

Proposition de Post-Doc (12 mois)
« Modélisation du contact en calcul parallèle »
au Centre des Matériaux de MINES ParisTech
Encadrement : V. Yastrebov, F. Feyel, G. Cailletaud

Le Centre des Matériaux de l'Ecole des Mines de Paris recrute sous statut de droit privé un ingénieur/chercheur post-doctorant pour travailler sur la modélisation du contact dans les calculs par éléments finis sur machine parallèle. L'objectif du travail est la poursuite de développements déjà réalisés au Centre des Matériaux dans le cadre d'un projet de recherche concertée impliquant notamment Snecma et l'Onera. Le sujet est proposé dans l'équipe Comportements, Calculs de Structures (CoCaS) du Centre des Matériaux de l'Ecole des Mines de Paris. Le travail sera co-encadré par V. Yastrebov, F. Feyel, et G. Cailletaud.

Contexte

L'exploitation optimale de la puissance des nouveaux ordinateurs dépend des performances des algorithmes parallèles, nécessaires pour le traitement de systèmes. Le Centre des Matériaux dispose de la plate-forme de calcul ZSeT/ZéBuLoN, développée en coopération avec l'Onera et NorthWest Numerics. Le solveur est parallélisé depuis maintenant plusieurs années. Le code utilise pour cela des méthodes de décomposition de domaines (comme FETI), qui sont très efficaces, et dont la « scalabilité » a pu être testée avec succès sur des calculs linéaires et non linéaires jusqu'à plusieurs centaines de processeurs. La prise en compte des contacts a récemment fait l'objet de développements importants dans le cadre d'une thèse (<http://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00657305>) qui a permis de mettre à jour les stratégies de description de la géométrie des surfaces et les méthodes de détection du contact, ainsi que les méthodes de résolution. La méthode de détection a déjà été parallélisée. Il faut maintenant traiter en parallèle la résolution elle-même. Cela doit être réalisé dans le cadre d'un algorithme de parallélisme multi-niveaux, dans lequel chaque sous-domaine de la méthode FETI pourra lui-même être traité en parallèle. Ce travail s'attachera à produire un ensemble robuste, capable de traiter des problèmes industriels de très grande taille.

Programme de travail

La première partie de l'étude consistera en une prise en main du code, d'un point de vue utilisateur et développeur (code écrit en C++). La rigueur du cadre théorique et la bonne santé de la programmation ne met pas à l'abri des exceptions, incertitudes liées aux projections, etc... qui conduisent à des divergences. On travaillera pratiquement tout de suite en 3D (3 mois). Dans une deuxième étape, on finalisera la parallélisation de l'algorithme (6 mois). On devrait donc disposer d'un nouvel algorithme fonctionnant dans le code parallèle à mi-parcours.

Une fois l'algorithme disponible, la seconde partie de l'étude comportera une série de benchmarks, afin de conforter sa robustesse, et la réalisation de plusieurs calculs de composants réels, afin de démontrer la validité de la méthode dans un environnement industriel. Cette étape est cruciale pour la crédibilité de l'étude, car les maillages industriels apportent leur lot de difficultés supplémentaires par rapport à des exemples académiques, comme la présence de mauvais conditionnements, le mélange d'éléments (éléments continus et éléments plaques par exemple), les maillages multicompôsants ou multimatériaux... Les problèmes traités concerneront notamment des contacts aubédisque, qui seront étudiés à l'échelle de la structure. Il s'agit de systèmes dans lesquels il faut à la fois disposer de maillages globaux de pièces complètes, pour avoir une idée raisonnable des conditions aux limites et des efforts appliqués, et aussi de maillages locaux très fins pour capturer les énormes gradients au voisinage des zones de contact.

L'analyse des résultats obtenus sur les pièces réelles nécessitera de développer des post-

traitements particuliers, afin de pouvoir regrouper les résultats épars sur l'ensemble des sous-domaines.

On prévoit bien entendu des publications à l'issue de l'étude. En fonction du temps disponible, on cherchera également à représenter le phénomène d'usure. Ceci se fera en appliquant un critère non-local d'usure sur les parties en contact, avec éventuellement un transfert de matière sur un troisième corps situé entre les deux corps initiaux.

Méthode de travail

Les applications seront effectuées sur des maillages qui seront fournis par Snecma Moteur (groupe Safran). Un compte rendu des travaux sera effectué de façon régulière dans le cadre du programme de recherches concertées « Structures Chaudes ». Le travail se déroulera en relation étroite entre le Centre des Matériaux et l'Onera. Les développements seront effectués dans la version de développement du code ZéBuLoN, et consolidés au fur et à mesure de l'avancement du travail, en coopération avec le groupe VAL du Centre des Matériaux, qui assure la valorisation du code.

Fournitures

T0+6 mois : Rapport sur les performances des algorithmes en calcul séquentiel et en parallèle

T0+12 mois : Résultats de calcul sur de très gros maillages, en non linéaire et contact.

Profil souhaité

Ce poste convient à un docteur en mécanique numérique ou en mathématiques appliquées ayant de fortes compétences en méthodes numériques et en calcul de structures. Une très bonne connaissance de la méthode des éléments finis est indispensable. Une expérience en mécanique du contact serait appréciée.

Dossier de candidature

Le dossier de candidature doit comporter : un *curriculum vitae* détaillé ; une liste des travaux et publications ; une lettre de motivation ; les coordonnées de deux personnalités scientifiques ou industrielles susceptibles de recommander le candidat.

Le dossier est à faire parvenir :

au Centre des Matériaux de l'Ecole des Mines de Paris, B.P. 87 - 91003 EVRY CEDEX, à l'attention de Mme Anne Piant,

ou par courriel, anne.piant@mines-paristech.fr

Proposal for a Post-Doc (12 months)
"Modeling of contact in parallel computing"
Centre des Matériaux, MINES ParisTech
Supervisors: V. Yastrebov, F. Feyel, G. Cailletaud

The Materials Research Centre of Mines ParisTech (CDM) recruits a postdoctoral researcher to work on contact modeling in finite element computations on parallel machines. The objective of the work is the continuation of developments already made at CDM under a collaborative research project involving Snecma and Onera. The subject is offered in the research group on "Constitutive Equations and Calculations of Structures". The work will be jointly supervised by V. Yastrebov, F. Feyel, G. Cailletaud.

Context

Optimal exploitation of the power of new computers depends on the performance of parallel algorithms used to solve the nonlinear systems. The Finite Element platform ZSeT / ZéBuLoN is developed at CDM in cooperation with Onera (the French Aerospace Lab) and Northwest Numerics (USA). A parallel release of the solver is available for several years. The code used for this purpose introduces domain decomposition methods (such as FETI), which are very effective. Their "scalability" has been successfully tested on linear and nonlinear calculations up to several hundred processors. The numerical modeling of contacts has recently received significant developments in the framework of a PhD thesis (<http://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00657305>) which helped to update the strategies used to describe the surface geometry, together with the methods for contact detection and the resolution techniques. The detection method has been parallelized. A parallel resolution method has to be developed as well. This should be done as part of an algorithm allowing multi-level parallelism, in which each subdomain of the FETI method can itself be processed in parallel. This work will focus on producing a robust code, capable of handling industrial problems of very large size.

Work program

As a first part of the study, the Post-Doc student will look at the code, both from a user and developer perspective (code written in C + +). The rigorous theoretical framework and the good general quality of the programming does not suppress exceptions, uncertainties associated with projections, etc... that lead to discrepancies. We will work almost immediately in 3D (3 months). In a second step, we will finalize the parallelization of the algorithm (6 months). So, at midterm, we should have the new algorithm operating in the parallel code.

Once the algorithm is available, the second part of the study will include a series of benchmarks in order to reinforce its robustness, and several calculations of actual components, to demonstrate the validity of the method in an industrial environment. This step is crucial for the credibility of the study, as industrial applications introduce significant additional difficulties with respect to academic examples, such as the presence of poor mesh conditioning, mixtures of elements (continuous elements and plate elements for example), multicomponent or multimaterial meshes ... The target problems deal with blade-disk contacts, which will be studied at the structure scale. The systems must be studied using global meshes of the full configuration, to have a reasonable estimation of the boundary conditions and applied forces, and also local fine meshes to capture the huge gradients in the vicinity of contact areas.

Analysis of the results obtained on actual parts will require the development of specific post-processing in order to consolidate the results scattered on all subdomains.

Publications are also planned at the end of the study. Depending on time available, we

shall also seek to represent the phenomenon of wear. This will be done by applying a nonlocal criterion of wear parts in contact with a possible transfer of material onto a third body between the two initial bodies.

Methodology

Applications will be performed on meshes that will be provided by Snecma Moteurs (Safran group). Progress reports will be done on a regular basis as part of the collaborative research program on "Hot Structures". Work will be undertaken in close collaboration between CDM and Onera. The work will be performed in the development version of the code ZéBuLoN, then consolidated in cooperation with the VAL group of CDM, which is in charge of providing the code to external customers.

Deliverables

T0 + 6 months: Report on the algorithms in sequential and parallel.

T0 +12 months: Results of calculations on very large meshes, involving contact and nonlinear material behaviour.

Desired profile

This position is adapted for a doctor in computational mechanics or applied mathematics with strong skills in numerical methods and structural analysis. A very good knowledge of the finite element method is mandatory. Experience in mechanical contact would be appreciated.

Application

The application must include: a detailed curriculum vitae, a list of publications, a cover letter, the coordinates of two scientists or engineers likely to recommend the candidate. The application should be sent to:

Mme Anne Piant , Centre des Matériaux de l'Ecole des Mines de Paris, B.P. 87 - 91003 EVRY Cedex, France,

or, by email, to anne.piant@mines-paristech.fr

