

# Post-Doctorant F/H Méthodes Éléments Finis non-conformes adaptées à la conception de jumeaux numériques d'organes

Type de contrat : CDD

Niveau de diplôme exigé : Thèse ou équivalent

Fonction : Post-Doctorant

## Contexte et atouts du poste

### Contexte

Ces dernières années, les modèles numériques utilisant la **Méthode des Éléments Finis (MEF)** pour simuler les mécanismes des tissus mous du corps humain ont suscité un grand intérêt de la part de la communauté scientifique. Les modèles par MEF sont entre autres des outils qui contribuent au développement de dispositifs médicaux et ont également le potentiel d'améliorer les stratégies de planification et d'assistance chirurgicale à l'aide de **jumeaux numériques d'organes**. Dans ce cadre, il est essentiel que les MEF utilisées soient:

- **temps-réel** : technologies utilisables en temps réel pendant l'opération
- **précises** : guider au mieux le chirurgien
- **patient-spécifiques** : la géométrie des organes diffère fortement d'un patient à l'autre et est souvent complexe

Nous nous plaçons dans le cadre de méthodes aux frontières immergées qui consistent à plonger la géométrie de l'organe dans un maillage (grille) régulier afin d'effectuer les simulation éléments finis. Dans ce cas, le maillage ne coïncide pas avec le bord de la géométrie, on dit qu'il est **non-conforme**. Cette approche permet de **tenir compte de la complexité de la géométrie** et d'éviter des phénomènes de verrouillage numérique sur des modèles élastiques quasi-incompressibles.

Il existe déjà des MEF de ce type (cf. e.g. CutFEM [Burman et al 2010]), mais leur implémentation engendre des difficultés entre autres lors des calculs de quadrature. Dans une étude préliminaire [Duprez et al 2020] (cas d'une membrane vibrante), M. Duprez et A. Lozinski ont développé une nouvelle approche s'affranchissant de cette difficulté. Cette méthode baptisée phi-FEM utilise une description de la géométrie grâce à une fonction Level Set.

### Environnement scientifique

Au delà des avantages numériques qu'apporte cette approche, elle permet également d'envisager la génération automatique de jumeaux numériques d'organes à partir d'images volumiques (IRM, CT, etc). En effet, en s'affranchissant de la nécessité de générer un maillage volumique, ce type d'approche rend la création de modèles numériques bien plus simples et par conséquent "automatisables".

Enfin, en faisant le choix d'utiliser des éléments hexaédriques dans le modèle éléments finis, il est donc possible d'utiliser une grille régulière comme "maillage" de l'organe. Ce choix topologique nous permettra de poursuivre les travaux en cours dans l'équipe sur la thématique de "Deep Physics" où calcul scientifique et Deep Learning sont combinés afin de résoudre des problèmes complexes en hyperélasticité en temps réel. Ainsi les convolutions nécessaires à ces méthodes peuvent être calculées de manière très efficace. Des travaux ont récemment été initiés dans ce sens au sein de l'équipe d'accueil Inria MIMESIS (c.f. [Brunet, Cotin et al 2019]) et cette thèse viendra les poursuivre.

### Caractère innovant du projet

La technique de simulation par éléments finis phi-FEM proposée est, d'une part, plus rapide que les MEF standards pour une précision donnée (sur des cas tests simples pour le moment) et, d'autre part, utilise une structure régulière pour les calculs. De plus, la géométrie est prise en compte à l'aide de fonctions Level-set qui sont souvent utilisées en segmentation d'image. Cette approche semble donc bien appropriée au déploiement de jumeaux numériques d'organes combinant techniques éléments finis et réseaux de neurones pour la simulation temps réel en chirurgie assistée par ordinateur.

### Partenariats

Collaboration entre l'équipe Inria, le consortium Sofa et l'IHU de Strasbourg

## Mission confiée

Avec l'aide des encadrants, la personne recrutée sera amenée à maîtriser des équations aux dérivées partielles, certaines notions de biomécanique, l'analyse numérique de schémas numériques de type éléments finis.

Dans le projet, la personne recrutée sera en lien entre autre avec V. Llereas de l'IMAG à Montpellier, A. Lozinski du LMB de Besançon et Y. Privat de l'école des mines à Nancy.

### Déplacements

La personne sera amenée à ce rendre en conférences pour assister à des exposés ou présenter ses travaux. Les frais de déplacements seront pris en charge dans la limite du barème en vigueur.

## Principales activités

Dans le cadre de ce post doc, avec l'aide de ces encadrants, la personne sera amenée à :

- mettre en place et analyser des estimateurs d'erreurs a posteriori performants pour les schémas numériques de type PhiFEM
- combiner optimisation de forme et schéma numérique de type PhiFEM pour la génération de stent patient-spécifiques.

## Compétences

### Compétences techniques et niveau requis

- Calcul scientifique et analyse numérique (méthode des éléments finis)
- Programmation (python et C++)
- Biomécanique

### Langues

- Bonne connaissance de l'anglais et du français

### Compétences relationnelles

- Sens de l'organisation, autonomie, rigueur
- Goût du travail en équipe
- Savoir écouter et communiquer avec les participants d'une étude

### Compétences additionnelles appréciées

- Savoir rédiger des rapports

## Avantages

- Restauration subventionnée
- Transports publics remboursés partiellement
- Congés: 7 semaines de congés annuels + 10 jours de RTT (base temps plein) + possibilité d'autorisations d'absence exceptionnelle (ex : enfants malades, déménagement)
- Possibilité de télétravail (après 6 mois d'ancienneté) et aménagement du temps de travail
- Équipements professionnels à disposition (visioconférence, prêts de matériels informatiques, etc.)
- Prestations sociales, culturelles et sportives (Association de gestion des œuvres sociales d'Inria)
- Accès à la formation professionnelle
- Sécurité sociale

## Rémunération

2788 € brut/mois

## Informations générales

- **Thème/Domaine** : Schémas et simulations numériques  
Biologie et santé, Sciences de la vie et de la terre (BAP A)
- **Ville** : Strasbourg
- **Centre Inria** : [Centre Inria de l'Université de Lorraine](#)
- **Date de prise de fonction souhaitée** : 2024-10-01
- **Durée de contrat** : 1 an, 6 mois
- **Date limite pour postuler** : 2024-08-08

## Contacts

- **Équipe Inria** : [MIMESIS](#)
- **Recruteur** :  
Duprez Michel / [michel.duprez@inria.fr](mailto:michel.duprez@inria.fr)

## A propos d'Inria

Inria est l'institut national de recherche dédié aux sciences et technologies du numérique. Il emploie 2600 personnes. Ses 215 équipes-projets agiles, en général communes avec des partenaires académiques, impliquent plus de 3900 scientifiques pour relever les défis du numérique, souvent à l'interface d'autres disciplines. L'institut fait appel à de nombreux talents dans plus d'une quarantaine de métiers différents. 900 personnels d'appui à la recherche et à l'innovation contribuent à faire émerger et grandir des projets scientifiques ou entrepreneuriaux qui impactent le monde. Inria travaille avec de nombreuses entreprises et a accompagné la création de plus de 200 start-up. L'institut s'efforce ainsi de répondre aux enjeux de la transformation numérique de la science, de la société et de l'économie.

## L'essentiel pour réussir

**Contact:** Michel Duprez ([michel.duprez@inria.fr](mailto:michel.duprez@inria.fr))

**Date limite pour candidater**  
July 25th, 2024 (Midnight Paris time)

**Joindre à votre candidature :**

- CV
- Une lettre de motivation décrivant l'intérêt qu'ils portent au sujet.
- Certificat de doctorat
- Les publications (ou de préférence les liens Internet) du candidat, le cas échéant (il n'est pas attendu qu'il en ait).

**Attention:** Les candidatures doivent être déposées en ligne sur le site Inria. Le traitement des candidatures adressées par d'autres canaux n'est pas garanti.

## Consignes pour postuler

**Sécurité défense :**

Ce poste est susceptible d'être affecté dans une zone à régime restrictif (ZRR), telle que définie dans le décret n°2011-1425 relatif à la protection du potentiel scientifique et technique de la nation (PPST). L'autorisation d'accès à une zone est délivrée par le chef d'établissement, après avis ministériel favorable, tel que défini dans l'arrêté du 03 juillet 2012, relatif à la PPST. Un avis ministériel défavorable pour un poste affecté dans une ZRR aurait pour conséquence l'annulation du recrutement.

**Politique de recrutement :**

Dans le cadre de sa politique diversité, tous les postes Inria sont accessibles aux personnes en situation de handicap.