

Ecole Centrale de Nantes

ÉCOLE DOCTORALE

SPIGA

Année 2011

N° B.U. :

Thèse de DOCTORAT

Spécialité : GENIE MECANIQUE

Présentée et soutenue publiquement par :

MAXIMILIEN - SIAVELIS

le 13 décembre 2011
à l'École Centrale de Nantes

MODELISATION NUMERIQUE X-FEM DE GRANDS GLISSEMENTS AVEC FROTTEMENT LE LONG D'UN RESEAU DE DISCONTINUITES

JURY

Président :	Pr. Alain COMBESCURE	INSA de Lyon
Rapporteurs :	Pr. Yves LEROY Pr. Hachmi BEN DHIA	École Normale Supérieure École Centrale de Paris
Examineurs :	Pr. Alain COMBESCURE Pr. Yves RENARD Dr. Martin GUITON Dr. Patrick MASSIN Pr. Nicolas MOËS	INSA de Lyon INSA de Lyon IFP Energies nouvelles - Direction Mécanique Appliquée LaMSID, EDF R&D GeM, École Centrale de Nantes

Directeur de thèse : Nicolas MOËS
Laboratoire : GeM, Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique - École Centrale de Nantes
Co-encadrant : Martin GUITON
Laboratoire : IFP Energies Nouvelles
Co-encadrant : Patrick MASSIN
Laboratoire : LaMSID, Laboratoire de Mécanique des Structures Industrielles Durables

N° ED 498-210

Résumé en français

Cette thèse porte sur la modélisation des failles géologiques. La principale motivation est de relâcher la contrainte de construction des maillages qui doivent normalement respecter les différentes discontinuités (failles, matériaux) du modèle. Nous présentons les développements réalisés pour exploiter les avantages de l'approche X-FEM pour ce type de modélisation.

Les éléments bibliographiques associés à la méthode X-FEM sont tout d'abord passés en revue puis nous exposons le travail effectué pendant la thèse concernant la modélisation de réseaux de failles avec une condition cinématique en ouverture. Une stratégie X-FEM modélisant des jonctions est étendue pour représenter des géométries 3D complexes comportant des jonctions entre failles. Des solutions pour résoudre certains problèmes de conditionnement de matrice avec X-FEM sont aussi discutées.

Les éléments bibliographiques pour le traitement du contact avec X-FEM sont ensuite passés en revue, puis nous décrivons le travail effectué sur le traitement du contact-frottement avec X-FEM pour la modélisation des failles. La principale difficulté est de pouvoir apporter des solutions à des problèmes déjà présents dans la méthode classique des éléments finis, notamment en ce qui concerne la gestion du contact et du frottement, tout en réglant des problèmes propres à X-FEM comme le respect de la condition LBB. Les travaux sur le contact X-FEM sont approfondis, afin de modéliser le contact-frottement en grands glissements dans des réseaux de failles 3D. Le traitement du contact au niveau des jonctions est également discuté.

Pour tester la robustesse de la méthode, les algorithmes implémentés sont testés sur des modèles de tectonique de bassins sédimentaires ou de réservoirs. Un cas d'application inverse, avec une réduction de l'incertitude sur le modèle initial à partir d'observations de l'état actuel, permet de mettre en valeur la représentation des failles par des fonctions de niveau implicites. En fin de mémoire, nous proposons quelques suites possibles à ce travail. Il serait notamment intéressant de prendre en compte le développement de microstructures dans les réservoirs géologiques, comme les fractures diffuses, par le biais de lois de comportement spécifiques, ainsi que d'étudier la propagation des failles et la modélisation des discontinuités matériaux.

Mots-clés : X-FEM, contact-frottement, grands glissements, jonction

Titre et résumé en anglais

Modeling of large sliding contact and friction on fault networks with X-FEM

The topic of this thesis is the modeling of geological faults. The main motivation is to release the difficulty of meshing that should normally comply to different kind of discontinuities (faults and layers) of the model. We present the development carried out to take advantage of the X-FEM approach in simplifying the meshing of geostructures.

After a bibliography of the X-FEM, we present some improvements for fault network modeling with opening kinematical modes. An X-FEM approach for junction modeling is extended in order to represent complex 3D geometries with junctions between faults. Solutions are proposed and discussed to solve some matrix conditioning problems with X-FEM.

A bibliographic presentation of contact-friction with X-FEM is exposed and we describe the work done on that matter for fault modeling. The main difficulty is to solve problems related to contact within the classical finite element method framework as well as specific problems related to X-FEM, in particular the satisfaction of the LBB condition. We present extensions and improvements of contact modeling with X-FEM in order to model contact-friction with large sliding in 3D fault networks. The contact at the junction is also discussed.

To verify the robustness of the method, implemented algorithms are tested on tectonic sedimentary basin models or reservoirs. An inverse problem which reduces the uncertainty of the initial model thanks to existing observations illustrates the advantage of X-FEM as well as the advantage of locating faults with level sets. At the end of the document, some perspectives are proposed. It would be interesting to take into account microstructures development in the geologic reservoirs, like diffuse fractures, by means of specific behavior laws and also to study fault propagation as well as layer discontinuities.

Mots-clés : X-FEM, contact-friction, large sliding, junction

Discipline : Sciences de l'Ingénieur