

M. Siavelis¹, M.L.E. Guiton¹, P. Massin², N. Moës³

¹IFP Energies nouvelles, France, {maximilien.siavelis,martin.guiton}@ifpenergiesnouvelles.fr

²LAMSID, UMR CNRS-EDF-CEA 2832, France, patrick.massin@edf.fr

³GeM, Ecole Centrale de Nantes, UMR CNRS 6183, France, nicolas.moes@ec-nantes.fr

Résumé — Nous présentons une implémentation X-FEM capable de représenter des conditions de contact et frottement pour des surfaces de failles dans des bassins sédimentaires. Nous étendons les approches de [5] et [6] aux cas des jonctions, en utilisant l'enrichissement du champ de déplacement proposé par [1]. Pour satisfaire la condition LBB sur l'espace des inconnues de contact par rapport aux inconnues de déplacement, nous utilisons une interpolation P0 sur les jonctions. Un cas d'application d'un bassin sédimentaire démontre la robustesse de la méthode.

Mots clefs — X-FEM, contact, frottement, LBB, failles.

Nous partons de l'implémentation en 2D sans frottement de [5] pour des surfaces sans jonctions, puis de son extension en 3D avec frottement de [6]. Nous donnons ici les développements supplémentaires qui sont nécessaires pour tenir compte de figures arbitraires de jonctions entre les failles.

1. Définition de l'enrichissement du champ de déplacement

Dans un cadre X-FEM la première tâche consiste à définir l'enrichissement du champ de déplacement à partir d'une représentation implicite des discontinuités. Nous utilisons comme dans la plupart des travaux en X-FEM une fonction de distance signée à la surface qui est stockée aux nœuds du maillage. Une fonction d'enrichissement représente la discontinuité comme dans [4].

Une seconde fonction implicite similaire est nécessaire pour définir une seconde discontinuité qui se branche éventuellement sur la première pour former une jonction en T. Nous utilisons alors l'approche proposée dans [1] afin de prendre en compte ce type d'intersection. L'alternative sans partie continue du champ de déplacement proposée par [7] pour un modèle polycristallin paraît difficile à mettre en place dans les applications géologiques. En effet les figures d'intersections de surfaces quelconques ne permettent pas toujours une définition simple de domaines fermés (Fig. 1).

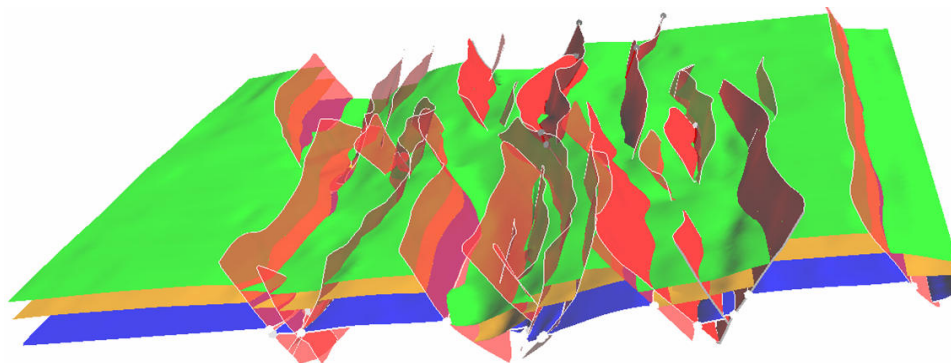


Fig. 1 – Surfaces de failles (rouges) et limites des couches sédimentaires, à partir d'un modèle analogique.

2. Découpage en sous éléments pour l'intégration

Dans cette seconde étape, nous appliquons séquentiellement le découpage d'un élément en tétraèdres par des surfaces de discontinuités. Nous donnons les principes d'une optimisation possible de notre méthode, en définissant des points d'intégration par sous régions et non par tétraèdres élémentaires.

3. Interpolation des inconnues de contact et frottement pour la LBB

Nous utilisons une approche mixte du contact avec des inconnues en déplacements et en pressions de contact et de frottement. Un point particulièrement important commun aux problèmes d'optimisation sous contrainte est de définir un espace d'interpolation des champs de pression pas trop riche par rapport à celui relatif au champ de déplacement, pour satisfaire la condition LBB. Dans le cadre X-FEM nous stockons les inconnues de contact aux nœuds comme dans [2] et nous utilisons ici l'approche de réduction de l'espace des lagrangiens avec des arêtes vitales de [3,5,6]. Nous proposons dans le cas d'une jonction une interpolation de type P0 à partir des inconnues définies sur les arêtes intersectées (Fig. 2).

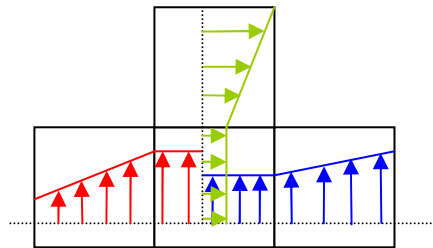


Fig. 1 – Prise en compte des réactions de contact au niveau d'une jonction.

4. Exemple d'application

Nous fournissons ici un exemple numérique à partir d'un modèle géologique. Les surfaces de failles sont importées sous la forme de surfaces triangulées. On définit la jonction entre deux failles en utilisant la fonction implicite de distance à une faille comme surface de butée pour l'autre faille, selon une figure d'intersection en T. L'évolution cinématique des surfaces de failles du modèle géologique sous chargement illustre la robustesse de la méthode proposée.

Références

- [1] C. Daux, N. Moës, J. Dolbow, N. Sukumar, T. Belytschko. Arbitrary branched and intersecting cracks with the extended finite element method. *Int. J. Numer. Meth. Engng.*, 48 :1741–1760, 2000.
- [2] E. Béchet, N. Moës, B. Wohlmuth. A stable lagrange multiplier space for stiff interface conditions within the extended finite element method. *Int. J. Numer. Meth. Engng.*, 78(8) :931–954, 2009.
- [3] S. Géniaut, P. Massin, N. Moës. A stable 3d contact formulation for cracks using xfem. *Revue Européenne de Mécanique Numérique*, 16(2) :259–275, 2007.
- [4] N. Moës, J. Dolbow, T. Belytschko. A finite element method for crack growth without remeshing. *Int. J. Numer. Meth. Engng.*, 46 :131–150, 1999.
- [5] I. Nistor, M.L.E. Guiton, P. Massin, N. Moës, S. Géniaut. An x-fem approach for large sliding contact along discontinuities. *Int. J. Numer. Meth. Engng.*, 78(12) :1407–1435, 2009.
- [6] M. Siavelis, P. Massin, M.L.E. Guiton, S. Mazet, N. Moës. Robust implementation of contact under friction and large sliding with the extended finite element method. *European Journal of Computational Mechanics*, 19, 1-2-3, 189-203, 2010.
- [7] A. Simone, C.A. Duarte, E. Van der Giessen. A generalized finite element method for polycrystals with discontinuous grain boundaries, *Internat. J. Numer. Methods Engrg.*, 67, 1122–1145, 2006.