

Proposition de thèse de doctorat

Compréhension des mécanismes à l'origine de la perception tactile de surfaces micro-texturées

Contexte

La plupart de nos interactions quotidiennes avec l'environnement sont basées sur l'exploration tactile. La perception tactile repose sur la stimulation des mécanorécepteurs de la peau et sur le traitement de la réponse induite par le cerveau. Jusqu'à présent, seules quelques recherches ont été consacrées à découvrir la cascade de l'ensemble de la « chaîne de perception », c'est-à-dire depuis les stimuli mécaniques, via la conversion et la transmission du signal, jusqu'aux processus neuronaux d'ordre supérieur liés à l'interaction du corps humain avec la surface touchée. Curieusement, la plupart des recherches menées dans le domaine du contrôle sensorimoteur a ignoré les caractéristiques mécaniques de la surface en contact avec le corps. Parallèlement, la plupart des recherches dans les domaines de l'ingénierie et de la mécanique des surfaces a ignoré les mécanismes cérébraux impliqués dans le traitement des « inputs » tactiles. Ceci constitue une limitation sévère dans la compréhension du sens du toucher.

Le doctorat proposé s'inscrit au sein du **projet CONTACT** regroupant 6 laboratoires et financé par l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR). L'objectif global de CONTACT est de « **déchiffrer** » **comment le cerveau construit la perception tactile** et la représentation interne d'une surface texturée en fonction des stimuli mécaniques et des réponses des mécanorécepteurs biologiques. Les 6 partenaires regrouperont leurs compétences et travailleront en synergie dans différents domaines d'investigations tels que la psychophysique, l'imagerie cérébrale, la micro-neurographie, la tribologie, et les vibrations.

Le rôle du doctorant dans le projet sera d'acquérir une meilleure **compréhension du comportement mécanique du contact doigt/surface** qui est à l'origine de la perception tactile, en lien avec les propriétés de la texture et de celles du doigt. En lien avec les investigations des autres partenaires du projet, il contribuera ensuite à déterminer les caractères mécaniques essentiels du contact doigt/surface impliqués dans la transmission neuronale des signaux, l'activité cérébrale, et la perception des textures explorées. Il s'agira donc de travaux centrés sur la dynamique du contact tribologique, mais qui nécessiteront une forte interaction avec d'autres domaines scientifiques dans un contexte très pluridisciplinaire.

Environnements de travail : FEMTO-ST & LaMCoS

Le travail doctoral proposé s'effectuera **successivement par demi périodes de 18 mois** dans 2 laboratoires spécialisés en Tribologie et Dynamique des Structures : dans un premier temps, au **Département de Mécanique Appliquée** de l'**Institut Femto-ST**¹ à **Besançon**, et plus particulièrement au sein du groupe « Tribologie, Fonctionnalisation et Caractérisation des Surfaces » (TFCS), puis dans un second temps, au laboratoire **LaMCoS**², au sein des équipes Tribologie et Mécanique des Interfaces (TMI) et Dynamique et Contrôle des Structures (DCS) de l'**INSA de Lyon**.

Ces 2 entités de recherche rassemblent plusieurs dizaines de personnes (chercheurs, ingénieurs, doctorants et post doctorants) qui sont spécialistes en tribologie, dynamique, et science des matériaux, et qui disposent notamment de nombreux **outils de caractérisation de surface** ainsi que de **dispositifs expérimentaux** dédiés à l'étude du frottement doigt/surface (tribomètres tactiles) développés en interne.

¹ <https://www.femto-st.fr>

² lamcos.insa-lyon.fr

Missions et objectifs de la thèse

Les 2 laboratoires FEMTO-ST/LaMCoS possèdent l'expertise technique pour réaliser des échantillons à textures finement contrôlées, caractériser des propriétés de surface cutanée *in vivo*, mesurer la dynamique locale du contact pour la confronter à un modèle numérique prédisant les contraintes et les déformations entre la peau et les échantillons texturés.

Le doctorat s'articulera autour des tâches principales suivantes :

- **Production et caractérisation de surfaces texturées** à l'échelle micro par des technologies de salle blanche (photolithographie, gravure plasma).
- **Caractérisation *in vivo* des propriétés de surface** des doigts (morphologie, topographie, propriétés mécaniques et physico-chimiques).
- **Exploitation d'un modèle numérique** de l'interaction entre le doigt et la texture pour analyser l'évolution dynamique de l'aire réelle et la pression de contact, ainsi que la distribution des contraintes.
- **Réalisation d'essais de frottement *in vivo*** doigt/textures à l'aide de 2 tribomètres dédiés permettant de mesurer les efforts de contact et les vibrations induites, sous diverses conditions de contact.

Ces différentes approches permettront au doctorant de définir et quantifier des **descripteurs mécaniques** afin de caractériser le comportement du contact tactile. De fortes interactions entre le doctorant et les autres partenaires du projet seront cruciales afin de corrélérer les descripteurs mécaniques avec les **signaux biologiques** obtenus par électroencéphalographie et micro-neurographie d'une part, et la **perception des textures** mesurée par des méthodes psychophysiques d'autre part. A ce titre, des campagnes d'essais *in vivo* regroupant l'ensemble des partenaires seront notamment mises en œuvre. L'objectif global sera d'aboutir à une **compréhension fine des mécanismes liés à la perception lors du toucher**.

Perspectives pour le doctorant

Le doctorant bénéficiera d'une expérience scientifique dans les domaines : **matériaux, tribologie, caractérisation des surfaces, vibrations, et post-traitement de données**. Ces compétences sont très recherchées dans les **services R&D** de nombreux industriels mais également dans les laboratoires de recherche académiques si le doctorant désire s'orienter vers une carrière de **chercheur**. S'il le souhaite, le doctorant pourra aussi effectuer des vacances d'enseignement en mécanique/matériaux/vibrations.

Compétences recherchées

Disciplines clefs : Mécanique, Tribologie, Vibrations, Traitement du signal, Surfaces, Matériaux.

Travail en équipe dans un contexte multidisciplinaire – Précision et rigueur – Goût pour les travaux expérimentaux – Autonomie et initiative – Motivation et enthousiasme – Bon niveau d'Anglais

Informations et candidature

- Les candidatures (CV, lettre de motivation, lettre(s) de soutien, résultats scolaires) sont à adresser à :
 - Pierre-Henri CORNUAULT : pierre-henri.cornuault@ens2m.fr
 - Eric CHATELET : eric.chatelet@insa-lyon.fr
- Contrat de 3 ans. Salaire net : environ 1700 € net / mois + vacances d'enseignement si souhaitées mais non obligatoires ni garanties (env. 200 € net / mois).

Références

- Cornuault P-H, Carpentier L, Bueno M-A, Cote J-M, Monteil G (2015) *J. Royal Soc. Interface* [10.1098/rsif.2015.0495](https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0495)
- Faucheu J, Weiland B, Juganaru-Mathieu M, Witt A, Cornuault P-H (2019) *Acta Psychologica* [10.1016/j.actpsy.2019.102950](https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2019.102950)
- Fagiani R, Massi F, Chatelet E, Berthier Y, Akay A (2011) *Tribology Int.* [10.1016/j.triboint.2011.03.019](https://doi.org/10.1016/j.triboint.2011.03.019)
- Dacleu Ndengue J, Cesini I, Faucheu J, Chatelet E, Zahouani H, Delafosse D, Massi F (2017) *IEEE ToH.* [10.1109/TOH.2016.2643662](https://doi.org/10.1109/TOH.2016.2643662)
- Cesini I, Ndengue JD, Chatelet E, Faucheu J, Massi F (2018) *Tribology Int.* [10.1016/j.triboint.2017.12.041](https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.12.041)
- Massimiani V, Weiland B, Chatelet E, Cornuault P-H, Faucheu J, Massi F (2019) *Tribology. Int.* [10.1016/j.triboint.2019.106082](https://doi.org/10.1016/j.triboint.2019.106082)