vous décrirez).

L'utilisation du GPU permet de donner l'impression d'un relief sur des surfaces planes, par exemple des bosses et crevasses alors que la géométrie envoyée à la carte graphique n'est formé que d'un seul triangle.

**Question 20** *Décrivez un ou plusieurs approches permettant de donner cette impression de relief à l'aide du GPU. Décrivez leur fonctionnement en vous aidant d'un schéma, précisez également les données supplémentaires nécessaires à la mise en place de ces méthodes.*

### 3.2 Geometry shader (15 min)

**Question 21** *Expliquez en quelques mots ce que permet un geometry shader. Entre quels autres shaders se place t-il dans le pipeline de rendu sur la carte graphique, spécifiez l'ordre d'enchaînement des différents shaders.*

**Question 22** *Donnez 4 exemples d'utilisations différentes d'un geometry shader.*

### 3.3 Question d'application (20 min)

Dans le contexte d'un jeu vidéo, une scène 3D est représentée à l'aide d'OpenGL. Pour attirer l'attention de l'utilisateur sur un objet donné de cette scène, on vous demande de réaliser l'effet suivant: L'ensemble de la scène est globalement floue, par contre, l'objet et son environnement immédiat est vue de manière nette. Une transition douce est réalisée entre la zone de floue et la zone nette au niveau de l'image.

**Question 23** *Expliquez avec le plus de précisions possibles comment vous implémenteriez cet effet à l'aide du GPU. (ex. En quoi le GPU est-il utile, combien de passes ce type d'effet nécessite-il, décrivez les. Quels sont les paramètres que vous passez au GPU, donnez le pseudo code correspondant à cet effet.)*