

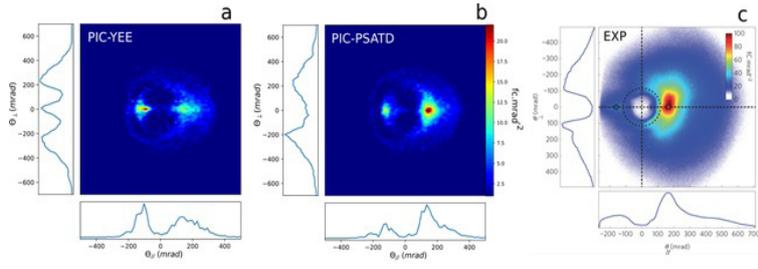


Nouveaux solveurs de Maxwell pseudo-spectraux massivement parallèles pour une simulation 3D PIC réaliste de l'interaction laser-matière en régime PW

Henri Vincenti : tél : 01.69.08.10.35, henri.vincenti@cea.fr

Le succès des installations laser PetaWatt (PW) actuellement en construction dans le monde (ELI, APOLLON), qui visent à produire des sources de particules et de lumière très prometteuses issues de l'interaction relativiste laser-miroir plasma, dépendra du fort couplage entre les expériences et les simulations PIC (Particle-In-Cell) 3D à grande échelle. Toutefois, les codes PIC standards actuels ne permettent pas de décrire avec précision ces nouveaux régimes d'interaction laser-miroir plasma car le solveur de Maxwell aux différences finies (Finite Difference Time Domain- FDTD), utilisé pour propager les champs électromagnétiques en temps et en espace, génère de nombreux artefacts numériques affectant les résultats de simulation. Jusqu'à présent, l'atténuation de ces artefacts nécessitait l'utilisation d'une très haute résolution, augmentant de ce fait considérablement le temps de calcul et empêchant une modélisation 3D réaliste. Pour faire face à ce défi, nous avons développé une nouvelle génération de

codes PIC utilisant des solveurs de Maxwell pseudo-spectraux infiniment précis et massivement parallèles (code WARP+PXR, <http://www.picar.net>). De tels solveurs existaient déjà mais avaient été abandonnés au profit des solveurs FDTD, du fait de leur faible scalabilité, jusqu'à dix mille cœurs seulement. Nous avons développé une nouvelle technique de parallélisation de ces solveurs jusqu'à un million de cœurs, rendant possible



Distribution angulaire en champ lointain des électrons injectés par le miroir plasma et accélérés dans le champ réfléchi par mécanisme de « Vacuum Laser Acceleration » dans le vide. L'angle θ_\parallel représente l'angle dans le plan d'incidence du laser sur le miroir plasma et l'angle θ_\perp l'angle dans le plan orthogonal au plan d'incidence. (a) Simulation PIC 3D avec un solveur FDTD de type Yee. (b) Simulation PIC 3D avec le nouveau solveur pseudo-spectral PSATD parallèle. (c) Expérience avec le laser UHI100. Les simulations (a) et (b) ont été réalisées avec le code WARP+PXR à des résolutions numériques similaires et dans des conditions d'interaction proches de celles des expériences. Elles ont nécessité 7 millions d'heures sur 300 000 cœurs sur la machine MIRA de l'ALCF aux USA.

pour la première fois leur utilisation à très grande échelle dans des simulations PIC 3D, sur la machine MIRA aux USA (Argonne Leadership Computing Facility, ALCF). La figure montre notamment qu'à résolution identique, ces solveurs (b) convergent beaucoup plus rapidement vers les résultats expérimentaux (c) que les solveurs FDTD (a). Dans ce cas particulier, notre étude démontre que notre code converge 625 fois plus rapidement que les codes standards, pour lesquels il est donc impossible de converger vers la solution même sur les plus gros calculateurs exascale à venir.

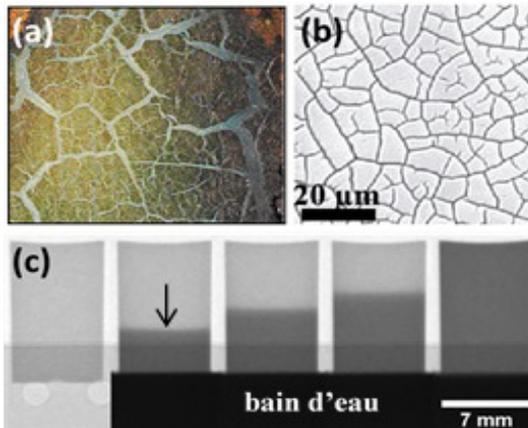


Caractérisation de milieux poreux par imagerie de neutrons

Marguerite Léang : tél : 01.69.08/66.39, marguerite.leang@cea.fr. Lay-Theng Lee : tél : /96.63, lay-theng.lee@cea.fr. Frédéric Ott : tél : /61.21, frederic.ott@cea.fr.

Les suspensions aqueuses de nanoparticules de silice ont la particularité, après séchage, de présenter des figures de craquelures similaires à celles présentes dans des peintures d'art. Les peintures d'art sont des systèmes poreux complexes, composées de particules de pigments et de liants. La restauration de ces peintures fait intervenir des solvants qui pénètrent dans les couches de vernis, et probablement jusque dans les couches sous-jacentes. Ceci pourrait les altérer irréversiblement. Inspirés par la similitude du comportement mécanique des deux systèmes au cours du séchage et du vieillissement, nous étudions, comme système modèle, des milieux poreux issus d'un séchage contrôlé de suspensions colloïdales de nanoparticules de silice de différentes tailles α . Dans l'esprit de la restauration des peintures d'art, nous caractérisons ici la structure de ces milieux poreux de façon détaillée afin de les corréler aux propriétés mécaniques avant et après imprégnation de solvant. Dans ce but, la radiographie neutronique est une technique bien adaptée. Elle permet

de visualiser l'imprégnation de l'eau dans des milieux poreux placés dans un bain d'eau de manière quantitative. La propagation du front d'eau évolue en $t^{1/2}$ et la loi de Lucas-Washburn permet d'évaluer un rayon effectif des pores ouverts. De plus, les mesures directes de transmission des échantillons totalement imprégnés d'eau informent sur la totalité des pores (ouverts et fermés) alors que les transmissions des échantillons secs donnent accès aux



pores fermés. Enfin, nous déduisons une tortuosité et des perméabilités κ qui sont en accord avec la loi de Kozeny-Carman : $\kappa \sim a^2$. Avec une technique simple et directe, nous avons donc caractérisé nos milieux poreux. Ces informations structurales nous permettent ensuite de modéliser les résultats de propriétés mécaniques obtenus par micro-indentation.

(a) Craquelures de séchage dans une peinture, Jeanne d'Arc en prison, Louis Crignier, 1824, Musée de Picardie, Amiens ©C2RMF/A. Maigret. (b) Craquelures dans les suspensions colloïdales. (c) De gauche à droite : Poreux avant, pendant et après imprégnation d'eau par imagerie de neutrons ; le front d'eau est indiqué par la flèche.

