

# Contrôle par modèle réduit et méthode numérique de frontières immergées : vers l'élaboration de lois de contrôle efficaces pour les écoulements turbulents en géométries complexes

**LABORATOIRE D'ACCUEIL :** Institut Pprime, CNRS - Université de Poitiers - ENSMA, UPR 3346, Département Fluides, Thermique, Combustion, CEAT, 43 rue de l'Aérodrome, F-86036 Poitiers Cedex, France. Site web : <http://labo.univ-poitiers.fr/lea/>.

## TUTEURS :

B. NOACK : Directeur de Recherche - Tél : 05 49 36 60 15 - Fax : 05 49 36 60 01. Email : [Bernd.Noack@univ-poitiers.fr](mailto:Bernd.Noack@univ-poitiers.fr).

L. CORDIER (personne à contacter) : Chargé de Recherche - Tél : 05 49 36 60 36 - Fax : 05 49 36 60 01. Email : [Laurent.Cordier@univ-poitiers.fr](mailto:Laurent.Cordier@univ-poitiers.fr).

O. BOTELLA : Maître de Conférences (LEMTA – Nancy Universités) - Tél : 03 83 59 56 75 - Fax : 03 83 59 55 51. Email : [Olivier.Botella@ensem.inpl-nancy.fr](mailto:Olivier.Botella@ensem.inpl-nancy.fr).

**MOTS CLES :** Contrôle des écoulements ; Turbulence ; Contrôle Optimal ; Contrôle Topologique ; Modèles Réduits ; Méthode Numérique de Frontières Immergées.

**FINANCEMENT :** bourse ministère ou région.

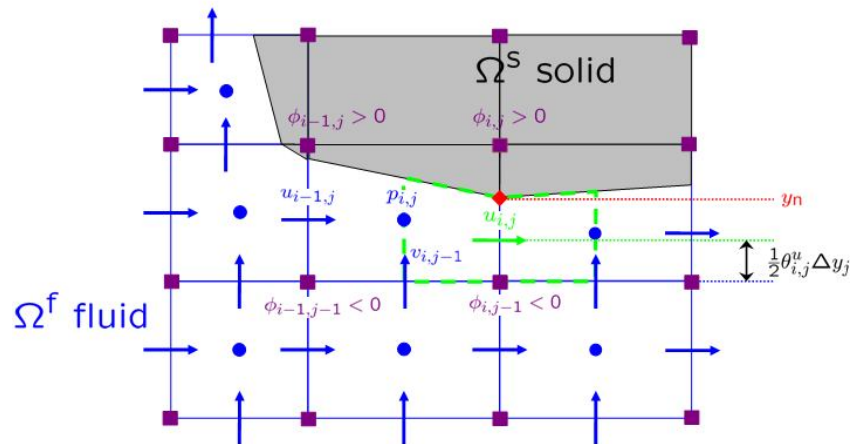
## DESCRIPTIF DU SUJET :

Le contrôle des écoulements et des transferts constitue actuellement un enjeu majeur en aérodynamique. Les retombées visées sont d'ordre économique (diminution des coûts de fonctionnement ou amélioration des performances) mais également d'ordre environnemental (réduction des nuisances sonores ou du niveau de pollution par exemple). A terme, l'objectif visé est de contrôler, si possible en temps réel, des écoulements d'intérêt industriel. Dans la pratique, une première difficulté provient de la prise en compte de la complexité de la dynamique des écoulements turbulents. En effet, en dépit des moyens de calcul actuels, il est encore impossible d'utiliser des modèles complets et précis d'écoulement pour adapter en temps réel le forçage des actionneurs aux modifications de la dynamique d'un écoulement turbulent. Il est donc capital de disposer de modèles réduits capables de représenter les caractéristiques « essentielles » de la dynamique du système. Dans ce but, des méthodes de réduction de modèles du type *Proper Orthogonal Decomposition* (Bergmann et Cordier, 2008) ou troncature équilibrée (Rowley, 2005) seront utilisées.

Un autre obstacle au développement de stratégies de contrôle pour des configurations réalistes est le temps de calcul des simulations numériques directes, en particulier pour des géométries complexes et/ou à frontières mobiles. Actuellement, ces simulations reposent principalement sur des méthodes de type non-structurées telles que le maillage épouse le contour du domaine de calcul, et qui sont encore très gourmandes en temps de calcul. Dans cette étude, nous utiliserons le code de calcul *LS-STAG*, développé par Cheny et Botella (2010), qui permet de simuler sur une simple grille cartésienne des écoulements en géométries complexes et mobiles. Cette méthode, qui est de type « frontières immergées » où le maillage n'est pas aligné sur les parois du domaine (voir Fig. 1), permet d'utiliser les techniques de résolution efficaces des codes cartésiens et de s'affranchir de coûteuses étapes de remaillage du domaine de calcul pour les écoulements en géométries mobiles.

La tâche du candidat sera d'implémenter des modèles réduits de dynamique et des lois de contrôle en boucle fermée dans le code de simulation *LS-STAG*. Les écoulements visés (écoulement derrière un cylindre, au dessus d'une cavité rectangulaire, cf. Fig. 2) sont représentatifs de

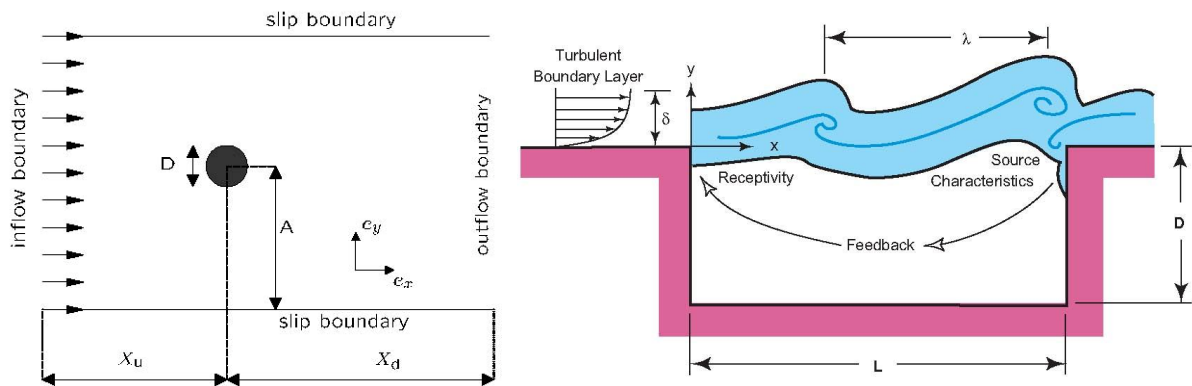
configurations aérodynamiques d'intérêt industriel, tout en restant de nature académique. Le premier objectif de la thèse sera de développer des stratégies de contrôle de type forçage volumique ou soufflage/aspiration aux parois. Dans un second temps, nous nous intéresserons à du contrôle topologique qui consiste à déformer de manière instationnaire les parois du domaine.



**Fig. 1 :** Représentation de la grille de calcul de la méthode *LS-STAG* au voisinage de la paroi d'une géométrie complexe.

Cette thématique correspond à un axe prioritaire de l'Institut Pprime. Le travail se fera en lien étroit avec les activités du projet CORMORED (Contrôle Optimal et Robuste par Modèles d'Ordre Réduit d'Écoulements Décollés). Ce projet, financé par l'Agence Nationale de la Recherche, fait intervenir de nombreux Laboratoires français (INRIA-MC2, LIMSI, IMFT, IMT-MIP, SINUMEF, ONERA-DAFE) travaillant sur le contrôle des écoulements. La thèse se déroulera au Centre d'Études Aérodynamiques et Thermiques de Poitiers (Vienne).

Les compétences du candidat que nous recherchons doivent porter essentiellement sur la mécanique des fluides et la simulation numérique. Des bases mathématiques dans les domaines de l'optimisation et du contrôle seraient un plus.



**Fig. 2 :** A gauche : domaine de calcul et conditions aux limites pour l'écoulement derrière un cylindre, et à droite : écoulement au dessus d'une cavité rectangulaire.

## BIBLIOGRAPHIE :

M. Bergmann et L. Cordier : Optimal control of the cylinder wake in the laminar regime by Trust-Region methods and POD Reduced Order Models. *J. Comp. Physics*, 227:7813--7840, 2008.

Y. Cheny et O. Botella : The *LS-STAG* Method : A new Immersed Boundary / Level-Set Method for the Computation of Incompressible Viscous Flows in Complex Moving Geometries with Good Conservation Properties. *J. Comp. Physics*, 229:1043--1076, 2010.

C. W. Rowley : Model reduction for fluids using Balanced Proper Orthogonal Decomposition. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 15: 997--1013, 2005.