



**HAL**  
open science

## Contrôle des phénomènes de blocage d'écoulement de suspensions très concentrées de microparticules en présence de fluidifiants

Georges Bossis, Y Grasselli, A Meunier, O Volkova

► **To cite this version:**

Georges Bossis, Y Grasselli, A Meunier, O Volkova. Contrôle des phénomènes de blocage d'écoulement de suspensions très concentrées de microparticules en présence de fluidifiants. Colloque Annuel du GDR MFA 2799, Groupement De Recherche "Microgravité fondamentale et appliquée", Nov 2017, Fréjus, France. pp.73-74. hal-03564279

**HAL Id: hal-03564279**

**<https://hal.science/hal-03564279>**

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.

## Contrôle des phénomènes de blocage d'écoulement de suspensions très concentrées de microparticules en présence de fluidifiants

G.Bossis<sup>1</sup>, Y Grasselli<sup>2</sup>, A. Meunier<sup>1</sup>, O.Volkova<sup>1</sup>.

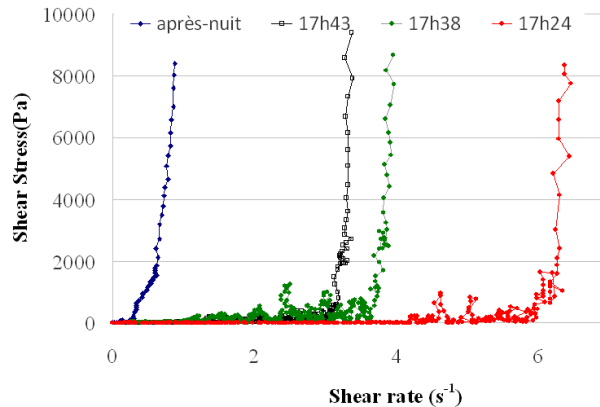
<sup>1</sup>InPhyNi, UMR 7010, CNRS, Université de Nice- Sophia Antipolis

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

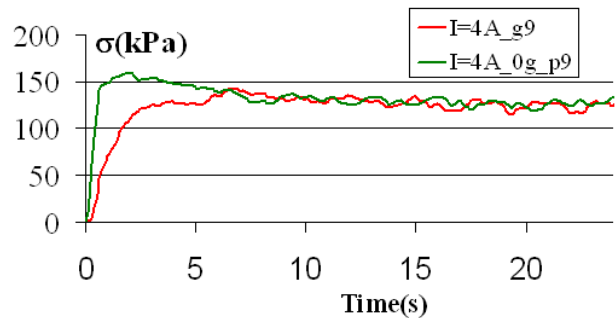
Le rhéoépaississement et les transitions de blocage dans des écoulements de suspensions très concentrées de particules solides se manifestent par une forte augmentation de viscosité au delà d'une contrainte seuil critique  $\sigma_c$  et peuvent se traduire par un arrêt total de l'écoulement. On cherche en général à éviter ces blocages d'écoulement, en particulier dans l'utilisation des ciments et bétons, par l'emploi de molécules de fluidifiant. On peut à l'inverse essayer de contrôler le déclenchement de ces mécanismes de blocage; c'est ce que nous avons fait en utilisant des suspensions de particules ferromagnétiques. Dans ce dernier cas, on montre que l'application d'un faible champ magnétique suffit pour contrôler le taux de cisaillement où apparaît le blocage. De plus, contrairement au cas des suspensions classiques, le régime de fluctuations blocage/déblocage disparaît au profit d'un régime frictionnel constant. Pour mieux comprendre le rôle des parois de la cellule dans ce régime frictionnel nous avons mis au point une mesure conjointe de résistance électrique et de couple en fonction du taux de cisaillement.

### Rôle de la sédimentation sur le blocage

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 et qui peut opérer aussi bien en position horizontale que verticale. Cette double possibilité nous a déjà permis de constater sans ambiguïté l'effet important de la sédimentation sur le taux de cisaillement critique correspondant au blocage comme on peut le voir sur la fig 1 où le taux de cisaillement correspondant au blocage diminue au fur et à mesure de la réalisation des expériences car en configuration verticale la rotation du cylindre interne ne suffit pas à redisperser la suspension qui a sédimentée.



**Fig. 1** Evolution du taux de cisaillement critique avec le temps dans une cellule verticale. Particules de carbonate de calcium dans l'eau à une fraction volumique  $\Phi=68\%$



**Fig. 2** Comparaison gravité (en rouge) et microgravité (en vert). Suspension de particules de fer,  $\Phi=61\%$ ; taux de cisaillement final:  $11\text{s}^{-1}$  à  $t=15\text{s}$ ;  $H=19.2\text{kA/m}$ . La géométrie est de type Couette cylindrique

En position horizontale la redispersion par l'écoulement est facilitée et le rôle de la sédimentation est minimisé. Par exemple, en réalisant deux expériences consécutives dans l'airbus 0g, l'une en microgravité et l'autre en gravité normale on voit que, si la stabilisation de la contrainte est plus rapide en 0g qu'en gravité normale, par contre la valeur d'équilibre ne dépend pas de la gravité (cf Fig.2). Dans ces expériences nous avons utilisé des particules de fer carbonylé dans l'eau et la même molécule de superplastifiant qu'avec le carbonate de calcium composée d'une tête avec deux groupements phosphonate  $\text{PO}_2\text{OH}$  et d'une queue formée de 44 segments  $\text{O-CH}_2\text{-CH}_2$ . Cette expérience met aussi en évidence qu'avec un petit champ magnétique ( $19.2\text{kA/m}$  correspondant à

0.025Tesla) on obtient des contraintes frictionnelles très grandes ce qui permet d'envisager de nouvelles applications dans le domaine du contrôle actif de rigidité d'amortisseurs ou de transmission de couples [2].

### Mesures conjointes de résistance et de couple

Le dispositif expérimental a été modifié d'une part pour pouvoir enregistrer les changements de résistance électrique de la suspension en même temps que le couple et d'autre part par la conception d'un autre type de cellule où la suspension est cisailée entre 2 disques (géométrie plan-plan), au lieu d'être cisailée entre une hélice et un cylindre (géométrie couette cylindrique). Un exemple de résultat obtenu lors de la campagne CNES d'octobre 2017 est reporté sur la figure 3 dans la géométrie de type Couette cylindrique.

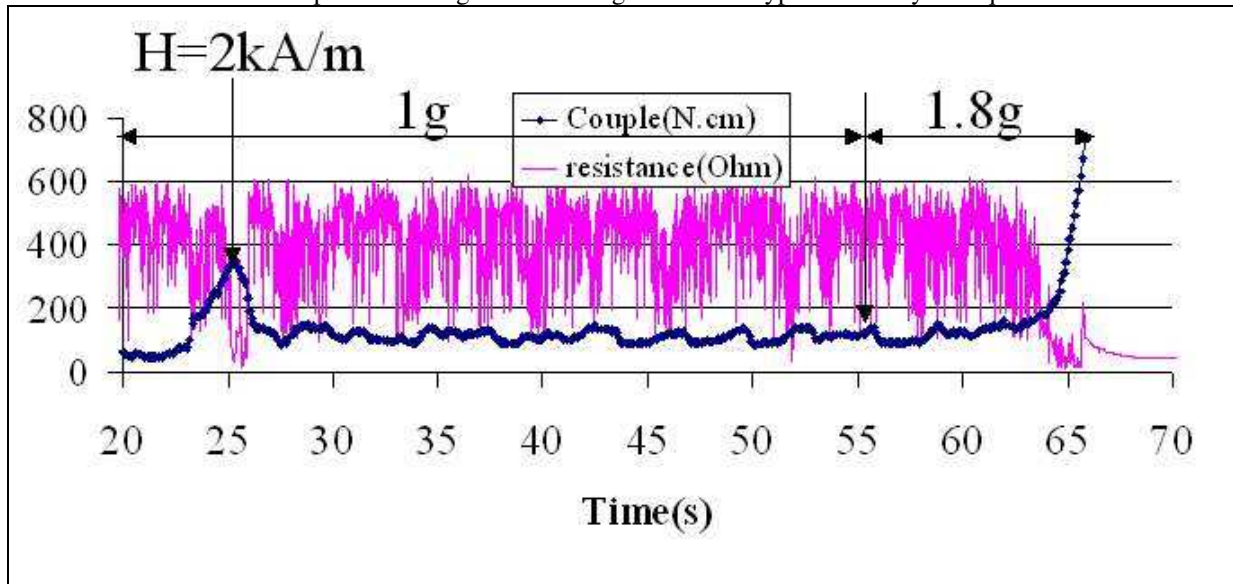


Fig.3 Accroissement du champ jusqu'à 2kA/m à  $t=25\text{s}$  en gravité normale. La résistance décroît corrélativement à l'augmentation de couple. A  $t=55\text{s}$  début de la parabole (phase à 1.8g); l'augmentation de la gravité déclenche le blocage et la sécurité moteur

On voit que l'accroissement de champ progressif à 2kA/m qui se manifeste par un pic de couple à 400N.cm, s'accompagne aussi d'une importante chute de résistance. Par contre, bien que le champ soit maintenu à cette valeur, le couple redescend à une valeur de 100N.cm. Parallèlement la résistance remonte mais fluctue de façon importante, ce qui indique la présence d'agrégats de particules percolants de façon transitoire. Le début de la parabole avec l'accroissement de la gravité à 1.8g déclenche le blocage de la suspension, qui est bien corrélé avec la chute de la résistance. Le dépassement de la consigne de sécurité arrête alors brutalement le cisaillement; la résistance ne fluctue plus et après une remontée liée à la désorganisation du réseau de percolation provoqué par l'arrêt brutal, la nouvelle décroissance est liée à la sédimentation.

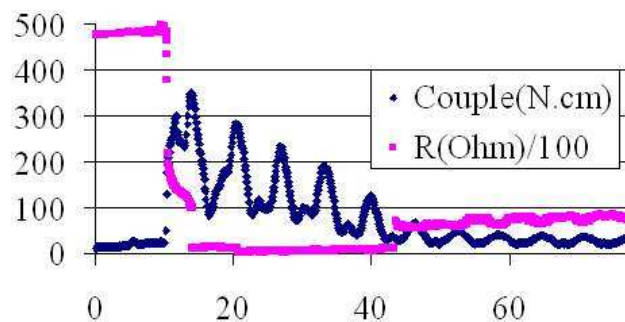


Fig.3; déclenchement du blocage lors du "cabré" .

Fig. 4 P5 HQ 65% configuration plan-plan ; changement de résistance à l'injection

On a reporté sur la figure 3 le résultat de trois rampes de taux de cisaillement successives à champ nul. On voit qu'avec cette suspension de particules de fer on obtient bien un blocage à un taux de cisaillement voisin de  $20 \text{ s}^{-1}$  pour une fraction volumique plus faible:  $\Phi=61\%$  que pour la suspension de carbonate de calcium. On note également que, comme pour le carbonate de calcium, on a des oscillations de grande amplitude de la contrainte qui traduisent des phénomènes de type "stick-slip" liés à la rupture et à la reformation de contacts frictionnels entre particules. Lorsqu'on refait la même expérience en présence d'un champ magnétique on trouve un champ seuil qui dépend du taux de cisaillement appliqué avec une valeur maximum pour un taux de cisaillement tendant vers zéro et une décroissance quasi linéaire vers zéro pour le taux de cisaillement correspondant à celui du blocage en champ nul[2],[3]. Un exemple de blocage continu et non pas transitoire est illustré sur la figure 4 obtenue lors de la campagne CNES de mars 2016 avec une géométrie rotative de type ailette. Le champ imposé dès le début est de  $19.2 \text{ kA/m}$  et la rampe de taux de cisaillement va de zéro à  $11 \text{ s}^{-1}$  en 15s; Pour la courbe verte la période de microgravité va de  $t=7\text{s}$  à  $t=27\text{s}$ : la courbe rouge est obtenue juste après, dans la période de gravité normale. On remarque que le comportement est différent dans les premières secondes correspondant à la réhomogénéisation de la suspension mais, une fois la redispersion obtenue, il n'y a plus de différence ce qui prouve que la rotation avec un mobile en position horizontale permet de bien redisperser la suspension. L'autre observation essentielle est qu'on observe un blocage frictionnel continu avec une très forte valeur de la contrainte pour un champ faible ce qui ouvre la voie à de nombreuses applications dans le domaine des asservissements mécaniques[3].

#### **Publications :**

[1]G. Bossis , P.Boustingorry , Y.Grasselli , A.Meunier , R.Morini , A.Zubarev , O.Volkova, Abrupt shear thickening and stick-slip behavior of concentrated suspensions in the presence of fluidizer molecules , **AERC 2015**, Nantes April,14-17 (2015)

[2]G.Bossis , Y.Grasselli , A.Meunier , O.Volkova , Tunable discontinuous shear thickening with MR suspensions **ERMR2016** 15th International Conference on Electrorheological fluids and Magnetorheological suspensions, July 4-8(2016),Incheon, Korea

[3]G.Bossis, Y.Grasselli,A.Meunier,O.Volkova,"Outstanding magnetorheological effect based on discontinuous shear thickening in the presence of a superplastifier molecule " **Applied Physics. Letters** (2016),109,111902

[4]G. Bossis, P.Boustingorry, Y.Grasselli, A.Meunier, R.Morini, A.Zubarev, O.Volkova, Discontinuous shear thickening in the presence of polymers adsorbed on the surface of calcium carbonate particles, *Rheologica Acta* (2017) 56, pp 415–430 doi:10.1007/s00397-017-1005-4

G.Bossis, Y.Grasselli,A.Meunier,O.Volkova Tunable discontinuous shear thickening with MR suspensions.

Journal of intelligent Material Systems and Structures 2017 à paraître Doi: [10.1177/1045389X17704915](https://doi.org/10.1177/1045389X17704915)