

Titre en français : Solidification de suspensions : effets des interactions entre particules et de leur polydispersité sur les morphologies et leurs transitions

Titre en anglais : Solidification of suspensions: effects of particle interactions and of polydispersity on morphologies and transitions

Nom du directeur de thèse : Alain Pocheau / Simona Bodea / Marc Georgelin

Tel : 04 13 55 20 53 / 04 13 55 20 57/ 04 13 55 20 54

E-Mail : alain.pocheau@univ-amu.fr / simona.bodea@univ-amu.fr / marc.georgelin@univ-amu.fr

Laboratoire : IRPHE, UMR 7342

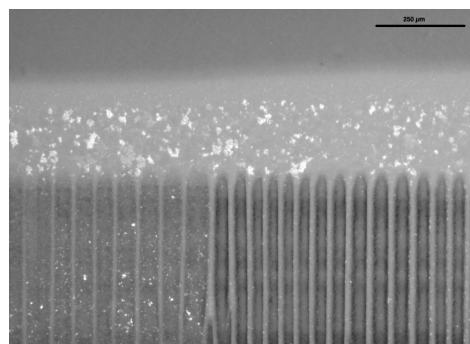
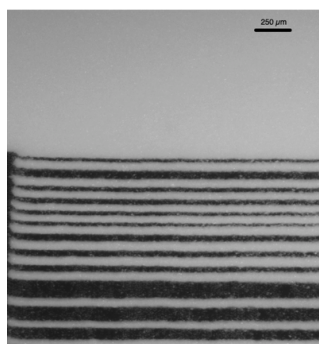
Financement : demandé

Type de financement : bourse du ministère

Résumé en français :

La solidification de suspensions, à savoir de milieux liquides contenant des particules solides, se rencontre dans de nombreux domaines allant de la physique des sols à la fabrication de matériaux micro-texturés en passant par l'industrie alimentaire ou la cryobiologie. Elle conduit à des effets de pression importants dans la phase liquide et à une réorganisation des particules dans la phase solide. Ceci peut être délétère (déformation des chaussées ; modification des sols et fissuration des habitations) ou bénéfique (création de nouveaux matériaux de résistance mécanique amplifiée). Si ces phénomènes prennent naissance dans l'interaction entre le front de solidification et les particules à son contact, ils sont largement conditionnés par les interactions entre particules dans la phase liquide et leur mono- ou poly-dispersité.

L'objectif de la thèse sera d'étudier expérimentalement le lien entre le type d'interaction entre particules ou leur poly-dispersité et les morphologies induites dans la phase solide, leurs transitions en fonction des paramètres de contrôle, ou leurs effets mécaniques sur le système. Pour cela, une expérience modèle de solidification directionnelle en lames minces permettant la visualisation des phénomènes in situ et en temps réel sera utilisée. Les interprétations des structures et des effets observés pourront s'adosser à des modèles mêlant solidification, hydrodynamique dans la suspension (diluée loin du front et dense près de celui-ci) et matière granulaire (appliquée aux amas de particules ou aux particules agrégées).



Exemples de morphologies observées. Les particules apparaissent en blanc ou clair ; le liquide (eau) ou le solide (glace) en sombre ou noir. Le front de solidification progresse vers le haut. Il est plan dans l'image de gauche et cellulaire dans celle de droite. La suspension liquide se situe en haut des images : à gauche, domaine clair ; à droite, domaine gris (suspension diluée) puis, devant le front, domaine clair (suspension dense) avec amas cristallisés de particules (taches blanches). La phase solide se situe en bas des images : à gauche, alternance de bandes claires (particules) et noires (glace) ; à droite, doigts sombres ou noirs (glace) séparés par des lignes claires (particules).

Examples of observed morphologies. The particles appear in white or clear; the liquid (water) or the solid (ice) in grey or black. The solidification front progresses upwards. It is planar in the left image and cellular in the right one. The liquid suspension is located at the top of the images: on the left, clear area; on the right, gray area (diluted suspension) then, in front of the front, clear area (dense suspension) with crystallized clusters of particles (white spots). The solid phase is located at the bottom of the images: on the left, alternating light (particles) and black (ice) bands; on the right, dark or black fingers (ice) separated by light lines (particles).

Résumé en anglais :

The solidification of suspensions, i.e. of a liquid media containing solid particles, is encountered in many fields, from soil physics to the manufacture of micro-textured materials, including the food industry and cryobiology. It leads to important pressure effects in the liquid phase and to a reorganization of the particles in the solid phase. This can be deleterious (deformation of pavements; modification of soils and cracking of houses) or beneficial (creation of new materials with amplified mechanical resistance). If these phenomena originate in the interaction between the solidification front and each particle in contact with it, they are largely conditioned by the interactions between particles in the liquid phase and their mono or poly-dispersity.

The objective of the thesis will be to study experimentally the link between the type of interaction between particles or their poly-dispersity and the morphologies induced in the solid phase, their transitions as a function of the control parameters, or their mechanical effects on the system. For this purpose, a model experiment of directional solidification in thin films allowing the visualization of the phenomena in situ and in real time will be used. Interpretations of the observed structures and effects will be based on models mixing solidification, hydro-dynamics in the suspension (diluted far from the front and dense near it) and granular material (applied to clusters of particles or aggregated particles).

Profil du candidat recherché :

Le candidat sera titulaire d'un Master ou équivalent en mécanique, mathématiques appliquées ou en physique. Une formation expérimentale n'est pas absolument requise mais un intérêt pour la démarche expérimentale et l'analyse d'expériences modèles est attendu.

Profile of the desired candidate:

The candidate will have a Master's degree or equivalent in mechanics, applied mathematics or physics. An experimental background is not absolutely required, but an interest in the experimental approach and the analysis of model experiments is expected.

Publications sur le sujet :

- Corte, A. E., *J. Geophys. Res.* 1962, 67, 1085–1090.
Vertical Migration of Particles in Front of a Moving Freezing Plane.
- Deville, S.; Saiz, E.; Tomsia, A. P., *Acta Mater.* 2007, 55, 1965–1974.
Ice-templated porous alumina structures.
- Dash, J.; Rempel, A. W.; Wettlaufer, J. S., *Rev. Mod. Phys.* 2006, 78, 695– 741.
The physics of premelted ice and its geophysical consequences.
- B. Saint-Michel, M. Georgelin, S. Deville and A. Pocheau, *Langmuir* **33**, 5617-5627 (2017).
Interaction of Multiple Particles with a Solidification Front: From Compacted Particle Layer to Particle Trapping.
- B. Saint-Michel, M. Georgelin, S. Deville and A. Pocheau, *Soft Matter* 14, 9498-9510 (2018).
Wall friction and Janssen effect in the solidification of suspensions.
- B. Saint-Michel, M. Georgelin, S. Deville and A. Pocheau, *Phys. Rev. E* 99, 052601-14 (2019).
Boundary-induced inhomogeneity of particle layers in the solidification of suspensions.

Insertion professionnelle après thèse : publique et/ou privée