



**HAL**  
open science

## Etude comparative des écoulements autobloquants dans différents types d'écoulement

Georges Bossis, Yan Grasselli, Alain Ciffreo, Olga Volkova

### ► To cite this version:

Georges Bossis, Yan Grasselli, Alain Ciffreo, Olga Volkova. Etude comparative des écoulements autobloquants dans différents types d'écoulement. Colloque 2021 du Groupement De Recherche "Micropesanteur Fondamentale et Appliquée", Groupement De Recherche "Micropesanteur Fondamentale et Appliquée", Nov 2021, Carry-Le-Rouet, France. pp.85-86. hal-03564215

**HAL Id: hal-03564215**

**<https://hal.science/hal-03564215v1>**

Submitted on 10 Feb 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Etude comparative des écoulements autobloquants dans différents types d'écoulement

Georges Bossis<sup>1</sup>, Yan Grasselli<sup>2</sup>, Alain Cifre<sup>1</sup> Olga Volkova<sup>1</sup>

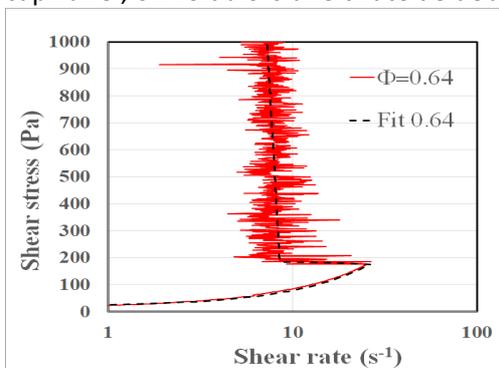
<sup>1</sup>InPhyNi, UMR 7010, CNRS, Université Côte d'Azur, France

<sup>2</sup>SKEMA Bachelor 60 rue Dostoievski, BP085, 06902 Sophia Antipolis, France

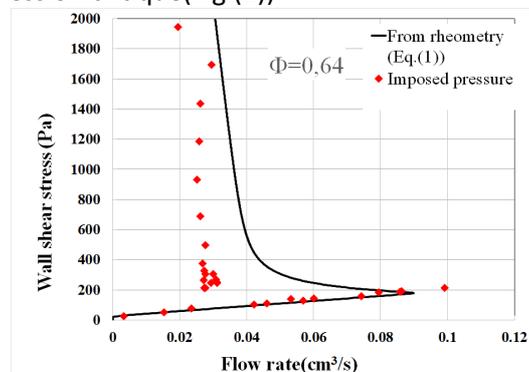
L'écoulement de suspensions très concentrées en micro ou nanoparticules solides peut soudainement se bloquer et compromettre les procédés de mise en œuvre de ces suspensions. Ce peut être le cas par exemple pour le pompage ou l'étalement du ciment ou encore l'impression 3D avec des pâtes métalliques ou encore pour des suspensions de fibres dans le cas du moulage de matériaux composites. De nombreux travaux ont récemment porté sur la compréhension de ces phénomènes de blocages dans des écoulements de cisaillement simple en utilisant des rhéomètres dits rotationnels. D'un autre côté les applications utilisent le plus souvent des écoulements dans des canalisations cylindriques c'est pourquoi nous avons réalisé des études comparatives entre ces différentes géométries en utilisant la même suspension, en l'occurrence une suspension de particules magnétiques qui permet aussi de modifier sa viscosité par application d'un champ magnétique. Dans ce travail nous avons en premier lieu caractérisé la rhéologie de cette suspension dans une géométrie rotationnelle classique, entre deux cylindres concentriques, puis, à l'aide de cette rhéologie nous avons prédit la relation pression débit dans un écoulement en capillaire cylindrique. L'expérience a ensuite été réalisée à l'aide d'un nouveau dispositif où la pression est imposée et non le débit. On retrouve bien dans ces conditions une transition de blocage mais dont la forme ne correspond pas à la prédiction théorique. Nous proposons une explication et une modification de la théorie qui nous permet de bien reproduire la courbe expérimentale dans un capillaire à partir des mesures faites en géométrie rotationnelle.

### Résultats

Dans le dispositif expérimental utilisé précédemment, basé sur un pousse seringue, la suspension était poussée dans le capillaire à une vitesse imposée par celle du piston et nous mesurons la pression nécessaire pour maintenir un débit donné. On a alors vu que la transition de blocage se manifestait par une montée assez brutale de la pression au-delà d'un certain débit [1]. L'équivalent en géométrie rotationnelle est une expérience à taux de cisaillement imposé où, au-delà d'un certain taux de cisaillement, on observe une augmentation brutale du couple. Cependant ce saut de couple produit une expulsion de la suspension qui ne permet pas de recueillir des informations fiables sur la rhéologie au-delà de ce taux de cisaillement critique. Au contraire, si on augmente progressivement le couple, le phénomène de blocage va se caractériser par une décroissance du taux de cisaillement et on pourra suivre sa valeur au-delà de la transition (Fig.(1)). L'équivalent pour l'écoulement dans un capillaire consiste à imposer non pas le débit mais la pression,  $P$ , qui pousse la suspension dans le capillaire ; on voit alors une chute de débit à une pression critique (Fig.(2))



**Fig.1** Contrainte  $\tau$  en fonction du taux de cisaillement  $\dot{\gamma}$  en rhéométrie Couette cylindrique. Le pointillé est un fit de la courbe  $\tau(\dot{\gamma})$



**Fig.2.** Contrainte à la paroi :  $\tau_R = P.R/(2L)$  en fonction du débit pour une fraction volumique  $\Phi=0.64$ . Le trait plein est la prédiction à partir de la courbe rhéométrique  $\dot{\gamma}(\tau)$ . Cf Eq.(1)

Sur la figure 1 on a reporté la courbe rhéométrique obtenue en géométrie Couette cylindrique pour une fraction volumique de solide  $\Phi=0.64$  et sur la figure 2 le résultat obtenu sur la même suspension en appliquant différentes pressions en amont du capillaire ; la contrainte sur la paroi est donnée par  $\tau_R=P.R/2L$  ou  $R$  est le rayon et  $L$  la longueur du capillaire. La courbe en trait plein est obtenue à partir de la courbe  $\dot{\gamma}(\tau)$  en pointillé de la figure (1) en utilisant la relation générale pour le débit:

$$Q(\tau_R) = \int_0^R r^2 \dot{\gamma}(r) dr = \frac{\pi R^3}{\tau_R^3} \int_0^{\tau_R} \tau^2 \dot{\gamma}(\tau) d\tau \quad (1)$$

On voit que l'accord n'est pas très bon. On peut utiliser le modèle de Wyart-Cates (Physical Review Letters, 2014) pour essayer de reproduire la courbe rhéométrique. Cependant ce modèle prédit un arrêt total de l'écoulement au-dessus de la transition (Fig.3 courbe verte). En modifiant ce modèle par la prise en compte d'un temps de relaxation de la fraction solide de particules en contact frictionnel, on retrouve le comportement expérimental (courbe rouge sur la figure de gauche). Néanmoins cela ne suffit pas pour reproduire la chute brutale de débit observée dans le capillaire comme déjà relevé sur la figure (2) où, même avec une bonne représentation de la courbe rhéométrique, la décroissance du débit calculé à l'aide de (1) est beaucoup trop lente. Pour obtenir une décroissance rapide du débit il faut supposer que, lorsque le blocage se déclenche, la viscosité ne dépend plus de la position radiale à cause de la propagation soudaine d'un agrégat de particules en contact frictionnel sur toute la section du capillaire. Dans ce cas  $\eta(\tau)=\eta(\tau_R)$  et  $\dot{\gamma}(\tau)=\tau/\eta(\tau_R)$ . On retrouve bien alors le bon comportement expérimental (Fig 3b, courbe rouge)

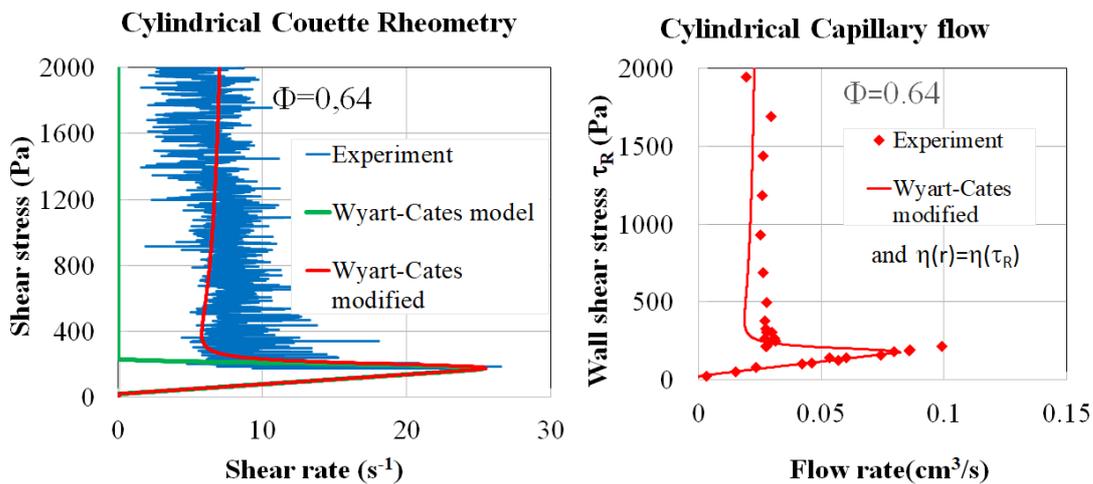


Fig.3 : A gauche, la rhéométrie rotationnelle et à droite l'expérience dans un capillaire. En vert la prédiction du modèle Wyart-Cates « standard ». En rouge la modification proposée[2]

### Perspectives

Ces expériences ont été réalisées avec une suspension de particules magnétiques avec l'objectif de contrôler la transition de blocage par un champ magnétique et de pouvoir prédire cette transition en fonction de l'intensité du champ magnétique. Nous continuerons cette étude dans ce but en utilisant aussi des suspensions bidisperses pour réduire l'effet de la sédimentation et de l'agrégation irréversible des particules.

### References 2021

[1] Bossis G., Grasselli Y., Cifreio A., Volkova O., Tunable discontinuous shear thickening in capillary flow of MR suspensions. Journal of intelligent Material Systems and Structures 32(12)page(s): 1349-1357 (2021) <https://doi.org/10.1177/1045389X20959458>.

[2] Bossis G., Grasselli Y., Cifreio A., Volkova O. Capillary flow of a suspension in the presence of discontinuous shear thickening, Rheologica Acta, 2021 sous presse