

# Highlight scientifique NumPEX // Exa-MA

## Fiche d'identité

Auteurs : Erik Fabrizio (ingénieur Exa-MA WP7), Pierre Jolivet

Collaboration/Partenaires : Sorbonne Université, EDF R&D, Argonne National Laboratory, Universitat Politècnica de València

Date : 2026

Références :

- <https://github.com/hpddm/hpddm>
- Pierre Jolivet, Jordi Manyer, Raphaël Zanella (ancien ingénieur Exa-MA WP7). Overview of overlapping Schwarz methods in PETSc. 2026. <https://hal.science/hal-05501527>

## 1. Titre accrocheur

HPDDM et PETSc 3.25 : des préconditionneurs robustes prêts pour les architectures CPU–GPU

## 2. Contexte et objectif

Les méthodes de décomposition de domaine sont essentielles pour résoudre efficacement les très grands systèmes linéaires issus des simulations scientifiques et industrielles. HPDDM fournit des stratégies avancées de résolution et de préconditionnement, notamment des méthodes de Schwarz multiniveau et des espaces grossiers de type GenEO, initialement développés pour des problèmes symétriques définis positifs et aujourd'hui étendus vers des problèmes mixtes et des couplages multiphysiques. L'objectif de ce travail était de rendre ces méthodes pleinement exploitables dans l'écosystème PETSc moderne, en particulier sur architectures hétérogènes CPU–GPU.

## 3. Résultat clé et nouveauté

Une partie des structures internes de HPDDM a été revisitée afin de s'appuyer plus directement sur les objets et opérations natifs de PETSc. Ces développements, intégrés dans PETSc 3.25, permettent désormais d'utiliser les stratégies HPDDM dans des contextes CPU et CPU–GPU, en bénéficiant des abstractions accélérateurs de PETSc. La nouveauté ne se limite pas à un portage technique vers les GPU : elle consiste à rendre des préconditionneurs de décomposition de domaine robustes, tels que les approches de type GenEO, disponibles dans les workflows PETSc de production. Cette évolution améliore aussi l'interopérabilité, la maintenabilité et la capacité d'extension de HPDDM vers de nouvelles classes de problèmes et de hardware.

## 4. Impact et suite

Ce travail lève un verrou logiciel majeur pour NumPEX // Exa-MA : il rapproche les méthodes de préconditionnement les plus avancées des architectures hétérogènes visées par l'exascale. L'impact est déjà tangible puisque Feel++ a récemment intégré PETSc 3.25 et supporte désormais les stratégies proposées par HPDDM via PETSc, ce qui permet de les exploiter dans des cas applicatifs réels du projet. D'autres bibliothèques et frameworks Exa-MA utilisant PETSc, comme FreeFEM ou TRUST/CEA, pourront également bénéficier de ces développements avec un coût d'intégration réduit. Les prochaines étapes porteront sur la validation à grande échelle, l'optimisation des performances sur GPU NVIDIA et AMD, l'extension vers Kokkos, ainsi que l'évaluation sur des problèmes mixtes et multiphysiques représentatifs des applications Exa-MA.

## 5. Illustration

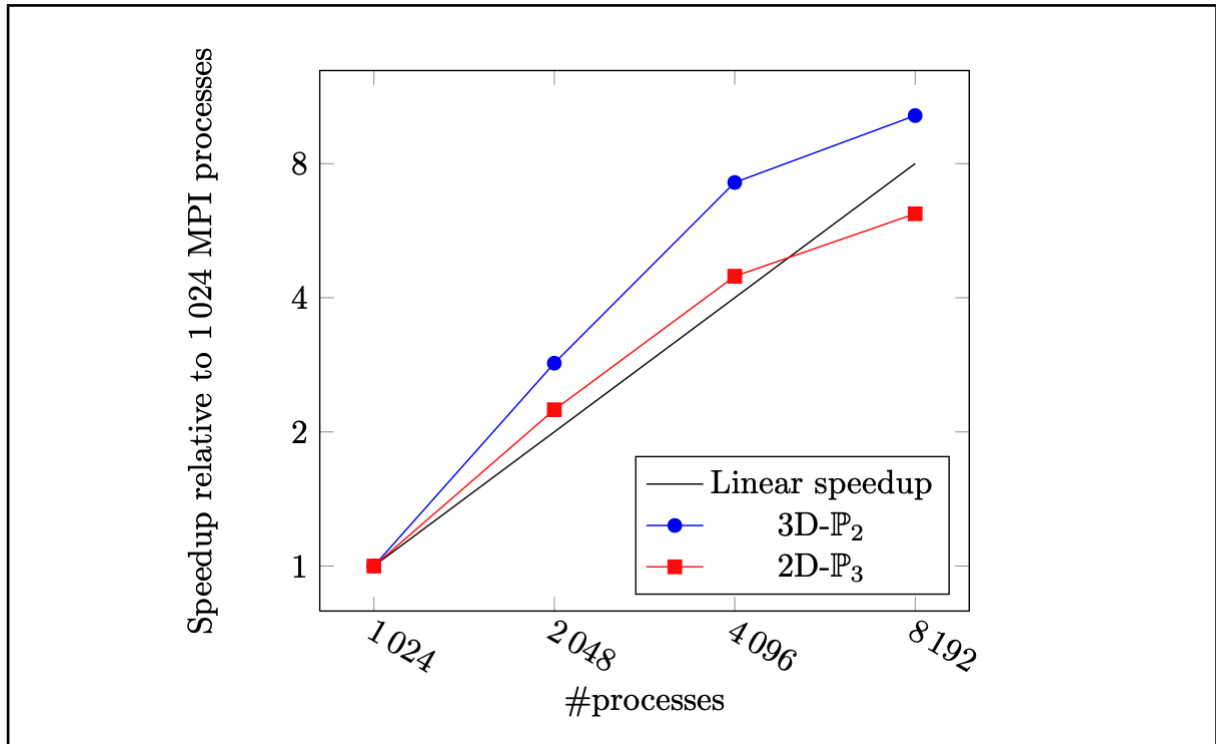


Fig. 1 Strong scaling for two- and three-dimensional elasticity problems: 3D problem size approximately 300 million DoF, 2D problem approximately 2 billion DoF

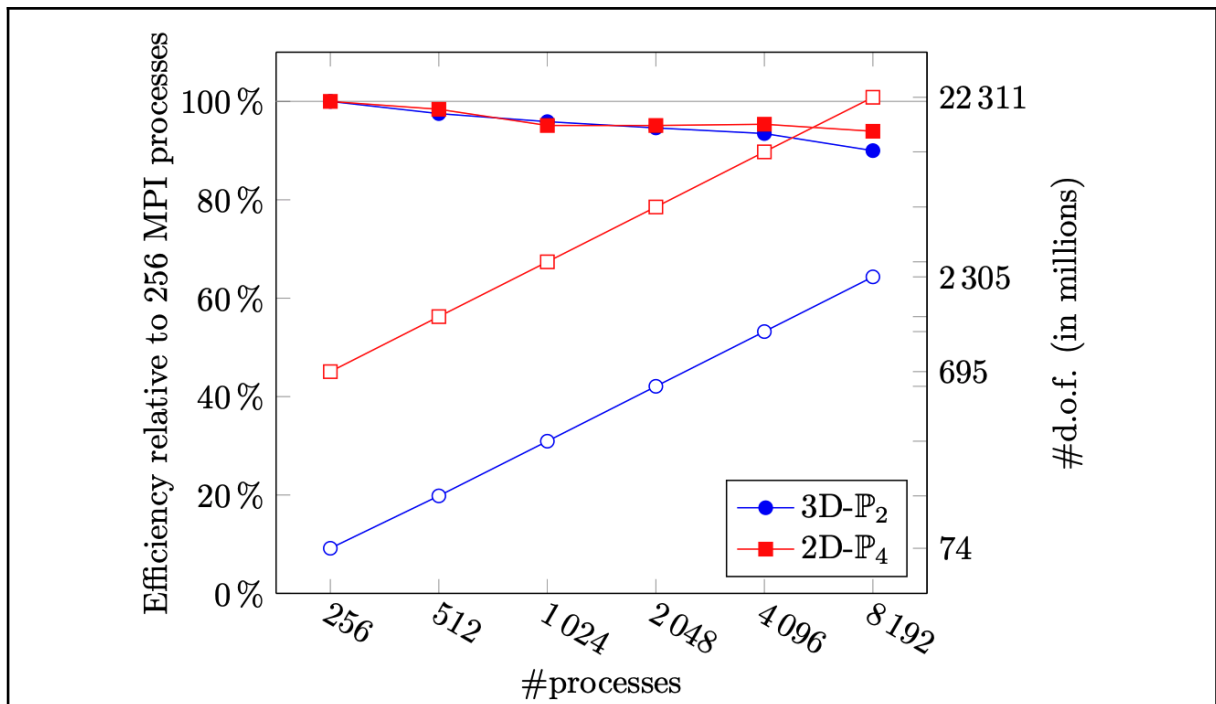


Fig. 2 Weak scaling for two- and three-dimensional elasticity problems