

Extension de la méthode de cut-cell LS-STAG aux écoulements incompressibles en géométries 3D arbitraires

Brice PORTELENELLE, LEMTA, Université de Lorraine

Olivier BOTELLA, LEMTA, Université de Lorraine

Yoann CHENY, LEMTA, Université de Lorraine

Mots-clés : Equations de Navier-Stokes, Méthode de cut-cell, Discrétisation de gradient, 3D.

La méthode LS-STAG [1] est une méthode cartésienne pour le calcul d'écoulements incompressibles en géométries complexes, qui propose une discrétisation précise des équations de Navier-Stokes dans les *cut-cells*, cellules polyédriques de forme complexe créées par l'intersection du maillage cartésien avec la frontière du solide immergé. Originellement développée pour les géométries 2D, où seuls trois types de *cut-cells* génériques sont présents, son extension aux géométries 3D se heurte au défi posé par le grand nombre de types de *cut-cells* (108) à considérer.

Récemment, la méthode LS-STAG a été étendue aux géométries complexes 3D dont la frontière est parallèle à l'un des axes du repère cartésien [2], où sont uniquement présentes les contreparties extrudées des *cut-cells* 2D. Cette étude a notamment souligné deux points à élucider pour le développement d'un code totalement 3D : premièrement, le calcul des flux diffusifs par un simple schéma à deux points s'est révélé insuffisamment précis dans les *cut-cells* 3D-extrudées. Ensuite, l'implémentation de ces flux à la paroi, qui s'effectue en imposant une discrétisation distincte pour chaque type de *cut-cell* extrudée, se révèle trop complexe pour être étendue avec succès aux nombreux types supplémentaires de *cut-cells* 3D, et doit être simplifiée et rationalisée.

Le premier point est résolu en utilisant l'outil des schémas diamants (présenté pour les écoulements 2D dans une communication conjointe par O. Botella), qui est ici étendu aux *cut-cells* 3D [3]. En outre, les schémas diamants ont permis de revisiter intégralement la discrétisation du tenseur des contraintes des équations de Navier-Stokes, où disparaît le traitement au cas par cas selon la disposition de la frontière solide dans les *cut-cells*. Cela a permis d'aboutir à une discrétisation systématique, précise et algorithmiquement efficace pour les calculs en géométries totalement 3D. De plus, une discrétisation générique est proposée pour le terme convectif dans le cas de conditions aux limites non-homogènes, qui respecte la propriété d'antisymétrie de l'opérateur [1].

La validation numérique de cette nouvelle méthode sera présentée pour une série de cas tests en géométries complexes 3D, notamment l'écoulement de Stokes entre deux sphères concentriques en rotation [4], pour lequel existe une solution analytique, ainsi que l'écoulement autour d'une sphère stationnaire et à rotation longitudinale en régime laminaire et turbulent [5].

Références

- [1] Y. Cheny and 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. Comput. Phys.*, 229: 2010.
- [2] F. Nikfarjam, Y. Cheny, and O. Botella. The LS-STAG immersed boundary/cut-cell method for non-Newtonian flows in 3D extruded geometries. *Computer Physics Communications*, 226: 2018.
- [3] Y. Coudière and G. Manzini. Benchmark 3D: The cell-centered finite volume method using least squares vertex reconstruction (“diamond scheme”). In *Finite Volumes for Complex Applications VI Problems & Perspectives*, Springer, 2011.
- [4] P.S. Marcus and L.S. Tuckerman. Simulation of flow between concentric rotating spheres. Part 1. Steady states. *Journal of Fluid Mechanics*, 185: 1987.
- [5] D. Kim and H. Choi. Laminar flow past a sphere rotating in the streamwise direction. *Journal of Fluid Mechanics*, 461:365–386, 2002.

Brice PORTELENELLE, LEMTA - Université de Lorraine- 2 avenue de la Fort de Haye, TSA 60604 - 54518 Vandœuvre

brice.portelenelle@univ-lorraine.fr