

## Invitation à la soutenance de thèse

### MÉTHODOLOGIES PERMETTANT L'OBTENTION EFFICACE DE SOLUTIONS MULTI-PHYSIQUES STATIONNAIRES POUR DES APPLICATIONS EN ÉNERGÉTIQUE

Pierre Seize

**Date : le 13 mars 2023**

Lieu : Centre de Châtillon, salle Contensou

#### Devant le jury composé de :

Rodolphe Turpault	Institut de Mathématiques de Bordeaux	Rapporteur
Vincent Perrier	INRIA Sud-Ouest, UPPA	Rapporteur
Jocelyne Erhel	INRIA Rennes	Examinatrice
Pierre-Henri Maire	CEA / CESTA	Examineur
Xavier Vasseur	INP Toulouse	Examineur
Guillaume Puigt	DMPE, ONERA	Directeur de thèse
Lionel Matuszewski	DMPE, ONERA	Co-Directeur de thèse

#### Résumé

Cette thèse s'intéresse aux performances de l'intégration temporelle du code CEDRE sur des problèmes stationnaires. CEDRE est une plateforme logicielle visant la résolution des problèmes multi-fluides pour des applications en énergétique à échelle industrielle. Elle est composée de plusieurs solveurs, chacun dédié à un ensemble de phénomènes physiques. Plus précisément, nous regardons comment améliorer la rapidité, robustesse et convergence de l'intégration temporelle. Pour des raisons de stabilité nous nous intéressons à des méthodes implicites, en particulier à la méthode d'Euler implicite. Ces méthodes nécessitent la résolution de problèmes non-linéaires, qui nécessitent à leur tour la résolution de problèmes linéaires. Le passage de l'un à l'autre se fait par la présence de la Jacobienne des fonctions du problème non-linéaire. Une méthode de Krylov est déjà existante dans CEDRE pour l'inversion de systèmes linéaires: la méthode GMRES. Nous utilisons le fait qu'elle n'a pas explicitement besoin de la matrice pour l'inverser et mettons en place une méthode JFNK. Le but est d'améliorer la précision de la matrice Jacobienne utilisée, en espérant que cela améliorera la précision globale de l'intégration temporelle. Ceci est justifié par le fait qu'avant cette thèse la Jacobienne utilisée est très approximée, notamment en ce qui concerne les modélisations fines des solveurs, comme les termes sources turbulents, et les méthodes de reconstruction, comme les méthodes MUSCL.

Une implémentation d'une méthode sans-matrice est mise en place de manière générique de sorte que tout solveur de CEDRE puisse utiliser cette formulation. Cela ouvre de plus la porte à une résolution implicite couplée des solveurs, chose non permise avec la structure actuelle de CEDRE. La méthode JFNK est comparée aux méthodes préexistantes de CEDRE sur des applications typiques de complexité croissantes choisies afin de représenter les fonctionnalités du solveur.

Dans un second temps, nous élargissons le contexte en nous intéressant aux méthodes d'intégration exponentielles, cette fois avec le solveur JAGUAR. Ce changement de solveur est justifié par la plus grande précision apportée par la méthode des Différences Spectrales utilisée comme schéma de discrétisation spatiale, précision nécessaire à l'analyse de ces nouveaux schémas temporels très précis. Le choix de s'intéresser aux méthodes exponentielles est justifié par le fait que ces méthodes réutilisent beaucoup des ingrédients de l'approche JFNK précédente. Nous choisissons, implémentons et analysons un ensemble de méthodes exponentielles, en comparaison à des méthodes déjà présentes, sur plusieurs cas pour montrer leur intérêt.

### Mots clés

Méthodes numériques, énergétique, multi-physique, stationnaire