

Département d'informatique  
Unité de formation et de recherche  
de mathématique et d'informatique  
Université de Strasbourg



## Stage Recherche - Master 2

### Visualisation volumique interactive de maillages non-structurés issus de simulations numériques

**Lieu :** Université de Strasbourg - Laboratoire ICube - Équipe d'informatique Géométrie et Graphique (IGG). (Interactions avec des personnes de l'équipe TONUS du laboratoire de mathématique IRMA)

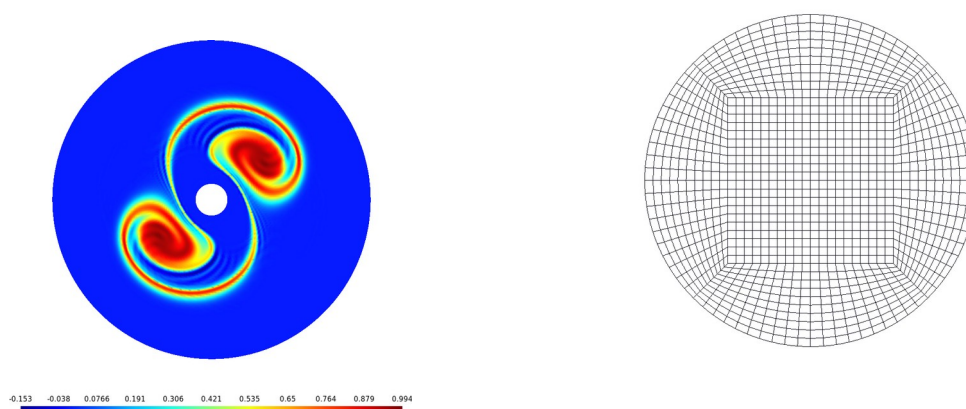
**Supervision:**

Jonathan Sarton ([sarton@unistra.fr](mailto:sarton@unistra.fr)), Maître de Conférence

Jean-Michel Dischler ([dischler@unistra.fr](mailto:dischler@unistra.fr)), Professeur

Philippe Helluy ([philippe.helluy@unistra.fr](mailto:philippe.helluy@unistra.fr)), Professeur

**Mots-clés:** visualization, GPU, volume rendering, simulation, unstructured grid, ray-casting, high-order meshes



### 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. Dans ce stage, qui se déroulera au laboratoire ICube de l'université de Strasbourg, dans l'équipe d'Informatique Géométrie et Graphique (IGG), nous proposons de nous intéresser à la visualisation interactive de données issues d'une simulation numérique en physique des plasmas, basée sur un solveur cinétique. Ce code de simulation est développé par l'équipe TONUS du laboratoire de mathématique avancée, IRMA, de l'université de Strasbourg. Une exécution de ce code génère un maillage volumique non-structuré représentant l'ensemble du domaine 3D sur lequel a été produit la simulation. Le système de visualisation qui est actuellement en place avec ce code, permet de visualiser des coupes 2D à certains endroits du domaine. La

visualisation interactive de l'ensemble du volume permettrait de mieux appréhender les résultats de la simulation.

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 mais beaucoup moins pour des maillages volumiques non-structurés. De plus, la simulation que l'on propose d'étudier ici, génère des maillages avec un degré polynomial élevé (high-order meshes). Cela rajoute des contraintes dans la manière de gérer l'échantillonnage et la classification des données par rapport aux maillages linéaires classiques qui stockent des valeurs scalaires en chaque cellule. Pour finir, nous nous intéresserons à la possibilité de visualiser différentes valeurs physiques stockées dans les volumes et éventuellement à une approche de visualisation multi-modale.

### **Objectifs du stage:**

L'objectif principal de ce stage est de proposer une implémentation de l'algorithme de rendu volumique direct par lancer de rayon, sur GPU. Les contraintes étant de pouvoir manipuler des grilles non-structurées, composées éventuellement de cellules de géométries différentes (n'importe quel type de polyèdre) et de polynômes d'ordre élevés.

Afin de répondre à cet objectif, il sera premièrement nécessaire de prendre connaissance (d'une partie) du code de simulation d'une part, et d'étudier la bibliographie sur les méthodes de visualisation volumique de tels maillages d'autre part. Sur la base de ces études préliminaires, il s'agira de proposer une première implémentation : i) capable de parcourir de manière simple la grille non-structurée le long d'un rayon, et ii) proposant une visualisation correcte en adaptant l'échantillonnage en fonction de la solution polynomiale stockée en chaque cellule et de la fonction de transfert.

Afin d'obtenir une visualisation avec une bonne qualité de rendu tout en offrant de bonnes performances, la mise en œuvre de cet algorithme de visualisation se fera sur GPU, soit avec le langage de shader GLSL, soit avec l'API CUDA en combinaison avec son interopérabilité avec OpenGL.

Pour aller plus loin, il sera également possible de réfléchir à une méthode permettant de parcourir la grille de manière plus efficace (avec une structure de données pour la topologie). Finalement il sera aussi possible d'aborder des aspects de visualisation multi-modale ou encore de couplage de l'approche retenue avec une solution out-of-core permettant de visualiser de très grands maillages.

### **Profil du candidat:**

- Master 2 ou école d'ingénieur en informatique
- Un intérêt pour la 3D, la visualisation, 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 une connaissance en programmation GPU avec GLSL ou CUDA serait un plus.

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] M. Weiler, M. Kraus, M. Merz, and T. Ertl. *Hardware-based ray casting for tetrahedral meshes*. In *Proc. of IEEE Visualization 2003*, pages 333–340, 2003.
- [3] P. Muigg, M. Hadwiger, H. Doleisch, et E. Groller, « Interactive Volume Visualization of General Polyhedral Grids », *IEEE Trans. Visual. Comput. Graphics*, vol. 17, n° 12, p. 2115-2124, déc. 2011, doi: [10.1109/TVCG.2011.216](https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.216).
- [4] M. Üffinger, S. Frey, et T. Ertl, « Interactive High-Quality Visualization of Higher-Order Finite Elements », *Computer Graphics Forum*, vol. 29, n° 2, p. 337-346, 2010, doi: [10.1111/j.1467-8659.2009.01603.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2009.01603.x).
- [5] Sarton, J., Courilleau, N., Remion, Y., Lucas, L.: *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* pp. 1–1 (2019)  
<https://doi.org/10.1109/TVCG.2019.2912752>