

Sujet de thèse de doctorat :

Résolution dans un cadre de calcul haute performance de problèmes de "point-selle" issus de la mécanique du contact entre structures déformables

Ecole doctorale de rattachement : Informatique, Télécommunications et Electronique (EDITE), Sorbonne Université

Directeurs de thèse : Pierre Jolivet, LIP6 CNRS (pierre@joliv.et)

Encadrants : Olivier JAMOND, CEA (Olivier.jamond@cea.fr), Mohd Afeef Badhri, CEA (mohd-afeef.badri@cea.fr)

Calendrier : début à l'automne 2024, possibilité d'un stage M2 au printemps 2024

Lieu : Laboratoire DYN, DM2S, CEA Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette.

Profil : M2 mathématiques appliquées ou équivalent (école d'ingénieur, etc)

Contexte et objectif :

Dans le domaine de la mécanique des structures, les systèmes simulés impliquent souvent des structures déformables qui peuvent entrer en contact. Ceci se traduit généralement dans les modèles numériques par des contraintes cinématiques sur l'inconnue du problème (i.e. le champ de déplacement), traitées par l'introduction d'inconnues dites duales qui assurent le respect de la non-interpénétration des structures qui entrent en contact. Ceci conduit à la résolution de systèmes linéaires dits de « point-selle » pour lesquels la matrice est « indéfinie » (elle a des valeurs propres positives et négatives) et « creuse » (la très grande majorité des termes de cette matrice sont nuls).

Dans le cadre du calcul parallèle haute performance, on se tourne vers des méthodes de résolution des systèmes linéaires dites « itératives » qui peuvent, au contraire des méthodes dites « directes », rester performantes pour des modèles numériques très raffinés lorsqu'on utilise un très grand nombre de processeurs de calcul en parallèle. Mais pour cela, elles doivent être soigneusement conçues et/ou adaptées en fonction du problème traité.

Alors que la résolution par des méthodes itératives de systèmes linéaires « définis positifs » (que l'on obtient en l'absence de contraintes cinématiques) est relativement bien maîtrisée, la résolution de systèmes linéaires de point-selle reste une difficulté majeure [1]. Une littérature relativement abondante propose des méthodes itératives adaptées pour le traitement du « problème de Stokes », emblématique de la mécanique des fluides incompressibles. Mais le

cas des problèmes de point-selle issue de contraintes de contact entre structures déformables est un problème toujours relativement ouvert.

La thèse proposée consiste à proposer des méthodes itératives adaptées à la résolution de système linéaire de « point-selle » issus de problèmes de contact entre structures déformables, afin de permettre de traiter efficacement des modèles numériques de grande envergure. Les systèmes linéaires cibles ont une taille de plusieurs centaines de millions d'inconnues, distribués sur plusieurs milliers de processus, et ne peuvent à ce jour pas être résolus efficacement, ni par des méthodes directes, ni par des méthodes itératives préconditionnées « basiques ». On s'attachera en particulier à valider l'approche proposée par Nataf et Tournier [2] et à l'adapter aux cas où les contraintes n'agissent pas sur l'intégralité des inconnues primales.

Les travaux menés pourront être appliqués à de nombreuses problématiques industrielles, en particulier dans le cadre de l'industrie nucléaire. On peut citer par exemple le cas des pastilles combustible qui se dilatent sous l'effet de la température et de la génération de produits de fission, et viennent rentrer en contact avec la gaine métallique du crayon de combustible, ce qui peut favoriser une rupture de cette gaine [3].

Il s'agit d'un sujet de thèse en collaboration avec le laboratoire LIP6 (Sorbonne-université).

Un stage de fin d'études préparatoire à ces travaux de thèse peut être mis en place, selon les souhaits du candidat.

[1] Benzi, M., Golub, G. H., & Liesen, J. (2005). Numerical solution of saddle point problems. *Acta numerica*, 14, 1-137. (<https://page.math.tu-berlin.de/~liesen/Publicat/BenGolLie05.pdf>)

[2] Nataf, F., & Tournier, P. H. (2023). A GenEO Domain Decomposition method for Saddle Point problems. *Comptes Rendus. Mécanique*, 351(S1), 1-18. (<https://doi.org/10.5802/crmeca.175>)

[3] Michel, B., Nonon, C., Sercombe, J., Michel, F., & Marelle, V. (2013). Simulation of pellet-cladding interaction with the pleiades fuel performance software environment. *Nuclear Technology*, 182(2), 124-137. (<https://hal.science/hal-04060973/document>)

Pour candidater : envoyer un CV accompagné d'une lettre de motivation et de relevés de notes récents à : olivier.jamond@cea.fr, mohd-afeef.badri@cea.fr et pierre@joliv.et

Compétences requises :

Analyse numérique, langages C++