

Offre de Post-Doc - PPRIME/ISAE-ENSMA

Parallélisation par graphes de tâches pour la simulation d'ordre élevé d'écoulements compressibles réactifs.

Laboratoires d'accueil : Institut Pprime (CNRS, UPR3346)

Durée - Période visée : 1 an - à partir de décembre 2021)

Profil recherché : Doctorat simulation numérique

Compétences attendues : mécanique des fluides compressibles, CFD, programmation parallèle

Encadrement/Contact : Guillaume Lehnasch (guillaume.lehnasch@isae-ensma.fr, 05 49 49 83 70)

Arnaud Mura (arnaud.mura@ensma.fr, 05 49 49 81 80)

Résumé : La simulation haute fidélité en mécanique des fluides compressibles et réactifs (simulation numérique directe ou aux grandes échelles) nécessite un contrôle fin des sources d'erreurs d'approximation numérique. Les équations doivent ainsi être discrétisées sur un grand nombre de degrés de liberté et via des schémas numériques optimisés d'ordre élevé couplant l'information sur des stencils larges. Une représentation fidèle des mécanismes d'allumage et de stabilisation de zone de combustion en régime turbulent peut par ailleurs nécessiter l'évaluation coûteuse de propriétés locales de transport complexe et de systèmes raides de cinétique chimique pilotant la transformation des espèces composant le milieu réactif. De tels algorithmes ont déjà pu être implémentés et validés dans le code CREAMS [4] développé à l'institut PPRIME et largement éprouvés sur des machines de calcul homogènes classiques (IBM Blue Gene/Q), permettant l'étude de diverses configurations complexes d'écoulements cisailés turbulents (couche de mélange [5], jet sous-détendus [2], etc).

Afin d'exploiter efficacement les nouvelles architectures hétérogènes (CPU/GPU) de nouvelle génération qui devraient prochainement composer l'essentiel du parc des centres de calcul, il apparaît cependant aujourd'hui nécessaire de repenser l'algorithmique et les modèles de programmation. L'adaptation des codes à de telles machines peut en effet devenir trop coûteuse en temps de développement et dépendre fortement des machines visées. L'utilisation de nouveaux supports d'exécution tels que StarPU¹, ou ParSEC² pourrait à terme permettre de grandement simplifier les futurs développements de code compatibles avec des architectures très différentes. Ceci impose de repenser les codes sous la forme de graphes de tâches.

La personne recrutée participera au projet région Nouvelle Aquitaine "HPC Scalable Ecosystem" en partenariat entre notamment l'INRIA, Airbus, le CEA, et l'institut Pprime. Ce projet vise globalement à adresser deux types d'objectifs. D'une part, il s'agit de relever des défis méthodologiques, afin d'améliorer des outils d'ordonnancement et de support système pour la communication haute performance à grande échelle et pour le traitement des grandes masses de données. D'autre part, il s'agit d'appliquer ces avancées méthodologiques dans le cadre de défis applicatifs. Dans le cadre de ce dernier volet (défi applicatif), la personne recrutée prendra en main un prototype de code de résolution des équations d'Euler précédemment développé au LMA (Pau) pour le support d'exécution StarPU [3][1]. L'objectif du Post-doc sera alors de faire évoluer cet outil en implémentant de nouvelles implémentations sur la base de graphes de tâches, d'équations de transport d'espèces et des schémas numériques aux différences finies d'ordre élevé (approches hybrides utilisant schémas WENO (Weighted Essentially Non-Oscillating) et/ou schémas centrés/filtres optimisés).

Le candidat aura accès au cluster Pprime, à la plateforme expérimentale de calcul parallèle PlaFRIM³ et participera au portage et aux tests de passage à l'échelle sur différentes machines parallèles telles que PlaFRIM, les machines de la veille technologique de GENCI, ainsi que sur les plus grosses architectures européennes (PRACE).

Tout au long de son séjour postdoctoral, le candidat travaillera en étroite collaboration avec les collègues du LMA (Pau) et interagira avec les autres membres du projet "HPC Scalable ecosystem", afin de bénéficier de leur expertise sur le passage à l'échelle des algorithmes, et afin de tester les avancées méthodologiques qu'ils auront implémenté dans le support d'exécution StarPU.

1. <http://starpu.gforge.inria.fr/>

2. <http://icl.utk.edu/parsec/>

3. <https://www.plafrim.fr/>

Bibliographie

- [1] Cédric Augonnet, Samuel Thibault, Raymond Namyst, and Pierre-André Wacrenier. Starpu : a unified platform for task scheduling on heterogeneous multicore architectures. Concurrency and Computation : Practice and Experience, 23(2) :187–198, 2011.
- [2] R Buttay, L Gomet, G Lehnasch, and A Mura. Highly resolved numerical simulation of combustion downstream of a rocket engine igniter. Shock Waves, 27(4) :655–674, 2017.
- [3] Mohamed Essadki, Jonathan Jung, Adam Larat, Milan Pelletier, and Vincent Perrier. A task-driven implementation of a simple numerical solver for hyperbolic conservation laws. arXiv preprint arXiv :1701.05431, 2017.
- [4] Pedro José Martínez Ferrer, Romain Buttay, Guillaume Lehnasch, and Arnaud Mura. A detailed verification procedure for compressible reactive multicomponent navier–stokes solvers. Computers & Fluids, 89 :88–110, 2014.
- [5] Pedro José Martínez Ferrer, Guillaume Lehnasch, and Arnaud Mura. Compressibility and heat release effects in high-speed reactive mixing layers ii. structure of the stabilization zone and modeling issues relevant to turbulent combustion in supersonic flows. Combustion and Flame, 180 :304–320, 2017.