

Invitation à la soutenance de thèse

RECONSTRUCTION DES VARIABLES VECTORIELLES DANS LE CADRE DES MÉTHODES VOLUMES FINIS SUR MAILLAGES NON-STRUCTURÉS GÉNÉRAUX

Arthur Tételin

14 juin 2024, 14h

ONERA Châtillon - salle Contensou, 29 avenue de la division Leclerc

Devant le jury composé de :

M. Jean-Pierre CROISILLE	Université de Lorraine	Rapporteur
M. Stephane CLAIN	Coimbra University	Rapporteur
M. Pierre-Henri MAIRE	CEA/CESTA	Examineur
Mme Claire CHAINAIS-HILLAIRET	Université Lille 1	Examinatrice
M. Philippe VILLEDIEU	ISAE, ONERA	Directeur de thèse
M. Clément LE TOUZE	ONERA	Encadrant

Résumé

Les simulations numériques dans le domaine de l'énergétique peuvent présenter de forts gradients et des discontinuités, ainsi qu'une forte disparité d'échelles spatiales et temporelles. C'est typiquement le cas des simulations menées avec le code CEDRE, développé par le département multi-physique pour l'énergétique de l'ONERA. Il est donc nécessaire de développer des méthodes numériques précises, robustes et performantes. Dans ce cadre, la reconstruction des variables aux faces des volumes de contrôle est l'un des éléments clé de la résolution des équations de conservation hyperboliques dans les approches volumes finis. Ces reconstructions permettent en effet d'améliorer la précision du calcul des flux numériques, ce qui a une influence majeure sur la précision globale du schéma. En outre, il est bien connu qu'une reconstruction linéaire ne suffit pas à assurer la stabilité du schéma dans le cas général, ce qui nécessite l'utilisation de reconstructions limitées. Si la reconstruction des variables scalaires a fait l'objet d'un grand nombre de travaux ces dernières décennies, très peu d'études se sont jusqu'à présent intéressées aux reconstructions des variables vectorielles. Dans la plupart des codes de calculs industriels tels que CEDRE, la démarche utilisée consiste à reconstruire chaque composante des vecteurs indépendamment des autres avec une approche scalaire. Néanmoins, une telle approche présente plusieurs défauts, notamment une dépendance au repère et une potentielle dégradation de la précision liée à la fausse détection d'extrema locaux. L'objectif de cette thèse est donc double. Il vise dans un premier temps à étudier théoriquement la précision et la stabilité des reconstructions vectorielles, puis dans un second temps à développer une méthode de reconstruction vectorielle de type MUSCL multipente qui soit efficace, précise et robuste. Pour cela, nous introduisons les κ -schémas limités, qui permettent d'obtenir une reconstruction d'ordre 2 invariante par rotation, et facilement adaptable à n'importe quelle condition de monotonie choisie. Nous introduisons aussi la notion de reconstruction fictive afin d'obtenir une écriture du schéma mettant en évidence ses propriétés de

stabilité. Nous en déduisons deux conditions de monotonie adaptées aux variables vectorielles, que nous éprouvons ensuite sur différents cas-tests numériques. Enfin, nous présentons une troisième approche, basée sur l'extension directe de la condition de monotonie du cas scalaire vers le cas vectoriel. Bien qu'aucune preuve de stabilité n'ait pu être écrite pour cette approche, elle présente tout de même le meilleur compromis entre stabilité d'une part, et précision et efficacité d'autre part.

Mots clés

Méthode MUSCL multipente, reconstruction vectorielle, méthodes volumes-finis cellule-centrée, maillages non-structurés, invariance par rotation.