

Titre	Génération d'hexaèdres par combinaison de tétraèdres
Référence	Franck LEDOUX (franck.ledoux@cea.fr)
Contexte	<p>Le CEA, acteur majeur en matière de recherche et d'innovation, est reconnu comme un expert du domaine HPC grâce à l'impulsion du « Programme Simulation ». La simulation numérique consiste à reproduire par le calcul le fonctionnement d'un système physique, préalablement décrit par un ensemble de modèles. Le CEA/DAM travaille à l'élaboration de méthodes mathématique qui nécessitent le plus souvent la discrétisation en hexaèdres du domaine d'étude. De tels maillages sont utilisés par de nombreux organismes de recherche et industriels pour la résolution de problèmes physiques (interaction fluide-structure, aérodynamisme).</p> <p>La génération automatique de maillages 3D purement hexaédriques est un problème difficile pour lequel aucune solution satisfaisante n'existe actuellement. De ce fait, depuis quelques années, différentes solutions [1,2,3] ont été proposées pour générer des maillages à dominante hexaédrique, c'est-à-dire composés majoritairement d'hexaèdres et minoritairement de tétraèdres, prismes à base triangulaire et de pyramides à base quadrangulaire.</p> <p>[1] S. Meshkat, D. Talmor, Generating a mixed mesh of hexahedra, pentahedra and tetrahedra from an underlying tetrahedral mesh, International Journal for Numerical Methods in Engineering, pp. 17-30, 2000. [2] S. Yamakawa, K. Shimada, Fully-automated hex-dominant mesh generation with directionality control via packing rectangular solid cells, International Journal for Numerical Methods in Engineering, pp. 2089-2129, 2003. [3] D. Sokolov, N. Ray, L. Untereiner, B. Levy, Hexahedral-dominant meshing, ACM Transactions on Graphics, pp. 1-23, 2016.</p>
Objectifs	<p>Les algorithmes proposés dans [1,2,3] suivent une approche indirecte qui consiste à générer un maillage tétraédrique puis à combiner des tétraèdres pour créer des hexaèdres. Les heuristiques employées sont de nature « gloutonne ». Relativement coûteuse en temps de calcul, elles ne garantissent pas d'obtenir une solution optimale au problème posé. Bien au contraire, elles peuvent être assez loin de l'optimal. C'est pourquoi le stage proposé consistera, à l'aide de méthodes issues de la recherche opérationnelle (programmation dynamique par exemple), à proposer une approche assurant l'optimalité de la solution sur des instances de petites tailles, puis à mettre au point une heuristique améliorant les approches existantes pour se rapprocher de cet optimal.</p> <p>La solution proposée sera réalisée indifféremment en C++ ou en Rust au sein d'un projet open-source développé au CEA DAM.</p>
Domaines de spécialité requis	Informatique
Langages/logiciels	C/C++ et/ou Rust
Mots clés	Maillage, théorie des graphes, recherche opérationnelle
Formation recherchée	BAC+5
Poursuite possible en thèse	Oui
Durée du stage	5 à 6 mois
Stage rémunéré	Oui
Lieu du stage	Bruyères-le-Châtel, Essonne, Ile-de-France
Candidature	Les délais administratifs nécessite de candidater au moins 3 mois avant la date de début du stage.

Titre	Algorithme concurrent d'appariement de sommets dans un graphe
Référence	Cédric CHEVALIER (cedric.chevalier@cea.fr)
Contexte	<p>Le CEA, acteur majeur en matière de recherche et d'innovation, est reconnu comme un expert du domaine HPC grâce à l'impulsion du « Programme Simulation ». La simulation numérique consiste à reproduire par le calcul le fonctionnement d'un système physique, préalablement décrit par un ensemble de modèles. Au vu de la taille des données manipulées, il est nécessaire de recourir à des techniques de parallélisme pour optimiser les temps de traitement.</p> <p>Parmi les outils algorithmiques nécessaires figurent les algorithmes d'appariement qui traitent la résolution d'un problème combinatoire important pour de nombreux champs applicatifs en informatique. Un appariement dans un graphe $G=(V,E)$, où V est un ensemble de sommets et E un ensemble d'arêtes reliant des sommets de V, est un sous-ensemble A de E tel que les arêtes de tout couple de A n'ont aucun sommet en commun. Si l'on pondère les arêtes de E, alors un problème classique d'appariement est de trouver un appariement A de poids maximum. C'est ce problème qui sera traité dans le stage proposé en considérant une approche parallèle concurrente (en d'autres termes <i>multi-threads</i>). Plus précisément le travail consistera à étudier, implanter et évaluer expérimentalement l'approche proposée dans [1]. Aucune connaissance en Rust n'est nécessaire pour candidater à ce stage.</p> <p>[1] F. Manne and M. Halappanavar, New Effective Multithreaded Matching Algorithms, 28th International Parallel & Distributed Processing Symposium, 2014.</p>
Objectifs	<p>L'objectif premier du stage est d'étudier, implanter et évaluer expérimentalement l'approche proposée dans [1]. L'ensemble des travaux réalisés sera intégré au sein du projet open-source COUPE, pour CONcUrrent PartitionEr. Cette bibliothèque, développée au CEA, a pour objectif de fournir un cadre pour la définition et l'évaluation d'algorithmes concurrents de partitionnement de graphes et de maillage. Elle est écrite à l'aide du langage de programmation Rust, langage voisin du C et C++, développé et supporté par la fondation Mozilla. Aucune connaissance en Rust n'est nécessaire pour candidater à ce stage.</p> <p>Selon les résultats obtenus et le profil du stagiaire, ce travail pourra être complété par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'utilisation de l'algorithme d'appariement pour la résolution d'un problème de partitionnement de maillages ; • La comparaison avec un second algorithme d'appariement ; • La modification de la stratégie de parallélisation concurrente.
Domaines de spécialité requis	Informatique
Langages/logiciels	Rust
Mots clés	Théorie des graphes, algorithmique, implémentation, parallélisme
Formation recherchée	BAC+5
Poursuite possible en thèse	Oui
Durée du stage	5 à 6 mois
Stage rémunéré	Oui
Lieu du stage	Bruyères-le-Châtel, Essonne, Ile-de-France
Candidature	Les délais administratifs nécessite de candidater au moins 3 mois avant la date de début du stage.

Titre	Optimisation géométrique de maillages hexaédriques
Référence	F. LEDOUX (franck.ledoux@cea.fr)
Contexte	<p>Le CEA, acteur majeur en matière de recherche et d'innovation, est reconnu comme un expert du domaine HPC grâce à l'impulsion du « Programme Simulation ». La simulation numérique consiste à reproduire par le calcul le fonctionnement d'un système physique, préalablement décrit par un ensemble de modèles. Le CEA/DAM travaille à l'élaboration de méthodes mathématiques qui nécessitent de discrétiser le domaine d'étude à l'aide d'un maillage hexaédrique. Ces maillages sont utilisés par de nombreux organismes de recherche et industriels pour la résolution de problèmes physiques (interaction fluide-structure, aérodynamisme).</p> <p>La génération automatique de maillages 3D purement hexaédriques est un problème difficile qui suscite de nombreuses recherches. En outre, tout maillage hexaédrique n'est pas utilisable en simulation numérique, et différents critères supplémentaires doivent être vérifiés. En particulier, la « qualité » géométrique des mailles doit être estimée et améliorée si nécessaire. Afin d'assurer ce critère, les auteurs de [1] proposent un algorithme de lissage qui repose sur la transformation du problème d'optimisation de la forme géométrique des hexaèdres en un problème d'optimisation sur les arêtes du maillage. Il reste à résoudre une succession de problèmes d'optimisation quadratiques et convexes. L'espace des solutions étant potentiellement vide du fait de contraintes trop importantes, une heuristique locale est en outre proposée dans [1].</p> <p>[1] M. Livesu, A. Sheffer, N. Vining and M. Tarini. Practical Hex-Mesh Optimization via Edge-Cone Rectification, Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2015), 2015.</p>
Objectifs	<p>L'objectif du stage proposé est :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. d'étudier et implanter les algorithmes proposés dans [1], 2. puis de les étendre à des maillages mixtes composés à la fois d'hexaèdres, tétraèdres, prismes à base triangulaire, et pyramides à base quadrangulaire. <p>L'implantation se fera dans le cadre du projet open-source GMDS, projet développé et maintenu au CEA/DAM. Les résultats seront évalués au vu de la qualité des maillages générés à partir de modèles de pièces mécaniques plus ou moins complexes.</p>
Domaines de spécialité requis	Informatique – Mathématiques appliquées
Langages/logiciels	C/C++
Mots clés	Maillage hexaédrique, géométrie algorithmique, problèmes d'optimisation
Formation recherchée	BAC+5
Poursuite possible en thèse	Non
Durée du stage	5 à 6 mois
Stage rémunéré	Oui
Lieu du stage	Bruyères-le-Châtel, Essonne, Ile-de-France
Candidature	Les délais administratifs nécessite de candidater au moins 3 mois avant la date de début du stage.

Titre	Algorithmes géométriques de partitionnement de maillages
Référence	Franck LEDOUX (franck.ledoux@cea.fr)
Contexte	<p>Le CEA, acteur majeur en matière de recherche et d'innovation, est reconnu comme un expert du domaine HPC grâce à l'impulsion du « Programme Simulation ». La simulation numérique consiste à reproduire par le calcul le fonctionnement d'un système physique, préalablement décrit par un ensemble de modèles. Pour cela, le CEA/DAM utilise des méthodes mathématiques qui nécessitent la discrétisation du domaine d'étude en éléments simples: les mailles (le plus souvent des triangles et quadrilatères en 2D et des tétraèdres et hexaèdres en 3D). La taille des maillages et des données physiques manipulées nécessitent l'utilisation de super-calculateurs où les données traitées sont distribuées sur les différents cœurs de calcul du super-calculateur. Distribuer le maillage consiste à attribuer chaque maille à exactement un et un cœur, dans le but d'équilibrer les temps de calcul sur chaque cœur [1,2]. C'est un problème crucial pour la résolution de toute simulation numérique dans le contexte HPC.</p> <p>[1] C. Chevalier and F. Pellegrini, PT-SCOTCH: a tool for efficient parallel graph ordering. <i>Parallel Computing</i>, 34(6-8), pp 318-331, 2008. [2] E.G. Boman, U.V. Catalyurek, C. Chevalier, and K.D. Devine, The Zoltan and Isorropia Parallel Toolkits for Combinatorial Scientific Computing: Partitioning, Ordering, and Coloring, <i>Scientific Programming</i> vol. 20, no. 2, 2012.</p>
Objectifs	<p>L'objectif du stage est de proposer un nouvel algorithme géométrique de partitionnement. Le travail consistera à :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Effectuer une étude bibliographique des algorithmes géométriques existants et implémenter une première approche. 2. Puis, en s'inspirant des systèmes de type masses-ressorts, l'approche sera étendue pour gérer des maillages pondérés par des coûts de calcul associés aux mailles et/ou des coûts de communication entre mailles. L'idée est ici de déformer l'espace géométrique dans lequel le maillage est plongé et d'appliquer à ce maillage déformé l'algorithme développé lors de la phase 1. 3. Des comparaisons seront alors menées avec des partitionneurs topologiques pour évaluer les solutions obtenues. <p>Selon l'état d'avancement des travaux et le profil du stagiaire, ce travail pourra être complété par une extension parallèle de l'algorithme où l'on s'intéressera au paradigme de programmation concurrente (multi-threads).</p> <p>L'ensemble des travaux réalisés seront implémentés et évalués expérimentalement au sein du projet open-source <i>COUPE</i>, pour <i>COncurrent PartitionEr</i>, qui est écrit à l'aide du langage de programmation Rust, langage voisin du C et C++, développé et supporté par la fondation Mozilla. Aucune connaissance en Rust n'est nécessaire pour candidater à ce stage.</p>
Domaines de spécialité requis	Informatique
Langages/logiciels	Rust
Mots clés	Partitionnement, théorie des graphes, implémentation, parallélisme
Formation recherchée	BAC+5
Poursuite possible en thèse	Oui
Durée du stage	5 à 6 mois
Stage rémunéré	Oui
Lieu du stage	Bruyères-le-Châtel, Essonne, Ile-de-France
Candidature	Les délais administratifs nécessite de candidater au moins 3 mois avant la date de début du stage.