

Diminution des calculs d'un raymarcher.

Motivation (21 mots)

Ayant programmé mon premier moteur 3D il y a 4 ans, l'idée m'est venue de l'améliorer via des techniques apprises depuis.

Ancrage (25 mots)

En étudiant le raymarching et ses techniques d'amélioration, mon TIPE met en lumière la transformation d'objets mathématiques en scènes 3D grâce à des algorithmes efficaces.

Positionnement thématique

INFORMATIQUE (informatique théorique), INFORMATIQUE (informatique pratique)

Mots-clés (5 expressions)

Mots-clés (en français)	Mots-clé (en anglais)
rendu de scène 3D	rendering 3D scenes
marche de rayons	raymarching
rayons	rays
fonction de distance signée	signed distance function (SDF)
shader	shader

Bibliographie commentée (442 mots)

Les moteurs 3D sont utilisés dans divers domaines de loisirs comme les jeux vidéos ou scientifiques pour simuler des géométries non euclidiennes[] par exemple. Il est donc important de diminuer le coût de calcul quand les rendus prennent beaucoup de temps.

Le raymarching[1] est une technique de rendu d'objets 3D qui consiste pour chaque pixel d'une image, à calculer la couleur de celui-ci grâce aux fonctions de distance signées (SDF) définissant chaque objet de la scène[2]. Cette technique est principalement utilisée pour calculer des nuages ou encore afficher des fractales 3D. Ce procédé est coûteux en calcul et ce coût augmente avec le nombre d'objets et le calcul d'éclairage. L'objectif est donc de trouver une manière de diminuer ces calculs.

Pour calculer la couleur d'un pixel, un rayon est envoyé depuis la caméra dans une direction spécifique. Chaque pixel de l'écran correspond à un rayon. Le rayon progresse dans l'espace par étapes successives. À chaque étape, le raymarcher calcule la distance minimale entre la position actuelle du rayon et l'objet ou la surface la plus proche (distance estimée par une fonction de

distance signée[1]). Si la distance calculée est très petite (en dessous d'un seuil), cela signifie que le rayon a touché un objet. On peut donc afficher sa couleur sur le pixel.

Certaines implémentations diminuent simplement le nombre maximum d'itérations pour chaque pixel, approximant ainsi le rendu. L'implémentation d'arbres de recherche dans un espace découpé[2] peut également être utilisée ainsi qu'une part de raytracing[3] sur des formes simples qui se fait plus rapidement.

L'implémentation de moteur est faite par des API de rendu graphique comme OpenGL qui permet de compiler des programmes en GLSL[4] (OpenGL shader langage) et de les exécuter par le processeur graphique de l'ordinateur. Cette compilation et l'affichage se fait par des programmes exécuté par le processeur, en C par exemple. Les shader GLSL permettant de faire des raymarcher sont les fragment shader. Ils permettent de calculer la couleurs de chaque pixel un à un.

Il est important de noter que la mémoire utilisée par les fragment shader en GLSL et les programmes en C sont différentes. Ainsi, effectuer le pré-traitement de la scène (comme son découpage) doit se faire dans le programme C et non dans le shader, qui est appelé pixel par pixel. Il est donc nécessaire d'avoir un moyen de transmettre les informations au shader depuis le programme[5].

Cette méthode est moins efficace que de coder directement les paramètre de la scène dans le shader via des constantes car dans le second cas, la compilation va pré-calculer certains éléments et les informations seront stockées dans une autre partie de la mémoire à accès plus rapide.

Problématique retenue (15 mots)

Comment diminuer le coût de calcul d'un raymarching pour simuler efficacement des scènes 3D ?

Objectifs du TIPE (55 mots)

1. Implémenter un premier moteur de raymarching (programme C et fragment shader GLSL).
2. Implémenter une manière de transmettre les informations de pré-traitement au shader.
3. Trouver un indicateur permettant de comparer le coût de calcul de 2 rendus.
4. Implémenter plusieurs algorithmes pouvant permettre de diminuer les calculs.
5. Comparer les résultats et conclure.

Références bibliographiques (5 références)

- [1] Rémi Coulon, Elisabetta A. Matsumoto, Henry Segerman, Steve J. Trettel, Ray-marching Thurston geometries, Cornell University, 13/01/2022 pages 10-16,
- [2] Inigo Quilez, binary search, <https://iquilezles.org/articles/binarysearchsdf/>
- [3] victor's tech art blog, raytracing, <https://viclw17.github.io/2018/07/16/raytracing-ray-sphere-intersection>

- [4] Documentation OpenGL, Shader Compilation,
https://www.khronos.org/opengl/wiki/Shader_Compilation
- [5] Documentation OpenGL , Uniform Buffer Object,
https://www.khronos.org/opengl/wiki/Uniform_Buffer_Object