

Combinaison de la méthode non conforme éléments finis ϕ -FEM avec des réseaux de neurones

Michel DUPREZ, INRIA MIMESIS - Strasbourg

Vanessa LLERAS, IMAG - Montpellier Alexei LOZINSKI, LMB - Besançon

Vincent VIGON, IRMA - Strasbourg Killian VUILLEMOT, IMAG - Montpellier

ϕ -FEM est une méthode d'éléments finis récemment proposée [2, 1] pour la résolution numérique efficace d'équations aux dérivées partielles posées dans des domaines de formes complexes, en utilisant des maillages structurés simples, pas nécessairement ajustés au domaine, et atteignant la précision optimale. La seule entrée géométrique pour ϕ -FEM est une fonction level-set du domaine.

Dans cet exposé, nous présenterons une combinaison de ϕ -FEM avec les réseaux de neurones (FNO) permettant de calculer des prédictions en temps réel sur n'importe quelle forme, dans le but ultime de créer des jumeaux numériques d'organes humains. Les méthodes d'apprentissage automatique se sont récemment révélées prometteuses dans la résolution d'équations aux dérivées partielles [3]. Ils peuvent être classés en deux grandes catégories : supervisé et non supervisé. Ces réseaux de neurones nécessitent une grille régulière 2D ou 3D comme par exemple dans le traitement des images. Ainsi pour combiner les réseaux avec les éléments finis on a besoin d'un maillage structuré. Dans ce contexte, ϕ -FEM s'avère être une alternative prometteuse pour former un réseau de neurones afin de fournir des prédictions sur les différentes forces appliquées et sur les différentes géométries.

- [1] M. Duprez, V. Lleras, A. Lozinski. *A new ϕ -FEM approach for problems with natural boundary conditions*. Numerical Methods for Partial Differential Equations, **39(1)**, 281–303, 2023. doi : <https://doi.org/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, H. Zheng, N. B. Kovachki, D. Jin, H. Chen, B. Liu, A. Stuart, K. Azizzadenesheli, A. Anandkumar. *Physics-informed neural operator for learning partial differential equations*, 2022.