

**Titre : Approche out-of-core multi-résolution pour la visualisation interactive de maillages volumiques génériques de très grande dimension sur GPU**

Directeur(s) de Thèse : Franck Hétroy-Wheeler (PR)

Encadrant(s) : Jonathan Sarton (MCF)

Unité(s) d'Accueil(s) : ICube

Établissement de rattachement : Université de Strasbourg

Collaboration(s) (s'il y a lieu) :

Rattachement à un programme (s'il y a lieu) : Calcul Scientifique

Résumé (1500 caractères au maximum) :

Les maillages représentent une modélisation géométrique d'un domaine pouvant être issue de simulations numériques ou de représentations graphiques par exemple. Quelque soient leur structure et l'application visée, leur visualisation est une étape cruciale et indispensable pour analyser des jeux de données, pour valider ou invalider des modèles ou encore comme outil d'appréciation de résultats expérimentaux.

Les jeux de données représentants des modèles maillés peuvent, dans beaucoup de domaines scientifiques, impliquer des objets numériques de très grande dimension qu'il devient difficile de manipuler de manière interactive. C'est en particulier le cas lorsque leur représentation dépasse la capacité mémoire physique de la machine utilisée pour leur manipulation.

Dans ce contexte deux types de solutions peuvent être proposées. Une première consiste à réduire la complexité du maillage afin de retomber sur un jeu de données manipulable, mais on perd également l'intérêt de la grande précision de celui-ci. Une autre approche consiste à manipuler ce maillage de très grande dimension en considérant l'ensemble de sa géométrie complexe par une méthode *out-of-core*. Nous proposons de nous intéresser à cette seconde catégorie en visant un système capable d'adresser de très grands maillages depuis des GPUs, cela afin de pouvoir appréhender des algorithmes de visualisation (ou de traitements) parallèles efficaces pour ce type de représentation, sur des maillages de très grande dimension.

Ce sujet a pour objectif de permettre d'appréhender des phénomènes scientifiques complexes, qui n'auraient pas été abordés car la modélisation qui en découle serait trop lourde pour tenir en mémoire et donc pas manipulable par les algorithmes classiques de traitement ou de visualisation. Ce scénario peut typiquement se retrouver avec la simulation de phénomènes physiques complexes, en mécanique des fluides par exemple, ou encore à partir d'acquisitions en imagerie biomédicale, qui génèrent des maillages très précis mais beaucoup trop conséquents et qui nécessitent pourtant d'être explorés de manière interactive. L'objectif est d'exploiter la puissance de calcul des GPUs pour la visualisation interactive de tels maillages. Les aspects abordés sont en lien à la fois avec les domaines du calcul haute performance et du calcul parallèle, ainsi que les domaines de l'informatique graphique et de la simulation dans un cadre applicatif de visualisation scientifique.

Dans ce contexte, il s'agit de s'intéresser à la conception d'une **approche générique** afin d'être capable de manipuler tout type de maillages, surfaciques (2D) et volumiques (3D), indépendamment de la géométrie de leurs cellules (triangles, tétraèdres, hexaèdres ...) ou de leur structure topologique (régulière, structurée, non-structurée). En particulier, il s'agit d'être capable :

- de **décomposer/partitionner des maillages** afin de pouvoir manipuler des sous-ensembles d'une modélisation complexe, indépendamment les uns des autres selon les besoins de l'algorithme de visualisation en temps interactif. Afin de garantir les performances nécessaires à la visualisation interactive de grandes masses de données, l'approche décrite doit être portée par des besoins aussi bien en terme de cohérence spatiale que de cohérence de mise en cache sur GPU.
- de proposer des **représentations multi-résolution** efficaces et robustes afin de réduire la quantité de données à adresser en adaptant le niveau de détail (LOD) à la visualisation. En particulier, il est intéressant de concevoir des méthodes permettant de maintenir la cohérence des frontières des sous-volumes, générées par la décomposition de l'objet maillé, dans un contexte de visualisation multi-résolution adaptatif.
- de s'appuyer sur une **structure de données** pouvant adresser l'ensemble d'un maillage multi-résolution de très grande dimension de manière efficace depuis le GPU sans stockage complet sur celui-ci. Celle-ci doit pouvoir permettre une mise en cache de l'ensemble des données nécessaires à la visualisation interactive. Le ou les caches GPU associés doivent être capables de stocker les informations topologique (sommets, arêtes, faces) ainsi que les relations d'adjacence entre ces différents éléments.
- **d'adapter les outils de visualisation interactive sur GPU**, couramment utilisés pour l'appréciation des objets maillés, à des approches out-of-core multi-résolution. Cet aspect doit être capable de répondre à un besoin d'abstraction afin de ne pas complexifier le développement de ces outils, en rendant transparent le pipeline d'accès aux données.

## **Références bibliographiques :**

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 Transaction on Visualization and Computer Graphics 2019. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8695851/>

Muigg, P., M. Hadwiger, H. Doleisch, et E. Groller. « **Interactive Volume Visualization of General Polyhedral Grids** ». IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 17, n° 12 (décembre 2011): 2115-24. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.216>.

Silva, Cláudio T, João L D Comba, Steven P Callahan, et Fabio F Bernardon. « **A Survey of GPU-Based Volume Rendering of Unstructured Grids** », 2005, 22.

Callahan, S.P., M. Ikits, J.L.D. Comba, et C.T. Silva. « **Hardware-Assisted Visibility Sorting for Unstructured Volume Rendering** ». IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 11, n° 3 (mai 2005): 285-95. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2005.46>.

Isenburg, M., et P. Lindstrom. « **Streaming Meshes** ». In VIS 05. IEEE Visualization, 2005., 231-38. Minneapolis, MN, USA: IEEE, 2005. <https://doi.org/10.1109/VISUAL.2005.1532800>.

Callahan, Steven P., Louis Bavoil, Valerio Pascucci, Cláudio T. Silva, Steven P. Callahan, Louis Bavoil, Valerio Pascucci, et Cláudio T. Silva. « **Progressive volume rendering of large unstructured grids** ». In IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2006, 2006.

Du, Zhiyan, et Yi-Jen Chiang. « **Out-of-Core Simplification and Crack-Free LOD Volume Rendering for Irregular Grids** ». Computer Graphics Forum 29, n° 3 (2010): 873-82. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2009.01705.x>.