



# Méthodes numériques hybrides basées sur une approche Boltzmann sur réseau en vue de l'application aux maillages non-uniformes

Soutenance de thèse – Tobias Horstmann

**Vendredi 12 octobre 2018 à 14 H 00**  
**Salle Contensou à l'ONERA/Châtillon**

## Devant le jury composé de :

- Rapporteurs :
  - \* Irina GINZBURG (Ingénieure de Recherche) IRSTEA, France
  - \* Marc MASSOT (Professeur) Ecole Polytechnique, Orsay, France
- **Directeur de Thèse :**
  - \* Emmanuel LEVEQUE (Directeur de Recherche) Ecole Centrale de Lyon, Lyon, France
- Examineurs :
  - \* Christophe CORRE (Professeur) Ecole Centrale de Lyon, Lyon, France
  - \* Eric LAMBALLAIS (Professeur) Université de Poitiers, Poitiers, France
  - \* Denis RICOT (Ingénieur) Renault, France
- **Encadrant :**
  - \* Thomas LE GARREC (Ingénieur de Recherche) Onera, Châtillon, France
- Invité :
  - \* Daniel-Ciprian MINCU (Ingénieur) Safran Aircraft Engines, France

## Résumé

Malgré l'efficacité informatique et la faible dissipation numérique de la méthode de Boltzmann sur réseau (LBM) classique reposant sur un algorithme de *propagation-collision*, cette méthode est limitée aux maillages cartésiens uniformes.

L'adaptation de l'étape de discrétisation à différentes échelles de la mécanique des fluides est généralement réalisée par des schémas LBM à échelles multiples, dans lesquels le domaine de calcul est décomposé en plusieurs sous-domaines uniformes avec différentes résolutions spatiales et temporelles.

Pour des raisons de connectivité, le facteur de résolution des sous-domaines adjacents doit être un multiple de deux, introduisant un changement abrupt des échelles spatio-temporelles aux interfaces.

Cette spécificité peut déclencher des instabilités numériques et produire des sources de bruit parasite rendant l'exploitation de simulations à finalités aéroacoustiques impossible.

Dans la présente thèse, nous avons d'abord élucidé le sujet du raffinement de maillage dans la LBM classique en soulignant les défis et les sources potentielles d'erreur. Par la suite, une méthode de Boltzmann sur réseau hybride (HLBM) est proposée, combinant l'algorithme de *propagation-collision* avec un algorithme de flux au sens eulérien obtenu à partir d'une discrétisation en volumes finis des équations de Boltzmann à vitesse discrète.

La HLBM combine à la fois les avantages de la LBM classique et une flexibilité géométrique accrue. La HLBM permet d'utiliser des maillages cartésiens non-uniformes.

La validation de la méthode hybride sur des cas tests 2D à finalité aéroacoustique montre qu'une telle approche constitue une alternative viable aux schémas Boltzmann sur réseau à échelles multiples, permettant de réaliser des raffinements locaux en H.

Enfin, un couplage original, basé sur l'algorithme de *propagation-collision* et une formulation isotherme des équations de Navier-Stokes en volumes finis, est proposé.

Une telle tentative présente l'avantage de réduire le nombre d'équations du solveur volumes finis tout en augmentant la stabilité numérique de celui-ci, en raison d'une condition CFL plus favorable.

Les deux solveurs sont couplés dans l'espace des moments, où la solution macroscopique du solveur Navier-Stokes est injectée dans l'algorithme de *propagation-collision* à l'aide de la collision des moments centrés.

La faisabilité d'un tel couplage est démontrée sur des cas tests 2D, et les résultats obtenus sont comparés avec la HLBM.

**Mots clés :** CFD, METHODE BOLTZMANN SUR RESEAU, BOLTZMANN, VOLUMES FINIS, EQUATIONS NAVIER-STOKES, NAVIER-STOKE, METHODE HYBRIDE, RAFFINEMENT DE MAILLAGE, MAILLAGES NON-UNIFORMES