

## **Annonce de soutenance de thèse**

**Mohammed EL ISMAILI**

Soutiendra publiquement sa thèse intitulée

**Mélanges colloïdaux binaires hors équilibre : Système  
expérimental magnétique et simulations de mélanges actifs de  
Lennard-Jones**

Pour l'obtention du titre de

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE LORRAINE**

**Mention : PHYSIQUE**

**Le 29 novembre 2022 à 14h à l'Amphithéâtre de l'ISEA (7, Rue Marconi, Metz Technopôle).**

### **Membres du jury :**

Rapporteurs :	M. Nicolas VANDEWALLE	Pr., Université de Liège, Liège
	M. Joachim WITTMER	DR CNRS, Institut Charles Sadron, Strasbourg
Examineurs :	Mme Avin BABATAHERI	IR, École Polytechnique, Palaiseau
	Mme Andreea PASC	Pr., Université de Lorraine, Nancy
Directrice de thèse :	Mme Hong XU	Pr., Université de Lorraine, Metz
Co-directeur de thèse :	M. David GONZALEZ-RODRIGUEZ	MCF, Université de Lorraine, Metz
Co-encadrante :	Mme Lydiane BÉCU	MCF, Université de Lorraine, Metz

## Résumé

Les systèmes vivants consomment continuellement de l'énergie et ont ainsi accès à des états hors-équilibre qui leur confèrent des propriétés fascinantes. L'étude physique des systèmes vivants repose souvent sur des analogies avec des systèmes de la matière molle, tels que les colloïdes. Dans cette thèse, nous investiguons deux systèmes colloïdaux bidimensionnels hors l'équilibre thermodynamique, qui présentent des phénomènes d'auto-assemblage, de viscoélasticité, de transitions de phase et de ségrégation semblables à ceux de certains systèmes biologiques.

Dans la première partie de la thèse, nous étudions expérimentalement et théoriquement la dynamique des agrégats de colloïdes paramagnétiques sous un champ magnétique tournant, qui agit comme une source constante d'énergie. Nous caractérisons la dynamique de rotation des agrégats, que nous expliquons par un modèle théorique qui décrit l'émergence de propriétés viscoélastiques collectives. Le modèle capture avec succès la dépendance entre la vitesse de rotation mesurée et les caractéristiques des particules, des agrégats et du champ, et il fournit une estimation de la viscoélasticité de l'agrégat. Nous étendons notre étude au cas des agrégats binaires de deux types de colloïdes, qui ont des tailles et des susceptibilités magnétiques différentes. La dynamique des agrégats en fonction des compositions est correctement décrite par notre modèle théorique généralisé. Nous caractérisons également l'évolution de la structure de ces agrégats binaires, qui rappelle la ségrégation entre deux liquides non miscibles. Motivés par les phénomènes d'étalement des agrégats vivants, nous étudions ensuite le désassemblage d'un agrégat de colloïdes en réponse à un changement du champ magnétique externe, par expérience et théorie.

Dans la deuxième partie de la thèse, nous étudions un mélange binaire de colloïdes de Lennard-Jones actifs et passifs, caractérisés par deux températures effectives différentes, ce qui correspond à une différence d'activité scalaire. Nous effectuons des simulations de dynamique moléculaire où les deux types de colloïdes sont couplés à deux thermostats différents. Nous nous intéressons à deux systèmes de référence à l'équilibre thermodynamique : un mélange homogène et un système interfacial gaz-liquide. Nous amenons ces systèmes à des états stationnaires hors-équilibre en introduisant une différence de température effective entre les deux espèces, et nous étudions systématiquement les changements de structure et propriétés qui en résultent. Pour le système homogène, l'introduction d'une différence d'activité entre les deux espèces déplace le mélange du solide vers l'état liquide et le rend plus déformable que ce qui correspondrait à la température effective moyenne du système. Lorsque la différence d'activité dépasse un certain seuil, des phénomènes de ségrégation sont observés. Pour le système interfacial, nous étudions l'effet de l'activité sur une interface gaz-liquide pré-existante entre deux espèces séparées. Nous constatons qu'une différence d'activité élevée induit la formation de nouvelles interfaces solide-liquide, tandis qu'une différence faible déstabilise les interfaces liquide-gaz préexistantes. De plus, la combinaison d'une interface préexistante avec une activité différentielle conduit à une cristallisation partielle et donc à une coexistence de trois phases (solide, liquide et gaz).

Les résultats obtenus dans ces systèmes idéalisés pourraient guider notre compréhension et mettre en évidence des mécanismes physiques présents dans les systèmes biologiques, où des comportements dynamiques similaires sont observés.

**Mots-clés** : Matière active, colloïdes magnétiques, auto-organisation, mélange binaire, interfaces, dynamique moléculaire.