

Décomposition de Domaine dans la simulation par Éléments Discrets en utilisant le calcul parallèle à mémoire partagée pour des applications ferroviaires

T. M. P. Hoang¹, G. Saussine¹
D. Dureisseix², P. Alart³

¹ SNCF, Direction de l'Innovation et de la Recherche, France, {thi-minh-phuong.hoang, gilles.saussine}@sncf.fr

² LaMCoS, INSA de Lyon, France, david.dureisseix@insa-lyon.fr

³ LMGC, Université Montpellier 2, France, pierre.alart@univ-montp2.fr

Résumé — La simulation numérique par éléments discrets présente des difficultés pour l'étude de problèmes de grande taille et en temps de sollicitation long, comme la simulation de la dynamique des milieux granulaires pour le ballast ferroviaire. Afin de résoudre ce problème à moindre coût, on propose d'allier deux stratégies : la décomposition de domaine (DDM) et le calcul parallèle (ici avec OpenMP). Un exemple traitant d'un procédé de maintenance ferroviaire, le *bourrage*, sur une portion de voie ballastée de 7 blochets de long sera présenté dans cette communication.

Mots clés — Parallélisation, Non Smooth Contact Dynamics, Décomposition de Domaine, ballast, maintenance.

1 Motivations : optimisation du procédé de bourrage

La dégradation géométrique de la voie ballastée sous circulation commerciale nécessite des opérations de maintenance fréquentes et onéreuses. Une de ces opérations, qui permet de remettre "à niveau" la voie suite au tassement, est le bourrage. Il est effectué grâce à une bourreuse qui soulève la voie, plonge en vibrant dans le ballast, et applique d'un mouvement de serrage ramenant le ballast sous la traverse. L'étude du comportement mécanique de la voie sous l'action de cette opération est nécessaire pour proposer des optimisations du procédé de maintenance.

La simulation numérique d'une portion de voie soumise à un bourrage permet de comprendre les phénomènes physiques mis en jeu dans le ballast. Néanmoins, la complexité numérique de ce problème demande une attention particulière pour une résolution à moindre coût.

Cette communication est proposée dans le cadre du mini-symposium intitulé *Simulation numérique et Optimisation de procédés*. La méthodologie utilisée se base sur un outil de simulation innovante : l'approche *Non Smooth Contact Dynamics* (NSCD) pour des modèles par Éléments Discrets (DEM). Ici, une méthode de décomposition de domaine (DDM) alliée à une parallélisation adaptée en environnement à mémoire partagée (utilisant OpenMP) sont appliquées pour améliorer l'efficacité de la simulation numérique. Le domaine est décomposé géométriquement en plusieurs sous-domaines traités simultanément par plusieurs processeurs ou cœurs de calcul.

Les principaux résultats d'un calcul représentatif d'une portion de voie ballastée composée de 7 blochets, soumise à un procédé successif de bourrage seront présentés. L'échantillon considéré comporte 90 000 grains polyédriques 3D, et à chaque pas de temps on résout environ 300 000 contacts avec frottement. Le post-traitement des résultats de la simulation montrera l'influence du bourrage d'un blochet à l'autre en terme de compacité et de plusieurs indicateurs locaux de qualité numérique ainsi que de qualité physique de la voie.

2 Décomposition de domaine et parallélisme

Le système granulaire peut-être considéré comme un ensemble de nœuds (grains) et de liens (interaction de contact frottant) (voir Fig. 1). En se basant sur cette description, deux méthodes de décomposition

peuvent être utilisées (voir Fig. 2). Nous utilisons ici l'approche primale consistant à distribuer les grains dans les sous-domaines, par son caractère moins intrusif dans un code dédié au traitement des problèmes d'interaction de grande taille.

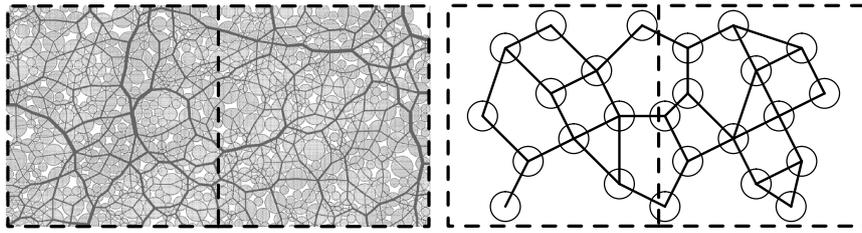


FIG. 1 – Décomposition par la méthode des boîtes en 2D pour un milieu granulaire (à gauche) et son principe (à droite)

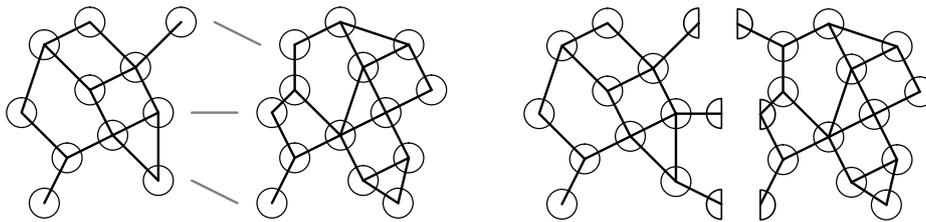


FIG. 2 – Méthode primale de décomposition : distribution des grains (à gauche) et méthode duale : distribution des interactions (à droite)

On utilise ensuite une technique de parallélisation en mémoire partagée utilisant OpenMP afin d'implanter aisément la méthode décomposition de domaine couplée au solveur *Non Linear Gauss-Seidel* dans l'approche NSCD.

Différentes stratégies peuvent être proposées ; elles sont comparées et appliquées à l'échantillon de la Fig. 3.

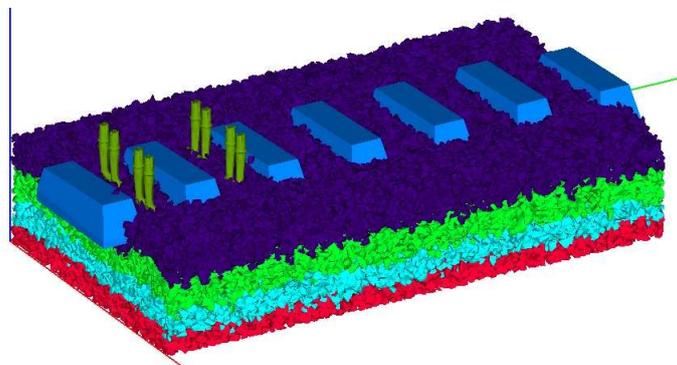


FIG. 3 – Portion de la voie ballastée comportant 7 blochets sous l'action du bourrage

Références

- [1] L. Champaney, D. Dureisseix, A mixed domain decomposition approach, in *Mesh Partitioning Techniques and Domain Decomposition Methods*, F. Magoulès ed, Civil-Comp Press, 293-320, 2007.
- [2] E. Azéma, *Étude numérique des matériaux granulaires à grains polyédriques : rhéologie quasi-statique, dynamique vibratoire, application au procédé de bourrage du ballast*, thèse de doctorat, Université Montpellier 2, 2007.
- [3] B. Cambou, M. Jean. *Micromécanique des matériaux granulaires*, HERMES Science Europe Ltd, 2001.