



HAL
open science

Transition de blocage dans des écoulements de suspensions magnétiques au sein de capillaires

Georges Bossis, Yan Grasselli, Alain Ciffreo, Olga Volkova

► **To cite this version:**

Georges Bossis, Yan Grasselli, Alain Ciffreo, Olga Volkova. Transition de blocage dans des écoulements de suspensions magnétiques au sein de capillaires. colloque annuel du GDR CNRS MFA 2799, Oct 2019, La Rochelle, France. pp.67-68. hal-03564263

HAL Id: hal-03564263

<https://hal.science/hal-03564263>

Submitted on 24 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.

Transition de blocage dans des écoulements de suspensions magnétiques au sein de capillaires

Georges Bossis¹, Yan Grasselli², Alain Ciffreo¹, Olga Volkova¹

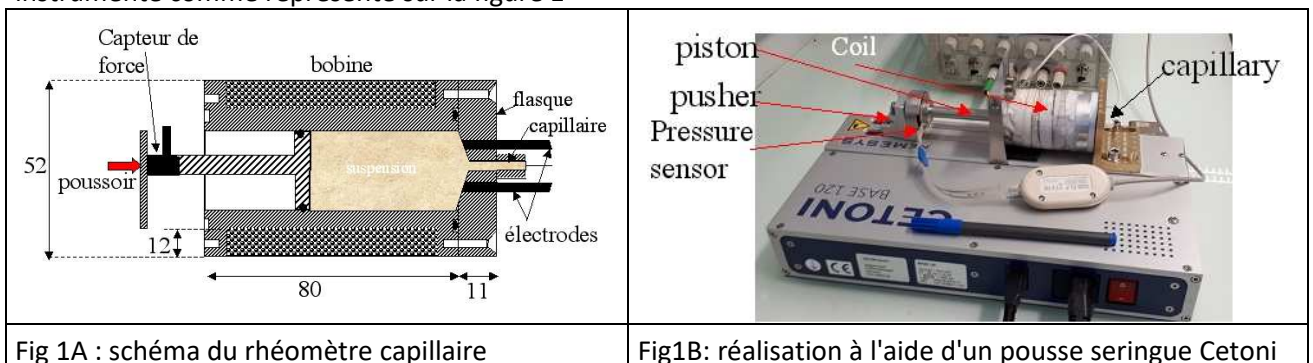
¹InPhyNi, UMR 7010, CNRS, Université Côte d'Azur, France

²SKEMA Bachelor 60 rue Dostoievski, BP085, 06902 Sophia Antipolis, France

Les transitions de blocage s'observent dans des suspensions très concentrées de particules solides. Elles sont provoquées par la croissance et la percolation d'agrégats de particules en contact frictionnel. On observe cette transition en rhéométrie rotationnelle où elle se manifeste par un saut de contrainte au dessus d'un taux de cisaillement critique. Nous avons montré que l'application d'un faible champ magnétique suffisait pour contrôler le taux de cisaillement où apparaît le blocage de l'écoulement d'une suspension de particules de fer carbonyle ouvrant ainsi la voie à de nouvelles applications de ces fluides dans la mesure où la sédimentation ne vient pas modifier cette rhéologie. Pour se rapprocher des conditions d'utilisation nous avons commencé l'étude de cette transition dans des écoulements provoqués par une surpression. Nous montrons alors que l'on retrouve bien une transition de blocage dans des écoulements de type élongationnel où le fluide est poussé dans un capillaire par le déplacement d'un piston. La différence avec la transition en écoulement rotationnel réside dans le temps nécessaire à l'établissement du réseau de percolation

Montage expérimental

Les contacts solide-solide entre les surfaces des particules s'obtiennent quand les contraintes hydrodynamiques générées par un écoulement sont suffisamment grandes pour vaincre les forces répulsives générées par la présence de polymères adsorbés sur la surface des particules. Il faut noter qu'en l'absence de ces polymères, les contacts frictionnels existeraient en l'absence de cisaillement et on serait alors en présence d'un amas solide de particules; c'est pourquoi en règle générale on utilise un polymère, dans notre cas un superplastifiant utilisé pour les ciments. La sédimentation joue un rôle important dans la formation de ces contacts frictionnels entre particules; il est donc important de pouvoir faire la part entre les mécanismes de blocage venant du cisaillement imposé et ceux induits par des variations de fraction volumique provoquées par la sédimentation. Dans les écoulements capillaires, les rhéomètres capillaires sont verticaux et constitués d'un cylindre au bout duquel est fixé un capillaire. Un piston vient pousser le fluide à une vitesse imposée et on mesure la pression générée en amont du capillaire. Dans cette configuration la fraction volumique des particules dans la suspension peut rapidement être modifiée par la sédimentation. Nous avons donc réalisé un rhéomètre capillaire pouvant fonctionner horizontalement et basé sur un pousse seringue instrumenté comme représenté sur la figure 1



Les électrodes représentées sur la figure 1A servent à mesurer la résistance de la suspension dans la zone au contact du cône d'entrée dans le capillaire. Le piston est actionné par un poussoir à seringue de marque Cetoni qui permet un contrôle précis de la vitesse de déplacement avec une force appliquée pouvant aller jusqu'à 1000N. La bobine entourant la seringue permet d'imposer un champ magnétique entre 0 et 30kA/m. L'application d'un champ magnétique est importante pour faire varier la transition de blocage de suspensions constituées de particules de fer de taille micrométrique, comme nous l'avons montré dans le cas de géométries rotationnelles [1],[2]

Résultats

En l'absence de champ magnétique nous avons pu mettre en évidence la transition de blocage soit en imposant une rampe de vitesse, soit en imposant différents paliers de vitesse. Dans le premier cas le résultat peut être tributaire de la dynamique de la transition c'est pourquoi il est préférable de procéder par paliers de débits. Un exemple est reporté sur la figure 2. Le débit est en bleu et la pression en rouge. On commence avec un débit de $20\mu\text{l/s}$, qui déclenche le blocage avec la montée de la pression. Le moteur s'arrête quand la pression atteint 1.8 MPa (correspondant à une poussée de 1000N). Un second créneau après que la pression soit retombée, suite à la relaxation des contacts entre particules, donne un comportement tout à fait reproductible. Par contre si on impose un débit de $10\mu\text{l/s}$, alors la pression reste nulle dans la limite de détection du capteur, ce qui signifie que le débit correspondant à la transition de blocage est compris entre 10 et $20\mu\text{l/s}$. Pour un débit constant de $10\mu\text{l/s}$ on impose un champ de 23kA/m à $t=575\text{s}$. Le blocage se produit alors aussitôt avec une montée de la pression jusqu'à sa valeur limite, puis cette pression retombe quand on coupe le champ. Pour un débit de $20\mu\text{l/s}$, le taux de cisaillement aux parois dans le capillaire est de 25 s^{-1} , ce qui est effectivement comparable au taux de cisaillement critique obtenu en géométrie rotationnelle

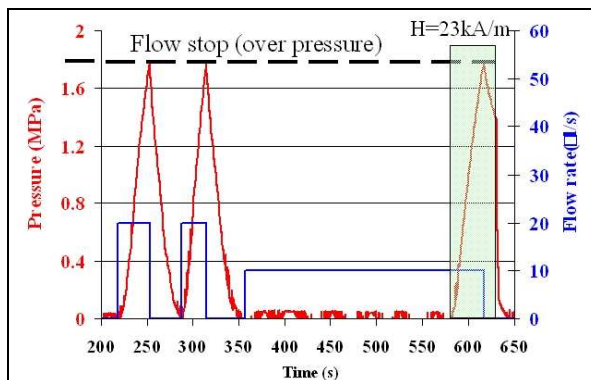


Fig.2 Pression (en rouge) générée par le flot pour différents débits en $\mu\text{l/s}$ (en bleu). Champ nul jusqu'à $t=580\text{s}$ puis champ de 23kA/m

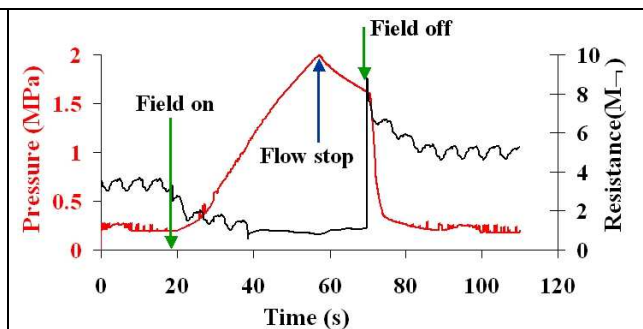


Fig 3. Débit constant de $10\mu\text{l/s}$. Pression en rouge et résistance en noir. Le champ appliqué à $t=19\text{s}$ est de 23kA/m ; il est coupé à $t=70\text{s}$

Sur la figure (3) on a reporté pour la même suspension, l'évolution de la pression et de la résistance mesurée à l'entrée du capillaire (cf Fig.1a). Lorsque le champ est appliqué à $t=20\text{s}$ on observe une chute de la résistance, ce qui indique la formation d'une couche de particules en contact sur le cône d'entrée du capillaire. Le temps de montée de la pression jusqu'à la consigne de sécurité où le débit s'arrête correspond à un déplacement du piston de 0.8mm . La résistance reste basse confirmant le maintien de ce dépôt solide qui se désagrège brutalement quand on coupe le champ avec une augmentation soudaine de la résistance. L'oscillation de la résistance avec une période de quelques secondes se retrouve sur plusieurs courbes et n'est pas un artefact. On pense que ce pourrait être relié à un phénomène de stick-slip sur la paroi portant les électrodes ou encore à un mécanisme de rupture et reformation des agrégats qui aurait cours avant la transition de blocage et la formation d'un dépôt solide immobile. Pour ces mesures la pression maximum (1.8MPa ; cf fig.2) est fixée par le moteur du presse seringue.

Un nouveau montage avec un module haute pression est en cours de test; il nous permettra d'aller à 4.5MPa et donc d'obtenir les courbes de montée de la pression sur une fenêtre de temps beaucoup plus large, ce qui permettra de mieux comprendre la dynamique de formation de ce dépôt solide

Références

- Bossis G., Grasselli Y., Cifreio A., Volkova O., Tunable discontinuous shear thickening with MR suspensions. Journal of intelligent Material Systems and Structures 29 (2018) 5.
- Bossis G., Grasselli Y., Cifreio A., Volkova O Discontinuous shear thickening in magnetorheological suspensions, Proceedings NRC 2018, Trondheim, Norway, 14-15 June 2018.