

NNT : 2017SACLC071

THÈSE DE DOCTORAT
DE L'UNIVERSITÉ PARIS-SACLAY
PRÉPARÉE À CENTRALESUPÉLEC

Ecole doctorale n°573
INTERFACES
Approches Interdisciplinaires
Fondements, Applications et Innovation
Spécialité de doctorat: Informatique

par

M. Guillaume Gbikpi-Benissan

Asynchronous domain decomposition methods for massively
parallel computing

Thèse présentée et soutenue à IRT SystemX, le 18 décembre 2017.

Composition du Jury :

M.	STÉPHANE VIALLE	Professeur CentraleSupélec	(Président du jury)
M.	PIERRE SPITERI	Professeur IRIT	(Rapporteur)
M.	RAPHAËL COUTURIER	Professeur Institut Femto-St	(Rapporteur)
Mme	FABIENNE JEZEQUEL	Maître de Conférences LIP6	(Examinatrice)
M.	FRÉDÉRIC MAGOULÈS	Professeur CentraleSupélec	(Directeur de thèse)

Titre : Méthodes asynchrones de décomposition de domaine pour le calcul massivement parallèle

Mots clefs : Itérations asynchrones, Méthode de sous-structuration, Algorithme temps-parallèle, Détection de convergence, Calcul distribué.

Résumé : Une large classe de méthodes numériques possède une propriété d'échelonnabilité connue comme étant la loi d'Amdahl. Elle constitue l'inconvénient majeur limitatif du calcul parallèle, en ce sens qu'elle établit une borne supérieure sur le nombre d'unités de traitement parallèles qui peuvent être utilisées pour accélérer un calcul. Des activités de recherche sont donc largement conduites à la fois sur les plans mathématiques et informatiques, pour repousser cette limite afin d'être en mesure de tirer le maximum des machines parallèles. Les méthodes de décomposition de domaine introduisent une approche naturelle et optimale pour résoudre de larges problèmes numériques de façon distribuée. Elles consistent en la division du domaine géométrique sur lequel une équation est définie, puis le traitement itératif de chaque sous-domaine, séparément, tout en assurant la continuité de la solution et de sa dérivée sur leur interface de jointure. Dans le présent travail, nous étudions la suppression de la limite d'accélération en appliquant des itérations asynchrones dans différents cadres de décomposition, à la fois de domaines spatiaux et temporels. Nous couvrons plusieurs aspects du développement d'algorithmes asynchrones, de l'analyse théorique de convergence à la mise en oeuvre efficace. Nous proposons ainsi avec succès de nouvelles méthodes asynchrones de décomposition de domaine, ainsi qu'une nouvelle bibliothèque de communication pour l'expérimentation asynchrone rapide d'applications scientifiques existantes.

Title : Asynchronous domain decomposition methods for massively parallel computing

Keywords : Asynchronous iterations, Sub-structuring method, Time-parallel algorithm, Convergence detection, Distributed computing.

Abstract : An important class of numerical methods features a scalability property well known as the Amdahl's law, which constitutes the main limiting drawback of parallel computing, as it establishes an upper bound on the number of parallel processing units that can be used to speed a computation up. Extensive research activities are therefore conducted on both mathematical and computer science aspects to increase this bound, in order to be able to squeeze the most out of parallel machines. Domain decomposition methods introduce a natural and optimal approach to solve large numerical problems in a distributed way. They consist in dividing the geometrical domain on which an equation is defined, then iteratively processing each sub-domain separately, while ensuring the continuity of the solution and of its derivative across the junction interface between them. In the present work, we investigate the removal of the scalability bound by the application of the asynchronous iterations theory in various decomposition frameworks, both for space and time domains. We cover various aspects of the development of asynchronous iterative algorithms, from theoretical convergence analysis to efficient parallel implementation. New asynchronous domain decomposition methods are thus successfully proposed, as well as a new communication library for the quick asynchronous experimentation of existing scientific applications.