

# Felipe FIGUEREDO ROCHA

*Chercheur post-doctoral au GeM, Qualifié aux fonctions de Maître de conférences (section 60).*

Nom complet Felipe FIGUEREDO ROCHA  
Email felipe.figuere-rocha@ec-nantes.fr, f.rocha.felipe@gmail.com  
Téléphone +33 6 72 56 10 72  
Adresse 2 allée beau-rivage, 44200, Nantes  
Orcid orcid.org/0000-0001-6893-1109  
Scholar scholar.google.com/citations?user=mH05A4MAAAJ&hl=en  
Github github.com/felipefr  
Site sites.google.com/view/feliperocha

## Principaux mots-clés en recherche

---

Principes variationnels pour la mécanique multi-échelle; Volume élémentaire représentatif; Réseau de neurones guidées par la physique; Réduction de modèles; Mécanique pilotée par les données (Model-free data-driven computational mechanics); Mécanique en grandes déformations de tissus mous; Matériaux fibreux; Endommagement.

## Parcours académique

---

### Doctorat (2019) DSc. Modélisation Numérique (PhD Computational Modelling)

- Institution : LNCC - Laboratoire National du Calcul Scientifique (National Laboratory for Scientific Computing), Petropolis, Rio de Janeiro, Brésil.
- Thèse : Multiscale Modelling of Fibrous Materials : from the elastic regime to failure detection in soft tissues (en anglais) (DOI 10.13140/RG.2.2.16031.28320).
- Directeurs : Prof. Pablo Javier Blanco et Prof. Raul Feijoo.
- Echange international (Sep'2017-Fév'2018) : avec Prof. Eduardo de Souza Neto au Zienkiewicz Centre for Computational Engineering (Swansea University), Swansea, Pays de Gales, Royaume-Uni.
- Moyenne : 3.83/4
- **description** : Mes études ont porté surtout sur l'utilisation du principe des puissances virtuels multi-échelle pour dériver des modèles en deux (ou plus) d'échelles dans les contextes physiques non-conventionnels, ici appliqué à des matériaux fibreux biologiques. Contrairement à des autres modèles souvent utilisés dans la littérature, on a adressé plusieurs difficultés qu'y sont inhérents, à savoir : i) le milieu continu macro-échelle et les fibres sont modélisées en déformation finies (non-linéarité géométrique) ; ii) les lois de comportement pour les fibres sont aussi non-linéaires (non-linéarité constitutive), en régime élastique pour bien représenter l'effet du recrutement<sup>1</sup>, et l'endommagement pour bien modéliser la rupture de fibrilles lors d'un étirement important ; iii) les fibres ne sont pas attachées dans une matrice continue (un milieu fluide dans ce cas), donc il ne s'agit pas d'un matériau renforcé par des fibres ; iv) conditions aux limites non-affines, de façon à ne pas bloquer les modes de localisation de déformation. On remarque que les enjeux ci-mentionnés rendent la solution numérique associée au problème micro-échelle plus difficile, ce qui donne lieu à des stratégies de régularisation visqueuse consistant (voir Section pour les références).

### Master (2015) MSc. Modélisation Numérique (Master in Computational Modelling)

- Institution : LNCC - Laboratoire National du Calcul Scientifique (National Laboratory for Scientific Computing), Petropolis, Rio de Janeiro, Brésil.
- Thèse : Basics Aspects of Multi-Scale Modelling of Biological Tissues (en portugais) (DOI 10.13140/RG.2.2.15484.41603).
- Directeurs : Prof. Pablo Javier Blanco et Prof. Raul Feijoo.
- Moyenne : 3.9/4

### Bachelor (2013) (Summa cum Laude) Génie Mécanique (B.E. Mechanical Engineering)

- Institution : UFRN - Université fédérale du Rio Grande do Norte (Federal University of Rio Grande do Norte), Natal, Rio grande do Norte, Brésil.
- Echange international (Aug'2011-Jui'2012) : Expertise *Prototypage Virtuel* au 3ème année à Arts et Métiers ParisTech (ENSAM), Paris, France.
- Mémoire 1 : Development of a Computational Dynamics Software for Multiple Rigid Bodies Analysis (en portugais) - encadré par Prof. Wallace Bessa.
- Mémoire 2 : Modélisation et simulation numérique de l'usinage d'une pièce automobile - encadré par Prof. Philippe Lorong and Prof. Jérôme Duchemin.
- Moyenne : 8.8457/10

---

1. En biomécanique, il s'agit du l'étirement et alignement progressif des chaînes des fibres, que ne sont pas raides initialement, de sorte que la raideur soit augmenté proportionnellement

## Stages post-doctoraux

---

**Post-doctorant (2022-)** Nantes Université, Ecole Centrale de Nantes, CNRS, GeM (UMR 6183), France (avec Prof. Laurent STAINIER).

**activités :** Développement d'une stratégie pour accélérer le calcul  $FE^2$  se basant sur les potentialités du DDCM à exploiter les bases données matériaux brutes. Il faut noter que le DDCM utilise, dans ce contexte, un ensemble fini des points dans l'espace de phase déformation-constraint, sans passer par le biais d'un modèle constitutive sous-adjacente, tout comme l'homogénéisation numérique et  $FE^2$  propose. On a proposé donc un approche *active learning* pour la création des bases de données matériaux (par homogénéisation numérique) au fur et à mesure des itérations du calcul DDCM (voir Section ). La solution final sera convergent à celle donné par  $FE^2$ , mais avec beaucoup moins d'évaluations du problème local, un *speed-up* de plus 20 fois. Encore sur la thématique DDCM, j'ai deux autres collaborations actives : i) avec Prof. Thiago Quinelato (UFPR, Brésil), sur une approche formulations mixtes EF trois-champs pour élasticité. L'intérêt de ces méthodes c'est l'imposition faible de la condition de la symétrie de contraintes, ce qui n'est pas automatique en DDCM, due à l'absence des lois constitutifs, et encore moins évident dans cas de grands déformations en formulation nominal, où la symétrie s'agit d'un contrainte non-linéaire dans l'espace phase<sup>2</sup>; et ii) avec Martin Zlatić, qui prépare sa thèse à l'Université de Rijeka, sur une comparaison juste entre les méthodes DDCM et Réseaux de Neurones pour remplacer des lois hyperlastiques (voire en thermoelasticité).

**Post-doctorant (2019-2021)** Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse (avec Prof. Annalisa BUFFA et Prof. Simone DEPARIS).

**activités :** Proposition d'une condition aux limites pilotée par les données (la première du genre) pour le problème correcteur en homogénéisation numérique (voir Section ). On doit noter que les choix classiques (déplacement affine, traction uniforme, périodiques, etc) ont des très fortes limitations pour VERs non-périodiques, en exigeant de microcellules exagérément larges afin de diminuer l'effet artificiel posée par ces conditions. Le méthode proposé montre un niveau de d'accurace beaucoup supérieur à des autres options ci-mentionnée, tout en ayant un coût computationnelle comparable, ou a l'envers, un coût beaucoup plus faible pour le même niveau de précision. La librairie libre *deepbnd* a été développé dans ce contexte toute en couplant avec *micmacs-fenics* (voir Section pour les références).

## Visites académiques de courte durée

---

**Sep-Out'19 (1,5 mois) Prof. Sidarta Lima (UFRN, Natal, Brésil) :** J'ai donné un cours en formulations mixtes pour l'équation de Darcy et j'ai implémenté les éléments de Raviart-Thomas dans leur code in-house. Cette visite a été menée dans la cadre d'un projet avec Petrobras (compagnie pétrolière estatal du Brésil).

**Avr'17 (3 semaines) Prof. Anne Robertson (University of Pittsburgh, Pittsburgh, USA) :** J'ai participé aux essais mécaniques et d'imagerie microscopique dans les artères de moutons pour mieux comprendre les aspects microscopiques des fibres de collagène aux tissus mous.

**Jui'-Jul'15 (1 mois) Prof. Pablo Sanchez et Prof. Alfredo Huespe (Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CIMEC), Santa Fe, Argentina)** J'ai étudié des aspects numériques en mécanique de fractures, surtout la régularisation des lois d'endommagement, toute en translatant les concepts classiques pour la mécanique des tissus mous en grandes déformations.

## Travaux de Recherche

---

### Articles publiés en revues

1. Felipe Figueredo Rocha, Simone Deparis, Pablo Antolin, Annalisa Buffa. Deepbnd : A machine learning approach to enhance multiscale solid mechanics, *Journal of Computational Physics*, 2023.
2. Felipe Figueredo Rocha, Pablo Javier Blanco, Pablo Javier Sánchez, Eduardo de Souza Neto, and Raúl Antonino Feijóo. Damage-driven strain localisation in networks of fibres : A computational homogenisation approach. *Computer & Structures*, 2021.
3. Felipe Figueredo Rocha, Pablo Javier Blanco, Pablo Javier Sánchez, and Raúl Antonino Feijóo. Multi-scale modelling of arterial tissue : Linking networks of fibres to continua. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 2018

### Articles soumis/en preparation en revues

1. Pablo Javier Blanco, Pablo Javier Sánchez, Felipe Figueredo Rocha, Sebastian Toro, and Raúl Antonino Feijóo. A consistent multiscale mechanical formulation for media with randomly distributed voids (in review). *Archives of Computational Methods in Engineering*, 2023.

---

2. La conservation du moment angulaire requiert  $\mathbf{P}\mathbf{F}^T = \mathbf{F}\mathbf{P}^T$ , où  $\mathbf{P}$  est le première tenseur de Piola-Kirchhoff et  $\mathbf{F}$  est le gradient de trans-formation.

2. Felipe Figueredo Rocha, Laurent Stainier, Auriane Platzer, Adrien Leygue, Michel Ortiz. An active learning approach for (Model-Free) Data-driven mechanics using computational homogenisation (in preparation), *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 2023.
3. Kim Quang Hoang, Felipe Figueredo Rocha, Eduardo de Souza Neto. An RVE-based multiscale approach to the micro-discrete to macro-continuum transition in atomistic modelling : application to graphene and boron-nitride modelling (in preparation). *Journal of Mechanics and Physics of Solids*, 2023.

## Articles complets en conférences

1. Felipe Figueredo Rocha, Simone Deparis, Pablo Antolin, Annalisa Buffa. A divide-to-conquer approach to a hybrid ROM-NN method for multi-scale problems : the robustness assessment for incomplete information scenarios, *Congrès Français de Mécanique*, Nantes, France, 2022.
2. F.F. Rocha, P.J. Blanco, R.A. Feijóo, P.J. Sanchez, and A.E. Huespe. A multi-scale approach to model arterial tissue. In *Ibero-Latin American Congress on Computational Methods in Engineering (CILAMCE)*, Rio de Janeiro, Brazil, 2015.

## Résumés étendus en conférences

- F.F. Rocha ; P.J. Blanco ; P.J. Sánchez ; R.A. Feijóo. On the constitutive modeling for fibrous tissues. In : International Conference on Computational and Mathematical Biomedical Engineering, 2017, PITTSBURGH. International Conference on Computational and Mathematical Biomedical Engineering Proceedings, 2017.

## Résumés et présentations en conférences

1. Felipe Rocha, Auriane Platzer, Andrien Leygue, Laurent Stainier, Michael Ortiz, A model-free data-driven paradigm for multi-scale mechanics, IUTAM Symposium on Data-Driven Mechanics and Surrogate Modeling, Arts et Métiers Institute of Technology, October 25-28, 2022 <https://iutamddmech.i3a.es/>.
2. Felipe Rocha, Auriane Platzer, Andrien Leygue, Laurent Stainier, Michael Ortiz, A Model-free Data-driven Approach for Computational Homogenisation, 9th GACM Colloquium on Computational Mechanics 2022, 21 - 23 Essen, Germany <https://colloquia.gacm.de/organisation>.
3. Felipe Figueredo Rocha, Simone Deparis, Pablo Antolin, Annalisa Buffa, DeepBND : Using a hybrid ROM-NN approach to accelerate Computational Homogenisation in Solid Mechanics, 8th ECCOMAS 2022 - European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, Oslo, Norway, 5th - 9th of June, 2022 <https://www.eccomas2022.org/frontal/default.asp>.
4. Felipe Figueredo Rocha, Simone Deparis, Pablo Antolin, Annalisa Buffa, DeepBND : a Machine Learning approach to enhance Multiscale Solid Mechanics, 18th European Mechanics of Materials Conference (EMMC18) April 4 - 6, 2022, Oxford, UK.
5. F.F. Rocha ; P.J. Blanco ; de Souza Neto, E. ; P.J. Sánchez, R.A. Feijóo. An computational homogenisation approach to assess the strain localisation due to damage in fibre networks. XVI International Conference on Computational Plasticity. Fundamentals and Applications, Barcelona, Spain, 2021, CIMNE.
6. F.F. Rocha ; P.J. Blanco ; de Souza Neto, E. ; P.J. Sánchez, R.A. Feijóo. An computational homogenisation approach to assess the strain localisation due to damage in fibre networks. XVI International Conference on Computational Plasticity. Fundamentals and Applications, Barcelona, Spain, 2021, CIMNE.
7. P.J. Blanco, P.J. Sánchez, F.F. Rocha, Toro, S. ; R.A. Feijóo. Multiscale formulation for materials with randomly distributed voids : minimally constrained and more restrictive multiscale sub-models. In : XII Argentine Congress on Computational Mechanics, 2018, San Miguel de Tucumán. Mecánica Computacional. Santa Fé : Asociación Argentina de Mecánica Computacional, 2018. v.XXXVI. p.1683 - 1683
8. F.F. Rocha ; P.J. Blanco ; de Souza Neto, E. ; P.J. Sánchez, R.A. Feijóo. Towards post-critical multiscale modelling of damage in biological fibrous tissues. In : XII Argentine Congress on Computational Mechanics, 2018, San Miguel de Tucumán. Mecánica Computacional. Santa Fé : Asociación Argentina de Mecánica Computacional, 2018. v.XXXVI. p.1875 - 1875
9. F.F. Rocha, P.J. Blanco, P.J. Sánchez, R.A. Feijóo. A Multiscale Approach to Study Softening Mechanisms in Arterial Tissue In : EMI2017-IC - 2017 EMI International Conference, 2017, Rio de Janeiro. EMI2017-IC - 2017 EMI International Conference Proceedings. , 2017.
10. Toro, S., F.F. Rocha, P.J. Sánchez, P.J. Blanco, A.E. Huespe, R.A. Feijóo. Modelado Multiescala de Materiales : Análisis de Condiciones de Borde en Micro-Estructuras con Poros y/o Inclusiones que Alcanzan la Frontera del RVE In : Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, 2017, La Plata. Anais do ENIEF 2017. La Plata : Asociación Argentina de Mecánica Computacional, 2017. v.XXXV. p.1309 -1309.

## Seminaires invités

1. (Mar'2023) **XV Simpósio de Análise Numérica e Otimização (UFPR, Brazil)** (**visio**) Data-driven/Machine-learning approaches for computational homogenisation : replacing classical boundary conditions and constitutive models by data
2. (Nov'2021) **CRUNCH Group : Machine Learning + X seminars, Brown University** (**visio, disponible en ligne**) DeepBND : a Machine Learning approach to enhance Multiscale Solid Mechanics
3. **EAMC 2021 (2021)**, LNCC Galerkin convida Mr. Deep para um café (in Portuguese).
4. **Alumni Post-graduate Seminar (2021)**, LNCC Aprendizado de Máquina em Computação Científica com Aplicações à Solução Numérica de EDPs (in Portuguese).

## D'autres participation aux conférences (sans presentation)

---

- (16-20 Mai 2022), 15<sup>e</sup> Colloque National en Calcul des Structures, Giens, France.
- (14-15 Mai 2022), Juniors 15<sup>e</sup> Colloque National en Calcul des Structures, Giens, France.
- (10 Mars 2022) Journée scientifique Matériau-Numérique, SF2M - Société Française de Métallurgie et Matériaux, Paris, France.
- (13 Septembre 2021) Swiss Numerics Day 2021, Lausanne, Suisse <https://snd2021.epfl.ch/>.
- (8-10 Jan'2020) International Workshop on Scientific Machine Learning, University of Cologne, Germany.
- **MSML2020, (20-24 Jul'2020)** Mathematical & Scientific Machine Learning Conference, Online, Princeton University (Online Event).
- **mathml2020, (3-7 Aug'2020)** LMS-Bath Symposium on the Mathematics of Machine Learning, Online, University of Bath (Online Event).

## Logiciels/libraries opensources

---

1. (2022-) **ddfenics** : a FEniCs-based (Model-Free) Data-driven Computational Mechanics implementation [zenodo.org/badge/latestdoi/545056382](https://zenodo.org/badge/latestdoi/545056382).
2. (2020-) **micmacsfenics** : micmacsfenics : a FEniCs-based implementation of two-level finite element simulations (FE2) using computational homogenization. [zenodo.org/badge/latestdoi/341954015](https://zenodo.org/badge/latestdoi/341954015).
3. (2020-2022) **deepbnd** : implementation of the DeepBND method based on FEniCs and Tensorflow [zenodo.org/badge/latestdoi/296098609](https://zenodo.org/badge/latestdoi/296098609)
4. (2020-) **fetricks** : Useful tricks and some extensions for FEniCs and other FEM-related utilities (fe + tricks : where "fe" stands for FEM, FEniCs and me :)) [zenodo.org/badge/latestdoi/489339019](https://zenodo.org/badge/latestdoi/489339019)
5. (2023-) **matlib-fenics** : a FEniCs wrapper for Matlib (a general-purpose library for material behaviours) - avec Laurent Stanier (pas encore opensource).

## Education complementaire

---

- 2022 (30h) DATA-DRIVEN MECHANICS : CONSTITUTIVE MODEL-FREE APPROACH, CISM, Udine, Italy.
- 2020 (16h, listener) (MATH-631) Mathematical foundations of neural networks, EPFL, Lausanne, Switzerland.
- 2019 (36h, listener) Introdução ao Aprendizado de Máquina, LNCC, Petropolis, Brazil.
- 2018 (4h) Python for HPC, LNCC, Petropolis, Brazil.
- 2015 (6h) New Formulations of Finite Element Method, LNCC, Petropolis, Brazil.
- 2014 (32h) Biomech. Summerschool : Trends of Modelling, TUGraz, Graz, Austria.
- 2014 (4h) Topological Asymptotic Analysis, LNCC, Petropolis-RJ, Brazil.
- 2014 (7h) Object-Oriented Finite Element Method, LNCC, Petropolis-RJ, Brazil.

## Reviewer

---

- 2022- European Journal of Mechanics - A/Solids, Elsevier.
- 2022- Computational and Applied Mathematics, Springer.
- 2020- Engineering Computations, Emerald Publishing.
- 2021 National Congress of Applied and Computational Mathematics, CNMAC 2021 (Online Event), Brasil.
- 2021 Academic Meeting on Comp. Modelling, EAMC 2021, LNCC, Petropolis, Brazil.

## Participation en jury

---

- **2020, Bachelor's Final Project** Henrique Ribeiro da Silva, Dinâmica dos Fluidos Computacional : Uma aproximação paralelizada via Smoothed Particle Hydrodynamics, CEFET, Petropolis-RJ, Brazil.

## Organisation d'événements

---

- (**Volontaire**) « Festival des mathématiques », Rio de Janeiro, Brésil, 2017
- (**Volontaire**) « Congrès Français de Mécanique », Nantes, France, 2022.

## Autres Compétences

---

*Note : F-Fluent, M-Moyen, B-Basique.*

**Linguistiques** Portuguese (F), Français (F), Anglais (F), Italien (M), Espagnol (M), Allemand (B).

**Programmation** Python (F), C/C++ (F), Fortran 77/90 (F), Matlab (B).

**Libraries** FEniCs (F), Tensorflow/Keras (F), Numpy/Scipy (F), OpenMP (B), MPI/mpi4py (B), Petsc (B).

**Outils** Linux/Mac (F), Latex (F), Gmsh (F), , Git (M), Bash (M).

**Logiciels** Paraview (F), Inkscape (F), Office (F), Abaqus (B), Patran/Nastran (B).

## D'autres prix

---

- **2021 - Grant INRIA projet fleché Brésil (pas pris)** : projet concernant PINNs pour l'électromagnetism à l'équipe ATLANTIS (Sophia-Antipolis).
- **2019 - Concours pour l'accées à la fonction publique (pas pris)** Professeur assistant, Mathématiques appliqués, Université fédérale de Bahia, Brésil.
- **2017 - "Aluno nota 10" (LNCC)** : bourse FAPERJ, meilleur étudiant du programme doctorale.
- **2014 - "Aluno nota 10" (LNCC)** : bourse FAPERJ, meilleur étudiant du programme de master.
- **2012 - Summa cum Laude (UFRN)** : Licence en Génie Mécanique.
- **2006 - Medaille d'argent OBMEP-IMPA** : Olympiades Brésiliennes en Mathématique des écoles publiques.

## Références

---

*Note 1 : Postes écrits en anglais quand la correspondance en français n'est pas nette.*

*Note 2 : Classés en ordre chronologique.*

**Laurent Stainier** Professeur des universités (ECN),

*relation* Encadrant post-doctorat. Responsable de cours dont j'ai été assistant.

*contact* laurent.stainier@ec-nantes.fr.

**Thomas Heuzé** Maître des Conférences HDR (ECN),

*relation* Responsable de cours dont j'ai été assistant.

*contact* thomas.heuze@ec-nantes.fr.

**Annalisa Buffa** Full Professor (EPFL), Directrice de la Chaire "Numerical Modelling and Simulation",

*relation* Encadrant post-doctorat.

*contact* annalisa.buffa@epfl.ch.

**Simone Depais** Adjunct Professor (EPFL), Directeur exécutif du centre propédeutique ,

*relation* Encadrant post-doctorat. Responsable de cours dont j'ai été assistant.

*contact* simone.deparis@epfl.ch

**Pablo Javier Blanco** Full Researcher (LNCC), head of HeMoLab group (<http://hemolab.lncc.br/>), co-PI of the National Institute of Science and Technology in Medicine Assisted by Scientific Computing (INCT-MACC, <https://macc.lncc.br>).

*relation* Directeur et encadrant de thèse doctorat et master.

*contacts* pjblanco@lncc.br

**Eduardo de Souza Neto** Full Professor (Swansea University), head of civil engineering department.

*relation* encadrant pendant le période de mobilité à l'étranger lors de la thèse, collaborateur.

*contacts* e.desouzaneto@swansea.ac.uk