

Spécialité : PHYSIQUE / Physique statistique

[Laboratoire : /SPEC/SPHYNX](#)

Physique à plusieurs corps des défauts topologiques dans les matériaux actifs

Responsable de stage : NARDINI Cesare et MAITRA Ananyo

cesare.nardini@gmail.com

Tel : +33 1 69 08 7072

Stage pouvant se prolonger en thèse : Oui

Durée du stage : 3 mois

Résumé:

Comprendre la physique à plusieurs corps des défauts topologiques dans les matériaux actifs, avec une combinaison de techniques analytiques et numériques ; explorer leur pertinence pour les phénomènes collectifs dans les systèmes actifs et vivants.

Sujet :

De nombreuses caractéristiques spatio-temporelles des matériaux biologiques et actifs, de la morphogenèse à la structure des assemblées denses de colloïdes autopropulsés, sont causées et contrôlées par des défauts topologiques [2]. Les propriétés de ces défauts présentent cependant plusieurs énigmes : dans les systèmes en équilibre, les défauts topologiques se comportent de manière assez similaire aux charges électriques : ils ne peuvent être ni créés ni détruits et les défauts de même charge se repoussent alors que les charges opposées s'attirent. Pourtant, de nombreuses structures observées dans les matériaux vivants et actifs nécessitent que les défauts de même charge se regroupent. Comment cela est-il possible ? Comment les interactions entre les défauts actifs diffèrent-elles de leurs homologues passifs ? Les transitions de phase induites par les défauts sont-elles modifiées par l'activité, et quelles sont les propriétés des structures ordonnées par ces défauts ? Telles sont les questions primordiales auxquelles ce projet théorique tentera de fournir des réponses.

Le stage se concentrera sur l'étude des interactions à deux corps des défauts dans un modèle minimal de matière active en utilisant des techniques analytiques et numériques. Le point de départ sera les théories de champ qui ont été développées au cours des 20 dernières années pour décrire la matière active [1]. Nous calculerons explicitement les interactions entre deux défauts dans les nématiques actives, puis dans d'autres phases ordonnées telles que les hexatiques, en généralisant les méthodes développées pour les systèmes passifs [3]. La dynamique stochastique obtenue pour les défauts sera intégrée numériquement pour prédire les phases ordonnées par défaut qui peuvent apparaître. Le projet peut être poursuivi en thèse de doctorat.

[1] M.C. Marchetti et al, Rev. Mod. Phys. 85, 1143 (2013); [2] S. Shankar et al., Nat. Rev. Phys. 4.6 (2022); [3] G. F. Mazenko, Phys. Rev. Lett. 78, 401 (1997); [4] H. S. Seung et al. Phys. Rev. A 38, 1005 (1988); [5] L.A. Hoffmann, et al., Science advances 8.15 (2022); [6] L.M. Pismen, Phys. Rev. E 88 (2013).

Many-body physics of topological defects in active materials

Abstract:

Understanding the many-body physics of topological defects in active materials with a combination of analytical and numerical techniques; exploring their relevance for collective phenomena in active and living systems.

Subject :

Many space-time features of biological and active materials, from morphogenesis to the structure of dense assemblies of self-propelled colloids, are caused and controlled by topological defects [2]. The properties of these defects, though, present several puzzles: in equilibrium systems, topological defects behave quite similarly to electric charges: they can neither be created nor destroyed and defects of the same charge repel while opposite charges attract. Yet, many of the observed structures of living and active materials require defects of the same charge to cluster together. How is this possible? How do the interactions between active defects differ from their passive counterparts? Are defect-driven phase transitions changed by activity, and what are the properties of defect-ordered structures? These are the overarching questions that this theoretical project will seek to answer.

The internship will focus on investigating the two-body interactions of defects in a minimal model of active matter using analytical and numerical techniques. The starting point will be field theories that have been developed in the last 20 years to describe active matter [1]. We will explicitly calculate two-defect interactions in active nematics and then in other ordered phases such as hexatics, generalising methods developed for passive systems [3]. The obtained stochastic dynamics for defects will be integrated numerically to predict the defect-ordered phases that may arise. The project is suitable for being continued as a PhD.

[1] M.C. Marchetti et al, Rev. Mod. Phys. 85, 1143 (2013); [2] S. Shankar et al., Nat. Rev. Phys. 4.6 (2022); [3] G. F. Mazenko, Phys. Rev. Lett. 78, 401 (1997); [4] H. S. Seung et al. Phys. Rev. A 38, 1005 (1988); [5] L.A. Hoffmann, et al., Science advances 8.15 (2022); [6] L.M. Pismen, Phys. Rev. E 88 (2013).
