



HAL
open science

Eléments Finis anisotropes pour le calcul d'écoulements multiphasiques

Thierry Coupez, E. Hachem

► **To cite this version:**

Thierry Coupez, E. Hachem. Eléments Finis anisotropes pour le calcul d'écoulements multiphasiques. CFM 2011 - 20ème Congrès Français de Mécanique, Aug 2011, Besançon, France. hal-03420963

HAL Id: hal-03420963

<https://hal.science/hal-03420963>

Submitted on 9 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Eléments Finis anisotropes pour le calcul d'écoulements multiphasiques

T. Coupez^a, E. Hachem^a

a. Ecole des Mines de Paris, Centre de Mise en Forme des Matériaux (CEMEF), UMR CNRS 7635, Sophia-Antipolis, France

Résumé :

Dans ce travail on s'intéresse au calcul d'écoulements de fluides incompressibles (liquide ou gaz à petite vitesse) à faible ou grand Reynolds en utilisant de façon exhaustive l'adaptation de maillage anisotrope. De plus on étend le processus d'adaptation à des écoulements multiphasiques, liquide-air, fluide-solide, fluide-structure en associant à un solveur VMS (éléments finis stabilisé) [1] une approche Level Set [2], sans traitement spécifique à l'interface autre que l'adaptation. L'adaptation anisotrope est basée sur une analyse de l'erreur d'interpolation le long des arêtes en toute dimension et un processus original de construction des métriques aux nœuds du maillage [3]. On montrera à partir de nombreuses applications de nouvelles possibilités en couches limites, tension de surface, surfaces libres et interfaces.

Abstract :

In this paper, we deal with incompressible multiphase flows at low and high Reynolds numbers using anisotropic mesh adaptation. We use a Variational MultiScale approach [1] to solve the Navier-Stokes equations coupled to the convected LevelSet method [2]. The a posteriori estimate used in this work is based on the length distribution tensor approach and the associated edge based error analysis as recently proposed in [3]. We asses the performance of the method using several numerical tests and showing that the boundary layers with highly stretched element can be produced automatically.

Mots clefs : Navier-Stokes ; Anisotropic Mesh ; Multiphase flow

1 Introduction

Ces dernières années ont vu l'émergence du domaine de l'adaptation de maillage anisotrope avec des applications très convaincantes en mécanique des fluides. Les maillages non structurés adaptatifs et anisotropes sont souvent basés sur des modifications locales d'un maillage existant. Dans ce type d'approche la construction de maillage anisotrope plus facile à mettre en œuvre, et revient à modifier la façon de mesurer les longueurs suivant les directions d'espace. Pour cela on introduit un champ de métrique dépendant de la solution recherchée indépendamment du maillage et permettant de modifier les mesures géométriques. Les travaux sur l'estimation et le contrôle d'erreur a posteriori anisotrope ont conduit à une certaine standardisation du processus d'adaptation. C'est-à-dire, la production de métrique à partir d'une analyse a posteriori de l'erreur et le pilotage du remaillage par cette même métrique.

2 Métriques aux nœuds et erreur le long des arêtes

On propose ici une technique pour définir un champ de métriques directement aux nœuds du maillage, sans procéder à une moyenne de tenseurs élémentaires, ni même considérer l'interpolation d'une métrique associée à un espace Riemannien sous-jacent. Ceci est nécessaire puisque les maillages procédant par modifications locales utilisent une métrique aux nœuds. On montre dans ce travail que la construction peut se faire de façon ponctuelle. Pour cela on introduit une notion statistique, la fonction de

distribution de longueur en un point. On applique cette idée en considérant le champ d'arêtes concourantes en un nœuds et on introduit une représentation approchée : le tenseur des distribution de longueurs. L'inverse de ce tenseur donne une métrique et sa définition ne repose que sur la longueur des arêtes du maillage. A partir de là l'idée suivante est de faire une analyse de l'erreur d'interpolation le long des arêtes du maillage. On constate qu'il est possible de se concentrer uniquement sur le comportement de la solution le long de l'arête et dans le sens de l'arête. L'analyse est alors unidimensionnelle en toute dimension. Ceci permet de recalculer une distribution de longueur et de produire une métrique par la représentation tensorielle de la fonction de distribution.

Une particularité de l'estimation produite est de permettre de combiner plusieurs composantes dans l'estimation le long des arêtes. Il est ainsi possible d'obtenir une métrique associant l'erreur des composantes d'un champ de vecteur sans avoir besoin de procéder à l'intersection des métriques. Enfin on contrôle le nombre total d'arêtes du maillage, plutôt qu'un niveau d'erreur ce qui suffit à obtenir un problème d'optimisation de maillage bien posé et en pratique tout à fait efficace.

3 Navier-Stokes et Multiphase

On applique cela par exemple au champ de vitesse normalisé issu d'un solveur éléments finis stabilisés de type VMS (Variationnal multiscale solveur) [1]. Ce type de méthode permet de façon remarquable de traiter dans une approche unifiée, la stabilité classique du problème mixte (vitesse-pression) et celle liée à la convection. De plus l'élanement des éléments peut très bien être pris en compte dans le calcul des coefficients de stabilisation permettant de contrôler très précisément la diffusion introduite, et c'est en ce sens qu'on peut parler d'éléments finis anisotropes. Ce type de solveur permet d'atteindre des nombres de Reynolds très importants sans besoin de modélisation de la turbulence pour stabiliser les calculs.

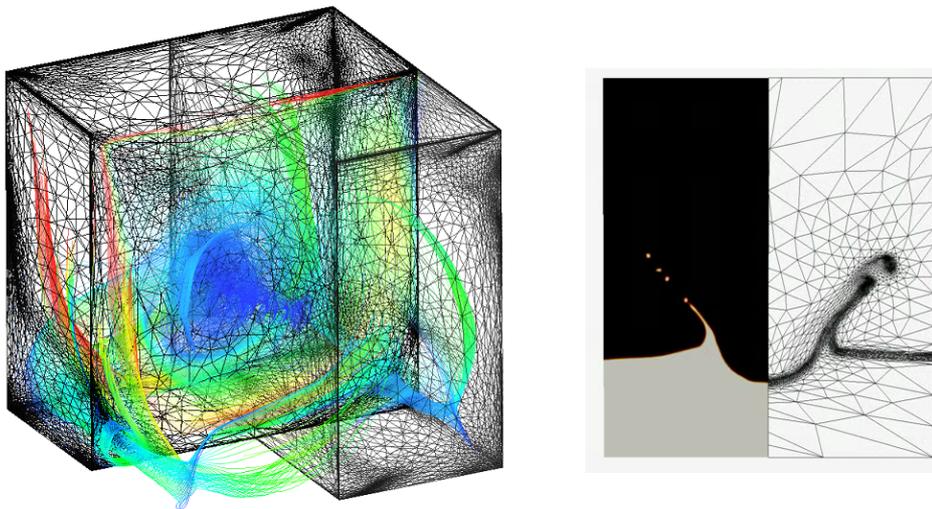


FIGURE 1 – Adaptation de maillage anisotrope dynamique pour : (gauche) la cavité entraînée 3D, (droite) la chute d'une goutte dans une flaque avec tension de surface

Références

- [1] Hachem, E., Rivaux, B., Kloczko, T., Dignonnet, H., Coupez, T. 2010 Stabilized finite element method for incompressible flows with high Reynolds number. *Journal of Computational Physics* **229** 8643-8665
- [2] L. Ville, L. Silva, T. Coupez 2010 Convected level set method for the numerical simulation of fluid buckling. *Int. J. Numer. Meth. Fluids* DOI : 10.1002/fd.2259
- [3] Coupez, T. 2011 Metric construction by length distribution tensor and edge based error for anisotropic adaptive meshing *Journal of Computational Physics* **230** 2391-2405