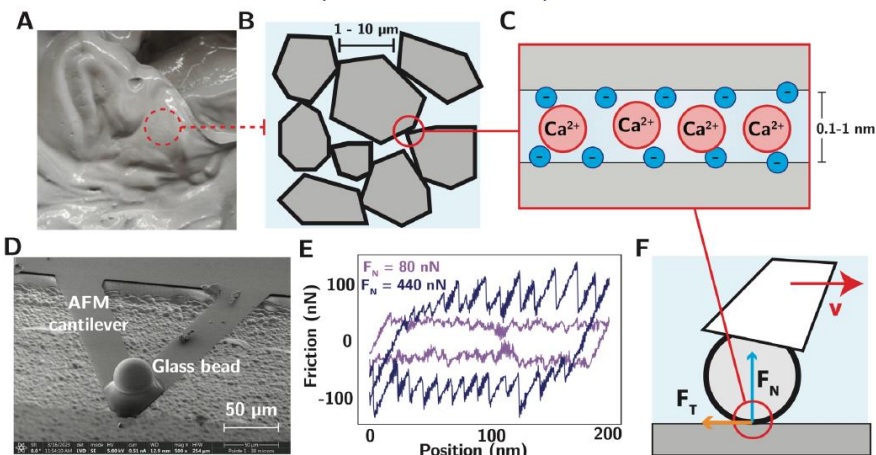


# Nanoscale Solid Friction in Confined Aqueous Systems: an Application to Cement-like Rheology

## CONTEXT

Cement-based materials are ubiquitous but raise major concerns with respect to their environmental impact. The development of new binders, more sustainable than traditional cements, requires better understanding of the physical mechanisms behind their behavior. On the academic side, these complex materials can be seen as dense suspensions of interacting particles (Fig. B), with their macroscopic behavior accordingly set by local nanoscale mechanical interactions between grains (adhesion, friction etc...). What drives these local interactions and how do they relate to material formulation remains however poorly understood, due to the peculiar conditions set by the high molarity and high pH of the aqueous solution, as well as the possible occurrence of ion-specific effects in these nanoconfined contacts.



**Figure.** (A) Cement paste. (B) Local microstructure with interacting micrometric grains. (C) Emergence of local contact forces between grains due to ion-specific interactions (here bridging due to  $\text{Ca}^{2+}$  ions). (D) SEM image of the colloidal cantilever-based AFM. (E-F) Local friction measurements and typical friction traces obtained with the AFM.

## GOALS

The aim of this PhD work is to gain novel insights on the nanoscale mechanical interactions taking place in these peculiar physicochemical conditions. To do so, we will rely on local Atomic Force Microscopy measurements of the contact strength and frictional interactions between a model system of silica surfaces in aqueous-based solutions (Fig. D-F). Preliminary results have allowed us to evidence a rich phase behavior in such conditions, and a key role of the electrolyte composition. We aim here at pushing these measurements further to identify the molecular processes at play in these nanoconfined contacts, up to their influence on the macroscopic strength of the material. More generally, our approach provides novel methodologies to rationalize through nanoscopic measurements, the interplay between material formulation and rheology, which is key for the future development of more sustainable construction materials.

## PROFILE

We are looking for a student strongly motivated by experimental work involving custom-made Atomic Force Microscopy experiments, and with strong a background in physics (soft matter, hydrodynamics, mechanics) or physico-chemistry. This PhD is funded by Saint-Gobain Research, and regular interactions with this industrial partner are expected.

## DURATION

3 years

## LOCATION

SIMM Laboratory, ESPCI, 10 rue Vauquelin, 75005 Paris

## CONTACT

jean.comtet@espci.fr

lola.ciapa@saint-gobain.com

## ABOUT SAINT-GOBAIN

Worldwide leader in light and sustainable construction, Saint-Gobain designs, manufactures and distributes materials and services for the construction and industrial markets. Its integrated solutions for the renovation of public and private buildings, light construction and the decarbonization of construction and industry are developed through a continuous innovation process and provide sustainability and performance. The Group's commitment is guided by its purpose, "MAKING THE WORLD A BETTER HOME".

€51.2 billion in sales in 2022

168,000 employees, located in 75 countries

Committed to achieving Carbon Neutrality by 2050

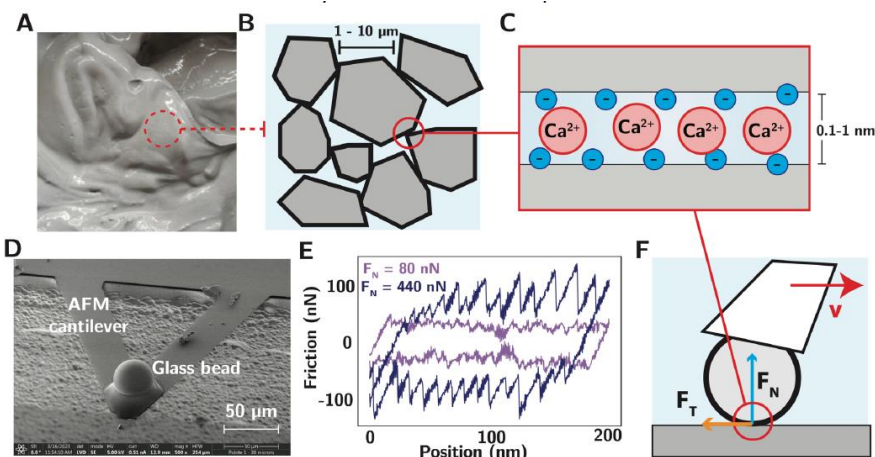
For more details on Saint-Gobain, Visit <http://www.saint-gobain.com> and follow us on Twitter @saintgobain.

Saint-Gobain Research Paris is one of eight major cross-functional research centers serving all Saint-Gobain Sectors: <https://www.sgr-paris.saint-gobain.com/>

# Frottement à l'échelle nanométrique, application à la rhéologie des matériaux cimentaires

## CONTEXTE

Le développement de nouveaux liants, à l'empreinte environnementale moindre que celle du ciment traditionnel, nécessite une meilleure compréhension des mécanismes physiques à l'origine de leur comportement. Ces matériaux complexes peuvent être considérés comme des suspensions denses de particules (Fig. B) dont le comportement macroscopique est déterminé par des interactions locales à l'échelle nanométrique entre les grains (adhésion, frottement, etc.). La nature de ces interactions et leur lien avec la formulation des matériaux restent cependant mal compris, en raison des conditions particulières créées par la force ionique importante et le pH élevé de la solution aqueuse, ainsi que de l'apparition possible d'effets ion-spécifiques dans ces contacts nano-confinés.



**Figure.** (A) Pâte de ciment. (B) Microstructure locale : grains micrométriques en interaction. (C) Emergence de forces de contact locales entre les grains, dues à des interactions ion-spécifiques (ici pontage par ions  $\text{Ca}^{2+}$ ). (D) Image MEB de la sonde AFM colloïdale. (E-F) Mesures typiques de force de frottement obtenues par AFM.

## OBJECTIFS

Ce travail de doctorat vise à étudier les interactions à l'échelle nanométrique qui ont lieu dans ces conditions physico-chimiques particulières. Pour cela, nous nous appuyons sur des mesures locales de forces de contact et de frottement par Microscopie à Force Atomique, sur des surfaces modèles de silice en solution aqueuse (Fig. D-F). Des travaux préliminaires ont mis en évidence un rôle clé des conditions physico-chimiques et en particulier de l'électrolyte sur les comportements observés. Nous visons ici à pousser ces mesures plus loin pour identifier les processus moléculaires en jeu dans ces contacts nano-confinés, et leur influence sur les propriétés macroscopiques du matériau. Plus généralement, cette démarche vise à lier les interactions locales et la formulation du matériau à sa rhéologie, ce qui est essentiel pour le développement de matériaux de construction plus durables.

## PROFILE SOUHAITE

Etudiant(e) avec un goût prononcé pour le travail expérimental, qui comprendra des expériences de microscopie à force atomique sur un set-up dédié, et avec une formation solide en physique (matière molle, hydrodynamique, mécanique) ou physico-chimie. Des interactions régulières dans le cadre industriel à Saint-Gobain Recherche sont à prévoir.

## DUREE

3 ans

## LIEU

Laboratoire SIMM, ESPCI, 10 rue Vauquelin, 75005 Paris

## CONTACT

jean.comtet@espci.fr

lola.ciapa@saint-gobain.com

### A PROPOS DE SAINT-GOBAIN

Leader mondial de la construction durable, Saint-Gobain conçoit, produit et distribue des matériaux et services pour les marchés de l'habitat et de l'industrie. Développées dans une dynamique d'innovation permanente, ses solutions intégrées pour la rénovation des bâtiments publics et privés, la construction légère et la décarbonation du monde de la construction et de l'industrie apportent durabilité et performance. L'engagement du Groupe est guidé par sa raison d'être « MAKING THE WORLD A BETTER HOME ».

51,2 milliards d'euros de chiffre d'affaires en 2022 168 000 collaborateurs dans 75 pays

Engagé à atteindre la Neutralité Carbone à 2050

Pour en savoir plus sur Saint-Gobain, Visitez <http://www.saint-gobain.com> et suivez-nous sur Twitter @saintgobain.

Saint-Gobain Research Paris est l'un des huit grands centres de recherche transversaux qui servent toutes les Activités de Saint-Gobain, <https://www.sgr-paris.saint-gobain.com/>