



SUJET DE THÈSE

DÉVELOPPEMENT DE SCHÉMAS EN TEMPS POUR LA DYNAMIQUE NON-RÉGULIÈRE

DÉPARTEMENT
ÉLECTROTECHNIQUE
ET MÉCANIQUE DES
STRUCTURES

Chef de groupe :	Date :	Signature :
Aurélie LASOROSKI		

Contexte général



Au sein d'EDF R&D, le département « Electrotechnique et Mécanique des Structures » (ERMES) réalise des activités de recherche et de développement dans le domaine du comportement mécanique des structures (sous chargement statique et dynamique, linéaire et non-linéaire), afin de contribuer à la sûreté, à la durée de fonctionnement, et à la performance du parc de production électrique d'EDF, ainsi qu'à son évolution. La modélisation numérique est l'un des outils (voire parfois le seul) utilisés pour traiter ces problématiques.

Pour répondre à ces problématiques, EDF R&D développe au sein du département ERMES le code de calcul par éléments finis **code_aster** au sein de la plateforme **salome_meca** (deux logiciels open-source) utilisés à la fois pour la recherche de pointe en mécanique numérique mais aussi pour les études d'ingénierie d'EDF avec le système d'assurance-qualité exigé de l'industrie nucléaire.

Contexte particulier à la thèse

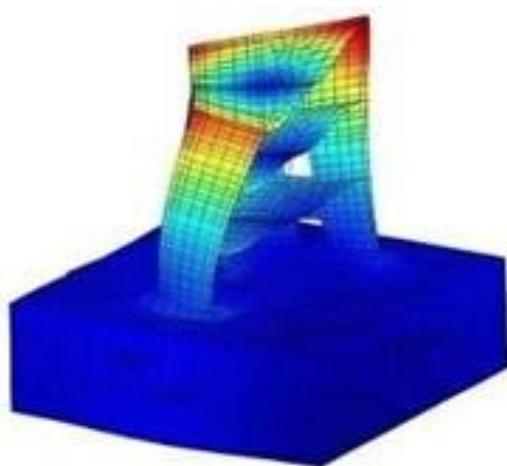


Illustration 1: Bâtiment soumis à un séisme (SMART)

Il s'agira ici plus particulièrement d'étudier les méthodes numériques pour la **modélisation et la simulation de dynamiques non-régulières**. En effet, le perfectionnement de méthodes numériques pour la prise en compte de dynamiques non-régulières, comme le contact et le frottement, est déterminante pour la simulation et l'optimisation du comportement de structures et d'équipements lorsqu'ils sont soumis à des sollicitations extrêmes (séismes par exemples). C'est un enjeu important en ce qui concerne la sûreté du parc de production électrique. On doit alors disposer de méthodes robustes, qui fournissent des résultats fiables et précis, tout en satisfaisant des contraintes d'implémentation et de temps de calcul.

Il s'agira dans cette thèse d'étudier et de tester numériquement différentes approches de discrétisation pour des problèmes de contact-frottement dynamique entre structures élastiques (voire élasto-plastiques si le temps le permet). Les conditions de contact-frottement seront discrétisées à l'aide de la méthode de Nitsche (Chouly et al., 2017) ou de méthodes mixtes (Abbas et al 2018). Ceci, combiné à des éléments finis pour la discrétisation en espace, permet d'aboutir à un problème d'évolution en temps uniquement, sur lequel on peut appliquer différents schémas numériques. Une attention particulière sera portée au fait que les approches proposées

 SUJET DE THÈSE DÉVELOPPEMENT DE SCHÉMAS EN TEMPS POUR LA DYNAMIQUE NON-RÉGULIÈRE		DÉPARTEMENT ÉLECTROTECHNIQUE ET MÉCANIQUE DES STRUCTURES
Chef de groupe : Aurélie LASOROSKI	Date :	Signature :

soient applicables aux lois de comportement non-linéaires (compatibilité des schémas d'intégration temporelle).

Ce travail est proposé dans le cadre d'une collaboration avec l'université de Bourgogne.

Activités confiées au doctorant :

Les objectifs principaux de la thèse sont les suivants :

- ◆ Il s'agira de faire une étude comparative, théorique et numérique, sur les différentes possibilités de discrétisation en temps, en testant des approches classiques ou récentes (*Doyen et al., 2011*), (*Stasio et al., 2019*). Il s'agira en particulier d'examiner les propriétés importantes de ces discrétisations, comme la stabilité, la conservation de l'énergie, l'apparition ou non d'oscillations parasites et la convergence vers la solution exacte. Cet examen pourra combiner des arguments théoriques (théorèmes de stabilité, de convergence) et des comparaisons numériques dans des situations simples, mais pertinentes en regard des applications visées.
- ◆ Pour les méthodes sélectionnées, réaliser leurs implémentations dans **code_aster** ainsi que tester leur efficacité en termes de temps de calcul et de précision sur des cas-tests académiques. Il faudra en particulier adapter les méthodes retenues à l'architecture spécifique de **code_aster**.
- ◆ La dernière partie de la thèse consistera à utiliser les méthodes développées dans **code_aster** sur des applications industrielles cibles afin d'évaluer comparativement aux méthodes déjà existantes les gains en termes de robustesse et précision.

Compétences mises en œuvre : mathématiques appliquées, calcul scientifique, développement informatique, mécanique des structures.

Profil souhaité

3^{ème} année d'École d'ingénieurs, Master 2 validés.

Formation en mathématiques appliquées : analyse numérique, calcul scientifique.

Bases solides en programmation (Fortran, C, C++, Matlab et/ou Python).

Intérêt pour la mécanique et les problématiques industrielles.

*La connaissance d'un code élément fini en particulier **code_aster** et **salome_meca** est un plus.*

 SUJET DE THÈSE DÉVELOPPEMENT DE SCHÉMAS EN TEMPS POUR LA DYNAMIQUE NON-RÉGULIÈRE		DÉPARTEMENT ÉLECTROTECHNIQUE ET MÉCANIQUE DES STRUCTURES
Chef de groupe : Aurélie LASOROSKI	Date :	Signature :

Informations complémentaires :

Contacts EDF : Mickaël Abbas, Nicolas Pignet et Guillaume Drouet - EDF Lab Paris Saclay - 7, Boulevard Gaspard Monge - 91120 Palaiseau – mickael.abbas@edf.fr, nicolas.pignet@edf.fr, guillaume.drouet@edf.fr

Contact Université de Bourgogne : Franz Chouly, Institut de Mathématiques de Bourgogne – franz.chouly@u-bourgogne.fr

Bibliographie

(Chouly et al., 2017) Chouly, F., Fabre, M., Hild, P., Mlika, R., Pousin, J., & Renard, Y. (2017). An overview of recent results on Nitsche's method for contact problems. In *Geometrically unfitted finite element methods and applications* (pp. 93-141). Springer, Cham.

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-71431-8_4
https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01403003/file/overview-nitsche-contact_v2.pdf

(Abbas et al., 2018) Abbas, M., Drouet, G., & Hild, P. (2018). The Local Average Contact (LAC) method . In *Comput. Methods Appl. Mech Engrg.*

<https://www.math.univ-toulouse.fr/~phild/Publications/LACCMAME.pdf>

(Doyen et al., 2011) Doyen, D., Ern, A., & Piperno, S. (2011). Time-integration schemes for the finite element dynamic Signorini problem. *SIAM Journal on Scientific Computing*, 33(1), 223-249.

<https://epubs.siam.org/doi/abs/10.1137/100791440>
<https://hal.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/440128/filename/dynacontact.pdf>

(Stasio et al., 2019) Di Stasio, J., Dureisseix, D., Gravouil, A., Georges, G., & Homolle, T. (2019). Benchmark cases for robust explicit time integrators in non-smooth transient dynamics. *Advanced Modeling and Simulation in Engineering Sciences*, 6(1), 2.

<https://amses-journal.springeropen.com/articles/10.1186/s40323-019-0126-y>