

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Approche multi-niveaux asynchrone pour le calcul massivement parallèle en mécanique non-linéaire

Référence : **SNA-DMAS-2023-04**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Septembre 2023

Date limite de candidature : Mai 2023

Mots clés : calcul parallèle par décomposition de domaine mixte, FETI2LM, impédance multiéchelle, sous-domaines non-linéaires, décompositions structurées et GPU.

Profil et compétences recherchées

M2 Recherche ou École d'ingénieur(e) à dominante math. appliquées, mécanique numérique ou informatique.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Les composants des moteurs aéronautiques (chambre de combustion, aube, etc.) sont soumis à des sollicitations thermiques et mécaniques sévères qui conduisent à des comportements élastoviscoplastiques des matériaux. Leur simulation haute fidélité implique la résolution de problèmes éléments finis fortement non linéaires de grande taille.

Bien adaptées au calcul parallèle, les méthodes de décomposition de domaine classiques (FETI, BDD, Schwarz) traitent efficacement ces problèmes. Elles couplent des solveurs directs locaux (pour résoudre l'équilibre sur chaque sous domaine) et un solveur itératif de type Krylov pour connecter les sous domaines entre eux. Ces méthodes requièrent également un « problème grossier » supplémentaire pour être extensibles. Souvent imposé par projection, ce dernier permet de faire transiter rapidement l'information du chargement entre les sous-domaines. Ce projecteur ainsi que les produits scalaires inhérents au solveur de Krylov induisent cependant un fort synchronisme de la méthode. Un déséquilibre de charge, dû par exemple à une forte localisation des non-linéarités matériaux, devient alors préjudiciable. D'autre part, une trop grande fréquence des produits scalaires (se traduisant par des communications globales) limite fortement les performances parallèles pour les applications à très grande échelle.

Pour réduire la fréquence des communications, une première approche consiste à relocaliser le traitement des non-linéarités à l'échelle des sous-domaines [NGRP16]. Une autre approche consiste à utiliser un solveur itératif asynchrone [MV18]. Longtemps limité aux cas académiques, des travaux récents ont montré le fort potentiel de ces méthodes [GBCRS20]. Les méthodes de décomposition de domaine mixtes (FETI-2LM, Schwarz) sont bien adaptées aux solveurs asynchrones.

Au cours de travaux précédents, une stratégie à deux échelles inversant sous-structuration et maillage, nous a permis de paralléliser la génération du maillage et de disposer d'une description à deux échelles du problème à résoudre [EPBG21]. Dans ce contexte, l'objet de cette thèse est dans un premier temps d'exploiter cette vision multiéchelle pour accélérer la convergence des méthodes mixtes citées précédemment. Une fois l'impédance multi-échelle définie, une version asynchrone sera développée. En parallèle, les techniques de recondensation non-linéaire seront adaptées à la méthode mixte multi-échelle développée.

[NGRP16] C. Negrello, P. Gosselet, C. Rey, and J. Pebre. Substructured formulations of nonlinear structure problems – influence of the interface condition. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 2016

[MV18] F. Magoulès, C. Venet, Asynchronous iterative sub-structuring methods, *Mathematics and Computers in Simulation*, 2018

[GBCRS20] C. Glusa, E. G. Boman, E. Chow, S. Rajamanickam, and D. B. Szyld Scalable Asynchronous Domain Decomposition Solvers, *SIAM Journal on Scientific Computing*, 2020

[EPBG21] Y. El Gharbi, A. Parret-Fréaud, C. Bovet, and P. Gosselet. Two-level substructuring and parallel mesh generation for domain decomposition methods. *Finite Elements in Analysis & Design*, 192, 2021,

Collaborations envisagées

La thèse sera réalisée en collaboration avec le Laboratoire de Mécanique, Multiphysique, Multiéchelle (LaMcube) de l'Université de Lille. Elle s'inscrit dans l'axe HPC du Laboratoire de Mathématiques Appliquées de l'Onera (LMA2S).

Laboratoire d'accueil à l'ONERA Département : Matériaux et Structures Lieu (centre ONERA) : Châtillon Contact : Christophe Bovet Tél. : 01 46 73 46 81 Email : christophe.bovet@onera.fr	Directeur de thèse Nom : Gosselet Pierre Laboratoire : LaMcube Tél. : 03 20 43 43 49 Email : pierre.gosselet@univ-lille.fr
--	---

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>