



Laboratoire POEMS (CNRS/ENSTA/INRIA), ENSTA Paris, Institut Polytechnique de Paris, Palaiseau, France
Siemens Digital Industries Software, Châtillon, France

Post-doctorat industriel dans le laboratoire POEMS

Janvier 2022 — Décembre 2023 (24 mois)

Accélération d'un solveur éléments finis discontinus pour les problèmes d'ondes aéro/acoustiques instationnaires

Mots clés : Simulation numérique, Propagation des ondes, Aéroacoustique, Éléments finis discontinus, Conditions aux limites absorbantes, Calcul à haute performance, C++, CUDA

Contexte

Ce postdoctorat s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre le laboratoire POEMS (*UMR du CNRS située à Palaiseau*) et Siemens Digital Industries Software (*situé à Châtillon*).

Dans le cadre de ses activités, Siemens développe des outils de simulation numérique, destinés notamment aux études acoustiques et aéroacoustiques (*par ex. étude des nuisances sonores générées par des véhicules, des éoliennes, ...*). La complexité des phénomènes et des structures à modéliser, ainsi que les besoins grandissants en précision, entraînent une augmentation des coûts liés aux simulations numériques (*e.g. temps de calcul, stockage mémoire, puissance électrique, ...*), ce qui motive des recherches pour des méthodes numériques et des implémentations plus performantes. De telles recherches sont menées au sein du laboratoire POEMS et des équipes R&D de Siemens. En particulier, le laboratoire POEMS possède une expertise reconnue dans le développement, l'étude et la mise en œuvre de méthodes numériques pour la résolution des problèmes de propagation d'ondes.

Dans ce projet, on s'intéresse à la résolution accélérée de problèmes d'ondes en régime instationnaire avec des méthodes d'éléments finis discontinus [2]. Ces méthodes sont bien adaptées aux applications ciblées (*e.g. utilisation de maillages ajustés, éléments finis d'ordre élevé, prise en compte des complexités physiques, ...*). En outre, la structure algorithmique obtenue après discrétisation permet de tirer parti efficacement de la puissance des architectures de calcul parallèles, et notamment des cartes graphiques (GPU), *e.g.* [3, 4]. Ces raisons ont motivé Siemens à développer un code de calcul basé sur ces méthodes, et ont stimulé de nouvelles recherches au sein du laboratoire POEMS.

Objectifs et tâches

Les objectifs et les tâches envisagées dans ce post-doctorat sont doubles :

- D'une part, il s'agira d'enrichir le solveur éléments finis discontinus en utilisant des techniques numériques qui permettent de réduire le coût de calcul. On envisage d'étudier la mise en œuvre de PMLs automatiques, inspirées d'un travail récent des deux encadrants [1]. Les PMLs permettent de tronquer, et donc de réduire la taille du domaine de calcul. On envisage également la combinaison du schéma spatial avec un schéma temporel multi-pas (*e.g.* [3]).
- D'autre part, il s'agira de développer une version GPU d'un code de calcul d'éléments finis discontinus développé en C++ par Siemens. Quelques stratégies d'implémentations sont bien connues (*e.g.* [3, 4]), mais la difficulté sera d'appliquer ces stratégies en préservant au maximum la structure du code existant, et en permettant les accélérations numériques envisagées dans le premier objectif.

Il est attendu que le candidat/la candidate contribue de manière équilibrée aux deux objectifs.

Profil du candidat/de la candidate

Le candidat/la candidate doit avoir obtenu récemment un doctorat en mécanique numérique, en mathématiques appliquées ou en calcul scientifique. En principe, ce poste constitue un premier emploi après le doctorat.

Compétences techniques attendues :

- Modélisation par les équations aux dérivées partielles ;
- Méthodes numériques standards pour la propagation des ondes ;
- Connaissance théorique et pratique des méthodes d'éléments finis ;
- Programmation scientifique orientée-objet en C++ ;
- Connaissances de base en calcul haute performance.

De bonnes connaissances sur les méthode des éléments finis discontinus et/ou la programmation GPU en CUDA constituent un atout, mais elles ne sont pas requises pour un candidat/une candidate qui souhaite se former à ces techniques.

Le candidat doit être à l'aise avec la communication scientifique écrite/orale en anglais. Il/elle doit être capable de formuler et conduire un projet scientifique, et doit être apte à travailler en équipe

Encadrement et cadre de travail

Le post-doctorant se déroulera principalement dans le laboratoire POEMS, hébergé par l'ENSTA Paris, à Palaiseau. Dans le cadre de la collaboration, une partie de temps de travail sera presté dans les locaux de Siemens, à Châtillon. La personne recrutée sera encadrée par Axel Modave (*Chargé de recherche CNRS, POEMS*), Sophie Le Bras (*Research Engineer, Siemens*) et Hadrien Bériot (*Senior Research Engineering Manager, Siemens*).

<u>Contacts</u> :	Dr Axel Modave (POEMS, CNRS)	axel.modave@ensta-paris.fr
	Dr Sophie Le Bras (Siemens)	sophie.le-bras@siemens.com
	Dr Hadrien Bériot (Siemens)	hadrien.beriot@siemens.com

Références

- [1] Bériot, Modave (2021) An automatic perfectly matched layer for acoustic finite element simulations in convex domains of general shape. *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 122, 1239-1261 [[preprint](#)]
- [2] Hesthaven, Warburton (2007). *Nodal discontinuous Galerkin methods : algorithms, analysis, and applications*. Springer Science & Business Media.
- [3] Modave, St-Cyr, Mulder, Warburton (2015). A nodal discontinuous Galerkin method for reverse-time migration on GPU clusters. *Geophysical Journal International*, 203(2), 1419-1435 [[preprint](#)]
- [4] Modave, St-Cyr, Warburton (2016). GPU performance analysis of a nodal discontinuous Galerkin method for acoustic and elastic models. *Computers & Geophysics*, 91, 64-76 [[preprint](#)]

Version du document : 4 octobre 2021