

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Implémentation et validation d'une approche volumes finis centrée aux nœuds dans le code SoNICS pour l'adaptation de maillage anisotrope sur tétraèdres

Référence : **MFE-DMPE-2022-38**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : octobre 2022

Date limite de candidature : Juillet 2022

Mots clés : CFD ; schémas numériques ; C++ ; fortran ; python ; turbomachines ; volumes finis nœud centré ; adaptation de maillage ; calculs de démonstration

Profil et compétences recherchées

Jeune diplômé Ecole d'ingénieur, master recherche, capable de travailler en équipe, apte à développer du code.

Bon niveau de communication requis (oral et écrit) afin de faciliter les échanges avec le groupe Safran qui finance la thèse.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

La construction du maillage est la pierre angulaire la plus importante du processus de simulation numérique en mécanique des fluides. En effet, le maillage doit respecter la géométrie, bien souvent complexe, mais également être suffisamment fin pour capturer la physique que l'on souhaite simuler. Aussi, le processus de génération de maillage est souvent basé sur une approche empirique, très liée aux « best practices » de l'ingénieur. Souvent, le maillage obtenu est plus fin que nécessaire dans certaines zones, tandis que la méconnaissance de la physique à obtenir conduit à un sous-raffinement dans d'autres zones et il s'ensuit que la solution n'est pas toujours très précise. On doit alors relancer un processus manuel de génération de maillage « optimisé manuellement » pour capturer la physique.

Pour contourner ces limites, l'adaptation de maillage anisotrope semble une solution très prometteuse. Cela consiste à faire converger dans un seul processus le couple (maillage, solution) en s'appuyant sur un critère mathématique de mesure de l'erreur numérique. En pratique, on obtient le « meilleur maillage possible » et la « meilleure solution possible » en fonction de critères comme le nombre total de degrés de liberté... L'adaptation sur maillage tétraédrique anisotrope permet d'aligner les mailles tétraédriques avec les directions préférentielles de l'écoulement tout en minimisant le nombre de mailles et cette approche démontre tout son intérêt pour des applications en milieu industriel [1].

Les solveurs les plus utilisés en adaptation de maillage semblent ceux pour lesquels nœuds du maillage et senseurs d'adaptation sont co-localisés. Pour cela, on considère en général une approche Volumes Finis de type cell-vertex (ou nœud centré en Français) pour laquelle les volumes de contrôle sont construits explicitement autour des nœuds du maillage initial [2]. Cette adaptation sur maillage tétraédrique anisotrope est peu utilisée de nos jours dans l'industrie mais elle semble être très prometteuse.

Nous proposons dans le cadre d'une thèse CIFRE avec Safran Tech de progresser dans le processus d'adaptation de maillage tétraédrique anisotrope en travaillant sur 3 aspects complémentaires :

1. Aspect théorique : appropriation de l'approche centrée au nœud, amélioration des méthodes numériques dédiées à cette approche [3]
2. Aspect numérique : mise en œuvre des méthodes dans le logiciel de nouvelle génération SoNICS dans le cadre d'une chaîne de calcul adaptatif anisotrope.
3. Aspect applicatif : évaluation de l'apport de l'adaptation de maillage avec SoNICS sur des cas de complexité croissante et d'intérêt pour le groupe Safran.

Les trois aspects de la thèse ont une importance similaire mais l'avancement de l'aspect 3 dépendra fortement des deux autres. Pour réussir, il faudra que la personne retenue arrive à travailler dans un environnement décentralisé, équipé des outils de communication moderne (visio, partage des lignes de code...). Nous recherchons donc un(e) candidat(e) apte à interagir avec les développeurs principaux de SoNICS, avec des spécialistes des schémas numériques et avec ceux de l'adaptation de maillage.

- [1] F. Alauzet *et al*, Periodic adjoints and anisotropic mesh adaptation in rotating frame for high-fidelity RANS turbomachinery applications, *J. Comp. Phys.*, 450:110814, 2021
- [2] A. Loseille and F. Alauzet, Continuous mesh framework. Part I: well-posed continuous interpolation error, *SIAM J. Numer. Anal.*, 49(1): 38-60, 2011.
- [3] M. Bernard, G. Lartigue, G. Balarac, V. Moureau and G. Puigt, A framework to perform high-order deconvolution for finite-volume method on simplicial meshes, *Int J Numer Meth Fluids* 92:1511-1583, 2020

Collaborations envisagées

Cette thèse est une collaboration entre Safran Tech et l'ONERA. Le/La doctorant(e) intégrera le département de Sciences et Technologies du Numérique de Safran Tech. Le laboratoire d'accueil administratif du doctorant sera l'ONERA-DMPE, à Toulouse. La thèse s'effectuera entièrement en région parisienne, à mi-temps dans l'équipe DAAA/CLEF de l'ONERA (développeur de SoNICS) et à mi-temps à Safran Tech.

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Multi-Physique pour l'Energétique

Lieu (centre ONERA) : Châtillon

Contact : Bruno Maugars et Julien Vanharen

Tél. : 0146734677 / 0146734268

Email : bruno.maugars@onera.fr,
julien.vanharen@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Guillaume PUIGT

Laboratoire : ONERA/DMPE

Tél. : 0562252940

Email : guillaume.puigt@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>