STAGE (6 mois): Etude de la sensibilité aux schémas numériques et modèles sous maille des méthodes d'adaptation de maillage pour les simulations LES, RANS et DNS.

Contact : henri.lam@univ-grenoble-alpes.fr, guillaume.balarac@univ-grenoble-alpes.fr

Adresse : LEGI, 1209-1211 rue de la piscine - Domaine Universitaire - 38610 Gières - France

Rémunération : Gratification mensuelle : selon barème légal

Mots clés : Simulation numérique, Adaptation de maillage, Turbulence

Contexte :
Les techniques d'adaptation de maillage permettent de gagner un temps utilisateur important en réduisant le temps passé dans les logiciels de maillage pour construire un maillage adéquat à sa configuration. Une nouvelle écriture des critère d'adaptation de maillage [2] a permis de simplifier grandement le choix des critères d'adaptation de maillage pour les champs de vitesse moyennée. Cette implémentation a ensuite été étendue au champ instantannée [1]. Un exemple d'application de cette méthodologie d'adaptation de maillage est visible dans la figure 1, ou à partir d'un maillage quelconque, un nouveau maillage est obtenu qui décrit fidèlement la physique observée. Cependant, les techniques utilisées actuellement n'ont encore que peu exploré l'influence de la modélisation et des schéma numériques sur le maillage obtenue.

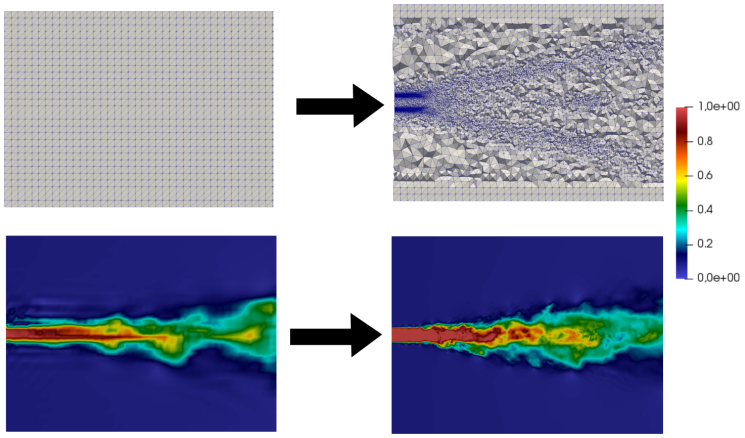

Figure 1: Illustration de la méthodologie d'adaptation de maillage sur un écoulement de jet 3D sur le maillage (haut) et le champ de vitesse instantannée (bas). Gauche : solution initiale. Droite : solution finale.

Objectif du stage :
L'objectif du stage est d'analyser l'influence des schémas numériques et des choix de modélisation sous maille sur les techniques d'adaptation de maillage développées au sein de l'équipe MOST du LEGI. Pour cela, l'étudiant(e) réalisera des simulations numériques de configurations académiques (jet, profil NACA, écoulement dans une conduite,...) avec le code de calcul multiphysique massivement parallèle et non structuré YALES2 [3].

Approche proposée :
La démarche envisagée est d'augmenter progressivement la complexité et le coût de calcul des simulations numériques réalisées.

- Simulation RANS : dans ce cas un seul critère d'adaptation de maillage est actuellement utilisé [2]. Les simulations pourront être réalisées dans un temps de calcul faible ce qui permettra à l'étudiant(e) de pouvoir rapidement monter en compétence. L'effet du modèle ($k - \omega$ ou Spalart-Allmaras) pourra être analysé ainsi que l'ordre des schémas numériques.

- Simulation DNS : ce cas d'application limite le nombre de paramètres d'adaptation de maillage (un seul comme le cas RANS) mais demande beaucoup plus de ressources de calcul ce qui limitera les cas d'études à des cas d'applications simple. L'effet de l'ordre des schémas spatiaux et temporelle sur le maillage obtenue pourront être analysé.

- Simulation LES : ce cas est le plus complexe car il se base sur des schémas numériques (temporels et spatiaux) et des choix de modèle sous maille (modèle σ [4], Smagorinsky [5]...) qui rendent particulièrement interdépendants les techniques d'adaptation de maillage. De plus, contrairement aux cas précédents, trois paramètres d'adaptation de maillage sont nécessaires pour les simulations LES.

Le rapport de stage pourra ensuite être utilisé par les différents utilisateurs pour sélectionner les critères d'adaptation de maillage adapté pour chaque cas d'application.

Profil recherché :
Étudiant(e) de niveau Master 2 ou école d'ingénieurs, avec une spécialisation en mécanique des fluides, modélisation numérique ou mathématiques appliquées.

- Bonnes compétences en programmation (Python, C, Fortran, Git ...)
- Connaissances en mécanique des fluides numérique et en turbulence
- Bonnes maitrise écrite et orale en anglais
- Une expérience précédente avec un code de calcul CFD (YALES2, OPENFOAM, AVBP, ...) est un plus.

Compétences acquises :
Le stage permettra à l'étudiant(e) de développer ses compétences dans la modélisation et les schémas numériques en CFD sur des niveaux de résolution de la turbulence variés (DNS -> LES -> RANS). L'étudiant(e) pourra aussi développer ses compétences dans les techniques et méthodes pour l'adaptation de maillage en CFD.

References

[1] R. Barbera, T. Berthelon, R. Letournel, G. Ghigliotti, and G. Balarac. *Anisotropic Mesh Adaptation for Large Eddy Simulations*. doi: 10.2514/6.2025-1378. URL `https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.2025-1378`.

[2] H. Lam, T. Berthelon, and G. Balarac. Non-dimensional meshing criterion of mean flow field discretization for RANS and LES. *Computers & Fluids*, 291:106572, 2025. ISSN 0045-7930.

[3] V. Moureau, P. Domingo, and L. Vervisch. Design of a massively parallel CFD code for complex geometries. *Comptes Rendus. Mécanique*, 339(2-3):141–148, 2011. doi: 10.1016/j.crme.2010.12.001.

[4] F. Nicoud, H. B. Toda, O. Cabrit, S. Bose, and J. Lee. Using singular values to build a subgrid-scale model for large eddy simulations. *Physics of Fluids*, 23(8):085106, 08 2011. ISSN 1070-6631. doi: 10.1063/1.3623274. URL `https://doi.org/10.1063/1.3623274`.

[5] J. SMAGORINSKY. General circulation experiments with the primitive equations: I. the basic experiment. *Monthly Weather Review*, 91(3):99 – 164, 1963. doi: 10.1175/1520-0493(1963)091<0099:GCEWTP>2.3.CO;2. URL `https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/91/3/1520-0493`$_1963_0 91_0 099_g cewtp_{23c} o_2.xml$.