

Matthieu Caruel

Candidat au Comité National : collège B2 - section 11 (ex 9)

@ matthieu.caruel@u-pec.fr

research.caruel.eu

Université Paris-Est Créteil

Laboratoire Modélisation et Simulation Multi Échelle (MSME, UMR 8208)

PARCOURS PROFESSIONNEL

Depuis 2014 – Maître de Conférences (HDR)

Université Paris-Est Créteil, laboratoire Modélisation et Simulation Multi Échelle (MSME, UMR 8208)

- *Recherche* sur la modélisation de la contraction musculaire et de la neurotransmission en interaction forte avec la physiologie, la biologie moléculaire, la physique statistique et les mathématiques appliquées
- *Enseignement* général de mécanique et biomécanique à l'Université Paris-Est Créteil, à l'École Polytechnique et à Université de Florence (ERASMUS+)

2011-2014 – Post-Doctorat

Inria, équipe MEDISIM, Palaiseau, France

- Modélisation et simulation de la contraction cardiaque
- Collaboration : Philippe Moireau et Dominique Chapelle

2008-2011 – Doctorat

Laboratoire de Mécanique des Solides, École Polytechnique, Palaiseau, France

- Modélisation du comportement collectif de moteurs moléculaire
- Direction : Lev Truskinovsky et Jean-Marc Allain

ACTIVITÉS DE RECHERCHE

Dynamique des changements de conformation des protéines [1, 8-10, 13-15]

- *Objectif.* Comprendre des effets des couplages mécaniques sur la cinétique des changements conformationnels collectifs qui interviennent dans différents processus biologiques.
- *Méthodes.* Modélisation mécanique statistique de systèmes multistable avec couplage élastique à longue portée.
- Application à la contraction musculaire et la neurotransmission.

Modélisation mécanique des moteurs moléculaires [2-4, 7]

- *Objectif.* Proposer un modèle mécano-chimique de la production de force par les moteurs moléculaire.
- *Méthode.* Modélisation stochastique (processus de diffusion avec saut) et dynamique moléculaire. Formulation de modèles réduits pour la simulation multiéchelle.

Simulation multiéchelle de la contraction cardiaque [5, 6, 15]

- *Objectif.* Formuler et calibrer des modèles pour appuyer les décisions cliniques par des indicateurs physiologiques simulés en complément de données mesurées.
- *Méthodes.* Mécanique multiphysique et implémentation numérique de modèles. Calibration et validation sur des données physiologiques.
- Travaux ayant contribué à la création de la start-up AnaestAssist portée par un ancien doctorant (F. Kimmig).

COLLABORATIONS

- **Inria, équipe MEDISIM** notamment avec J.-M. Allain (LMS), D. Chapelle et P. Moireau.
- **J.E. Rothman**, biochimiste, Prix Nobel de Physiologie-Médecine 2013 (Yale) et **F. Pincet** (ENS, Paris), spécialistes des mécanismes moléculaires de la neurotransmission.
- **Anne Houdusse**, chercheuse de l'institut Curie, spécialiste en des moteurs moléculaires.
- **PhysioLab** (Florence, Italie, V. Lombardi et M. Linari) experts en physiologie expérimentale.
- **S. Ruffo** (SISSA, Italie) Physicien spécialisé dans les systèmes complexes avec interactions à longue portée.

FORMATION, DISTINCTIONS

- **2022-2023** Certification “Data Sciences” et Intelligence Artificielle (UPEC)
- **2015** Prix des talents de l'Outre-Mer
- **2011** École Polytechnique (Master, 2007 ; Doctorat, 2011)
- **2008** Lauréat de la bourse d'excellence Monge (École Polytechnique)
- **2007** École Nationale des Ponts et Chaussées, Génie Mécanique et Matériaux (2007)

RESPONSABILITÉS SCIENTIFIQUES ET RAYONNEMENT

2026-2031 Coordinateur du Projet MesoCardio dans le cadre du PEPR Math VivES (budget 600 k€). Partenaires : ENPC (laboratoire CERMICS), Inria (équipe M Ξ DISIM), Université de Florence (PhysioLab).

2023 Rapporteur pour l'appel "Preludium 2022" du National Science Center (Pologne)

2018- Coordinateur de l'équipe travaillant sur le projet transversal "MyoMech" (Modélisation multi échelle de la contraction musculaire) au MSME

2018-2021 Responsable de la communication de l'équipe de Biomécanique au MSME

2016-2024 Co-encadrement de 4 thèses

2020 Membre du comité scientifique de la conférence "Virtual Physiological Human 2020" (Paris)

2018 Organisation d'un mini-symposium sur la mécanique de la contraction musculaire dans le cadre des journées du GDR Mecabio

Expertise d'article notamment pour : Journal of Elasticity, Soft Matter, eLife, PNAS, Scientific Reports, Communications Physics, Physical Review E

PUBLICATIONS

Dans la liste ci-dessous, les noms soulignés sont ceux des doctorants et post-doc que j'ai encadré.

Article dans des revues à comité de lecture (ordre chronologique)

- [1] **Caruel, M.**, Pincet, F., Dual-Ring SNAREpin Machinery Tuning for Fast Synaptic Vesicle Fusion. *Biomolecules* 14, p. 600. (2024)
- [2] Chaintron, L.-P., **Caruel, M.**, Kimmig, F., Modeling Actin-Myosin Interaction : Beyond the Huxley-Hill Framework. *MathematicS In Action* 12, p. 191-226. (2023)
- [3] Chaintron, L.-P., Kimmig, F., **Caruel, M.**, Moireau, P., A Jump-Diffusion Stochastic Formalism for Muscle Contraction Models at Multiple Timescales. *J. Appl. Phys.* 134, p. 194901. (2023)
- [4] Manevy, R., Detrez, F., **Caruel, M.**, Houdusse, A., Navizet, I., Molecular Interactions Leading to Phosphate Release with Discrimination between Pre-Powerstroke and Pi-Release Structures. *Int. J. of Mol. Sci.* (submitted). (2023)
- [5] Kimmig, F., **Caruel, M.**, Chapelle, D., Varying Thin Filament Activation in the Framework of the Huxley'57 Model. *Int. J Numer. Meth. Bio.* 38, e3655. (2022)
- [6] Kimmig, F., **Caruel, M.**, Hierarchical modeling of force generation in cardiac muscle. *Biomech. Model Mechanobiol.* 19, p. 2567-2601. (2020)
- [7] **Caruel, M.**, Moireau, P., Chapelle, D., Stochastic modeling of chemical-mechanical coupling in striated muscles. *Biomech. Model. Mechanobiol.* 104, p. 20, 114-27. (2019)
- [8] Manca, F., Pincet, F., Truskinovsky, L., Rothman, J. E., Foret, L., **Caruel, M.**, SNARE machinery is optimized for ultrafast fusion. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 116, p. 2435-2442. (2019)
- [9] **Caruel, M.**, Truskinovsky, L., Physics of muscle contraction. *Rep. Prog. Phys.* 81, p. 036602. (2018)
- [10] **Caruel, M.**, Truskinovsky, L., Bi-stability resistant to fluctuations. *J. Mech. Phys. Solids* 81, p. 036602. (2017)
- [11] Prakash, M., Lemaire, T., **Caruel, M.**, Lewerenz, M., Leeuw, N. H., Di Tommaso, D., Naili, S., Anisotropic diffusion of water molecules in hydroxyapatite nanopores. *Phys. Chem. Minerals* 365, p. 433. (2017)
- [12] Prakash, M., Lemaire, T., Di Tommaso, D., Leeuw, N., Lewerenz, M., **Caruel, M.**, Naili, S., Transport properties of water molecules confined between hydroxyapatite surfaces : A Molecular dynamics simulation approach. *Appl. Surf. Sci.* 418, p. 296-301. (2017)
- [13] **Caruel, M.**, Truskinovsky, L., Statistical mechanics of the Huxley-Simmons model. *Phys. Rev. E* 93, p. 062407. (2016)
- [14] **Caruel, M.**, Allain, J.-M., Truskinovsky, L., Mechanics of collective unfolding. *J. Mech. Phys. Solids* 76, p. 237-259. (2015)
- [15] **Caruel, M.**, Chabiniok, R., Moireau, P., Lecarpentier, Y., Chapelle, D., Dimensional reductions of a cardiac model for effective validation and calibration. *Biomech. Model. Mechanobiol.* 13, p. 897-914. (2014)
- [16] **Caruel, M.**, Allain, J.-M., Truskinovsky, L., Muscle as a metamaterial operating near a critical point. *Phys. Rev. Lett.* 110, p. 248103. (2013)
- [17] Costa, R., Hafsaoui, J., Almeida de Oliveira, A. P., Grosjean, A., **Caruel, M.**, Chesnaud, A., Thorel, A., Tape casting of proton conducting ceramic material. *J. Appl. Electrochem.* 39, p. 485-495. (2008)

Thèse de doctorat et HDR

- [18] **Caruel, M.** « La Contraction Musculaire en Quatre Échelles ». HDR, Université Paris-Est Sup, 2025.
- [19] **Caruel, M.** « Mechanics of Fast Force Recovery in Striated Muscles ». Thèse de doct., École Polytechnique, 2011.