

Fluides à seuil – Un comportement en écoulement complexe recherché

Edith Peuvrel-Disdier, Bruno Vergnes et Anselmo Pereira

Mines Paris, PSL University, Centre for material forming (CEMEF), UMR CNRS
06904 Sophia Antipolis Cedex, France

* edith.peuvrel-disdier@minesparis.psl.fr

Mots-clés : Fluides à seuil, nanocomposites, écoulement, comportement

Résumé :

Les fluides à seuil se caractérisent par un comportement solide élastique si la contrainte générée par l'écoulement est inférieure à une contrainte seuil, et un comportement de liquide non-newtonien au-delà de cette contrainte. De nombreux matériaux présentent ce type de comportement : suspensions de fibres ou de particules solides ou 'soft', nanocomposites, fluides de la vie de tous les jours (mayonnaise, ketchup, dentifrice, shampoing...). La contrainte seuil est la signature à l'échelle macroscopique d'interactions développées à l'échelle de la microstructure (forces attractives/répulsives intermoléculaires, frottement, ponts capillaires...), conduisant à une structure percolée. Ce comportement solide-liquide confère au matériau un comportement complexe, pouvant être bloquant (solide dans les zones mortes, blocage de l'écoulement), mais aussi recherché (impression 3D par exemple). Il est donc primordial de comprendre et modéliser le comportement de cette catégorie de fluides dans des géométries d'écoulement représentatives des procédés. Mon exposé s'articulera en trois parties :

- La présentation du comportement rhéologique en cisaillement, les particularités et les modèles utilisés pour décrire cette catégorie de fluides,
- Un exemple d'étude sur les nanocomposites où la contrainte seuil (mesure rhéologique) est utilisée comme descripteur de l'état de dispersion de la nanocharge à l'échelle nanométrique au sein de la matrice polymère [1] : Nous nous sommes intéressés à la caractérisation de l'état de dispersion de la charge au sein de la matrice polymère [2-3], la relation entre l'état de dispersion et les paramètres du procédé de mélangeage (mélangeur interne, extrusion) [4-5]. Le couplage de données expérimentales et d'une analyse du procédé permet de déterminer des conditions de mélangeage pour un état de dispersion optimal [6]. La question de la mesure de l'état de dispersion dans les nanocomposites reste d'actualités. Activité de recherche menée avec mon collègue Bruno Vergnes.
- Un exemple d'étude du comportement de fluides viscoplastiques lors d'un écoulement élongationnel : La formation d'objets, de gouttes passe par l'affinement d'un filament et sa rupture, dans le cas présent sous l'effet de la gravité. Lors de cette phase d'affinement, le fluide est majoritairement soumis à un champ élongationnel. L'approche choisie repose sur un couplage expérimental-modélisation-simulation numérique. Ce couplage permet de mettre en évidence les différents régimes d'écoulement dans le temps et de comprendre les forces dominantes. Cette étude, menée en collaboration avec mon collègue Anselmo Pereira, s'intègre dans l'axe de recherche 'Soft Matter', piloté par A. Pereira, où nous nous intéressons à la compréhension et à la modélisation de l'élaboration d'objets 'mous' dans des conditions d'écoulement contrôlées (dripping, impact de gouttes [7-9], microfluidique...).

Références :

- [1] B. Vergnes, [The Use of Apparent Yield Stress to Characterize Exfoliation in Polymer Nanocomposites](#), *Int. Polym. Proc.*, 2011, **26**, 229-232
- [2] R. Zouari *et al.*, [Time-evolution of the structure of organoclay/polypropylene nanocomposites and application of the time/temperature superposition principle](#), *J. Rheol.*, 2012, **56**, 725-742; [3] T. Domenech *et al.*, [Formation of Fractal-like Structure in Organoclay-Based Polypropylene Nanocomposites](#), *Macromol.* 2014, **47(10)**, 417–3427
- [4] T. Domenech, *et al.*, [The importance of specific mechanical energy during twin screw extrusion of organoclay based polypropylene nanocomposites](#), *Compos. Sci. Technol.*, 2013, **75**, 7-14
- [5] G. Normand *et al.*, [Matrix degradation during high speed extrusion of polypropylene/clay nanocomposites - influence on filler dispersion](#), *Intern. Polym. Process.* 2016, **XXXI**, **4**, 508-516
- [6] G. Normand *et al.*, [Attempts of optimization of dispersion in polypropylene/clay nanocomposites prepared by twin-screw extrusion](#), *Intern. Polym. Process.*, 2017, **XXXII**, **1**, 129-137
- [7] K. Isukwem *et al.*, [The role of viscoplastic drop shape in impact](#), *J. Fluid Mech.*, 2024, 978, A1.
- [8] K. Isukwem *et al.*, [Viscoplastic Drops Impacting a Free-Slip Surface](#), *Int. J. Multiph. Flow*, 2025, **187**, 105177
- [9] K. Isukwem *et al.*, [Viscoplastic elliptical objects impacting a solid surface](#), *Phys. Fluids*, 2024, **36**, 033125