



HAL
open science

Percolation d'agrégats de particules et blocage d'écoulement de suspensions très concentrées

Georges Bossis, Yan Grasselli, Alain Ciffreo, Olga Volkova

► **To cite this version:**

Georges Bossis, Yan Grasselli, Alain Ciffreo, Olga Volkova. Percolation d'agrégats de particules et blocage d'écoulement de suspensions très concentrées. colloque annuel du GDR CNRS MFA 2799, Nov 2018, Marseille, France. pp.67-68. hal-03564271

HAL Id: hal-03564271

<https://hal.science/hal-03564271v1>

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.

Percolation d'agrégats de particules et blocage d'écoulement de suspensions très concentrées

Georges Bossis¹, Yan Grasselli², Alain Cifre¹ Olga Volkova¹

¹InPhyNi, UMR 7010, CNRS, Université de Nice- Sophia Antipolis, France

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

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. Dans le cas d'un cisaillement à vitesse imposée le régime de fluctuations blocage/déblocage disparaît en présence d'un champ au profit d'un régime frictionnel constant. Pour mettre en évidence le rôle de la percolation des particules et des parois sur cette transition nous avons mesuré conjointement la résistance électrique et le couple en fonction du taux de cisaillement pour différentes géométries de cellule. Il apparaît que le blocage est bien relié à la percolation du réseau de particules mais que les fluctuations de connectivité sont largement dépendantes de la géométrie de la cellule et de la sédimentation éventuelle.

Corrélations entre les fluctuations de contrainte et de résistivité

En règle générale la sédimentation joue un rôle important dans la formation de contacts frictionnels entre particules; il est 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. Pour cela nous avons conçu un rhéomètre avec une cellule étanche adaptée aux mesures de viscosité en microgravité. En utilisant des particules de fer carbonyle recouvertes d'une molécule de superplastifiant il est possible d'obtenir des suspensions liquides à des fractions volumiques très élevées (jusqu'à 65%). Il est alors possible par application d'un faible champ magnétique, d'obtenir un blocage de la suspension avec un régime d'écoulement frictionnel à forte contrainte pouvant trouver des applications dans le domaine du contrôle actif de rigidité. L'utilisation de particules conductrices permet en plus de mettre en évidence le passage au régime frictionnel par une simple mesure de résistivité électrique. Celle-ci est en général grande dans une suspension où les particules ne sont pas en contact à cause de la présence d'une couche de molécules "fluidifiantes" à la surface des particules de fer. Lors de la transition de blocage on suppose que les particules rentrent en contact frictionnel en expulsant la couche de fluidifiant, ce qui doit se traduire par une importante chute de la résistivité.

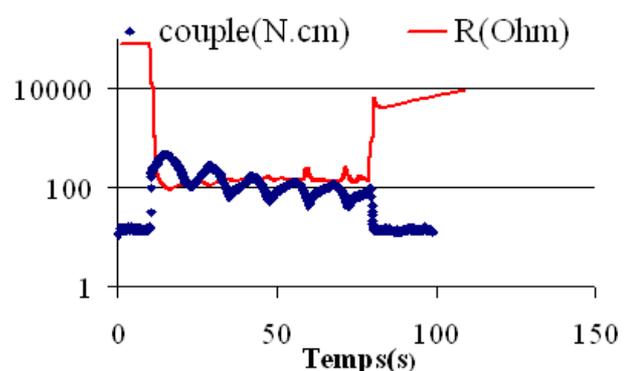
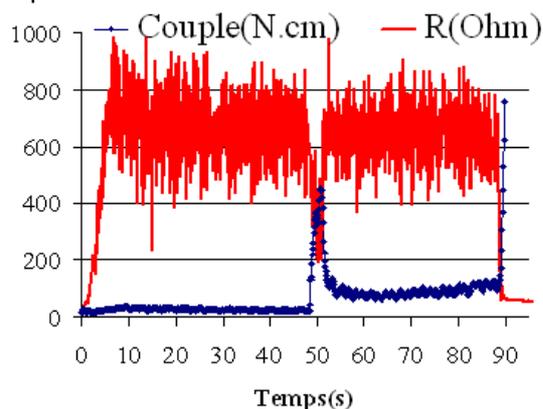


Fig. 1: Cellule Couette cylindrique avec géométrie double Hélice. Fig. 2: Ecoulement entre deux disques. Corrélations résistance(en rouge)-couple (en bleu) en microgravité: Vitesse = 10 rpm Suspension de fer carbonyle: volume fraction $\Phi=64\%$. Corrélations résistance(en rouge)-couple (en bleu) en microgravité: Vitesse = 20 rpm Suspension de fer carbonyle: volume fraction $\Phi=64\%$

C'est effectivement ce que l'on observe sur les deux types de géométries que nous avons utilisées: la géométrie Couette cylindrique où le fluide est contenu entre deux cylindres et la géométrie dite

torsionnelle où le fluide est placé entre deux disques face à face.. Sur la figure 1 on a un exemple représentatif de la géométrie Couette cylindrique avec une double hélice à la place du cylindre pour minimiser les glissements à la paroi. Sur la figure 2 le fluide est contenu entre 2 disques aux parois rugueuses. Dans les deux cas la transition de blocage s'accompagne d'une forte chute de résistance, ce qui démontre bien la formation d'agrégats de particules en contact frictionnel entre les 2 parois de la cellule lors de la transition de blocage. Sur la figure 1 on note que cette décroissance est d'autant plus grande que la variation de contrainte est grande (en comparant entre $t=50s$ et $t=90s$), ce qui implique soit la formation d'agrégats plus denses, soit des agrégats de même densité mais au sein desquels la surface de contact entre 2 particules a augmenté. On notera aussi que, contrairement à ce que l'on aurait pu penser, les fluctuations de résistance dans la fenêtre où la vitesse est constante ($V=20$ rpm entre $t=10s$ et $t=90s$), restent au même niveau - hormis durant les sauts de contrainte - et cela bien que la gravité varie de $1g$ à $1.8g$ avant la période de microgravité à $t=43s$. L'effet de la gravité sur les contacts interparticulaires ne se manifeste que par l'intermédiaire du déclenchement de la transition dans la période de ressource à $1.8g$. Sur la figure 2 on note que les fluctuations de résistance et donc de connectivité sont beaucoup moins grandes que sur la figure 1. Ces différentes observations seront interprétées à l'aide de considérations sur la dynamique d'agrégation.

Perspectives: mesures en rhéométrie capillaire

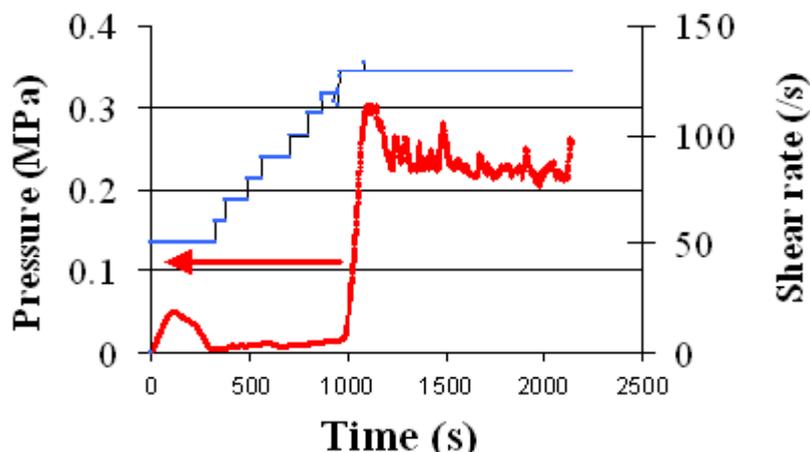


Fig.3: Suspension de fer $\phi=64\%$ Pression (en rouge) et taux de cisaillement imposé. (en bleu) dans un rhéomètre capillaire ($d=0.75mm$). Le taux de cisaillement critique est de $110 s^{-1}$

Un autre écoulement standard en rhéométrie et également important pour les applications est l'écoulement dans un capillaire. Nous avons réalisé des mesures préliminaires avec un rhéomètre capillaire dimensionné pour mesurer l'écoulement de polymères sous très forte pression (RH7 de Malvern 300Kg, 2m50 de hauteur, écoulement vertical). On obtient effectivement une transition de blocage qui se manifeste par une montée de pression à taux de cisaillement constant. (cf figure 3), mais à des taux de cisaillement de

l'ordre de $110s^{-1}$ c'est à dire un ordre de grandeur plus grand qu'en écoulement de cisaillement simple ou torsionnel. Ces expériences sont néanmoins délicates à interpréter à cause de l'inhomogénéité de la suspension provoquée par la sédimentation en amont du capillaire dans la région séparant le piston de l'entrée du capillaire. Pour éviter ce problème un nouveau dispositif horizontal basé sur un pousse seringue est en cours de réalisation et sera dimensionné pour pouvoir opérer en vol parabolique.

Références 2018

- 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.