

# Étude de la robustesse d'un algorithme basé sur le Lagrangien stabilisé pour la résolution des problèmes de contact et de frottement.

A. D. Kudawoo<sup>1,2,3</sup>, F. Lebon<sup>2</sup>, M. Abbas<sup>1,3</sup>, T. De-Soza<sup>1,3</sup>, I. Rosu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>EDF R&D, Département d'Analyses Mécaniques et Acoustiques, France {ayaovi-dzifa.kudawoo, mickael.abbas, thomas.desoza}@edf.fr

<sup>2</sup>LMA, Université de Provence, France, {kudawoo,lebon,rosu@lma.cnrs-mrs.fr}

<sup>3</sup>LaMSID, CNRS-UMR EDF R&D, France

**Résumé** — On utilise un algorithme basé sur les formulations mixtes lagrangiennes pour résoudre les problèmes de contact et de frottement. On s'intéresse dans ce travail aux problèmes de convergence liés à la sensibilité de la solution par rapport aux différents paramètres. Le but étant d'améliorer la robustesse et donc la convergence de cet algorithme. Des cas-test sont mis en œuvre pour évaluer la pertinence des solutions proposées.

**Mots clefs** — contact-frottant, formulations mixtes lagrangiennes, robustesse, convergence.

## 1 Introduction générale

Généralement les méthodes numériques (basées sur les formulations mixtes exactes de type Lagrangien Augmenté ou Stabilisé) qui traitent les thématiques industrielles de contact-frottant, rencontrent des problèmes de convergence. Cela peut être lié à trois critères :

- les critères de performance : choix des solveurs mal adaptés,....
- les critères de fiabilité-stabilité : choix des espaces discrets, gestion des cas pathologiques: (maillages incompatibles, schéma d'intégration non adapté,...)
- les critères de robustesse : présence d'instabilités numériques soit à cause du cyclage de solutions, soit à cause de l'absence ré-actualisation automatique des paramètres, soit à cause du fait qu'on ne prend pas en compte les variations de la base locale de contact,...

Notre travail s'inscrit dans une démarche assez classique : avant d'envisager l'amélioration des performances du code, il faut d'abord s'assurer de la fiabilité-stabilité de celui-ci vis à vis des résultats de références ainsi que de sa robustesse. C'est donc naturellement que nous abordons les aspects de robustesse d'un algorithme basé sur le Lagrangien augmenté de type H. Bendhia (Lagrangien Stabilisé) et qui est implémenté dans le code Code\_Aster.

## 2 Modélisation de la mécanique du contact

Nous nous intéressons à un problème classique de la mécanique des structures :

- Évolutions thermodynamiques lentes ou quasi-statiques,
- Équations d'équilibre en l'absence des forces d'inerties,

- Conditions aux limites usuelles : déplacements et forces connus sur une partie de la frontière, *conditions de contact et de frottement de Signorini-Coulomb*,...
- Loi de comportement linéaire ou non linéaire: *élastique, élasto-plastique, hyper-élastique*,...
- Grandes transformations : grands déplacements, grandes rotations, grandes déformations,...

Le cadre variationnel adopté est celui des formulations mixtes de Lagrangien Augmenté de type Alart-Curnier et/ou H. Bendhia. Un accent particulier sera mis dans notre exposé sur la comparaison entre ces formulations : leurs avantages et inconvénients.

Sur un plan pratique on peut appliquer au moins deux types d'algorithmes :

- Un algorithme imbriqué qui traite les non linéarités inhérentes au contact par une boucle de point fixe et le comportement non linéaire de la structure par une boucle de Newton.
- Un algorithme de Newton généralisé intégrant des ingrédients de la mécanique non régulière afin de prendre en compte les non linéarités de contact.

### 3 Traitement des instabilités numériques

On veut tester ces deux algorithmes : Imbriqué et Newton généralisé. Les simulations numériques mettent en évidence les instabilités numériques :

- *Sensibilité de la solution par rapport au(x) paramètre(s) d'augmentation* : on propose dans ce cas une *ré-actualisation empirique* de ce paramètre avec une *estimation de borne maximale*.
- *Cyclage de solutions ou 'flip-flop'* : cela intervient lorsque l'algorithme peine à trouver le statut de contact et/ou de frottement d'un noeud donné. On propose un choix forcé du statut oscillant.
- *Ré-actualisation géométrique* : ce cas intervient souvent en grandes déformations où la prise en compte des variations de la base locale est nécessaire. Dans ce dernier cas il faut proposer aux utilisateurs une méthode alternative prenant en compte ces variations.

### 4 Références bibliographiques

- [1] P. Alart, A. Curnier, *A mixed formulation for frictional contact problems prone to Newton like solution method*, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering ,(3),353-375, 1992.
- [2] G. Pietrzak, A. Curnier, *Large deformation frictional contact mechanics : continuum formulation and augmented Lagrangian treatment*, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering ,351-381,1999.
- [3] P. Alart, *Méthode Newton généralisée en mécanique de contact*, Journal de Mathématiques Pures et Appliquées, 83-108, 1997.
- [4] J.H. Heegaard, A. Curnier, *Geometric properties of 2D and 3D unilateral large slip contact operators*, Computer Methods in Applied Mechanics,263-286,1995.