

UN CHERCHEUR CONTRACTUEL F/H PROJET MNMS

L'université de Technologie de Compiègne recrute un chercheur contractuel pour une mission postdoctorale dans le cadre du projet de recherche MNMS (Multi-physics coupling in smart Nanocomposite structures Modeling and Simulation) au sein du département ingénierie mécanique – laboratoire Roberval.

Le projet MNMS porte sur le développement, dans le cadre de la mécanique des milieux continus, d'une stratégie numérique mettant en relation phénomènes nanoscopiques et comportement macroscopique de matériaux nanostructurés intelligents et de structures nécessitant l'utilisation de ce type de matériaux.

Ce projet bénéficie d'un financement de l'initiative Maîtrise des systèmes technologiques sûrs et durables (MSTD) de l'Alliance Sorbonne Université. L'initiative MSTD vise à constituer et animer une communauté autour d'une recherche portant sur les systèmes créés par l'Homme et à destination de son propre usage.

Lieu de travail

Compiègne

Type de contrat et date prévisionnelle de recrutement

Contrat à durée déterminée de 12 mois, début du contrat dès que possible

Expérience

Ce poste constituera une première expérience professionnelle pour un(e) candidat(e) ayant récemment obtenu un doctorat dans le domaine de la mécanique numérique.

Salaire mensuel brut

À partir de 2 700 €, selon expérience

Volume horaire

1 607 heures/an

Contexte scientifique

Face au grand défi de diminution des émissions de gaz à effet de serre et de limitation de l'exploitation des ressources naturelles, notamment dans l'industrie des transports, les matériaux nanocomposites constitués de matrices thermoplastiques renforcées par des nanocharges sont de plus en plus utilisés pour réduire la masse des structures. En effet, pour une fraction volumique de renforts très faible, les nanocomposites offrent souvent de meilleures propriétés mécaniques que les composites classiques [1]. De plus, l'ajout de nanocharges confère aux nanocomposites des propriétés physiques (thermiques, électriques, etc.) qui peuvent servir au développement de composites intelligents [2,3]. Par exemple, l'ajout de nanoparticules de carbone à une matrice polymère permet d'obtenir un composite conducteur et une amélioration du comportement thermique du matériau éventuellement accompagnée d'une amélioration des propriétés mécaniques. Les matériaux nanostructurés intelligents constituent ainsi une voie explorée pour le développement de structures légères intégrant un maximum de fonctions.

Avec l'augmentation de leur utilisation, disposer d'outils de modélisation analytique et numérique permettant la compréhension et la prédiction des comportements multiphysiques (mécanique, thermique, électrique, etc.) des matériaux nanostructurés intelligents et des structures faisant appel à ces matériaux devient nécessaire. Toutefois ce type de modélisation multiphysique (mécanique,

thermique, électrique, etc.) doit rendre compte de l'effet de taille induit par les nanocharges, ce qui reste un verrou scientifique. Cet effet de taille, caractéristique des nanocomposites, est généralement expliqué par une augmentation du rapport (interface matrice-inclusions) / (fraction volumique des inclusions) [4-7]. Les modèles mis en œuvre doivent ainsi s'inscrire dans une logique multiéchelle, prenant en compte les phénomènes relatifs à l'échelle nanoscopique des charges jusqu'à ceux relatifs à l'échelle de la structure. D'un point de vue mécanique, les approches analytiques prennent généralement en compte ces phénomènes locaux en introduisant une contrainte surfacique à l'interface entre la matrice et les inclusions [4-6] et résolvent l'équilibre de l'interface grâce à l'équation de Young-Laplace généralisée [8], le comportement de l'interface étant régi par une loi d'élasticité surfacique linéaire [9]. Des stratégies de modélisation similaires peuvent être utilisées pour d'autres physiques [10] (comportements thermique, électrique, ...).

Mission

Dans le cadre de leurs travaux [11], Bach, Brancherie et Cauvin ont proposé une approche numérique basée sur la méthode des éléments finis (méthode EFEM) [12] pour prédire le comportement mécanique des matériaux nano-renforcés. L'approche développée permet de construire numériquement des Volumes Élémentaires Représentatifs (VER) de matériaux nano-renforcés constitués d'inclusions de forme complexe sans avoir à mailler explicitement le VER. Néanmoins, cette approche reste globalement limitée à des simulations, menées à l'échelle du matériau, de comportements mécaniques élastiques, et donc sans aucune considération de structures réelles. Les propriétés intrinsèques des matériaux nanostructurés et leur exploitation pour la fonctionnalisation des matériaux nécessitent de prendre en compte, dans la conception des structures, un ensemble de physiques couplées (mécanique, thermique, électrique, etc.). Par conséquent, le développement d'une stratégie numérique, intégrant les phénomènes multiphysiques impliqués apparaît crucial. Pour répondre à ce challenge, le chercheur recruté pourra s'appuyer sur les travaux antérieurs de Brancherie, Cauvin et Kondo [13, 11, 14, 15] pour les étendre à un contexte multiphysique.

Les modèles analytiques ou numériques disponibles dans la littérature [16,17] portant sur la modélisation des propriétés multiphysiques des matériaux nanostructurés intelligents ne prennent que rarement en compte les phénomènes d'endommagement ou de décohésion. Cependant, ceux-ci ne peuvent être négligés. En effet, l'endommagement et la décohésion impactent les différentes propriétés mises en jeu, avec le risque de ne plus répondre aux attentes structurelles. De plus, ces modifications des propriétés physiques ouvrent la voie à de nouvelles fonctionnalisations comme, par exemple, de l'instrumentation « in situ » pour du suivi de vie en service. Ainsi, un objectif essentiel du travail du chercheur recruté portera sur la prise en compte, dans la modélisation numérique des couplages multiphysiques pour les matériaux nanostructurés [18], de phénomènes d'endommagement dans les différents constituants ainsi qu'à leurs interfaces. Dans un premier temps, il s'agira de modéliser les couplages thermomécaniques non linéaires dans les nanocomposites, incluant la décohésion, ainsi que l'endommagement et le comportement thermomécanique des interfaces. Pour ce dernier point, les développements pourront faire appel aux aspects théoriques introduits par E. Fried et M.E. Gurtin [10]. Dans un second temps, les développements numériques seront introduits dans des simulations par éléments finis de structures afin de mieux comprendre et d'optimiser le comportement de dispositifs intelligents. Ces deux étapes apparaissent, d'un point de vue méthodologique, comme préliminaires à l'extension à d'autres physiques.

La personne recrutée assurera ces travaux de recherche dans le cadre du projet MNMS sur le développement, dans le cadre de la mécanique des milieux continus, d'une stratégie numérique pour simuler et mieux comprendre les phénomènes multiphysiques mis en jeu dans les matériaux nanostructurés intelligents ou les structures constituées de ces matériaux.

Activités principales

- Développement théorique et mise en œuvre numérique de couplages thermomécaniques dans les nanocomposites (matrice, inclusions et leurs interfaces) ;
- Introduction des phénomènes d'endommagement et de décohésion dans la modélisation numérique des couplages thermomécaniques dans les nanocomposites (matrice, inclusions et leurs interfaces) ;

- Mise en œuvre de la stratégie numérique développée sur un modèle éléments finis de structure « intelligente » : analyse de sensibilité par rapport aux propriétés multiphysiques attendues, identification des paramètres principaux.

Compétences

Connaissances

- Mécanique des milieux continus, mécanique non linéaire, éventuellement thermomécanique et couplages thermomécaniques
- Méthode des éléments finis
- Langages de programmation
- Méthodologie de conduite de projet
- Techniques d'expression écrite et orale
- Techniques de présentation orale et écrite
- Langue anglaise : B2 à C1 (cadre européen commun de référence pour les langues)

Compétences opérationnelles

- Maîtriser plusieurs langages de programmation
- Programmer
- Piloter un projet
- Rédiger des rapports, des publications et des documents de synthèse, en langue anglaise
- Travailler en équipe

Compétences comportementales

- Capacité de conceptualisation
- Capacité d'adaptation
- Sens de l'organisation
- Capacité d'initiative
- Qualité d'écoute
- Aisance relationnelle.

Diplôme, formation et habilitation

- Diplôme : doctorat
- Domaine de formation : mécanique numérique.

Environnement et contexte de travail

L'activité s'exercera au département Ingénierie Mécanique, laboratoire Roberval, au sein de l'équipe mécanique numérique en collaboration avec l'équipe MISES de l'institut Jean le Rond d'Alembert.

La personne recrutée rend compte aux responsables du projet MNMS, entretient un dialogue régulier avec ceux-ci et une collaboration étroite avec l'ensemble des interlocuteurs concernés. Des déplacements sont à prévoir dans le cadre du projet.

Contacts scientifiques

Ludovic Cauvin, MCF, UTC, laboratoire Roberval
ludovic.cauvin@utc.fr

Delphine Brancherie, PU, UTC, laboratoire Roberval
delphine.brancherie@utc.fr

Djimédo Kondo PU, Sorbonne Université, institut Jean le Rond d'Alembert
djimedo.kondo@sorbonne-universite.fr

Candidature

Un CV, une lettre de candidature accompagnée, a minima, d'une lettre de recommandation sont à déposer, au format pdf, à l'adresse suivante :

<https://candidature.utc.fr/chercheur>

Pour tout renseignement complémentaire :

Lydie Rodriguez : Tél. 03 44 23 52 81

UTC - direction des ressources humaines – pôle recrutement - UTC/DRH/PR/2022

www.utc.fr – rubrique : recrutement

Références bibliographiques et notes

- [1] L. Cauvin, D. Kondo, M. Brieu, N. Bhatnagar. *Polymer Testing*, 29(2):245-250, 2010.
- [2] K. Hamdi, Z. Aboura, W. Harizi, K. Khellil. *Journal of Composite Materials* 52 (11) (2017), pp 1495-1503.
- [3] T. Wang et al, *Composites Part A* 145 (2021) 106404
- [4] P. Sharma, S. Ganti. *Transactions-American society of mechanical engineers journal of applied mechanics*, 71(5):663-671, 2004.
- [5] S. Brisard, L. Dormieux, D. Kondo. *Computational Materials Science*, 48(3):589-596, 2010.
- [6] S. Brisard, L. Dormieux, D. Kondo. *Computational Materials Science*, 50(2):403-410, 2010.
- [7] A.S. Blivi, F. Benhui, J. Bai, D. Kondo, F. Bedoui. *Polymer Testing* 56 (2016) 337-343.
- [8] Y.Z. Povstenko. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 41(9):1499-1514, 1993.
- [9] M.E. Gurtin, A. I. Murdoch. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 57(4):291-323, Dec 1975.
- [10] E. Fried and M. E. Gurtin, *Continuum Mech. Thermodyn.* (2007) 19: 253–271
- [11] D.P. Bach, D. Brancherie, L. Cauvin. *YIC2019 ECCOMAS Young Investigators Conference 2019*.
- [12] D. Brancherie, A. Ibrahimbegovic. *Engineering Computations*, 26: 100–127, 2009.
- [13] D.P. Bach, L. Cauvin, D. Brancherie, D. Kondo, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, in preparation
- [14] D.P. Bach, D. Brancherie, L. Cauvin. *Finite Elements in Analysis and Design* 165 (2019) 41–51
- [15] D.P. Bach, D. Brancherie, L. Cauvin, *Computational Mechanics*, under review.
- [16] S.Y. Kim 170 et al., *Composites Science and Technology* 155 (2018) 169-176
- [17] Razzaghi, Leila et al., *Physical review. E* 103 1-1 (2021): 013310
- [18] Roberto Guzmán de Villoria et al, *Multi-physics damage sensing in nano-engineered structural composites* 2011 *Nanotechnology* 22 185502