

## **Modélisation du contact à l'échelle microscopique et du frottement entre la peau et un textile instrumenté pour le body monitoring**

**Durée de la thèse de doctorat :** 36 mois

**Lieu principal:** Laboratoire de Physique et Mécanique Textiles (LPMT), 11 rue Alfred Werner, Mulhouse, France.

**Directeurs de thèse :** Marie-Ange Bueno (Professeur)

**Co-directeur (s) :** Michel Tournalias (Maître de Conférences, UHA, Mulhouse, France), Siegfried Derler (Dr, EMPA, St Gallen, Suisse).

---

**Date limite de candidature :** 4 Mai 2015

**Candidature à envoyer à :** Marie-Ange BUENO, marie-ange.bueno@uha.fr

---

**Mots-clés :** e-santé, tribologie, textile instrumenté, body monitoring.

### **1. Contexte du sujet**

L'objectif du travail est de proposer une surveillance des paramètres physiologiques fondamentaux (rythme cardiaque, pression sanguine, fréquence respiratoire, température, etc) par l'intermédiaire d'un vêtement instrumenté. Il se situe dans le cadre du body-monitoring.

Le body monitoring à l'aide de vêtement implique deux contraintes qui sont souvent antagonistes :

- avoir un bon contact entre la peau et les électrodes insérées dans le vêtement afin d'assurer la bonne qualité du signal obtenu et donc une mesure totalement fiable, continue et sans artefact,
- ne pas irriter la peau par des micro-frottements, un contact trop prolongé entraînant une pression locale non supportable par notre revêtement cutané ou une augmentation locale de l'humidité cutanée entraînant un gonflement et ramollissement de la peau, donc une fragilité mécanique, et une modification de la flore locale avec les désagréments qui s'en suivent.

Lorsque le monitoring est réalisé sur une courte période (quelques heures) cela ne pose pas de problèmes, en revanche sur le long terme (plusieurs jours) le problème n'est pas à ce jour résolu. Le présent projet se propose d'apporter des solutions pour un body-monitoring à long terme.

### **2. Présentation du projet**

L'EMPA a développé deux techniques différentes de capteurs intégrables dans un textile permettant :

- D'acquérir un électrocardiogramme (ECG), c'est-à-dire la représentation de l'activité électrique du cœur par une l'intermédiaire d'une ceinture instrumentée de fils conducteurs [1],
- De mesurer l'évolution du volume cardiaque ou pulmonaire (pléthysmographie) ou l'oxymétrie de pouls (saturation en oxygène) à l'aide de fibre optique souple, réalisée dans un matériau polymère, insérée dans le textile ou brodée [2-4].

Ces deux techniques sont fort prometteuses, cependant un aspect important n'a pas été étudié dans le cas du monitoring à long terme à savoir l'optimisation de la trajectoire de ces fils capteurs :

- qui garantit la fonctionnalité des capteurs, donc la qualité du signal obtenu, par un contact à la surface de la peau permettant la réception du signal électrique pour le fil conducteur et la perception des déformations infimes de la peau pour les fibres optiques,
- qui garantit l'innocuité mécanique de ces capteurs par l'absence de lésions cutanées.

Ces deux besoins fonctionnels doivent faire l'objet d'une analyse de la mécanique du contact et du frottement peau-textile. Afin de déterminer la trajectoire à donner à ces fils dans la structure textile :

- à l'échelle mésoscopique : rigidité en flexion et morphologie du fil [5-7],
- à l'échelle macroscopique pour la topographie du motif : structure du fil et de la surface textile [5,6,8,9] et présence d'éléments émergeant de la surface (pilosité ou bouclettes) [10-15].

## Microscopic contact and friction modeling between skin and textiles for body monitoring

**PhD duration:** 36 months

**Main location:** Laboratoire de Physique et Mécanique Textiles, 11 rue Alfred Werner, Mulhouse, France.

**PhD supervisor:** Marie-Ange Bueno, Professor

**Co-supervisors:** Michel Tournalonias (Assistant Professor, UHA, Mulhouse, France), Siegfried Derler (PhD, EMPA, St Gallen, Switzerland).

---

**Application deadline:** 4 May 2015

**Application to be done to:** Marie-Ange BUENO, marie-ange.bueno@uha.fr

---

**Keywords :** e-Health, tribology, smart textiles, body monitoring.

### 1. Context

This work is in the context of body monitoring with smart textiles for the monitoring of physiological parameters as heart beat, blood pressure, breath frequency, temperature, etc.

The body monitoring with textiles implies two different and opposite recommendations:

- to have a close contact between the skin and the textile material in order to have a good quality of the signal recorded.
- to don't injured the skin because of micro-sliding friction movements, too close contact leading to painful local pressures, or an increase of the skin humidity resulting to a plasticising of the skin, i.e. a loose of its mechanical properties, and a change in its bacterial composition.

These effects can be intolerable for extended body-monitoring.

### 2. Project

EMPA has developed two different kinds of sensors for smart textiles for recording:

- electro-cardiogram (ECG), i.e. heart activity, with a smart belt including conductor yarn [1],
- the evolution of the heart or lungs volume (plethysmography) ou pulse oximetry (oxygen saturation) with polymer optical fiber, inserted in a textile by weaving, knitting or braiding, sensitive to small strains of skin [2-4].

This two techniques are promising but an important aspect has not yet been studied for long duration monitoring: the optimization of the trajectory of the smart yarns:

- for good quality acquired signals without any interruptions or artefacts, needing a good skin-textile contact,
- for skin safety.

These two requirements need a fine analysis of the contact mechanics and the friction between skin and textiles. The objective is to determine the best trajectory of the smart yarns inside the textile structure:

- to a mesoscopical scale: yarn bending rigidity and morphology [5-7],
- to a macroscopical scale for the textile pattern topography: yarn and fabric structure [5,6,8,9] and emergent elements like loops or hairiness [10-15].

## Références bibliographiques – Bibliography

1. Weder M, Hegemann D, Amberg M, Hess M, Boesel LF, Abächerli R, Meyer VR, Rossi R (2015) Embroidered electrode with silver-titanium coating for long-term ECG monitoring. *Sensors* 15:1750-1759. doi:10.3390/s150101750
2. Krehel M, Rossi RM, Bona G-L, Scherer LJ (2013) Characterization of Flexible Copolymer Optical Fibers for Force Sensing Applications. *Sensors* 13:11956-11968. doi:10.3390/s130911956
3. Krehel M, Schmid M, Rossi RM, Boesel LF, Bona G-L, Scherer LJ (2014) An Optical Fibre-Based Sensor for Respiratory Monitoring. *Sensors* 14 (7):13088-13101. doi:10.3390/s140713088
4. Krehel M, Wolf M, Boesel LF, Rossi RM, Bona G-L, Scherer LJ (2014) Development of a luminous textile for reflective pulse oximetry measurements. *Biomedical Optics Express* 5 (8):2537-2547. doi:10.1364/BOE.5.002537
5. Bueno M-A, Renner M, Pac M-J (2002) Influence of Properties at Micro- and Macro-scopic Levels on Macroscopic Level for Weft Knitted Fabrics. *Journal of Materials Science* 37:2965-2974
6. Bueno MA, Renner M, Nicoletti N (2004) Influence of Fiber Morphology and Yarn Spinning Process on the 3D Loop Shape of Weft Knitted Fabrics. *Textile Research Journal* 74 (4):297-304
7. Bueno M-A, Aneja AP, Renner M (2004) Influence of the shape of fiber cross section on fabric surface characteristics. *Journal of Materials Science* 39:557-564
8. Derler S, Rotaru GM, Ke W, El Issawi-Frischknecht L, Kellenberger P, Scheel-Sailer A, Rossi RM (2014) Microscopic contact area and friction between medical textiles and skin. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 38:114-125. doi:10.1016/j.jmbbm.2014.06.014
9. Ke W, Rotaru GM, Hu JY, Ding X, Rossi RM, Derler S (2014) Relationship Between the Friction and Microscopic Contact Behavior of a Medical Compression Stocking at Different Strains. *Tribology Letters* 56:457-470. doi:10.1007/s11249-014-0422-0
10. Baussan E, Bueno M-A, Derler S, Rossi R (2010) Experiments and modelling of skin-knitted fabric friction. *Wear* 268:1103–1110
11. Praëne J-M, Bueno M-A (2011) Compression behavior of hairy and non hairy textile fabrics. *Mechanics of Advanced Materials and Structures* 18 (5):373-388. doi:10.1080/15376494.2010.524970
12. Baussan E, Bueno M-A, Rossi R, Derler S (2013) Analysis of current running sock structures with regard to blister prevention. *Textile Research Journal* 83 (8):836-848. doi:10.1177/0040517512461698
13. Bueno M-A, Bocquet R, Tournalias M, Rossi R, Derler S (2013) Study of Friction Mechanisms of Hairy Textile Fabrics. *Wear* 303:343-353. doi:10.1016/j.wear.2013.03.03
14. Camillieri B, Bueno M-A (2015) Indentation of hairy surfaces: role of friction and entanglement. *Tribology International* 83:120-129. doi:10.1016/j.triboint.2014.11.009
15. Tournalias M, Bueno M-A, Bocquet R, Rossi R, Derler S (2015) Study of the friction mechanisms of pile surfaces: measurement conditions and pile surface properties. *Wear* 328-329:100-109. doi:10.1016/j.wear.2015.01.039