

Imagerie ultrasonore de suspensions de particules non-browniennes

B. SAINT-MICHEL^a, S. MANNEVILLE^a, H. BODIGUEL^b, S. MEEKER^b

a. Laboratoire de physique de l'ENS de Lyon, bsaintmichel@gmail.com

b. Laboratoire du Futur, CNRS UMR 5258

Résumé :

Nous présentons un système nouveau d'étude du comportement de fluides complexes, s'appuyant sur des mesures rhéologiques globales ainsi que des mesures ultrasonores à deux dimensions résolues en temps. Ces mesures permettent de récupérer une composante du champ de vitesses, mais également la concentration en particules. Nous détaillons ses avantages et ses limitations lors d'expériences avec des suspensions de particules non-Browniennes.

Abstract:

We report experiments probing the behaviour of complex fluid and gels, consisting of classical rheological measurements coupled to an ultrasonic time resolved two-dimensional apparatus. This system measures both one component of the velocity field and the particle concentration in the rheometer gap. We discuss the strengths and the limitations of this system studying a suspension of non-Brownian particles.

Mots clefs : ultrasons; rhéologie; suspensions

1 Introduction (16 gras)

L'étude de la rhéologie des solides mous et des fluides non-newtoniens se heurte encore aujourd'hui à de nombreux obstacles qu'ils soient d'ordre théorique, notamment au niveau d'une description unifiée des comportements transitoires et permanents [1] de tels matériaux, ou expérimentaux, certains fluides posant naturellement des difficultés d'étude locale à cause de leur turbidité ou de leur sensibilité à l'ajout de traceurs. Dans le cas des suspensions, une difficulté supplémentaire réside dans l'interaction entre le champ de vitesse des deux phases et le champ de concentration en particules, donnant lieu à divers phénomènes physiques (migration, sédimentation) pouvant gouverner la rhéologie globale de la suspension.

Parallèlement, de nouvelles techniques d'investigation empruntées au milieu médical ont été développées, comme les IRM [2] et l'imagerie ultrasonore [3], et appliquées avec succès à la rhéologie des suspensions. Cette dernière technique offre une bonne résolution spatiale et temporelle, est peu intrusive et permet d'étudier des liquides turbides. Nous souhaitons donc étudier le couplage entre le

champ de concentration et le champ de vitesses local par imagerie ultrasonore dans des suspensions concentrées, ce qui semble au cœur de la compréhension d'un grand nombre d'interrogations (apparition de contrainte seuil, rhéofluidification) liées aux suspensions.

2 Description du montage

Nous rappellerons dans cette présentation les détails de notre système d'imagerie ultrasonore, basée sur un arrangement de 128 transducteurs émettant une onde plane et enregistrant les échos résultant de la diffusion des particules contenues dans notre cellule de Couette. Notre système fabriqué sur mesure s'affranchit des contraintes médicales (traitement temps réel) en enregistrant les échos ultrasonores pour un traitement ultérieur, ce qui nous permet une résolution temporelle élevée.

Nous discuterons des étapes de formation de voie ainsi que des techniques de corrélation permettant de retrouver la composante toroïdale du champ des vitesses dans le fluide, ainsi que des techniques de détection d'enveloppe permettant de remonter à la concentration en particules.

3 Aperçu des performances, perspectives

Nous discuterons enfin des performances du système, en utilisant des particules typiques (Polystyrène et verre sodocalcique) d'une taille comparable à la longueur d'onde de nos ultrasons suspendues dans des mélanges d'eau et de glycérol. Nous tenterons de définir un critère distinguant la limite de diffusion multiple de la diffusion simple, et nous examinerons la possibilité de remonter à une information quantitative précise sur la concentration locale de particules dans l'écoulement ; plus généralement, les limitations dont peut souffrir notre montage.

Nous testerons un tel modèle sur le cas de la resuspension visqueuse [4] ainsi que sur les rouleaux de Taylor [5], où les particules se localisent à l'extérieur ou au centre des rouleaux en fonction de leur densité relative au fluide suspendant.

Références

- [1] N. J. Balmforth, I. A. Frigaard and G. Ovarlez, Yielding to Stress : Recent Developments in Viscoplastic Fluid Mechanics, *Annual Review of Fluid Mechanics*, {\bf 46}, 121-146 (2014)
- [2] A. Fall, F. Bertrand, G. Ovarlez and D. Bonn, Shear Thickening of Cornstarch Suspensions, *Journal of Rheology*, {\bf 56}, 575 (2012)
- [3] T. Gallot, C. Perge, V. Grenard, M.-A. Fardin, N. Taberlet and S. Manneville, Ultrafast Ultrasonic Imaging Coupled to Rheometry: Principle and Illustration, *Review of Scientific Instruments*, {\bf 84}, 045107 (2013)
- [4] D. Leighton, A. Acrivos, Viscous Resuspension, *Chemical Engineering Science*, {\bf 41}, 1377-1384 (1986)
- [5] Y. Shiomi, H. Kutsuna, K. Akagawa, and M. Ozawa (2012). Bubble and Particle Behavior in Taylor-and Spiral-Vortex Flows, in : A. Serizawa, T. Fukano and J. Bataille, editors, *Advances in Multiphase Flow*, Elsevier Science B. V., Amsterdam, 1995, pp. 17-26