**Titre : Mise en glissement des interfaces élastomères : apports fondamentaux issus d’expériences de contacts modèles sphère/plan**

**Mots clés:** mécanique du contact cisaillé, frottement, adhésion, aire de contact, PDMS, mesure *in-situ*, mesure de champ de déplacement.

Résumé: L’objectif principal de cette thèse était d’obtenir une meilleure compréhension de la mise en glissement des contacts secs en élastomère. Lors de la mise en contact de deux surfaces réelles, généralement rugueuses, l’interface crée est bien souvent constituée d’une myriade de micro-contacts individuels entre des aspérités antagonistes. Ainsi, le comportement macroscopique d’une telle interface multi-contact est la somme complexe des réponses individuelles de tous les micro-contacts. Dans cette étude, nous avons cherché à mieux caractériser le comportement des micro-contacts grâce à une étude systématique basée sur des expériences modèle de cisaillement d’une sphère en PDMS sur une plaque de verre. En plus des mesures de force macroscopique lors des expériences de cisaillement, le travail s’est principalement appuyé sur l’analyse *in-operando* de l’évolution de de l’interface de contact par une méthode optique.

Nous avons d’abord revisité les expériences récentes de la littérature sur la réduction de la zone de contact réelle induite par le cisaillement dans les interfaces élastomériques, dont l’origine a été très débattue. À l’aide d’échantillons d’élastomères ensemencés de particules, d’une technique de suivi des particules et d’analyses de trajectoire originales, nous avons démontré la coexistence de plusieurs mécanismes élémentaires de réduction d’aire réelle de contact agissant simultanément et quantifié leur contribution relative à la réduction d’aire globale. Nous avons identifié le soulèvement comme mécanisme principal et avons également prouvé l’existence d’une zone de glissement de type annulaire qui remplace progressivement la zone centrale initialement collée au sein de l’interface. Par comparaison avec un modèle de mécanique des milieux continus, nous avons montré que, à des charges normales importantes, la réduction de surface provient des grandes déformations mise en jeu et des non-linéarités qui y sont associées, plutôt que des effets adhésifs mis en avant dans la littérature.

La réduction de l’aire réelle de contact induite par le cisaillement avait déjà été étudiée, dans la littérature, principalement pour deux gammes de charges normales distinctes : soit dans le millinewton, soit dans la gamme du newton. Nous avons ainsi réalisé les premières expériences qui comblent l’écart entre ces deux gammes avec le même échantillon et la même configuration expérimentale. Les résultats indiquent que le comportement observé aux charges normales élevées se maintient jusqu’à environ 0.1 N, en dessous de cette limite les effets adhésifs deviennent vraisemblablement non négligeables. Aux faibles charges normales, nous montrons également que la réduction d’aire se poursuit après le pic en force tangentielle, ce qui remet en question la définition du moment exact de la transition vers le glissement. La plupart des études de la littérature considèrent des expériences de cisaillement à charge normale constante, alors que, dans une interface glissante rugueuse, les micro-contacts subissent vraisemblablement d’importantes variations de charge normale lors du cisaillement. Pour traiter l’effet de ces variations, nous avons introduit des inclinaisons contrôlées dans notre expérience. Après avoir soigneusement corrigé les mesures de force brutes par l’effet de telles inclinaisons pour extraire la force réellement en jeu à l’interface, nous avons pu proposer la première loi de comportement empirique pour l’évolution de la surface de contact due aux variations simultanées des forces normales et de cisaillement.

Tous ces résultats sur le comportement en frottement des contacts élastomériques modèles fournissent la base nécessaire pour mieux comprendre et/ou concevoir des interfaces multi-aspérités fonctionnelles plus complexes.

**Title: Onset of sliding of elastomer interfaces: fundamental insights from model sphere/plane contact experiments**

**Keywords:** sheared contact mechanics, friction, adhesion, contact area, PDMS, *in-situ* measurement, full-field displacement measurement.

Abstract: The main objective of this thesis has been to obtain a better understanding of the onset of sliding of dry elastomer contacts. Because real surfaces are rough, contact interfaces are usually multi-contacts made up of a myriad of individual micro-contacts between antagonist asperities. The macroscopic behavior of such interfaces is thus a complex sum of the individual responses of all micro-contacts. Here, we aimed at better characterizing the micro-contact behavior through a systematic study of model PDMS sphere/glass plate shearing experiments. In addition to macroscopic force measurements during shearing experiments, the work mainly relied on the analysis of *in-operando* images of the contact interface.

We first revisited recent literature experiments about shear-induced real contact area reduction in elastomeric interfaces, the origin of which was highly debated. Using particle-seeded elastomer samples, a particle tracking technique and original trajectory analyses, we demonstrated the coexistence of several area reduction elementary mechanisms acting simultaneously and quantified their relative contribution to the global reduction. We identified contact lifting as the main mechanism and also proved the existence of an annular-like slipping zone that progressively replaces the central stuck area. Through comparison with a continuum mechanics model, we showed that, at large normal loads, area reduction originates from large strains and the related non-linearities, rather than from the adhesive effects put forward in the literature.

Shear-induced contact area reduction had previously been studied in two separate and distinct normal load ranges in the literature: either in the millinewton or in the newton ranges. We thus performed the first experiments bridging the gap between those two ranges with the very same sample and experimental setup. The results indicate that the large normal load behavior holds down to about 0.1 N, below which adhesive effects presumably become non-negligible. At low normal loads, we also show that area reduction continues after the tangential peak force, which calls into question the definition of the exact moment of the transition to sliding.

Most of the literature studies consider shearing experiments at a constant normal load, while micro-contacts in a sliding rough-rough interface undergo important normal load variations with time. To address the effect of those variations, we introduced controlled tilts in the experiment. After carefully correcting the force measurements by the effect of such tilts to extract the real force at play at the interface from the raw measurements, we could propose the first empirical behavior law for contact area evolution due to simultaneous normal and shear force variations.

All those results on the friction behavior of single elastomer contacts provide the necessary basis to understand and/or design more complex functional multi-asperity interfaces.