

**PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES**

Référence : **DMPE-2024-18**  
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Châtillon

Département/Dir./Serv. : DMPE

Tél. : 01 46 73 42 92

Responsable du stage : E. Quémerais / B.  
Andrieu / J.M. Senoner

Email : eric.quemerais@onera.fr

**DESCRIPTION DU STAGE**

Domaine d'étude : HPC, Algorithmes parallèles distribués, Maillage, Géométrie algorithmique

Type de stage  Fin d'études bac+5  Master 2 recherche  Bac+2 à bac+4

**Intitulé : Algorithmes parallèles de suivi de particules**

**Sujet :** L'ONERA développe des codes de simulation numérique dans le domaine de la mécanique des fluides, la mécanique des solides, l'acoustique ou encore l'électromagnétisme. Pour la plupart, ces logiciels sont conçus pour être utilisés sur des calculateurs massivement parallèles. Ils manipulent des maillages représentant le domaine d'étude. Pour certaines simulations, ce domaine est dynamique. Ceci implique de réaliser fréquemment des opérations sur les maillages (déformation, adaptation, intersection, ...) en cours de simulation. Pour des maillages constitués de plusieurs centaines de millions de mailles et au-delà, ces calculs géométriques peuvent prendre une part prépondérante du temps de simulation voire les faire échouer pour des raisons de déséquilibre de charge ou de mauvaise répartition de la mémoire. Afin de répondre à ces problématiques, l'ONERA développe depuis quelques années la bibliothèque ParaDiGM dédiée aux calculs géométriques dans un contexte massivement parallèle distribué.

Ce stage s'intéressera précisément aux algorithmes de lancer de rayon / suivi de particules. Ces algorithmes permettent notamment de calculer les trajectoires de photons et ainsi améliorer le rendu de l'éclairage selon le type de source lumineuse dans les jeux vidéo (« ray tracing »). Dans le cadre du stage, ce type d'algorithme sera utilisé pour calculer les trajectoires de particules dans le solveur Lagrangien Sparte de la chaîne logicielle Cedre. Cet outil est notamment utilisé par Safran Aircraft Engines et Airbus Aviation pour simuler des problématiques de givrage d'aéronefs.

Le solveur Sparte est couplé dans la chaîne Cedre au solveur Charme Navier-Stokes multi-espèces. Dans un calcul massivement parallèle distribué, le maillage du domaine d'étude Charme est découpé en partitions qui sont réparties sur l'ensemble des nœuds de calcul du supercalculateur. Actuellement, le solveur Sparte conserve le découpage réalisé pour Charme pour le suivi des particules à travers les partitions. Or, dans un bon nombre d'applications, les particules sont concentrées dans un nombre très limité de partitions. Ceci occasionne un fort déséquilibre de charge entre les divers nœuds du supercalculateur et engendre donc une grande perte de performance.

Le but du stage est d'écrire un nouvel algorithme parallèle de suivi de particules au sein de ParaDiGM. Cet algorithme devra équilibrer la charge en répartissant les particules sur les différents processus par proximité spatiale. Cet équilibrage sera probablement obtenu par l'utilisation de « space filling curves ». Chaque processus devra ensuite rapatrier les informations de maillages nécessaires pour effectuer localement le suivi des particules qu'il a à traiter. Afin de minimiser les coûts des échanges MPI, l'algorithme devra privilégier l'appel aux fonctions MPI non-bloquantes afin de recouvrir les temps d'échange par du calcul. Afin d'optimiser l'encombrement mémoire, le stagiaire pourra aller jusqu'à utiliser les fonctionnalités MPI-3 shared memory permettant de partager au sein d'un nœud de calcul toutes les entités de maillage nécessaires à l'ensemble de ses processus.

Une fois la nouvelle fonctionnalité de ParaDiGM écrite, celle-ci sera appelée dans le solveur Sparte. La nouvelle méthode sera ensuite testée dans un contexte d'étude du givrage des aéronefs. Si le temps le permet, le stage pourra s'achever par une étude de scalabilité.

Le stage se déroulera dans l'unité PLM du DMPE en collaboration l'unité MH. Le stagiaire disposera des moyens de calcul internes à l'ONERA ainsi qu'un accès au TGCC.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? **Non**

**Méthodes à mettre en oeuvre :**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Recherche théorique            | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de synthèse             |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input checked="" type="checkbox"/> Travail de documentation        |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale        | <input checked="" type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : **Non**

**Durée du stage :** Minimum : 5 Maximum : 5

Période souhaitée : février à août 2024

**PROFIL DU STAGIAIRE**

Connaissances et niveau requis :  
Connaissances en géométrie algorithmique et parallélisme. Bonne maîtrise du C et de MPI

Ecoles ou établissements souhaités :  
Ecole d'ingénieur ou master 2 recherche