

Stage Recherche - Master 2

Rendu volumique direct sur GPU de grilles de polyèdres complexes

Lieu : Université de Strasbourg - Laboratoire ICube - Équipe d'Informatique Géométrique et Graphique (IGG).

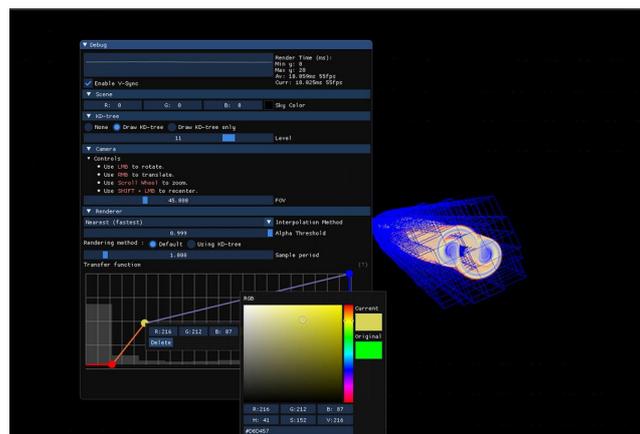
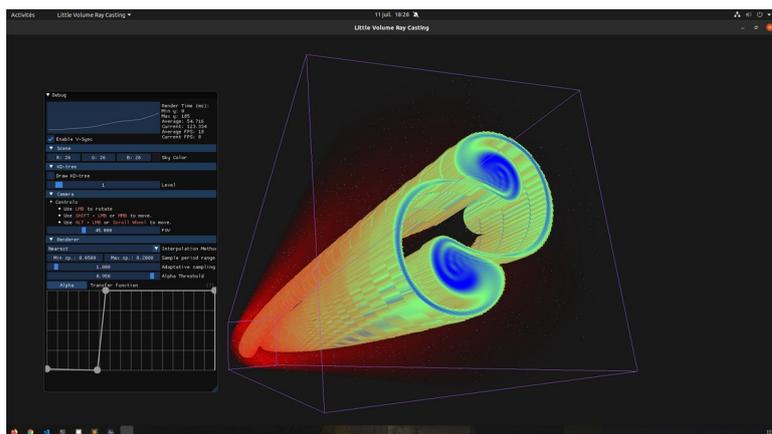
Supervision :

Jonathan Sarton (sarton@unistra.fr), Maître de Conférence

Jean-Michel Dischler (dischler@unistra.fr), Professeur

Mots-clés : visualisation scientifique, rendu volumique direct, lancer de rayon GPU, grilles non-structurées, maillage d'ordre élevé

Possibilité de **poursuivre en thèse** à partir de septembre/octobre 2023 sur un financement ANR (projet [LUM-Vis](#)).



Contexte et motivations :

La visualisation est une étape cruciale dans beaucoup de domaine scientifique, aussi bien pour guider la modélisation de phénomènes ou encore pour valider ou invalider des modèles. D'un autre coté, les jeux de données générées par les simulations numériques sont de plus en plus grands et complexes. Il est important de prendre en compte toute la complexité de ces données dans les algorithmes de rendu afin de produire une visualisation fidèle à la précision des simulations.

Dans ce stage, nous proposons de nous intéresser à la **visualisation interactive de grilles volumiques** issues de simulations numériques. Le **rendu volumique direct** est une approche qui permet de visualiser un volume en considérant celui-ci comme un milieu participatif semi-transparent. Via une fonction de transfert, on peut associer un quadruplet RGBA à chaque valeur stockée dans le maillage et ainsi, déterminer la couleur et l'opacité des pixels de l'écran par accumulation des éléments échantillonnés à l'intérieur du volume à visualiser. Cette méthode, a beaucoup été étudiée pour des

grilles régulières (voxels) mais beaucoup moins pour des maillages volumiques non-structurés.

Objectifs du stage :

L'objectif principal de ce stage est de s'appuyer sur la base d'une implémentation existante d'un algorithme de **rendu volumique direct** par **lancer de rayon sur GPU**, pour proposer une méthode de visualisation efficace, adaptée à des **grilles non linéaires de polyèdres quelconques**. L'efficacité recherchée se traduit aussi bien en terme de **performance** que de **qualité de rendu**. Nous chercherons à produire une évaluation mesurant ces deux critères d'efficacité et ainsi proposer une solution raisonnablement rapide tout en conservant les détails des données.

Afin de répondre à cet objectif, il sera premièrement nécessaire de prendre connaissance de l'algorithme de rendu déjà en place (implémenté en C++, OpenGL/GLSL) d'une part, et d'étudier la bibliographie sur les méthodes de visualisation de grilles non-structurés d'autre part. Sur la base de ces études préliminaires, il s'agira ensuite de **proposer une implémentation GPU** en s'attardant tout particulièrement sur les aspects d'échantillonnage et de classification que l'on retrouve dans le pipeline du rendu volumique direct, afin de prendre en compte toute la complexité des données.

Il sera possible de **tester les algorithmes de rendu sur des données réelles** issues de simulations numériques développées au laboratoire de mathématiques de Strasbourg (IRMA) sur des écoulements de plasma dans des tokamaks, et au département des applications militaires du commissariat à l'énergie atomique (CEA).

Objectifs secondaires envisageables :

- implémentation d'un modèle d'illumination pour le rendu
- implémentation d'une solution multi-GPU pour améliorer les performances du rendu. (Nous aurons accès à un super-calculateur avec des nœuds dédiées au rendu haute performance)

Profil du candidat :

- Master 2 ou école d'ingénieur en informatique
- Un intérêt pour la 3D, la visualisation, la géométrie, le calcul parallèle, et plus généralement pour l'informatique et les mathématiques est requis.
- Le stagiaire doit être à l'aise avec la programmation C++ et doit avoir des connaissances dans l'utilisation d'une API de programmation GPU comme GLSL ou CUDA.

Les candidats sont invités à envoyer une lettre de motivations et un CV à Jonathan Sarton (sarton@unistra.fr). Nous vous encourageons à nous contacter par e-mail pour toutes questions ou pour avoir des précisions sur le sujet.

Références :

- [1] G. Marmitt, H. Friedrich, and P. Slusallek. *Interactive Volume Rendering with Ray Tracing*. In *Eurographics State of the Art Reports*, 2006.
- [2] P. Muigg, M. Hadwiger, H. Doleisch, et H. Hauser, « Scalable Hybrid Unstructured and Structured Grid Raycasting », *IEEE TVCG*, vol. 13, n° 6, p. 1592-1599, nov. 2007

- [3] N. Morrical, W. Usher, I. Wald, et V. Pascucci, « Efficient Space Skipping and Adaptive Sampling of Unstructured Volumes Using Hardware Accelerated Ray Tracing », août 2019
- [4] M. Üffinger, S. Frey, et T. Ertl, « Interactive High-Quality Visualization of Higher-Order Finite Elements », *Computer Graphics Forum*, vol. 29, n^o 2, p. 337-346, 2010
- [5] J. Sarton, N. Courilleau, Y. Remion, et L. Lucas, « Interactive Visualization and On-Demand Processing of Large Volume Data: A Fully GPU-Based Out-of-Core Approach », *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 26, n^o 10, p. 3008-3021, oct. 2020