

ϕ -FEM-FNO: une nouvelle approche pour entraîner un opérateur neural à résoudre des EDP sur des géométries variables.

Michel DUPREZ, MIMESIS team, Inria - Strasbourg
Vanessa LLERAS, IMAG, Université de Montpellier - Montpellier
Alexei LOZINSKI, LMB, Université de Franche-Comté - Besançon
Vincent VIGON, IRMA, Université de Strasbourg - Strasbourg
Killian VUILLEMOT, IMAG, Université de Montpellier - Strasbourg

La méthode ϕ -FEM [2, 1] est une nouvelle approche éléments finis, proposée pour résoudre des équations aux dérivées partielles sur des domaines complexes, en utilisant des maillages non conformes. La méthode repose sur l'utilisation d'une fonction « level-set » ϕ définissant le domaine et sa frontière. Dans cet exposé, nous présenterons une combinaison de cette méthode et de techniques de machine learning, ici le « Fourier Neural Operator »[3]. Cette méthode, appelée ϕ -FEM-FNO, a été introduite afin de résoudre des problèmes physiques en temps-réel, avec une précision satisfaisante. Pour cela, l'opérateur est entraîné avec des données synthétiques en utilisant les fonctions définissant les équations à résoudre et les solutions correspondantes obtenues avec ϕ -FEM. Les premiers résultats sont très encourageants : sur deux cas tests, la méthode appliquée à l'équation de Poisson-Dirichlet sur différents types de formes aléatoires atteint quasiment la précision de la méthode éléments finis classique, en étant environ 100 fois plus rapide.

- [1] M. Duprez, V. Lleras, A. Lozinski. *A new ϕ -FEM approach for problems with natural boundary conditions*. Numer. Methods Partial Differential Equations, **39(1)**, 281–303, 2023. doi : 10.1002/num.22878.
- [2] M. Duprez, A. Lozinski. *ϕ -FEM : a finite element method on domains defined by level-sets*. SIAM J. Numer. Anal., **58(2)**, 1008–1028, 2020. doi :10.1137/19M1248947.
- [3] Z. Li, N. Kovachki, K. Azizzadenesheli, B. Liu, K. Bhattacharya, A. Stuart, A. Anandkumar. *Fourier neural operator for parametric partial differential equations*, ICLR 2021. doi : 10.48550/ARXIV.2010.08895.