

## PHD THESIS

MIE CBI Ecole doctorale de la Sorbonne.

Contact Annie Colin pour plus d'information. [annie.colin@espci.fr](mailto:annie.colin@espci.fr)

Le dossier de candidature est à rendre le 6 avril à CBI et le 15 avril à l'université pour le concours.

Français (Anglais voir ci dessous)

Les peintures, la boue, le béton sont des matériaux industriels courants, formés par la dispersion de particules solides dans un liquide. Ces suspensions sont des fluides complexes, difficiles à manipuler lorsqu'elles sont concentrées ou lorsque les particules interagissent de manière attractive [1,2,3]. Dans cette thèse, nous proposons d'étudier une technique permettant de fluidifier les suspensions sans changer leur formulation : en injectant de l'énergie dans le matériau au moyen d'ultrasons. Cette méthode, très prometteuse, est une technique verte car elle permet de manipuler les suspensions sans ajouter de produits chimiques. Elle n'a pas encore été étudiée en profondeur pour ce type de matériau. Pour cela, nous allons étudier en même temps les flux modèles, pour caractériser la rhéologie des suspensions vibrées, et les flux de revêtement et d'extrusion, au plus près des applications.

Ce travail a un double objectif : d'un point de vue fondamental, nous souhaitons identifier les mécanismes qui permettent aux vibrations de fluidifier les suspensions. Du point de vue des applications, ce travail nous permettra de proposer des solutions optimisées pour la mise en forme de ces matériaux. Il ouvre également la voie à de nouveaux systèmes dans lesquels la transition solide/liquide est contrôlée par les ultrasons, et qui pourraient ainsi être imprimés en trois dimensions. Pour répondre à la première question, nous mesurerons d'abord les propriétés rhéologiques (c'est-à-dire la courbe d'écoulement du fluide) à une pression imposée (et non à une fraction liquide imposée) dans un rhéomètre équipé d'un émetteur d'ultrasons. Ces courbes nous permettront de faire le lien entre la contrainte de cisaillement, la pression des particules, la fraction volumique et l'énergie injectée par l'ultrason. Ce travail nécessite l'adaptation du rhéomètre et la construction d'une cellule.

Différents systèmes seront testés afin de sonder l'influence des forces d'attraction, des forces de répulsion entre les particules. La rugosité des particules sera également variée. Le coefficient de frottement entre les particules sera mesuré à l'aide de lames vibrantes de pointe [2]. À la fin de cette étude, nous fournirons un diagramme de phase dans le plan des paramètres forces d'attraction-répulsion, de la fraction solide, du coefficient de friction, de l'énergie ultrasonore et de la viscosité de l'échantillon.

Dans un deuxième temps, la connaissance de ces courbes nous permettra d'utiliser cette technologie dans le cadre d'écoulement élogationnel. Cela peut ouvrir la voie à l'impression 3D de dispersions très concentrées et donc à l'obtention de formes très bien définies. Dans le domaine de l'impression des maisons, elle permettra de réduire le temps de séchage et la consommation d'eau. Ceci peut aussi être une technique de remplissage de flacon sur une ligne industrielle.

L'étudiant doit être un expérimentateur. Des connaissances en matière de formulation et de mesures rhéologiques seront appréciées.

English version

Paints, mud are common industrial materials, formed by dispersion of solid particles in a liquid. These suspensions are complex fluids, difficult to handle when they are concentrated or when the particles interact in an attractive way [1,2,3]. In this PhD, we propose to study a technique allowing to fluidify the suspensions without changing their formulation: in injecting energy into the material by means of ultrasound. This method, very promising is a green technic as it allows to manipulate suspensions without adding chemicals. It has not yet been studied in depth for this type of material. For this purpose we will study at the same time model flows, to characterize the rheology of the vibrated suspensions, and the coating and extrusion flows, close to applications.

This work has a double objective: from a fundamental point of view, we wish to identify the mechanisms that allow the vibrations to fluidify the suspensions. From the point of view of applications, this work will enable us to propose optimized solutions for the shaping of these materials. It also opens the path to new systems in which the solid/liquid transition is controlled by ultrasound, and which could thus be printed in three dimensions.

To answer the first question we will first measure the rheological properties (i.e. the flow curve of the fluid) at imposed pressure (and not imposed liquid fraction) in a rheometer equipped with an ultrasonic emitter. These curves will allow us to make the link between the shear stress, the particle pressure, the volume fraction and the energy injected by the ultrasound.

This work requires the adaptation of the rheometer and the construction of a cell.

Various systems will be tested in order to probe the influence of attractive forces, repulsive forces between particles. The roughness of the particles will also be varied. The friction coefficient between particles will be measured using state of the art tuning fork measurements [2].

At the end of this study, we will deliver a phase diagram in the parameter plane attractive-repulsive forces, solid fraction, friction coefficient, ultrasound energy, and viscosity of the sample.

In a second step, the knowledge of these curves will allow us to use this technology in elongational flow and to see how it will help the printing of concentrated particles ink. This can open the road to the printing of very concentrated dispersions and thus to the obtention of very well defined shapes. In the field of house printing, it will decrease the drying time and the water consumption.

The student has to be an experimentalist. Formulations knowledge and Rheological measurements knowledge will be appreciated.

1/Ovarlez, G., Le, A.V.N., Smit, W.J., Fall, A., Mari, R., Chatté, G. and Colin, A., 2020. Density waves in shear-thickening suspensions. *Science Advances*, 6(16), p.eaay5589.

2/Chatté, Guillaume, et al. "Shear thinning in non-Brownian suspensions." *Soft matter* 14.6 (2018): 879-893.

3/Comtet, Jean, Guillaume Chatté, Antoine Niguès, Lydéric Bocquet, Alessandro Siria, and Annie Colin. "Pairwise frictional profile between particles determines discontinuous shear thickening transition in non-colloidal suspensions." *Nature communications* 8, no. 1 (2017): 1-7.