



HAL
open science

Rhéologie de suspensions magnétiques bidisperses en présence de rhéoépaississement discontinu

Georges Bossis, Yan Grasselli, Olga Volkova, Alain Cifreio

► **To cite this version:**

Georges Bossis, Yan Grasselli, Olga Volkova, Alain Cifreio. Rhéologie de suspensions magnétiques bidisperses en présence de rhéoépaississement discontinu. Colloque annuel Groupement de recherche: Micropesanteur Fondamentale et Appliquée, GDR MFA, Nov 2022, Hyères, France. hal-04054673

HAL Id: hal-04054673

<https://hal.science/hal-04054673v1>

Submitted on 31 Mar 2023

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.

Public Domain

Rhéologie de suspensions magnétiques bidisperses en présence de rhéoépaississement discontinuGeorges Bossis¹, Yan Grasselli², Alain Ciffreo¹ Olga Volkova¹¹InPhyNi, UMR 7010, CNRS, Université Côte d'Azur, France²SKEMA 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 portés sur la compréhension de ces phénomènes de blocages dans des écoulements de cisaillement simple en utilisant des rhéomètres dits rotationnels. Pour notre part nous étudions ce phénomène afin de générer de grandes variations de viscosité à l'aide d'un faible champ magnétique. Depuis la mise en évidence de cette possibilité¹, nous avons d'une part progressé dans la compréhension générale du phénomène² et d'autre part montré qu'il s'observait également dans des écoulements capillaires³. Un obstacle à l'utilisation de ces suspensions dans des dispositifs industriels est la forte densité des particules magnétiques de fer carbonyle ($\rho=7.7 \text{ g/cm}^3$) qui peut conduire à leur agrégation définitive liée à leur sédimentation. Pour réduire cette sédimentation on a montré qu'on pouvait utiliser des mélanges de particules de fer et de carbonate de calcium ($\rho=2.72 \text{ g/cm}^3$ sans dégrader le changement de viscosité par application d'un champ magnétique. Une publication décrivant ces derniers résultats obtenus est en cours de soumission.

Résultats

Les mesures en rhéométrie rotationnelles pour 4 valeurs du champ magnétique sont reportées sur la Fig. 1 pour 2 suspensions ayant chacune 23% en volume de particules de fer (diamètre moyen $0.3 \mu\text{m}$)

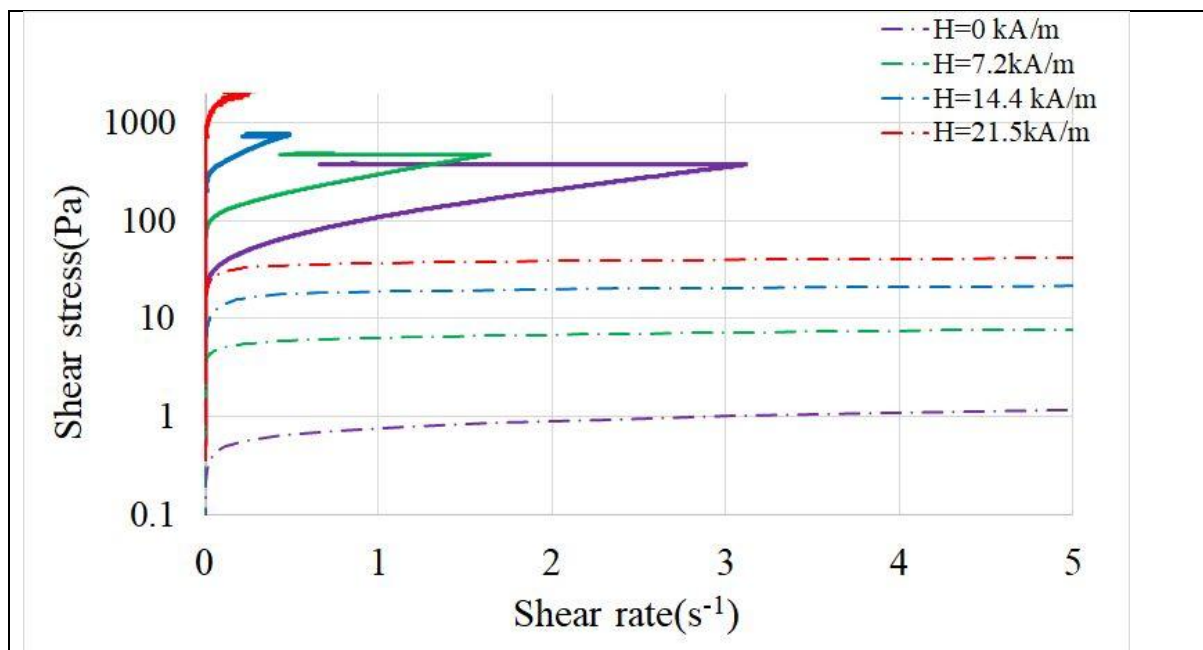
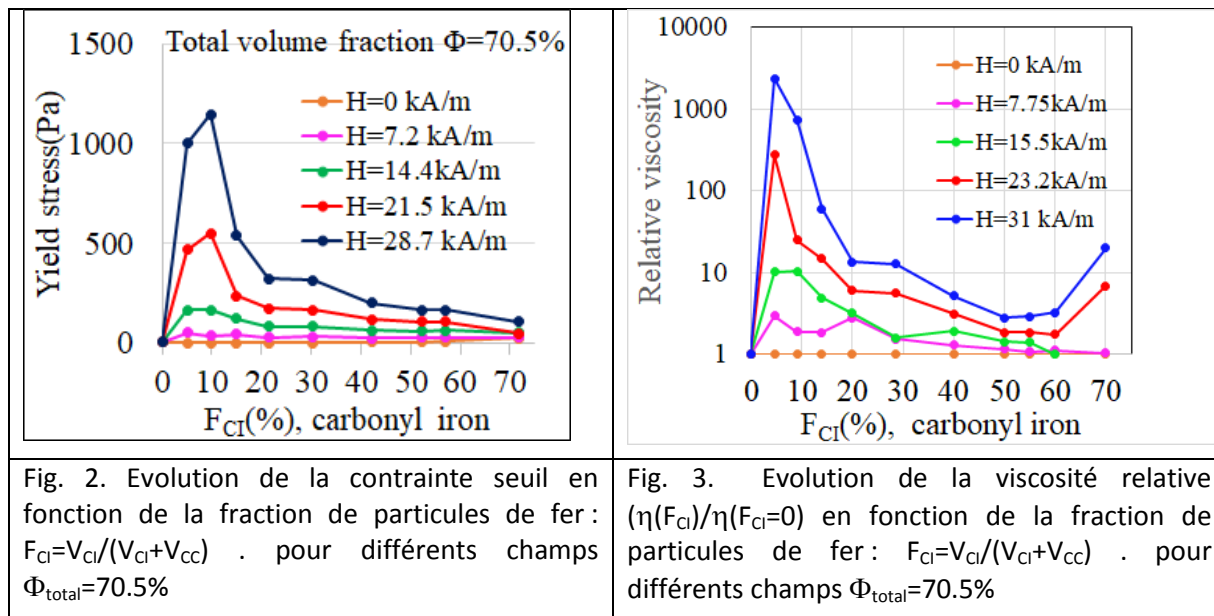


Figure 1. **Ligne pointillé** : Particules de fer $\Phi=0.23$ **Trait plein** : Particules de fer $\Phi=0.23$ plus des particules de CaCO_3 avec une fraction volumique totale de solide : $\Phi=0.74$

Alors que pour les particules de fer seules, l'application d'un champ magnétique ne change que la valeur à l'origine de la contrainte (la contrainte seuil τ_y), lorsque l'on ajoute des particules de CaCO₃ pour atteindre ici une fraction volumique de solide de 74%, à la fois la contrainte seuil et la viscosité plastique (la pente de la courbe) changent. Par ailleurs on observe la transition de rhéoépaississement avec un cisaillement critique qui diminue quand on augmente le champ.



Sur les figures 2 et 3 on a reporté respectivement la contrainte seuil et la viscosité plastique relative (normée par la viscosité d'une suspension de CaCO₃ pure) en fonction de la fraction solide de fer pour une fraction volumique totale de solide $\Phi = 70.5\%$. On voit que l'augmentation maximum, aussi bien de contrainte seuil que de viscosité, a lieu pour une fraction solide de fer très petite de l'ordre de 5%. Ce résultat est contradictoire car, plus on a de particules magnétiques de fer, plus on s'attend à accroître la réponse au champ. Ceci s'explique par la décroissance du champ interne $H_i = H_0 / \mu$ (où μ est la perméabilité magnétique de la suspension et H_0 le champ externe) à cause du champ démagnétisant qui augmente quand la concentration en fer entre les 2 disques augmente

Perspectives

Nous allons chercher à améliorer la formulation des suspensions bidisperses contenant un mélange de particules magnétiques et non magnétiques pour optimiser la réponse au champ magnétique tout en préservant la stabilité au cours du temps contre la sédimentation et l'agrégation irréversible des particules

Publications

Bossis, Grasselli, Volkova, Capillary flow of a suspension in the presence of discontinuous shear thickening, *Rheologica Acta* **61**, pages 1–12 (2022) doi: 10.1007/s00397-021-01305-0

Bossis, Grasselli, Volkova, Discontinuous shear thickening (DST) transition with spherical iron particles coated by adsorbed brush polymer, *Physics of Fluids*, (2022)
<https://doi.org/10.1063/5.0120502>

Bossis, Volkova, Dobler, Grasselli, Cifreó "Discontinuous shear thickening with suspensions of magnetic particles" Chapter 4 in *Soft Matter series: Magnetically Responsive Soft Matter*; Royal Society of Chemistry, to appear

Bosis, Grasselli, Volkova, Capillary and rotational flow of a suspension of magnetic particles in the presence of discontinuous shear thickening, keynote lecture at Annual European Rheology Conference ,April,26-28 (2022) Séville