



Vers une nouvelle approche itérative pour la modélisation efficace des contacts mécaniques

DEC/SESC/LDOP

Fig 1 : Multiples contacts entre les fragments de pastille et avec la gaine

L'objectif de la thèse est de se doter de méthodes numériques permettant de gérer efficacement le contact mécanique entre la gaine et les fragments de combustible dans des scénarios complexes (non-linéarités, frottement, zones de contact évolutives, interactions multiphysiques, etc.), compatibles avec le calcul haute performance pour des simulations à grande échelle.

Dans le cadre de la modélisation et de la simulation du comportement des combustibles nucléaires des différentes filières de réacteurs, l'Institut de REcherche sur les Systèmes Nucléaires pour la production d'Energie bas carbone (IRESNE) du CEA Cadarache, en partenariat avec différents acteurs industriels et académiques, développe la plateforme logicielle de simulation du comportement des combustibles PLEIADES.

Pour comprendre et prédire le comportement des éléments combustibles, il est indispensable de disposer d'une simulation précise et performante du contact mécanique entre les différentes composantes d'un crayon combustible (gaine et fragments de combustible), illustrée sur la Fig. 1. La modélisation et la simulation numérique du contact [1, 2] représentent un enjeu scientifique et technologique majeur, en particulier dans un contexte de calcul haute performance (HPC), en raison du caractère fortement non linéaire et non régulier du problème.

Pour pallier les limites des approches classiques, telles que la pénalisation ou les multiplicateurs de Lagrange, de nouvelles stratégies de résolution du contact, reposant sur des schémas itératifs de type point fixe, sont actuellement à l'étude au CEA. Ces approches présentent plusieurs atouts : elles évitent la résolution directe de systèmes complexes et mal conditionnés, améliorent significativement l'efficacité numérique, et offrent une très faible sensibilité aux paramètres algorithmiques, notamment grâce à la stratégie d'accélération « Crossed

Secant » [3].

Cette thèse vise à étendre ces développements à des scénarios plus complexes en mécanique du contact, en se concentrant sur deux axes complémentaires. Le premier consiste à étendre les méthodes à des problèmes non linéaires (incluant le comportement non linéaire des matériaux) et à intégrer le frottement, dans le but de traiter des cas de plus en plus réalistes et pertinents pour l'industrie. Le second axe concerne l'intégration de ces développements dans un solveur HPC, permettant la simulation efficace de problèmes impliquant un grand nombre de degrés de liberté, ainsi qu'un nombre croissant de domaines en contact.

Le projet bénéficiera d'une expertise reconnue à l'international en mécanique, en mathématiques appliquées, et en simulation des combustibles nucléaires, avec des encadrants au sein du CEA mais également des collaborations académiques externes (Aix-Marseille Université).

Mathématiques appliquées,
Mécanique numérique ou
Calcul Haute Performance

École Doctorale 353
«Sciences pour l'Ingénieur»
Aix-Marseille Université

10/2026

CEA Cadarache

RAMIÈRE Isabelle
(CEA/IRESNE/DEC/SESC/LMCP)

LEBON Frédéric (Aix-Marseille Université, CNRS, Centrale Marseille, LMA)

- [1] P. Wriggers, Computational Contact Mechanics, Springer, 2006.
- [2] V. Yastrebov, Numerical Methods in Contact Mechanics, ISTE Ltd and John Wiley & Sons, 2013.
- [3] I. Ramière and T. Helfer, “Iterative residual-based vector methods to accelerate fixed point iterations,” Computers & Mathematics with Applications, 70(9):2210–2226, 2015.

KOLIESNIKOVA Daria
daria.koliesnikova@cea.fr

CUTERI Francesca
francesca.cuteri@cea.fr

RAMIÈRE Isabelle
isabelle.ramiere@cea.fr