

Sujet de projet 2024/253 pour  
le Graduate Program CODS UGE & le Tremplin Recherche ESIEE

**Etude, conception et test de récupérateurs d'énergie mécanique à effet triboélectrique : application à l'alimentation d'implants médicaux et de capteurs incorporés dans des textiles**

Encadrants :

Philippe Basset (philippe.basset@esiee.fr)  
Armine Karami (armine.karami@univ-eiffel.fr)  
*Laboratoire ESYCOM - UMR CNRS 9007*

**Résumé**

Ce projet consiste à étudier et caractériser des dispositifs de récupération d'énergie à transduction triboélectrique (ou TENG pour *Tribo Electric Nano Generator*). Ce travail de recherche s'inscrit d'une part dans le cadre d'une collaboration CNRS/UGE-ESYCOM avec l'Université de Yonsei (Corée du Sud) pour les applications santé, et d'autre part dans le cadre du projet européen Graphergia sur les textiles "intelligents" à base de graphène.

**1 Présentation générale du sujet**

Un défi majeur pour les systèmes médicaux implantables est leur autonomie énergétique à long terme. L'Université de Yonsei, avec qui le laboratoire ESYCOM collabore, a proposé de fournir de l'énergie mécanique à travers la peau et les liquides à partir d'une sonde à ultra-son pour exciter un générateur triboélectrique vibrant implantable [HYR19]. Les ultra-sons peuvent induire un déplacement verticale à l'échelle du micromètre d'une fine membrane polymère implantée. De l'énergie électrique peut alors être générée par combinaison de l'effet triboélectrique (électrification par contact) et de l'induction électrostatique.

Le même phénomène peut aussi être obtenu par frottement direct de 2 matériaux. Cette approche est notamment étudiée à ESYCOM dans le cadre du projet européen Graphergia qui adresse des textiles à base de graphène. Les figures 1- 3 illustrent les applications adressées dans ce projet.

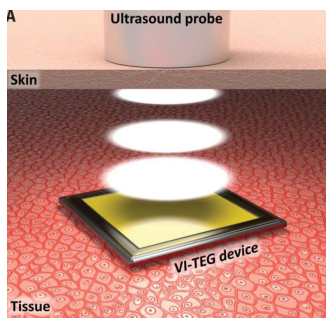


Figure 1 – Principe d'un récupérateur d'énergie implantable excité par ultra-son [HYR19]

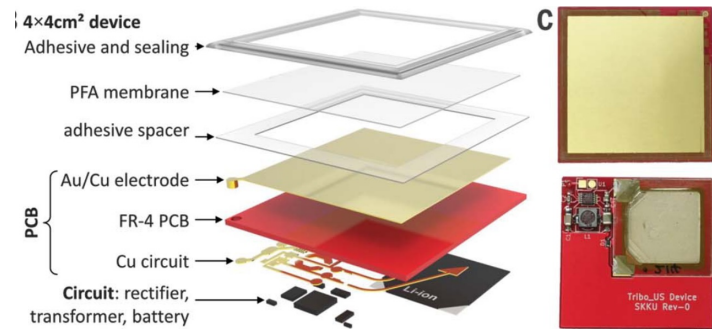


Figure 2 – Vue "explosée" d'un TENG excitable par ultra-son, avec face avant et arrière du dispositif [HYR19].

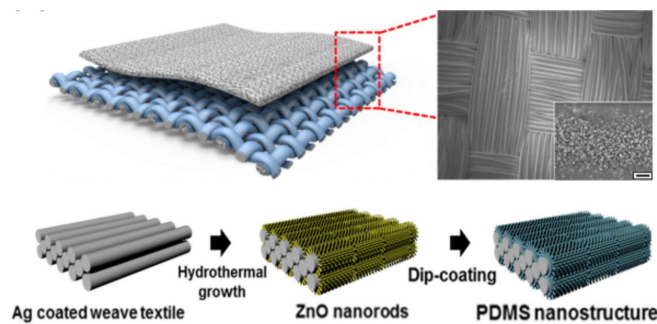
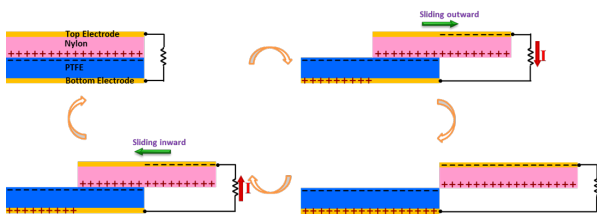


Figure 3 – Exemple de textile triboélectrique pour la récupération d'énergie [SGL15]

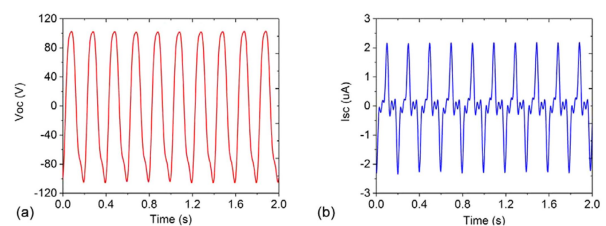
## 1.1 La transduction triboélectrique

Lors de la mise en contact de 2 matériaux incluant au moins un diélectrique, il peut se produire un transfert de charges (semi)permanent dans le diélectrique. Ce transfert varie en fonction des matériaux choisis et des modifications qu'ils pourront avoir subit en surface à l'échelle microscopique. Une fois chargé, le diélectrique génère un champ électrostatique permanent qui permet de polariser une capacité variant sous l'effet d'une force mécanique externe. C'est la combinaison de cette polarisation par contact et de la variation de capacité qui est à l'origine de la conversion d'énergie mécanique en énergie électrique [BBG16]. Cette dernière permet alors d'alimenter différents types de capteurs qui peuvent ainsi éventuellement se passer d'une batterie pour leur fonctionnement, ou alors permettre son rechargement. La figure 4 montre le principe général d'un transducteur fonctionnant par friction latérale, et la figure 5 montre un exemple de signaux électriques obtenus à partir d'un générateur triboélectrique conçu à ESYCOM.

La transduction électrostatique par effet triboélectrique a notamment l'avantage d'être bien adaptée aux dispositifs souples et planaires [FTW12], et des dispositifs basiques peuvent être fabriqués très simplement. Par contre, les principes fondamentaux sous-jacents, la modélisation correcte des capteurs triboélectriques, ainsi que la conception de leurs circuits de conditionnement, restent des problématiques très actuelles.



**Figure 4** – Principe d'un générateur triboélectrique (TENG) fonctionnant en mode friction. Lors de leur mise en contact, la couche de nylon se charge positivement et la couche de téflon (PTFE) se charge négativement. Lors du déplacement de l'électrode mobile, le ré-équilibre des charges associé à la variation de la capacité du dispositif induit un courant dans le circuit extérieur [FTW12].



**Figure 5** – Exemple de signaux électriques obtenus à l'ESIEE suite à la mise en contacts répétés d'une mousse conductrice et d'un film de téflon [ZLG18].

## 2 Objectifs du projet

L'étudiant(e) travaillera à la conception et le test de dispositifs de récupération d'énergie implantables. Ce travail comprendra :

- une étude bibliographique,
- la fabrication d'une première version "basique" de dispositifs,
- la prise en main du banc de test et du traitement des données avec des scripts en Python,
- l'obtention et l'analyse de résultats expérimentaux, puis la comparaison avec les résultats obtenus cet été lors de la visite de chercheurs ESYCOM à l'Université de Yonsei [BKK24],
- éventuellement le développement d'un modèle du système utilisable dans des simulations électroniques de type Spice.

L'étudiant pourra s'appuyer sur les travaux précédents de l'équipe et sur les travaux en cours .

Une fois le banc expérimental maîtrisé, l'étudiant(e) pourra aussi travailler à la caractérisation de dispositifs textiles à base de graphène fournis par les partenaires du projet [Graphergia](#), afin de pouvoir en proposer un modèle Spice.

## 3 Bibliographie

- [FTW12] Feng-Ru FAN, Zhong-Qun TIAN et Zhong Lin WANG. « Flexible triboelectric generator ». In : *Nano Energy* 1.2 (mars 2012), p. 328-334. DOI : [10.1016/j.nanoen.2012.01.004](https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2012.01.004).
- [SGL15] Wanchul SEUNG, Manoj Kumar GUPTA, Keun Young LEE, Kyung-Sik SHIN, Ju-Hyuck LEE, Tae Yun KIM, Sanghyun KIM, Jianjian LIN, Jung Ho KIM et Sang-Woo KIM. « Nanopatterned Textile-Based Wearable Triboelectric Nanogenerator ». en. In : *ACS Nano* 9.4 (avr. 2015), p. 3501-3509. DOI : [10.1021/nn507221f](https://doi.org/10.1021/nn507221f).
- [BBG16] Philippe BASSET, Elena BLOKHINA et Dimitri GALAYKO. *Electrostatic Kinetic Energy Harvesting*. JOHN WILEY & SONS INC, fév. 2016. ISBN : 1-84821-716-1.

- [ZLG18] Hemin ZHANG, Yingxian LU, A. GHAFARINEJAD et Philippe BASSET. « Progressive contact-separate triboelectric nanogenerator based on conductive polyurethane foam regulated with a Bennet doubler conditioning circuit ». en. In : *Nano Energy* 51 (sept. 2018), p. 10-18. DOI : [10.1016/j.nanoen.2018.06.038](https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.06.038).
- [HYR19] Ronan HINCHET, Hong-Joon YOON, Hanjun RYU, Moo-Kang KIM, Eue-Keun CHOI, Dong-Sun KIM et Sang-Woo KIM. « Transcutaneous ultrasound energy harvesting using capacitive triboelectric technology ». en. In : *Science* 365.6452 (août 2019), p. 491-494. ISSN : 0036-8075, 1095-9203. DOI : [10.1126/science.aan3997](https://doi.org/10.1126/science.aan3997).
- [BKK24] Thomas BAUDIN, Armine KARAMI, Dabin KIM, Sera JEON, Dimitri GALAYKO, Jean-Marc LAHEURTE, Sang-Woo KIM et Philippe BASSET. « Electrical characterization and modelling of an ultrasound-powered triboelectric generator for implantable applications ». In : *The 23rd International Conference on Micro and Miniature Power Systems, Self-Powered Sensors and Energy Autonomous Devices (PowerMEMS+)*. Tønsberg, Norway : IEEE, déc. 2024.