



## PROPOSITION DE STAGE

## Méthodes numériques pour les modèles de turbulence du second ordre et les applications atmosphériques dans le logiciel *Code\_Saturne*

### Contexte

EDF Recherche et Développement développe des compétences en mécanique des fluides appliquées à la modélisation des écoulements atmosphériques notamment pour l'étude de la dispersion de polluants, et l'estimation du potentiel éolien.

Les codes développés à EDF sont un des éléments de réponse à ces questions. En particulier, EDF R&D développe le code de mécanique des fluides *Code\_Saturne* doté d'un module pour les écoulements atmosphériques.

### Modélisation de la turbulence du second ordre

Les modèles de turbulence du second ordre ont été développés dans les années 70-90 (voir par exemple le modèle de Launder Reece et Rody en 1975 (LRR) et Speziale Sarkar et Gatski en 1991 (SSG), modèles disponibles dans nos solveurs) et ont été étudiés théoriquement pour préserver des critères de réalisabilité (voir par exemple Lumley 1979).

Ces modèles permettent de capter des phénomènes physiques fins (dispersion près d'une source ponctuelle, écoulements pariétaux complexes, écoulement en rotation, par exemple derrière des pâles d'éoliennes, écoulement oscillant avec une basse fréquence, écoulements avec effets de flottabilité etc.).

Malgré la supériorité de ces modèles sur une large gamme de configurations académiques, leur usage en pratique est souvent freiné par un manque de robustesse numérique et ce y compris dans les codes commerciaux. A noter que ceci entraîne mécaniquement un manque de retour d'expérience prérequis, comme ceci a été le cas pour le modèle SSG, et nuit à une utilisation massive dans nos applications industrielles et atmosphériques.

Mathématiquement parlant, les moments d'ordre deux pour la turbulence doivent vérifier entre eux des propriétés de réalisabilité (voir par exemple Schumann 1977), analogues au fait qu'une température ou une densité doivent rester positives. Lorsque la température ou d'autres scalaires interviennent, ces propriétés de réalisabilité deviennent plus complexes. La violation numérique de ces propriétés est fréquente et peut conduire le calcul à diverger.

Une question déjà largement étudiée est de savoir si un modèle donné vérifie au niveau continu cette propriété de réalisabilité (ce n'est pas toujours le cas, même pour les modèles les plus populaires comme le Rij- $\epsilon$  SSG). Quand bien même le modèle est réalisable au niveau continu, il doit ensuite être discrétisé en préservant cette propriété.

### Objectifs du stage

Après une première phase de bibliographie et une prise en main du code, l'étudiant réalisera l'analyse de la réalisabilité des modèles présents dans la littérature (notamment LRR, SSG, DFM), ainsi que l'analyse de l'hyperbolicité de la partie convective du système pour les modèles « dynamique + turbulence ».

L'étude du problème de Riemann associé à chacun des systèmes précédents pour les modèles sélectionnés sera réalisée et sera ensuite mise en œuvre dans le logiciel open source *Code\_Saturne*.

Ces développements pourront ensuite être appliqués à des configurations industrielles.

Dans la phase de développement et de vérification du code, le stagiaire sera en relation avec l'équipe de développement de *Code\_Saturne*, un chercheur sénior ainsi que des chercheurs du laboratoire CERA.

Ce sujet pourra se poursuivre en thèse.

**Compétences :** Analyse mathématique, Méthodes numériques, Mécanique des fluides, Programmation C

**Cadre** Stage de fin d'étude Ingénieur ou équivalent Master II

**Durée** 5-6 mois

**Unité d'accueil** EDF - Recherche & Développement  
Département Mécanique des Fluides Energies et Environnement  
6 quai Watier - 78400 CHATOU  
RER Ligne A - Station Rueil Malmaison

**Responsables à contacter :** Martin Ferrand [martin.ferrand@edf.fr](mailto:martin.ferrand@edf.fr)