

Systemes 2-phases
Lundi 21 novembre 9H30 - 10H50

Grains en écoulement: du gaz au liquide

G. Prado, Y. Amarouchene, et Hamid KELLAY

Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine, 351 cours de la Libération, 33405 Talence
h.kellay@loma.u-bordeaux1.fr Tél :05 4000 6511

Le simple fait de laisser un entonnoir, rempli de grains, se vider à l'air libre, engendre plusieurs questions sur les écoulements granulaires à surface libre. En effet, le jet de grains, produit lors de cette vidange, montre des caractéristiques habituellement associées aux jets liquides : amincissement du jet, fluctuations de surface, instabilité, etc... Si le nombre de grains dans la section du jet est réduit, ce jet peut se désintégrer et le comportement 'liquide' cesse d'exister donnant lieu à un jet dilué en particules. Ce constat suggère que l'écoulement obtenu passe d'un état 'gazeux' à un état 'liquide' quand la quantité de grains dans le jet change. Lors de cet exposé, ces propriétés seront discutées et leurs implications mises en avant.

Seuil d'érosion d'un milieu granulaire immergé par jet

Sarah BADR, Georges Gauthier, Philippe Gondret

Laboratoire FAST, UMR CNRS 7608, Université Paris-Sud 11, Orsay
sarah.badr@u-psud.fr

Nous étudions l'érosion d'un sédiment par jet. L'expérience modèle quasi-bidimensionnelle consiste en un jet liquide vertical impactant la surface d'un lit de billes de verre immergées dans un liquide et y creusant un cratère au-dessus d'une vitesse critique de jet. Nous nous sommes intéressés dans un premier temps à la détermination du seuil d'érosion en variant les différents paramètres de l'expérience : taille des billes, viscosité du liquide, vitesse de sortie et distance à la surface du jet.

Drop detachment in granular suspensions

Merlijn van DEEN, Thibault Bertrand, Anke Lindner, Eric Clement

Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes, École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (ESPCI) 10, rue Vauquelin, 75231
merlijn.van-deen@espci.fr

We experimentally study the detachment of drops of dense granular suspensions. We compare our observations to the dynamics of pure oils.

We show that at the beginning of the detachment process, the suspensions behave as an effective fluid with a shear viscosity characterized by its volume fraction. No increase of the viscosity under elongation is observed. At later stages of the detachment the dynamics become independent from the volume fraction. Rearrangements of the grains lead surprisingly to a behavior identical to the one of the pure interstitial oil, while particles are still present in the neck. Finally, strong rearrangements completely empty the neck from particles. This results in a strong acceleration of the detachment process.

We have studied the process for different grain sizes and different volume fractions. The crossovers between the three regimes are both dependent on both variables.

Systemes 2-phases
Lundi 21 novembre 11H10 - 12H30

Pression osmotique induite par cisaillement

Jérôme MARTIN

Laboratoire FAST - Bat. 502 Campus Universitaire - 91405 Orsay Cedex (France)
martin@fast.u-psud.fr Tel: 01 69 1 58082 ou 83

Depuis les travaux de Bagnold (1956), et plus récemment de Prasad et Kytomaa (1995), Zarraga et al (2000), les mesures de pression de grille et de contraintes normales dans les suspensions macroscopiques cisillées font l'objet d'un grand nombre d'expériences. Après un rappel de ces « expériences historiques », nous examinerons l'intérêt que peuvent présenter des mesures de pression de grille pour l'étude des suspensions, notamment pour accéder à la pression osmotique induite par cisaillement. Pour finir je présenterai quelques expériences de mesures de pressions de grilles dans des suspensions bidisperses cisillées, démontrant une certaine pertinence de la notion de pression osmotique partielle généralisée.

Modèle à deux fluides et migration des particules

Daniel LHUILLIER

Institut Jean Le Rond d'Alembert , UMR CNRS 7190 Université Paris VI
Tour 65-55, 5ème étage, Boîte 162, 4 place Jussieu, 75252 Paris
dlhui@ccr.jussieu.fr Tel: 01 44 27 51 63

On fait un ré-examen critique du modèle à deux fluides, de la signification des différents termes qui apparaissent dans les équations du modèle et des relations de fermeture associées. Un des buts est d'améliorer la description de la migration des particules non-Browniennes, que ce soit dans les suspensions ou dans les milieux granulaires immergés.

Numerical investigations of the rheology of suspensions

M. TRULSSON, B. Andreotti, P. Claudin, E. Clément, and J. Kurchan

Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes, École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (ESPCI) 10, rue Vauquelin, 75231
nils.martin.trulsson@gmail.com

Using numerical simulations based on the two-phase flow model, we here report on some initial and preliminary results on the rheology of suspensions under simple planar shear. The immersed particle phase is modelled with a discrete element method (DEM) and the surrounding fluid phase with a continuum approach. Hydrodynamic interactions are included by coupling these two phases.

The behavior of the suspensions is studied as a function of shear-rate and intrinsic viscosity of the fluid. The results are compared with both the dry case (with no fluid) and predicted scaling laws for suspensions. Focus is on understanding the microscopic physical phenomena controlling the macroscopic behavior. We identify two distinct rheology regimes, one viscous dominated and the other inertial controlled.

Systemes 2-phases
Lundi 21 novembre 14H - 15H00

Rhéologie des mélanges grains-fluide par simulations numériques

Farhang RADJAI

Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (LMGC) CC 048 Université Montpellier 2, Place Eugène Bataillon F-34095 Montpellier cedex 5, France
franck.radjai@univ-montp2.fr Tél : 04 67 14 35 06

Je présente plusieurs études numériques récentes de l'écoulement des milieux granulaires en présence d'un fluide. La dynamique hydro-granulaire est régie par l'écoulement du fluide entre et avec les grains, et sa modélisation numérique implique un couplage fort entre la dynamique granulaire, modélisé par les méthodes en éléments discrets, et la dynamique du fluide, décrit comme un milieu continu et régi par les équations de Navier-Stokes. Je présente des simulations comparatives du déclenchement et de l'étalement d'un massif granulaire immergé dans un liquide par deux méthodes différentes : DNS (Direct Numerical Simulation) et LBM (Lattice Boltzmann method). Je discute aussi de l'aptitude de LBM pour la simulation des milieux non-saturés.

**Un outil de simulation numérique des mélanges eau-granulaire
par couplage éléments discrets - volumes finis à l'échelle des pores**

Bruno CHAREYRE

ENSE³ - Grenoble INP Lab. 3SR BP 53 - 38041, Grenoble cedex 9 - France
bruno.chareyre@hmg.inpg.fr Tél : 04 56 52 86 21

Le développement des couplages fluides-solide impliquant les modèles discrets (DEM) de matériaux granulaires est un domaine de recherche très actif, et mise sur la robustesse de la DEM pour reproduire des comportements complexes. Les couplages proposés à ce jour sont pour la plupart fondés sur des représentations du fluide et du solide à des échelles différentes: (1) modèle micro-échelle d'écoulement dans les vides par méthode FEM, FV, Lattice Boltzman,... ou (2) modèle macro-échelle d'écoulement en milieu poreux intégrant un grand nombre de grains en chaque élément du maillage. Dans le premier cas (1), le problème fluide peut être très bien résolu mais les calculs sont très lourds. Dans le second (2), les calculs sont plus rapides mais le couplage requiert des hypothèses constitutives et présente de sévères limites en terme de champs d'application. L'approche que nous présentons vise un compromis par une représentation à la même échelle pour le fluide et les particules. Les résultats présentés montrent la robustesse et le caractère prédictif du modèle. Les temps de calcul sont très raisonnables et permettent d'aborder des problèmes de grande taille.

Systemes 2-phases
Lundi 21 novembre 15H - 15H40

Modélisation numérique du transport dans un milieu granulaire immergé par la méthode des éléments discrets.

Donia MARZOUGUI

ENSE³ - Grenoble INP Lab. 3SR BP 53 - 38041, Grenoble cedex 9 - France
marzougui.donia@hotmail.fr

Au cours des années dernières, l'écoulement des milieux granulaires en présence de fluide interstitiel a été l'objet de considérables recherches. Les particules immergées dans un écoulement laminaire subissent à la fois des interactions de contact et des interactions hydrodynamiques. La méthode utilisée pour étudier un tel milieu est la méthode des éléments discrets qui nous permet d'étudier le comportement d'un milieu granulaire soumis à un cisaillement. Pour ce faire, les forces visqueuses appliquées sur les particules seront calculées et le nombre de Shields critique pour lequel les grains se mettent en mouvement est estimé.

**Fracture by fluid injection in immersed granular media :
Controlling the transition from fracture to bubbling with the injection rate.**

R. TOUSSAINT (1), M. Niebling(1,2), M. Schaelstraete(1), E.G. Flekkoy(2), K.J. Maloy(2)
(1) IPGS, Université de Strasbourg/ CNRS
(2) Complex, University of Oslo
renaud.toussaint@unistra.fr

In dense granular media, fine enough to be sensitive to the drag with their interstitial fluid, we perform a series of experiments and simulations where the interstitial fluid is injected.

This is done by maintaining an overpressure along an initially straight boundary of the granular medium. The outer boundary of the channel is either sufficiently far from the inlet, or it is covered with a semipermeable filter that lets the fluid go through, but not the grains, so that the granular medium stays dense and relatively jammed.

Depending on the fluid viscosity, compressibility, and on the source applied, one obtains two different families of displacement patterns: either ramified trees, or a distributed motion with formation of bubbles of low solid fraction. The study of the advection/diffusion dynamics of the overpressure allows to understand this transition.

The basis of the numerical hybrid model for granular compressible fluid flow, and the details of the Hele-Shaw experiments, will be presented.

Rhéophysique
Lundi 21 novembre 16H10 - 16H50

**Concentrated suspensions under flow in microfluidic channels
and migration effect**

Florinda SCHEMBRI* , Hugues Bodiguel and Annie Colin

Laboratory of the Future, Université Bordeaux-1, 178 Avenue du Docteur Schweitzer, 33608 Pessac Cedex, France

florinda.schembri@eu.rhodia.com

This work addresses on the possibility to perform quantitative rheological studies of concentrated hard-sphere colloidal suspensions flowing in microfluidic square channel using confocal microscopy. Time-resolved single-particle imaging allowed the reconstruction of all particle trajectories in the observed volume. Having dynamical information at single particle level it was possible to build up a complete picture of the colloidal flow. Through data analysis it was also possible to have a first approach on non-linear rheological phenomena such as yielding [1], shear localization [2], and shear-induced ordering [3].

Quantitative analyses on flow profiles have improved our understanding of the connection between microscopic dynamics and bulk flow. In particular a phenomenon of shear induced migration of particles in the center of the microchannel has been highlighted at a volume fraction of $\Phi=50\%$ applying a pressure drop between confluence and outlet of 18 mbar. Studying colloidal flow in microchannel using time-resolved single-particle imaging is of direct relevance due to confinement effects [4] in many emergent lab on a chip applications.

[1] G. Petekidis et al., J. Phys. Condens. Matter, 16, S3955 (2004)

[2] P. Ballesta, R. Besseling, L. Isa, G. Petekidis, W. C. K. Poon, Phys. Rev. Lett., 101, 258301 (2008).

[3] 156. P. Schall, D. A. Weitz, F. Spaepen, Science, 318, 1895 (2007).

[4] D. Psaltis et al., Nature (London), 442, 318 (2006)

**Rhéologie et microstructure dans les suspensions
non-browniennes concentrées**

Frédéric BLANC, T. Dbouk, F. Peters, L. Lobry et E. Lemaire

Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Université de Nice

frederic.blanc@unice.fr

Nous présenterons d'une part des mesures de fonctions de distribution de paires obtenues dans des suspensions diluées et concentrées ($0.05 < \phi < 0.5$) et d'autre part des mesures de différences de contraintes normales et de viscosité. Nous tenterons lors de l'exposé de faire apparaître les liens existant entre la structure induite par l'écoulement et les propriétés rhéologiques des suspensions.

Rhéophysique

Lundi 21 novembre 16H50 - 17H30

Shear Induced Jamming in Granular Suspensions

Abdoulaye FALL^{1,2,3}, Anaël Lemaître¹, Daniel Bonn², Guillaume Ovarlez¹

¹ Laboratoire Navier, UMR 8205 CNRS-ENPC-LCPC, Université Paris Est

² Laboratoire de Physique Statistique, Ecole Normale Supérieure, Paris

³ Laboratoire du Futur, UMR 5258 Rhodia-CNRS-Bordeaux1. F-33608 Pessac cedex

abdoulaye.fall@eu.rhodia.com Tel: 05 56 46 47 75

Complex, or non-Newtonian fluids are defined as fluids that do not flow ‘normally’ in the sense that if pushes them twice as hard, they will not flow twice as fast. The realm of complex fluids encompasses biological liquids such as blood, many liquid foodstuffs, building materials, glasses and plastics, crude oil and many other essential fluids. Despite their apparent importance, the most basic, quintessential question about the flow of these fluids has remained unanswered: it is impossible to predict the flow resistance, and it is even unclear why some fluids thin when made to flow, whereas others thicken. Not only do different systems behave very differently under flow, their behavior even depends critically on the type of flow: the extremely puzzling observation is that most systems show thinning in shear flows but to the contrary reveal a thickening in stretching and shear flows. The difficulty of predicting flow resistance is mainly due to our inability of calculating many-body hydrodynamic interactions. Over the past few years, an entirely different approach using a statistical-mechanical description of (flow-induced) jamming and unjamming of dense systems has emerged. Local flow and structural measurement techniques that have only recently become available allow to test this novel approach to complex fluid flow. Such local measurements allow for a new window into the microscopic behavior of flowing complex fluids that will enable us to pinpoint the origins of thinning and thickening.

We present in this work the behavior of dense suspensions of non-Brownian particles from macroscopic rheometric experiments and local velocity and concentration measurements through MRI. In steady state, we find that the material is heterogeneous, while the local rheology presents a continuous transition from a viscous to a shear thickening regime (shear stresses proportional to the shear rate squared, as in dry granular materials) at low shear rate. The heterogeneity is shown to result from unexpectedly fast migration of grains during transient, which is attributed to the emergence of the granular rheology. This migration process is accompanied with macroscopic transient discontinuous shear thickening, which is thus not an intrinsic property of granular suspensions.

References

Ovarlez, G., *et al. J. Rheol.* 50, 256-292 (2006), Fall, A., *et al. Phys Rev Lett.*, 100, 018301 (2008)., Fall, A., *et al. Phys. Rev. Lett.* 103, 178301 (2009). Fall, A., *et al. Phys. Rev. Lett.* 105, 268303 (2010).

Description d'écoulement dans une cellule de Fenistein par une rhéologie de type $\mu(I)$

Alain de RYCK, O. Louisnard

Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, Laboratoire RAPSODEE - CNRS FRE 3213, route de
Teillet, F-81013, Albi CT cedex 09, France

deryck@mines-albi.fr

Nous étudions les écoulements provoqués par la rotation d'un disque cisillant le fond d'une couche granulaire immergée. En utilisant une rhéologie avec une viscosité induite par la dépendance du coefficient de friction avec le taux de déformation (contrainte de Coulomb aux faibles taux, viscosité newtonienne au-delà), nous obtenons une description semi-analytique des écoulements et décrivons sa localisation.

Effets de taille des grains et ségrégation
Mardi 22 novembre 9H - 9H40

**Analyse des trajectoires fluctuantes des objets
dans un granulaire en écoulement**

Patrick SNABRE, Octavian Blaj, Bernard Pouligny

Centre de recherche Paul-Pascal, CNRS, av. A. Schweitzer, 33600 Pessac
snabre@crpp-bordeaux.cnrs.fr Tél: 05 56 84 56 55

Nous présentons une méthode s'inspirant de la perception visuelle de bas niveau pour visualiser et analyser les traces fluctuantes des grains dans un milieu granulaire en écoulement. Une autocorrélation de l'image des traces fluctuantes permet de remonter à la vitesse moyenne et aux fluctuations moyennes de position des grains entre deux instants. Sur la base de simulations numériques et d'expériences (écoulement d'une pâte granulaire en géométrie Couette), on discutera des potentialités de la vidéo trajectographie par rapport aux méthodes classiques d'appariement par fenêtres.

**Polydisperse granular paste under shear:
particle trajectories versus particle size**

Octavian BLAJ, Pascal Merzeau, Patrick Snabre and Bernard Pouligny

Centre de Recherche Paul Pascal, CNRS, 33600 Pessac, France
blaj@crpp-bordeaux.cnrs.fr Tél : 05 56 84 56 47

We report experiments aimed at evidencing 3-dimensional flows in a polydisperse granular suspension, sheared between coaxial cylinders (Couette geometry), at low Reynolds/Taylor numbers. Both the Couette cell (cylinders radius ratio $\alpha = 0.75$, height to gap ratio $\Gamma = 6$) and the solid grains (spheres with diameter between 180-200 μm diameter) are made of PMMA and index-matched with the fluid (sample and shear-cell is optically transparent). Opposite, the fluid is not density-matched to the spheres ($\Delta\rho = 0.3 \text{ g/cm}^3$), suspension is sensitive to gravity. We present results from two type of investigation all of them technically innovating: motion of a single particle (SPT) and following a group of particles (video-trajectory). SPT experimental procedure is based on tracking a single fluorescent particle with a fully automated technique [1]. The experiment provides information about primary and secondary flows inside the sheared material. We investigate radial, vertical and tangential position fluctuations of the tracer in the granular suspension due to random collisions and the resulting sheared-induced diffusive processes at short and long time scale. Complex secondary flows are evidenced in a meridian plane. Second experiment is based on following a group of particles. Using a laser sheet that excites the fluid fluorescence, we observe full diametric cuts of the granular sample, and obtain particles spatial distributions and azimuthal velocity profiles under shear. Flow localization is observed near the inner cylinder. Particles size influence upon the velocity profiles was investigated.

[1] O. Blaj, P. Merzeau, P. Snabre and B. Pouligny, Experiments in Fluids, (2010), (DOI 10.1007/s00348-010-1013-y)

Effets de taille des grains et ségrégation
Mardi 22 novembre 9H 40 - 10H00

**Modélisation des forces de lubrification dans les suspensions :
Application aux propergols**

Stany GALLIER^{1,2}, Laurent Lobry², Elisabeth Lemaire², François Peters²

¹SAFRAN-SME, Centre de recherche du Bouchet, Vert-le-petit

²Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Université de Nice

s.gallier@safran-sme.fr

Les propergols solides sont utilisés en propulsion militaire et spatiale (par ex., Ariane 5) pour assurer la poussée des moteurs. Lors de sa fabrication, ce propergol prend la forme d'une suspension fortement concentrée, composée d'un liquide polymérique auquel sont ajoutées des particules solides à des fractions volumiques excédant parfois 75 %. Il est ensuite réticulé à chaud où il prend sa forme solide définitive. Lors de son cycle de fabrication, cette suspension est soumise à diverses sollicitations (mélange, coulée, transport, cuisson...) qui vont induire des modifications dans la configuration spatiale des charges et le développement de microstructures anisotropes ou de phénomènes de migration/ségrégation ayant un impact notable sur les propriétés finales du propergol, sa combustion notamment.

Afin d'étudier la relation entre sollicitation et microstructure, nous avons développé une approche numérique pour traiter ce type de suspensions concentrées. Il s'agit de simulation directe mésoscopique (c'est-à-dire à l'échelle des charges) tridimensionnelle basée sur une méthode de type domaine fictif sans multiplicateurs de Lagrange.

Pour les suspensions concentrées, il est capital de modéliser correctement les forces de lubrification car ces dernières y jouent un rôle prépondérant du fait de la très faible distance séparant les charges (supposées sphériques ici). Dans ce travail, nous décrivons une nouvelle manière de modéliser les forces de lubrification particulièrement adaptée à la simulation directe. En l'hypothèse d'un écoulement de Stokes, la méthode repose sur un principe de superposition : l'écoulement autour d'un doublet (ou n-uplet) de particules, en l'absence de forces et couples extérieurs, est vue comme une superposition de deux écoulements auxiliaires. Dans le premier, le doublet se déplace dans l'écoulement imposé mais comme un haltère rigide alors que dans le second, le doublet est libre mais dans un écoulement au repos. Le premier écoulement peut ainsi être résolu numériquement sans avoir à modéliser les forces de lubrification (la vitesse relative étant nulle). Les forces et moments s'appliquant sur chacune des particules constituant ce doublet peuvent ainsi être calculés et sont ensuite utilisés comme données d'entrée pour résoudre le second écoulement en utilisant les théories de lubrification usuelles. Cette approche par superposition permet également de manière naturelle de corriger le stresslet des effets de la lubrification. La méthode a été intégrée dans notre code de simulation directe et des validations encourageantes sur le cas académique de l'interaction entre deux sphères en cisaillement seront présentées. Nous discuterons également des avantages de cette méthode par rapport à d'autres approches de la littérature.

Effets de taille des grains et ségrégation
Mardi 22 novembre 10H 00 - 10H20

**Impact de la morphologie de grains sur la viscosité en suspension.
Intérêt pour le matériau béton**

Fabrice TOUSSAINT, Christian Blachier

LAFARGE - Laboratoire Central de Recherche 95 rue du Montmurier
BP 15. 38291 St Quentin Fallavier.

fabrice.toussaint@lafarge.com Tél : 04 74 82 18 59

Les bétons sont constitués de grains de dimensions très hétérogènes, variant typiquement du micron à plusieurs centimètres. Les grains sont issus de différents procédés de fabrication, naturels ou le plus souvent industriels. La morphologie de ces grains est très variable en fonction de leur origine géologique, et du procédé de préparation. Une bonne morphologie des sables et gravillons (particules de taille comprise entre 100 μm et 20 mm typiquement), contribue à diminuer le volume de pâte cimentaire dans un béton, et donc son empreinte carbone. A l'échelle inférieure, les phénomènes sont plus complexes, car les particules interagissent avec des forces de surface, et dépendent du niveau de floculation de la pâte.

La démarche proposée est une approche expérimentale qui vise à individualiser l'impact morphologique des grains sur la viscosité des suspensions, en étudiant des systèmes dilués. La mesure de la viscosité intrinsèque de grains de taille et d'origine variés fournit un précieux indicateur pour mieux appréhender la viscosité des suspensions à différents niveaux de concentration. Il est néanmoins nécessaire d'utiliser un modèle approprié à la fraction volumique expérimentale pour déterminer cette viscosité intrinsèque. Des méthodes expérimentales adaptées à chaque échelle de grains ont été développées. Nous devons à la fois assurer l'homogénéité du matériau, sa défloculation, et la pertinence de la mesure. Nous présentons les méthodes de mesures employées aux différentes échelles, leur limite et de premiers résultats sur des gammes variées de taille et nature de grains.

Géophysique
Mardi 22 novembre 10H 40 - 11H40

Les suspensions en géophysique

Guillaume CHAMBON

Cemagref, Grenoble, 2 rue de la papeterie BP 76 38402 Saint Martin d'Hères
guillaume.chambon@cemagref.fr Tél : 04 76 76 27 66

L'exposé se concentrera sur les suspensions d'eau et de sédiments qui interviennent dans de nombreux écoulements naturels tels que laves torrentielles, lahars, crues hyperconcentrées,... Nous présenterons dans un premier temps une classification simplifiée des différents régimes d'écoulement de ces suspensions à partir de l'analyse des interactions dominantes entre les constituants. Chacun de ces régimes est en principe associé à un type de loi constitutive, ce qui conduit au final à une très grande variété de comportements rhéologiques possibles qui sera illustrée par le biais d'exemples naturels. Nous soulignerons ensuite les limites opérationnelles de cette classification qui reste relativement simpliste par rapport à la complexité des matériaux impliqués. Nous discuterons en particulier l'influence, mal connue, de l'étendue granulométrique des sédiments sur le comportement rhéologique des suspensions, à la fois dans les cas fortement et peu concentrés. Le couplage entre comportement mécanique et évolution structurelle du matériau, avec notamment les effets de migration et de ségrégation des particules qui jouent un rôle très important dans les écoulements concentrés (formation de fronts granulaires dans les coulées boueuses par exemple), sera également abordé. Enfin, nous évoquerons le problème de l'érosion par les écoulements chargés, processus encore très mal modélisé mais qui contribue souvent de manière très significative au volume global des coulées.

Charriage de particules dans un écoulement cisailé

Julien CHAUCHAT, P. Aussillous, M. Pailha, M. Médale and E. Guazzelli

LEGI UMR 5519 - INPG/ENSE3 BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9, France
julien.chauchat@grenoble-inp.fr Tél : 04.76.82.50.89

Un lit de particules soumis à un écoulement de fluide, par exemple le lit d'une rivière, se met en mouvement quand les forces hydrodynamiques deviennent supérieures à une fraction du poids apparent des particules. Nous étudions expérimentalement le transport de particules dans un tube à section rectangulaire. Nous comparons les résultats aux prédictions d'un modèle continu à deux phases, dans lequel nous utilisons une rhéologie granulaire pour la contrainte solide. Nous comparons et discutons différentes formulations pour la rhéologie granulaire. Des simulations numériques tridimensionnelles réalisées dans le cadre de ce travail permettent de mettre en évidence l'effet géométrique engendré par la friction aux parois observé dans cette expérience.

Géophysique
Mardi 22 novembre 11H 40 - 12H20

Modèle diphasique du transport sédimentaire en régime de SheetFlow

Thibaud REVIL BAUDARD, Eric Barthélémy

Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels, Domaine Universitaire BP 53,
38041 Grenoble Cedex 9

thibaud.revil-baudard@legi.grenoble-inp.fr

La compréhension du régime de Sheet Flow (écoulement en nappe) est cruciale car il semble être le mode de transport le plus efficace dans la morphodynamique fluviale et côtière. Nous présentons ici un modèle diphasique, eulérien-eulérien de ce phénomène, en faisant les hypothèses de vitesses unidirectionnelles, d'uniformité et de régime permanent. Ce modèle est basé sur une rhéologie frictionnelle ($\mu(I_v)$) pour décrire les contraintes tangentielles de la phase sédimentaire, une approche de type longueur de mélange pour la turbulence fluide et une loi de décompaction pour l'évolution de la concentration dans le lit.

Nous étudions les processus mis en jeu comme la transition du régime de friction statique au régime de friction dynamique, la modification de la turbulence due à la présence des sédiments et la loi de décompaction sous l'effet du cisaillement. La prédiction des paramètres macroscopiques: débit solide, épaisseur et rugosité équivalente de la Sheet Flow obtenus avec ce modèle sont en bon accord avec les données expérimentales existantes ce qui apporte une validation supplémentaire de notre modèle. Ces paramètres sont cruciaux pour mieux comprendre le lien entre le transport à l'échelle du grain et la morphodynamique à l'échelle de la plage ou de la rivière.

**Ségrégation en transport fluvial de sédiments
par charriage à l'échelle de la particule
Philippe FREY**

Cemagref, Groupement de Grenoble, Unité de recherche érosion torrentielle, neige avalanche
Domaine universitaire, BP76, 38402 Saint Martin d'Hères

philippe.frey@cemagref.fr Tél. 04 76 76 27 71

Bedload, the larger material that is transported in stream channels, has major consequences, for the management of water resources, for environmental sustainability, and for flooding alleviation. Most particularly, in mountains, steep slopes drive intense transport of a wide range of grain sizes. Our ability to compute local and even bulk quantities such as the sediment flux in rivers is poor. One important reason is that grain-grain interactions in stream channels may have been neglected. An even most important difficulty pertains to the very wide range of grain size leading to grain size sorting or segregation. This phenomenon largely modifies fluxes and results in patterns that can be seen ubiquitously in nature such as armoring or downstream fining. When the coarser particles of the bed are moving, statistically dynamic void openings permit downward percolation of particles only a little bit smaller. This process also named "kinetic sieving" has been studied in industrial contexts, rarely in sediment transport. We present an experimental study of two-size mixtures of coarse spherical glass beads entrained by a shallow turbulent and supercritical water flow down a steep channel with a mobile bed. The particle diameters were 4 and 6mm, the channel width 6.5mm and the channel inclination ranged from 7.5 to 12.5%. The water flow rate and the particle rate were kept constant at the upstream entrance. First only the coarser particle rate was input and adjusted to obtain bed load equilibrium, that is, neither bed degradation nor aggradation over sufficiently long time intervals. Then a low rate of smaller particles (about 1% of the total sediment rate) was introduced to study the spatial and temporal evolution of segregating smaller particles. Flows were filmed from the side by a high-speed camera. Using image processing algorithms made it possible to determine the position, velocity and trajectory of both smaller and coarser particles. After a certain time, a quasi-continuous region of smaller beads developed under moving and above quasi-immobile coarser beads. Results include the time evolution of segregating smaller beads, assessment of percolation velocity and streamwise and vertical particle velocity depth profiles.

Grains actifs
Mardi 22 novembre 14H00 - 15H00

Les suspensions actives
Rheology and transport of active suspensions

Eric CLÉMENT, Gaston Mino, Jérémie Gachelin, Anke Lindner, Annie Rousselet

Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes, École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (ESPCI) 10, rue Vauquelin, 75231
eric.clement@upmc.fr Tel : 01 40 79 47 14

Assemblies of microscopic swimmers dispersed in a fluid display emergent properties that differ strongly from those of passive suspensions. The active momentum sources distributed in the bulk as well as their ability to organize collectively, modify deeply the momentum and energy transfer balances as well the constitutive transport properties. Thus, on conceptual grounds, one may expect original constitutive properties such as active diffusivity, anomalous viscous response, enhanced mixing and also, the possibility to use the hydrodynamic fluctuations to extract work. In this presentation, I will discuss these points and also present some effects have been observed experimentally. Finally, I will focus on recent experimental works done at the PMMH using wild-type E-Coli bacteria and artificial swimmers.

Active viscosity of bacterial suspensions

Jérémie GACHELIN, Gaston Miño, Anke Lindner, Annie Rousselet and Eric Clément

Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes, École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (ESPCI)10, rue Vauquelin, 75231 Paris.
jeremie.gachelin@gmail.com

Active suspensions is the name borne by fluids laden with self-swimming entities such as bacteria , algae or collections of active artificial swimmers . Such microscopic motors dispersed in a fluid may display emergent properties that differ strongly from passive suspensions. In this workshop, I will present a recent work in which we consider wild type E-Coli dispersed in a fluid and injected in a Y-shape micro-fluidic device. On one side of the arm, we inject the active suspension and on the other arm we inject, at the same rate, the suspending fluid. We monitor the position of the interface between the pure fluid and the suspension. The micro-fluidic set-up is used in a configuration proposed earlier by Guillot et al. [1] to measure the viscosity of classical fluids and we adapt it to the case of bacterial fluids. We vary systematically the shear rate and the bacterial density. We bring evidences of a regime specific to active fluids where the relative viscosity is lower than the viscosity of the suspending viscous fluid. We discuss our results in the perspective of recent theoretical and experimental works [2,3].

[1] P. Guillot et al. : Viscosimeter on a microfluidic chip. *Langmuir*, 22(14):6438_6445, (2006).

[2] A.Sokolov and I.Aranson, *PRL* **103**, 148101 (2009); B. M. Haines et al., *PR E* **80**, 041922 (2009) S. Ryan et al. *Phys. Rev. E* **83**, 050904 (2011).

[3] D. Saintillan : The dilute rheology of swimming suspensions : A simple kinetic model. *Experimental Mechanics*, **50**, 2010.

Systemes cohésifs
Mardi 22 novembre 15H00 - 16H00

**Un aperçu de la complexité de la réponse mécanique
des matériaux granulaires cohésifs**

Jean-Christophe GÉMINARD

Laboratoire de Physique Ecole Normale Supérieure de Lyon, 46, Allée d'Italie, 69007 Lyon
<http://perso.ens-lyon.fr/jean-christophe.geminard> Tél/Fax : 04 72 72 83 75 / 80 80

Nous verrons au travers de quelques exemples expérimentaux que la présence de forces attractives entre les grains modifie le comportement mécanique des matériaux granulaires. Les effets de la cohésion peuvent être non seulement quantitatifs (augmentation de l'angle d'avalanche) mais aussi qualitatifs (instabilité, rupture). La présentation des modèles proposés pour décrire ces comportements sera l'occasion de mettre en évidence les difficultés conceptuelles ou techniques rencontrées pour rendre compte de la réponse mécanique des matériaux granulaires cohésifs.

**Matériaux granulaires cohésifs : apports et perspectives
de la simulation à l'échelle du grain**

Jean-Noël ROUX

Laboratoire NAVIER (Champs-sur-Marne, UMR8205 IFSTTAR-ENPC-CNRS)
jean-noel.roux@ifsttar.fr

Quelques résultats récents de simulation d'assemblages de grains avec adhésion sont passés en revue rapidement, concernant la rhéologie en écoulement maintenu stationnaire et aussi les structures d'équilibre et la déformation quasi-statique en compression, au cours de laquelle les structures lâches stabilisées par la cohésion se densifient. On souligne l'importance de la résistance à la rotation (frottement de roulement) dans les contacts, on discute des propriétés élastiques et de consolidation, ainsi que de la relation entre résistance à la traction d'un contact et résistance macroscopique à la tension.