

Offre de Stage

Titre : Vers une SHM avancée via une approche statistique des réseaux d'oscillateurs couplés

Notre équipe :

L'Université Gustave Eiffel (UGE) et l'École Nationale des Travaux Publics de l'État (ENTPE) sont toutes deux réputées pour leur excellence en matière de recherche scientifique. Un de leurs objectifs est de développer des techniques de surveillance de la santé des structures (SHM) en couplant étroitement les statistiques et la modélisation physique/mathématique. Elle vise l'élaboration de méthodes de SHM robustes, efficaces et autonomes pour des applications aux structures civiles, électriques, mécaniques et aéronautiques.

Contexte :

Les approches de diagnostic par évaluation non destructive sont de plus en plus développées afin de garantir la pérennité des structures. De telles méthodes nécessitent l'usage de modèles mécaniques avancés, pouvant être basés sur la microstructure des matériaux. Ces modèles ont l'avantage de permettre l'introduction de défauts à l'échelle microscopique, *i.e.* avant que les niveaux d'endommagement critiques ne soient atteints. Néanmoins, les modèles directs à une échelle moléculaire malgré leur simplicité sont trop coûteux en temps de calcul pour être exploités à l'échelle de structures macroscopiques (de grandes dimensions). Ainsi des méthodes mésoscopiques comme la méthode de Lattice Boltzmann (LBM) présentent un compromis intéressant [1]. D'autre part, les modèles de Kuramoto [2] représentant un réseau synchronisant, peuvent offrir un lien entre LBM et microstructure.

Objectifs & tâches :

L'objectif de ce stage est de construire mathématiquement le passage d'un réseau d'oscillateurs synchronisant de type Kuramoto vers une équation Boltzmann. Les hiérarchies de BBGKY [3,4] et autres constructions similaires existantes pour les plasmas seront des ressources utiles. Ainsi la démarche envisagée est la suivante:

- Documentation et appropriation des équations et outils.
- Étude d'un réseau d'oscillateurs composant une microstructure atomique.
- Modification de la hiérarchie BBGKY classique.
- Établissement de la passerelle entre le réseau d'oscillateurs et l'équation de Boltzmann.

Mot Clés : LBM, équation de Vlasov, équation de Boltzmann, oscillateur de Kuramoto.

Contrat & statut :

Durée du stage : 5 à 6 mois environ

Date de début : printemps 2026

Lieu : ENTPE proche Lyon ou UGE proche Nantes

Contact & Candidature:

Candidature ou question par email avec le sujet "stage Kuramoto" à Romain NOËL (romain.noel@univ-eiffel.fr) et Alireza TURE SAVADKOOHI (alireza.turesavadkoohi@entpe.fr).

Profil :

Ce sujet est adapté à un TFE ou stage de Master 2 pour les étudiants en génie civil, mathématique ou mécanique. Il peut être aussi le point de départ d'une thèse de doctorat via le couplage avec l'industrie.

References:

- [1] Succi, S. (2018). *The lattice Boltzmann equation: for complex states of flowing matter*. Oxford University Press.
- [2] Strogatz S. H. (2000), From Kuramoto to Crawford: exploring the onset of synchronization in populations of coupled oscillators, “*Physica D*” 143, 1-20
- [3] Huang, K. (1987). *Statistical Mechanics*, Wiley, New York, 1987.
- [4] Minier, J.-P. (2016), Statistical descriptions of polydisperse turbulent two-phase flows, “*Physics Reports*”, 665, 1-122