

Simulations de géométries complexes avec X-FEM et Level-Sets : Séparation de l'approximation et de la géométrie

G. Legrain¹, N. Chevaugéon¹, K. Dréau¹

¹ GeM, Institut de recherche en génie civil et mécanique.
Ecole Centrale Nantes - Université de Nantes - CNRS
{gregory.legrain, nicolas.chevaugéon, kristell.dreau}@ec-nantes.fr

Résumé — Une approche est proposée afin de séparer de manière efficace géométrie et approximation dans le cas des méthodes de type partition de l'unité. La stratégie retenue consiste à approcher la géométrie sur une grille différente de celle utilisée pour l'approximation. Les transferts d'information entre les deux grilles sont assurés à travers une base de donnée quadtree partagée par les deux maillages. La méthode permet alors de résoudre des problèmes définis sur une géométrie complexe grâce à un maillage d'approximation grossier et des fonctions de forme de haut ordre.

Mots clés — X-FEM, éléments p, quadtree, approche nitsche.

1 Introduction

Les méthodes d'éléments finis basées sur la partition de l'unité ont permis de simplifier la prise en compte des surfaces de discontinuité dans les calculs éléments-finis. En effet, l'enrichissement de l'approximation a permis la prise en compte de surfaces de géométrie complexe sur des maillages non-conformes. La description de la géométrie est assurée par LevelSets ce qui simplifie le traitement des problèmes d'évolution. Néanmoins, l'indépendance entre la géométrie du problème et l'approximation reste partielle : la description de la géométrie est insuffisante si le maillage support de la Level-Set est trop grossier. Dans certains cas (fissuration par exemple), c'est la géométrie qui impose la finesse du maillage et non pas l'approximation (grâce à l'enrichissement). Dans le cas où les interfaces sont représentées explicitement, des approches ont été proposées afin d'assurer cette séparation [4]. D'autres approches ont été proposées dans le cas d'interfaces définies implicitement : Prabel et al. [3] proposent d'interpoler la level-set sur une grille auxiliaire régulière, avant de la projeter sur le maillage de calcul. Si ce dernier est trop grossier, alors la géométrie est dégradée. L'objectif est ici de proposer une stratégie permettant de séparer autant que possible le support de la géométrie et celui de l'approximation, tout en préservant l'efficacité de l'approche. La méthodologie retenue est une variante des travaux proposés par Dréau et al. [1] utilisée initialement pour étendre l'approche X-FEM au haut ordre.

2 Principe

Il a été montré que dans le cas de fonctions de formes de haut ordre, l'erreur géométrique devenait prépondérante devant l'erreur d'approximation [1, 2]. Différentes approches sont discutées dans la littérature afin d'améliorer la représentation de la géométrie. Dans [1], il a été proposé de représenter la levelset sur un maillage d'intégration raffiné, emboîté dans le maillage support de l'approximation (cf figure 1). La stratégie proposée ici consiste à représenter la géométrie de manière implicite sur un maillage

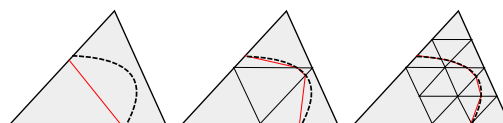


FIGURE 1 – Élément coupé par une levelset et ses cellules d'intégration (avant découpage) : mise en évidence de l'amélioration de la géométrie [1]

de type octree et de définir l'approximation grâce un maillage régulier sur lequel sont définies des fonctions de forme de haut ordre (cf figure 2). La base de donnée octree sert à générer les deux maillages, si bien que les relations de filiation entre les éléments de ces derniers peuvent être obtenues de manière très efficace.

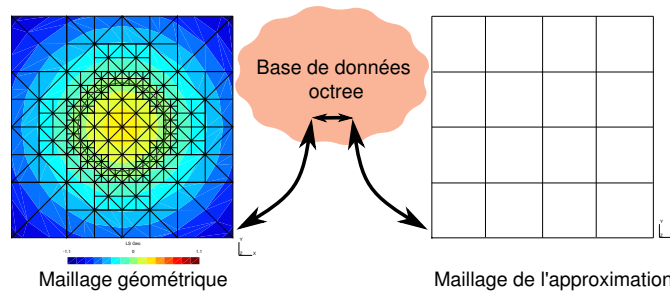


FIGURE 2 – Transferts d'information entre le maillage géométrique et le maillage de l'approximation. Note : les quadrangles sont transformés en deux triangles avant calcul.

3 Exemple

L'approche est maintenant appliquée au cas représenté sur la figure 3 qui correspond à une pièce mécanique soumise à un chargement ortho-radial. On y représente aussi l'évolution des contraintes de Von-Mises dans la pièce lors d'un accroissement du degré de l'approximation : on observe alors une grande influence sur la régularité de la solution.

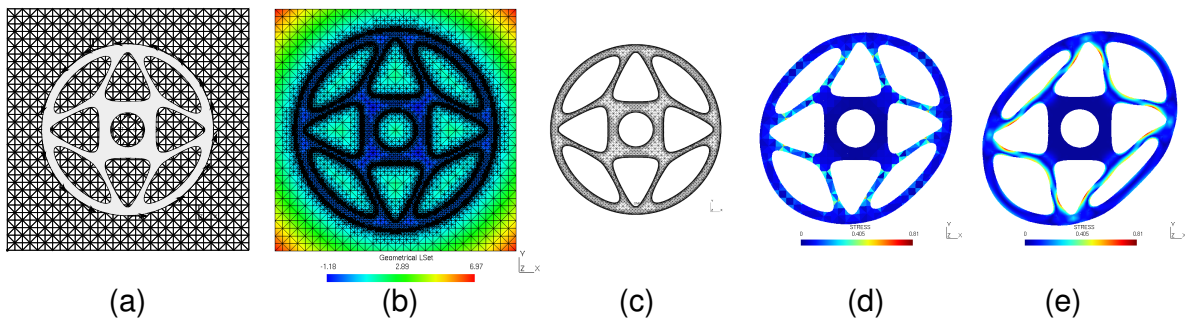


FIGURE 3 – (a) Maillage de calcul et définition du problème mécanique. (b) Maillage géométrique. (c) Cellules d'intégration. (d) Norme de Von-Mises de la contrainte (approximation linéaire). (e) Norme de Von-Mises de la contrainte (approximation cubique.)

4 Conclusion

Une stratégie a été proposée afin de dissocier approximation et géométrie dans le cas de la méthode X-FEM + LevelSets. Cette méthode sera validée dans le cas des interfaces matériaux en vue de l'appliquer à l'homogénéisation de structures définies par imagerie. La densité du maillage de l'approximation est pour le moment arbitraire, l'utilisation d'un estimateur d'erreur serait nécessaire afin de déterminer celle-ci.

Références

- [1] Kristell Dréau, Nicolas Chevaugon, and Nicolas Moës. Studied X-FEM enrichment to handle material interfaces with higher order finite element. *CMAME*, 199(29-32) :1922–1936, 2010.
- [2] Kwok Wah Cheng and Thomas-Peter Fries. Higher-order XFEM for curved strong and weak discontinuities. *IJNME*, pages n/a–n/a, 2009.
- [3] B. Prabel, A. Combescure, A. Gravouil, and S. Marie. Level set X-FEM non-matching meshes : application to dynamic crack propagation in elastic–plastic media. *IJNME*, 69(8) :1553–1569, 2007.
- [4] J. P. Pereira, C. A. Duarte, D. Guoy, and X. Jiao. hp -Generalized FEM and crack surface representation for non-planar 3-D cracks. *IJNME*, 77(5) :601–633, 2009.