

## Performance Optimization of a Multi-GPU Discontinuous Galerkin Solver

**Auteur :** Smagghe, Clément

**Promoteur(s) :** Geuzaine, Christophe

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme :** Master : ingénieur civil en informatique, à finalité spécialisée en "computer systems security"

**Année académique :** 2024-2025

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/23356>

---

### Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

---

# PERFORMANCE OPTIMIZATION OF A MULTI-GPU DISCONTINUOUS GALERKIN SOLVER

Master's thesis presented to obtain the degree of  
**Master of Science in Computer Science Engineering**

---

**SMAGGHE Clément - s203332**

Academic Year 2024-2025

Promotor: Pr. GEUZAINÉ Christophe

Co-promotor: Pr. CICUTTIN Matteo

## Abstract

The Applied and Computational Electromagnetics research group of the University of Liège has previously developed a solver based on the Discontinuous Galerkin (DG) method for solving Maxwell's equations. This master's thesis focuses on its performance analysis and optimization on multi-GPU architectures when solving large-scale problems.

Initial profiling on the Lucia supercomputer revealed that inter-GPU communication, rather than computation, was the primary bottleneck. We addressed this by updating MPI communication from blocking to non-blocking. An extensive set of benchmark tests was conducted on Lucia (NVIDIA GPUs), showing a significant reduced communication overhead and improved scalability — up to 6 times faster execution in some cases. The same tests were then performed on LUMI (AMD GPUs) by using even more computing power (up to 512 GPUs), confirming the robustness of our improvements across architectures, despite a 30% performance penalty due to hardware differences, notably cache size.

A second and final optimization step was carried out in order to mask communication with computation, which needed the application of the DG operation to be restructured. While this step was only benchmarked on Lucia due to time and resource constraints, results showed another considerable performance improvement of up to 11 times faster execution compared to the solver with blocking communication.

Our work only focused on the solver's resolution phase, leaving the initialization phase — currently a major performance and memory bottleneck — largely untouched. Addressing this phase could make it possible to solve even larger problems and support a greater number of GPUs for a given problem in future work.