



Rhéologie des Suspensions

24 octobre 2017, Campus Saint-Jean-d'Angély, Nice

Chaque session comporte 45 minutes de présentation, suivies de 15 minutes de discussion.

10h : Introduction à la science des colloïdes

Michel Cloitre, Matière Molle et Chimie, CNRS/ESPCI-ParisTech

Les dispersions colloïdales sont des systèmes riches englobant une grande variété de formes, de compositions chimiques et d'interactions. Dans cette introduction, nous présenterons les bases de la science des colloïdes. Après un large panorama illustrant la diversité des particules couramment rencontrées dans les études fondamentales comme dans les systèmes naturels, nous nous attarderons sur le cas de sphères dures modèles qui ont longtemps été considérés comme un système paradigmatique et sur celui des sphères molles qui sont extrêmement importantes pour les applications. La forme précise des interactions, qui peuvent être répulsives, attractives ou une combinaison des deux, se reflète dans les diagrammes de phase, qui sont obtenus en faisant varier la dureté, la force des interactions et la polydispersité des particules.

11h : Les bases de l'hydrodynamique pour la rhéologie des suspensions

François Peters, Institut de Physique de Nice, CNRS/Université Côte d'Azur

Ce cours présente les notions de bases d'hydrodynamique utiles pour appréhender les écoulements lents des suspensions de particules, dans le cas particulier d'un fluide suspendant newtonien. Les notions traitées sont importantes tant pour la compréhension qualitative de la rhéologie des suspensions que pour la description théorique ou numérique de ces matériaux. En particulier, elles seront réutilisées dans les cours suivants pour traiter de problématiques spécifiques. Après un rapide survol des propriétés générales des équations de Stokes (linéarité, réversibilité), on s'intéressera aux perturbations occasionnées par la présence d'une particule solide sur les écoulements pertinents en rhéologie (écoulement uniforme, linéaire) en s'attachant à montrer l'intérêt et dégager la signification des grandeurs importantes que sont les moments de la contrainte sur les particules (*stokeslet*, *rotlet*, *stresslet*), en lien avec les propriétés moyennes d'une suspension. On s'attachera également à préciser la notion d'interaction hydrodynamique entre particules, dans les deux limites où les particules sont loin les unes des autres (portée des interactions) ou au contraire très proches (lubrification).

12h : Dynamiques microscopiques et rhéologie des suspensions colloïdales

Michel Cloitre, Matière Molle et Chimie, CNRS/ESPCI-ParisTech

Ce cours présentera les concepts clés nécessaires pour comprendre et prédire les propriétés d'écoulement des dispersions colloïdales sur toute la gamme de fractions volumiques accessible dans les expériences. Notre approche reliera la dynamique microscopique à la rhéologie macroscopique afin de donner une idée de la manière dont les propriétés à l'échelle des particules influencent le comportement rhéologique d'une dispersion. Après avoir étudié la viscosité des suspensions diluées, nous analyserons la dynamique observée dans les régimes concentrés, à l'approche des transitions vitreuses et de blocage et au-delà de celles-ci. Nous poursuivrons alors naturellement par la description des systèmes à seuil de contrainte pour lesquels l'obtention d'une loi constitutive et la prédiction de la contrainte seuil sont des questions très importantes. Enfin, nous montrerons que les suspensions concentrées coulent rarement comme des fluides simples mais présentent divers phénomènes de localisation comme du glissement aux parois ou des bandes de cisaillement.



14h30 : Un bref état de l'art de l'étude des suspensions non-browniennes

Elisabeth Guazzelli, IUSTI, CNRS/Aix-Marseille Université

Les suspensions denses sont des matériaux qui offrent de nombreuses applications à la fois dans des procédés industriels (par exemple, l'élimination des déchets, le béton, les boues de forage, le transport de copeaux de métaux et les transformations agro-alimentaires) et dans les phénomènes naturels (par exemple, les coulées de boues, de débris et de lave). Malgré ces enjeux importants et les efforts de recherche déployés, la mécanique des suspensions denses reste mal comprise. La principale difficulté est que les grains interagissent à la fois par des interactions hydrodynamiques à travers le liquide et par contact mécanique. Ces systèmes appartiennent donc à un régime intermédiaire entre suspensions pures et écoulements granulaires. Nous montrerons qu'il est possible, en transférant l'approche de friction des milieux granulaires secs aux suspensions visqueuses de particules sphériques, de proposer un cadre commun où la rhéologie des suspensions et des milieux granulaires est unifiée. Nous discuterons également du comportement non newtonien des suspensions et, en particulier, des différences de contraintes normales et de la migration de particules induite par un cisaillement. Au-delà du problème classique des suspensions denses de sphères dures -qui est loin d'être complètement résolu-, nous aborderons le cas de suspensions plus complexes où les particules pourront ne plus être sphériques (suspensions de fibres) et où le fluide suspendant pourra présenter lui-même une rhéologie complexe (fluide à seuil en particulier).

15h30 : Méthodes expérimentales pour la caractérisation du comportement des suspensions concentrées

Guillaume Ovarlez, LOF, CNRS/Solvay/Université de Bordeaux

Après une brève introduction au comportement des suspensions concentrées, nous proposons dans ce cours de présenter les développements expérimentaux les plus récents permettant de caractériser le plus complètement possible les écoulements de suspensions concentrées : (i) mesures locales de champs de vitesse et de concentration par techniques optiques, par RMN, et par rayons X ; (ii) couplage des informations locales pour déterminer le comportement des suspensions ; (iii) mesures d'inhomogénéités de viscosité par mesure des champs de contraintes aux parois d'un écoulement ; (iv) caractérisation de microstructure par techniques optiques et par rayons X ; (v) mesures rhéologiques permettant de montrer l'impact de l'histoire de l'écoulement et de mettre en évidence des anisotropies de comportement (superposition orthogonale) ; (vi) mesures de contraintes normales de la suspensions et des contraintes normales particulières.

16h30 : Méthodes de simulation numérique en rhéologie des suspensions

Stany Gallier, ArianeGroup, Le Bouchet

Ce cours dressera un panorama des méthodes principales utilisées en simulations numériques des suspensions. Après un bref aperçu sur les approches homogénéisées, nous nous focaliserons principalement sur les approches mésoscopiques (c'est-à-dire à l'échelle des particules) qui sont à l'heure actuelle couramment utilisées pour tenter de mieux comprendre la physique des suspensions. Les techniques principales seront abordées et décrites succinctement. Pour terminer, quelques exemples de simulations et de résultats seront présentés pour illustrer l'intérêt de la simulation numérique dans ce domaine.