

---

# Extension de l'Algorithme de Newton pour la Résolution de Problèmes de Contact Normaux Raides

Hachmi Ben Dhia\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de mécanique des sols, structures et matériaux (MSSMat) – CNRS : UMR8579, CentraleSupélec, Université Paris-Saclay – France

## Résumé

Les interactions interfaciales physiques entre solides, se passant aux petites échelles des "surfaces" réelles formant les interfaces jouent un rôle très important dans les problèmes de contact thermiques ou électriques (notamment dans des assemblages électroniques microscopiques), mais aussi dans la représentation des phénomènes de plasticité au niveau des rugosités, ainsi que des phénomènes d'usures. Les modèles de contact purement géométriques, tels celui de Signorini ou encore, sa régularisation par pénalisation ne peuvent pas reproduire correctement ces interactions. La bonne représentation de ces interactions nécessite, au moins, la considération de modèles de contact phénoménologiques, identifiés expérimentalement, tels les modèles compliants, exponentiels ou de barrière, en restant dans des interactions répulsives, ou des modèles, à la fois phénoménologiques (pour reproduire la répulsion et physique (forces de Vander-Walls) pour tenir compte de l'attraction, tel que le modèle de Lennard-Jones (LJ). Or, tous ces modèles génèrent des problèmes de contact normaux très raides (par la partie répulsive, pour ce qui concerne le modèle de LJ).

Il est bien connu que la résolution des problèmes mécaniques de contact, non linéaires par essence (même en élasticité linéaire pour le comportement du bulk des solides), utilisant des modèles raides tels ceux listés ci-dessus, pose des énormes problèmes de convergence aux algorithmes classiques, de type prédiction-correction, y compris au schéma de Newton (que C. Villani, dans son livre de Poche, *Théorème du Vivant* (2012), qualifie de "diabolique, transcendant la distinction entre Mathématique Pures et Mathématiques Appliquées").

L'objet de cette contribution est de proposer une méthodologie numérique, inscrite dans le prolongement de travaux, publiés très récemment (H. Ben Dhia et S. Du, 2018), dont on montrera :

1. La parenté avec la méthode de Newton, au sens où elle étend l'idée principale de constructions de modèles approximatifs, en les réajustant de manière appropriées.
2. La convergence sous des hypothèses raisonnables sur les chargements de la méthodologie.
3. Les remarquables performances à résoudre les problèmes de contact normaux raides. Des analyses mathématiques et des résultats numériques sont donnés, notamment pour des problèmes de contact normaux compliants, mais aussi des problèmes de contact adhésifs,

---

\*Intervenant

fondés sur le modèle de Lennard-Jones. Par ailleurs, pour ce dernier, on montrera l'importance de l'utilisation d'une méthode multi-échelle au niveau des interfaces (ici la méthode Arlequin , initiée dans [Ben Dhia, 98]) pour obtenir de résultats précis, tout en réduisant très significativement les temps des calculs.

**Mots-Clés:** Algorithme de Modèles, Contact normaux raides, Analyse mathématique