

# Méthode Vortex et Calcul à Hautes Performances

Jean-Matthieu ETANCELIN, LMAP, UPPA, Pau

**Mots-clés :** Méthode Vortex, HPC, GPU, Écoulement turbulent

Le principe fondamental des méthodes particulières consiste à discrétiser le domaine de calcul à l'aide de particules dont la vitesse et la quantité transportée permet de résoudre un problème donné. Ce type de méthode est particulièrement bien adapté à la simulation de phénomènes dans lesquels les effets de convection sont prépondérants, en particulier, pour les problèmes issus de la mécanique des fluides. Dans ce travail, on s'intéresse aux méthodes Vortex hybrides [1] pour lesquelles la vorticité est transportée par les particules et le caractère sans maillage est combinée à une grille sous-jacente à travers une interaction particules-grille appelée remaillage. Cette méthode permet d'exploiter, par un splitting visqueux, un formalisme Lagrangien pour le terme de convection puis un formalisme Eulérien pour les autres termes des équations considérées ( tirement, diffusion, termes sources, ...)

L'étape de remaillage est l'élément fondamental des méthodes Vortex hybrides et permet de redistribuer sur la grille les quantit es transportées par les particules. Une première partie de ce travail a été consacrée à l'élaboration de schémas de remaillage d'ordre élevé [2]. Cette méthode de construction permet de généraliser les noyaux de remaillage existants et de produire des formules d'ordre arbitrairement élevé. En pratique, ces formules, dont le support s'élargit avec l'augmentation de l'ordre numérique, sont utilisées uniquement travers un schéma de splitting dimensionnel. Cela permet donc de résoudre une équation de transport à l'aide d'un schéma numérique à un ordre donnée.

Les questions de mise en œuvre sur des machines hybrides ont également été abordées dans ce travail. En effet, l'augmentation de l'ordre des formules de remaillage conduit à une importante intensité opérationnelle (nombre d'opérations par volume de donnée utilisée) du schéma numérique qui, combinée à une structure de données régulière due à la grille cartésienne sous-jacente, fait de cette méthode un excellent candidat pour exploiter la puissance de calcul développée par les cartes graphiques (GPU) [3, 4]. Les performances de calcul ont été analysées par rapport à l'architecture matérielle.

Sur la base de ces bonnes performances, cette approche hybride a été mise en œuvre sur une application spécifique en utilisant une machine de calcul hybride. Pour cela nous nous intéressons à la résolution d'un problème de transport de scalaire passif dans un écoulement turbulent. Ainsi, les deux sous-problèmes que sont l'écoulement et le transport de scalaire sont résolus sur différentes architectures (CPU et GPU) et à deux résolutions différentes (simulation directe des plus petites échelles) [4]. Enfin, un travail en cours d'extension à des applications de transport de scalaires actifs [5] (concentrations en espèces chimiques) sera évoqué.

## Références

- [1] G.-H. COTTET et P. KOUMOUTSAKOS, *Vortex methods: theory and practice*, Cambridge university press, 2000.
- [2] G.-H. COTTET, J.-M. ETANCELIN, F. PÉRIGNON et C. PICARD, *High order Semi-Lagrangian particle methods for transport equations: numerical analysis and implementation issues*, ESAIM: Mathematical Modelling and Numerical Analysis 48, 2014.
- [3] D. ROSSINELLI, M. BERGDORF, G.-H. COTTET et P. KOUMOUTSAKOS, *GPU accelerated simulations of bluff body flows using vortex particle methods*, Journal of Computational Physics 229, 2010.
- [4] J.-M. ETANCELIN, G.-H. COTTET, F. P RIGNON et C. PICARD, *Multi-CPU and multi-GPU hybrid computations of multi-scale scalar transport*, Proceedings of the 26th International Conference on Parallel Computational Fluid Dynamics, 2014.
- [5] P. PONCET, L. HUME et J.-M. ETANCELIN, *New trends in Vortex Methods for reactive flows*, InterPore 10th Annual Meeting, 2018.

Jean-Matthieu ETANCELIN, Laboratoire de Mathématiques et leurs Applications de Pau - UMR CNRS 5142, IPRA, Université de Pau et des Pays de l'Adour, BP 1155 - 64013 Pau  
jean-matthieu.etancelin@univ-pau.fr