

## Géométrie pour la 3D

Projet de lancer de rayons

### 1 Introduction

Vous allez programmer un rendu par lancer de rayons. Le rendu par lancer de rayons est une méthode de rendu dont les images produites peuvent atteindre des degrés de photo-réalisme irréalisable via les techniques de rendu traditionnelles, au prix d'un temps de calcul drastiquement augmenté.

Dans cette technique de rendu, chaque pixel écran correspond à un ou plusieurs rayons qui sont projetés à partir du foyer (ou point focal) de la caméra et qui passent par la surface occupée par le pixel dans la scène virtuelle (dans notre cas, le rayon passe uniquement par le centre de cette surface). Chaque rayon lancé peut intercepter un objet de la scène. Jusqu'à trois rayons sont alors créés (on parle de rebond) à partir du point d'intersection entre le rayon principal et l'objet : l'un va vers la source lumineuse, l'autre rebondit sur la surface par rapport à la normale de l'objet si celui-ci est spéculaire, et le dernier passe à travers l'objet si celui-ci est transparent. L'algorithme finit après un nombre de rebonds arbitraires ; la couleur des objets touchés jusque-là est alors moyennée en fonction de la propriété de l'objet pour obtenir la couleur finale du pixel. Le rayon allant vers la source lumineuse est celui qui détermine la couleur de l'objet. Plus l'angle entre la direction de la lumière et la normale à la surface est proche de 180 degrés, plus le matériau est éclairé, à condition que ce rayon ne soit pas obstrué par un objet opaque, auquel cas l'objet crée un effet d'ombre.

### 2 Modalités

La note pour ce projet est sur 20, divisée par le nombre de participants au projet. Le travail sera noté principalement sur les points posés dans la section suivante, mais une partie non négligeable des points est du *polishing* : c'est-à-dire, est-ce que votre travail présente quelque chose en plus par rapport au sujet ? Par rapport aux rendus du reste de la promotion ? Par exemple, vous pouvez rajouter les tétraèdres réguliers comme primitives, implémenter une autre fractale ou modifier le lancer de rayons pour inclure des améliorations documentées (voir : lancer de rayon stochastique, réfraction, BRDF...). La qualité du code entre dans les critères d'évaluation.

Le travail donnera lieu à une soutenance lors de la dernière séance de géométrie 3D. Il n'est pas demandé de créer un rapport.

### 3 Travail

Vous disposez d'un projet nommé "Raytracing" contenant les fichiers du TP. Vous devez compléter les classes suivantes du fichier raytracing.cpp :

- La classe "Node", qui représente un objet de la scène.
- Les classes "Cube", "Sphere", et "Cylindre" qui héritent de "Node".
- La classe BVH (Bounding volume hierarchy), qui sert à améliorer les performances du rendu en regroupant des objets de la scène.
- La classe RTracer qui permet de définir et d'afficher la scène.

Les items héritant de "Node" peuvent être affichés grâce à la classe "Primitives" vue en TP. Vous disposez de deux types de rendu : un rendu temps réel, qui permet d'afficher la scène et de bouger la caméra, et le rendu par lancer de rayon (non temps réel), qui est lancé grâce aux touches 0, 1, 2, 3, et 4.

Pour implémenter le lancer de rayon, inspirez-vous de l'introduction et faites des recherches, à commencer par wikipédia, par exemple, ici. Le BVH vous permettra de décomposer votre scène en un arbre. Ainsi, au lieu de vérifier des intersections pour les  $n$  objets d'une scène, vous vérifiez d'abord si le rayon peut toucher le pavé englobant votre scène, puis le pavé englobant la partie gauche ou droite de la scène, puis celle du haut ou du bas, puis les primitives contenues dans la partie restante... si bien adapté à votre scène, un bon BVH peut réduire la complexité de la scène de  $\theta(n)$  jusqu'à  $\theta(\log(n))$ , réduisant les temps de calcul.

Il est demandé d'implémenter une fractale appelée l'éponge de Menger et de l'afficher dans la scène. Il y a beaucoup de façons plus ou moins harmonieuses de l'intégrer dans le code : vous avez le champ libre.

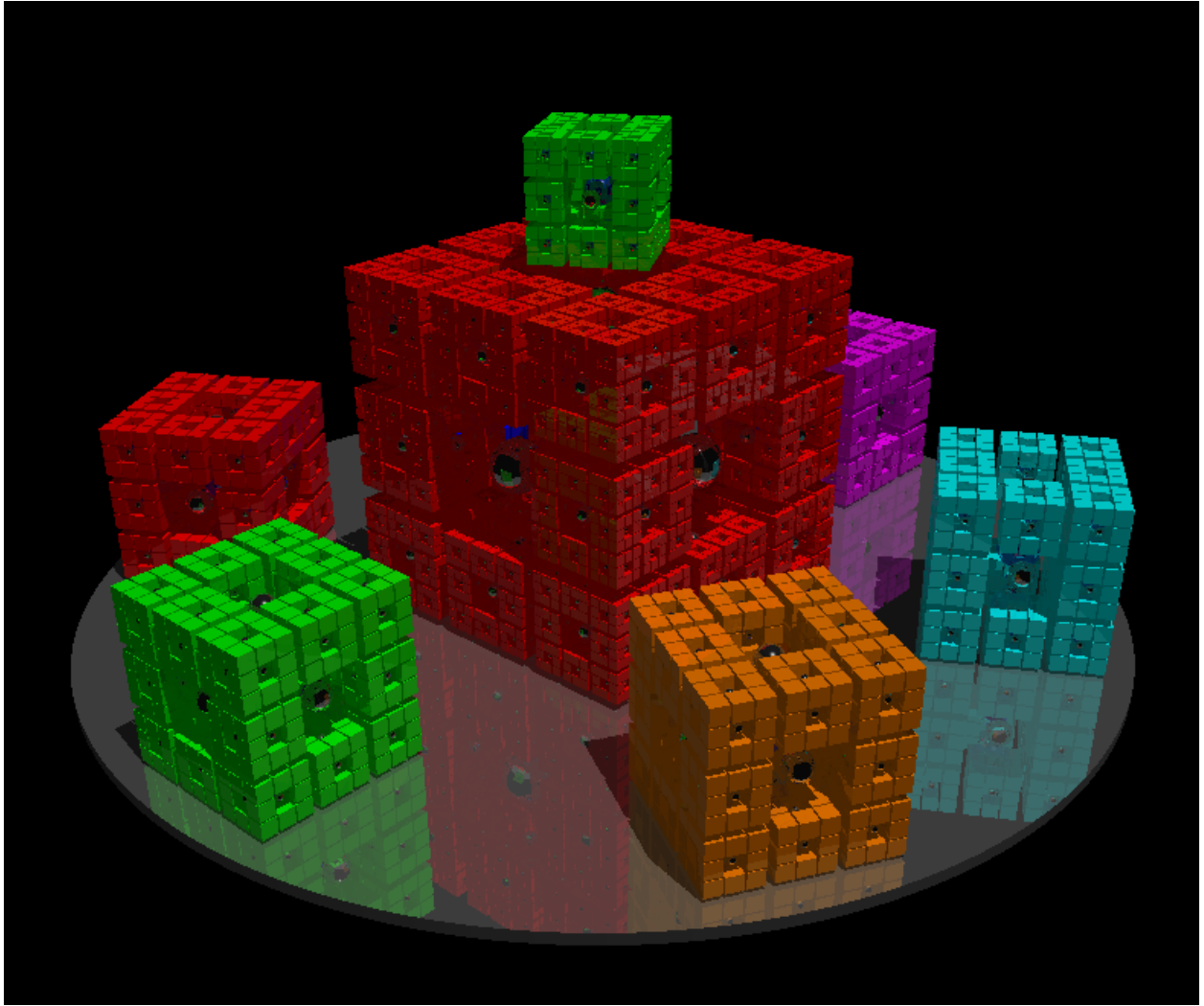


FIGURE 1 – Rendu par lancer de rayons affichant un plateau sur lequel est posé plusieurs éponges de Menger. Les éponges de Menger contiennent des sphères très réfléchissantes en leur centre. Le plateau est également partiellement réfléchissant.

## 4 FAQ

**Q : De quel code est-ce qu'on part pour ce projet ?**

R : Partez de <https://git.unistra.fr/nicolas.lutz/geo3d2019> qui propose la structure mentionnée au-dessus. Vous n'êtes pas dans l'obligation de l'utiliser, c'est le résultat qui compte.

**Q : J'ai du mal à trouver comment gérer les rayons, vous pouvez m'aider ?**

R : Le fait qu'il vous est demandé de faire des recherches n'exclut pas de poser des questions ciblées à votre encadrant. Vous pouvez également faire des recherches à plusieurs.

**Q : Comment vous joindre ?**

R : Mon adresse mail est [nicolas.lutz@unistra.fr](mailto:nicolas.lutz@unistra.fr).

**Q : J'ai des problèmes de Qt.**

R : Si c'est sur Linux, je peux m'en charger. Sur Windows, demandez à notre ingénieur de recherche Sylvain Thery (qui est à l'origine du TP) : [thery@unistra.fr](mailto:thery@unistra.fr)

**Q : Je peux me servir d'une bibliothèque supplémentaire ?**

R : Non. Le but est d'apprendre en faisant soi-même.