

2021-03450 - Doctorant F/H [CORDIC2021-COFFEE] Écoulements multifluides multidimensionnels : schémas volumes finis sur grilles décalées et non-structurées

Type de contrat : CDD
Niveau de diplôme exigé : Bac + 5 ou équivalent
Fonction : Doctorant

A propos du centre ou de la direction fonctionnelle

Le centre Inria Sophia Antipolis - Méditerranée compte 34 équipes de recherche, ainsi que 7 services d'appui à la recherche. Le personnel du centre (500 personnes environ dont 320 salariés Inria) est composé de scientifiques de différentes nationalités (250 personnes étrangères sur 50 nationalités), d'ingénieurs, de techniciens et d'administratifs. 1/3 du personnel est fonctionnaire, les autres sont contractuels. La majorité des équipes de recherche du centre est localisée à Sophia Antipolis et Nice dans les Alpes-Maritimes. Quatre équipes sont implantées à Montpellier et deux équipes sont hébergées l'une à Bologne et l'autre à Athènes. Inria est membre fondateur d'Université Côte d'Azur et partenaire de l'I-site MUSE porté par l'Université de Montpellier.

Contexte et atouts du poste

Dans le cadre d'un partenariat (vous pouvez choisir entre)

- potentiellement avec la DGA (attention des restrictions de nationalité peuvent s'appliquer)
- collaboration entre 2 équipes Inria : Castor, Coffee

L'objet de cette thèse est d'élaborer une stratégie numérique de type « volumes finis sur grilles décalées » pour traiter des écoulements multifluides multidimensionnels avec des maillages généraux. L'objectif est notamment de viser la simulation de la formation de profils de sédimentation pour des écoulements fluide-particules.

Mission confiée

Le sujet aborde des problématiques « écoulements fluides » liées aux performances aérodynamiques et hydrodynamiques, aux écoulements à forte dynamique, aux écoulements multi-fluides et multiphasiques, en proposant des solutions innovantes pour la simulation numérique de ces écoulements.

Les principales difficultés liées à la simulation de tels écoulements peuvent se résumer de la manière suivante :

- La mise en équations n'est pas complètement établie : de nombreuses questions de modélisation se posent et l'on rencontre des régimes différents et des jeux d'équations qui prennent des formulations variées, suivant les phénomènes pris en compte. La première question consiste à bien circonscrire le modèle et son domaine d'applications.
- L'enjeu est de bien préserver les gradients de densité et les interfaces entre les différentes phases présentes dans l'écoulement. Cet objectif motive l'exploitation de maillages généraux, libres de contraintes géométriques, pouvant être raffinés dans des zones d'intérêt particulier, où les quantités physiques varient fortement.
- Les modèles font intervenir des contraintes algébriques, généralisations des conditions aux limites d'incompressibilité. Il est important, pour garantir la pertinence et la stabilité du calcul, de veiller à préserver au niveau discret la consistance des différentes formulations de ces contraintes et leurs conséquences.

Nous nous intéressons depuis quelques années à ces problématiques. Nous avons déjà obtenu des résultats significatifs en proposant une approche originale sur « grilles décalées ». Nous ambitionnons d'aborder maintenant des situations géométriques plus complexes et des conditions d'écoulements plus sévères.

Les champs d'applications visés peuvent couvrir :

- La formation de bulles haute pression dans les explosions sous-marines ou les mélanges liquide-vapeur dans les réacteurs à eau pressurisée
- Le transport de polluants et leur dispersion atmosphérique
La sédimentation de particules

Nous développons des stratégies numériques qui traitent les équations d'Euler ou de Navier-Stokes sur grilles décalées, la densité et la vitesse étant stockées sur des positions duales. Cette approche présente certains avantages soit pour des modèles couplés faisant intervenir des contraintes sur la divergence de la vitesse (modèles de mélange), soit dans des régimes asymptotiques qui conduisent à des systèmes « incompressibles ». Nous disposons maintenant d'un schéma :

- qui traite les équations barotropes ou avec énergie, sur maillages cartésiens ou non structurés,
- qui atteint l'ordre deux via une approche de type MUSCL sur grilles cartésiennes,
- qui est consistant avec le régime de faibles nombres de Mach, au moins pour des modèles barotropes.

Nous proposons de poursuivre cette activité en abordant dans un travail doctoral différentes questions :

- l'extension de la méthode à l'ordre deux sur maillages non structurés est un enjeu important en pratique, mais qui conduit à des questions délicates puisque la conception des limiteurs doit prendre en compte la géométrie des mailles. Ce problème a été abordé dans le cadre de

Informations générales

- **Thème/Domaine** : Schémas et simulations numériques
Calcul Scientifique (BAP E)
- **Ville** : nice
- **Centre Inria** : CRI Sophia Antipolis - Méditerranée
- **Date de prise de fonction souhaitée** : 2021-09-01
- **Durée de contrat** : 3 ans
- **Date limite pour postuler** : 2021-05-15

Contacts

- **Equipe Inria** : COFFEE
- **Directeur de thèse** :
Goudon Thierry / Thierry.Goudon@inria.fr

A propos d'Inria

Inria est l'institut national de recherche dédié aux sciences et technologies du numérique. Il emploie 2600 personnes. Ses 200 équipes-projets agiles, en général communes avec des partenaires académiques, impliquent plus de 3500 scientifiques pour relever les défis du numérique, souvent à l'interface d'autres disciplines. L'institut fait appel à de nombreux talents dans plus d'une quarantaine de métiers différents. 900 personnels d'appui à la recherche et à l'innovation contribuent à faire émerger et grandir des projets scientifiques ou entrepreneuriaux qui impactent le monde. Inria travaille avec de nombreuses entreprises et a accompagné la création de plus de 180 start-up. L'institut s'efforce ainsi de répondre aux enjeux de la transformation numérique de la science, de la société et de l'économie.

L'essentiel pour réussir

Connaissances de base en mathématiques : analyse d'équations différentielles, analyse numérique, simulation numérique (Scilab/Matlab, Python, éventuellement C++/Fortran)

Consignes pour postuler

Avant de candidater, il est fortement recommandé de contacter le responsable scientifique au préalable.

Sécurité défense :

Ce poste est susceptible d'être affecté dans une zone à régime restrictif (ZRR), telle que définie dans le décret n°2011-1425 relatif à la protection du potentiel scientifique et technique de la nation (PPST). L'autorisation d'accès à une zone est délivrée par le chef d'établissement, après avis ministériel favorable, tel que défini dans l'arrêté du 03 juillet 2012, relatif à la PPST. Un avis ministériel défavorable pour un poste affecté dans une ZRR aurait pour conséquence l'annulation du recrutement.

Politique de recrutement :

Dans le cadre de sa politique diversité, tous les postes Inria sont accessibles aux personnes en situation de handicap.

Attention : Les candidatures doivent être déposées en ligne sur le site Inria. Le traitement des candidatures adressées par d'autres canaux n'est pas garanti.

discretisations colocalisées, mais l'adaptation à des méthodes sur grilles décalées reste largement ouverte. Notre approche inspirée des techniques « Discrete Duality Finite Volume » donne accès à un jeu de variables numériques étendu, qui peut permettre de définir des interpolations d'ordre plus élevé de manière assez naturelle.

- le traitement des termes sources présente des difficultés spécifiques, de nature à compromettre la stabilité des schémas ou à manquer la capture des états d'équilibre. Des stratégies pour élaborer des schémas « bien équilibrés » ont été élaborées, mais sont restreintes aux discretisations colocalisées et, souvent, cartésiennes.
- l'approche sur grilles décalées est particulièrement motivée par la simulations d'écoulements complexes de type « multifluides ». Les premières tentatives considèrent des cas simplifiés, à température fixée et en dimension un. Il s'agira d'aborder des situations plus réalistes et plus ambitieuses. Cet objectif comprend un volet de modélisation substantiel afin de concevoir des cas tests pertinents.

Ce travail s'appuie sur un réflexion d'analyse numérique conséquente et nous proposons de valider la méthode sur un cas de modèle de mélange décrivant des écoulements fluide-particules bi-dimensionnels. Ce cas test combine plusieurs difficultés

- Un terme de close-packing qui se traduit par un terme de pression qui devient singulier lorsque la densité des particules atteint un certain seuil. Cette singularité peut affecter la stabilité du schéma.
- Une contrainte de nature hybride qui se traduit par une équation elliptique à coefficients non homogènes et dont la consistance peut poser des difficultés suivant la discrétisation spatiale envisagée.
- Le rôle de termes de gravité qui conduisent en temps longs à des profils de sédimentation qui doivent être bien capturés par le schéma.

Ces questions ont été abordées avec succès pour des modèles uni-dimensionnels. L'enjeu sera donc d'arriver à traiter des cas multi-dimensionnels, sur maillages non structurés, avec un schéma d'ordre 2, préservant l'équilibre et pouvant traiter des géométries complexes (fond non plat notamment).

Références

L[∞]-stability of vertex-based MUSCL finite volume schemes on unstructured grids ; simulation of incompressible flows with high density ratios
C. Calgaro, E. Creusé, E. Chane-Kane, T. Goudon
J. Comput. Phys., 229 (17), 6027-6046, 2010.

Kinetic schemes on staggered grids for barotropic Euler models : entropy-stability analysis,
F. Berthelin, T. Goudon and S. Minjeaud
Math. of Computation, 84 (295), 2221-2262, 2015.

Multifluid flows : a kinetic approach,
F. Berthelin, T. Goudon and S. Minjeaud J. Sci. Comput., 66(2), 792-824, 2016.

A Semi-Lagrangian approach for dilute non-collisional fluid-particle flows, A. Bernard-Champmartin, J.-P. Braeunig, C. Fochesato, T. Goudon, Comm. in Comput. Physics, 19(3), 801-840, 2016.

An explicit MUSCLscheme on staggered grids with kinetic-like fluxes for the barotropic and full Euler systems,
T. Goudon, J. Llobell and S. Minjeaud,
Comm. in Comput. Phys., 27, 672-724, 2020

A finite volume scheme on staggered grids for the Euler equations : unstructured meshes, stability analysis and energy conservation,
T. Goudon, J. Llobell and S. Minjeaud
Preprint 2020

J. Llobell, S. Minjeaud, and R. Pasquetti. High order CG schemes for KdV and Saint-Venant flows. In Numerical Methods for Flows, H. van Brummelen, A. Corsini, S. Perotto, G. Rozza Eds. Lecture Notes in Computational Science and Engineering, Springer 2020

Principales activités

Principales activités (5 maximum) :

Recherche bibliographique

Modélisation et mise en équations

Conception et analyse de schémas numériques

Expérimentation numérique

Compétences

Compétences techniques et niveau requis : Master ou diplôme d'ingénieur

Avantages

- Restauration subventionnée
- Transports publics remboursés partiellement
- Congés: 7 semaines de congés annuels + 10 jours de RTT (base temps plein) + possibilité d'autorisations d'absence exceptionnelle (ex : enfants malades, déménagement)
- Possibilité de télétravail (après 6 mois d'ancienneté) et aménagement du temps de travail
- Équipements professionnels à disposition (visioconférence, prêts de matériels informatiques, etc.)
- Prestations sociales, culturelles et sportives (Association de gestion des œuvres sociales d'Inria)
- Accès à la formation professionnelle
- Sécurité sociale

Rémunération

Durée: 36 mois

Localisation: Sophia Antipolis, France

Rémunération: 1982€ brut mensuel (année 1 & 2) et 2085€ brut mensuel (année 3)