

## Méthode $\phi$ -FEM et quelques applications

Stéphane COTIN, INRIA MIMESIS - Strasbourg

Michel DUPREZ, INRIA MIMESIS - Strasbourg

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

Vincent VIGON, IRMA - Strasbourg

Killian VUILLEMOT, INRIA MIMESIS et IMAG - Montpellier

Dans cet exposé on fera un panorama de la méthode  $\phi$ -FEM. Il s'agit d'une nouvelle méthode éléments finis non conforme qui permet d'éviter la génération coûteuse de maillages adaptés au domaine. Ainsi les maillages de calcul ne correspondent pas à la frontière du domaine et le domaine physique est immergé dans un domaine plus grand. L'innovation de notre méthode consiste à intégrer une fonction Level Set décrivant la géométrie de la structure dans le schéma éléments finis lui-même. Dans l'exposé, je présenterai le principe de la méthode pour différentes conditions aux bords [6, 2] en mettant en avant les gains substantiels en termes de précision et de temps de calcul. Nous verrons différentes applications illustrées par des résultats théoriques et des simulations numériques : mécanique des structures [1], écoulements particuliers [3], équation de la chaleur [5], combinaison avec des réseaux de neurones [4], passage aux différences finies.

- [1] S. Cotin, M. Duprez, V. Lleras, A. Lozinski, K. Vuillemot.  *$\phi$ -FEM : An Efficient Simulation Tool Using Simple Meshes for Problems in Structure Mechanics and Heat Transfer*, chap. 7, pp. 191–216. Partition of Unity Methods, John Wiley & Sons, Ltd.
- [2] M. Duprez, V. Lleras, A. Lozinski. *A new  $\phi$ -FEM approach for problems with natural boundary conditions*. Numer. Methods Partial Differential Equations, **39(1)**, 281–303, 2023.
- [3] M. Duprez, V. Lleras, A. Lozinski.  *$\phi$ -FEM : an optimally convergent and easily implementable immersed boundary method for particulate flows and Stokes equations*. ESAIM Math. Model. Numer. Anal., **57(3)**, 1111–1142, 2023.
- [4] M. Duprez, V. Lleras, A. Lozinski, V. Vigon, K. Vuillemot.  *$\phi$ -FEM-FNO : a new approach to train a neural operator as a fast pde solver for variable geometries*. soumis.
- [5] M. Duprez, V. Lleras, A. Lozinski, K. Vuillemot.  *$\phi$ -FEM for the heat equation : optimal convergence on unfitted meshes in space*. Comptes Rendus Mathématiques, **361**, 1699–1710, 2023.
- [6] M. Duprez, A. Lozinski.  *$\phi$ -FEM : a finite element method on domains defined by level-sets*. SIAM J. Numer. Anal., **58(2)**, 1008–1028, 2020.