

Sujet de projet 2025/26
Tremplin Recherche / Graduate Program CODS

Générateurs d'énergie électrique à effet triboélectrique excités par ultra-sons pour l'alimentation de dispositifs médicaux implantés

Sujet proposé par :

Philippe Basset (philippe.basset@esiee.fr)
Laboratoire ESYCOM - UMR CNRS 9007

Résumé

Ce projet consiste en la mise en place d'un banc de mesure automatisé puis de l'étude expérimentale de dispositifs de récupération d'énergie à transduction triboélectrique excités par ultra-sons (ou US-TENG pour *Ultra-Son Tribo Electric Nano Generator*) et dédiés à l'alimentation des dispositifs médicaux implantés. Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre le CNRS (Université Gustave Eiffel-ESYCOM & Sorbone Université-LIP6) et l'Université de Yonsei (Séoul, Corée du Sud).

1 Contexte du projet

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 (cf. figures 1, 2) [HYR19]. Les ultra-sons peuvent induire un déplacement verticale à l'échelle du micromètre d'une fine membrane en polymère implantée (cf. fig. 3). Celle-ci va pouvoir se polariser au contact d'une électrode métallique grâce à l'effet triboélectrique, permettant la génération d'un signal électrique pouvant servir à l'alimentation d'un système (cf. figure 4).

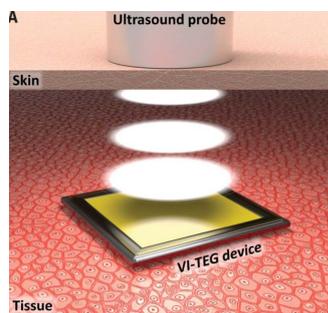


Figure 1 – Principe d'un récupérateur d'énergie implantable excité par ultra-son [HYR19].

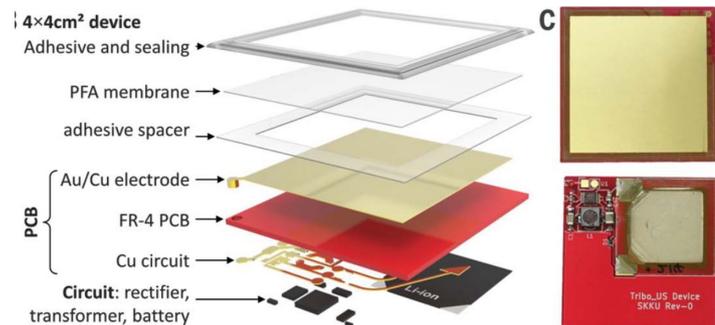


Figure 2 – Vue "explodée" d'un TENG excitable par ultra-son, avec face avant et arrière du dispositif [HYR19].

2 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.

3 Objectifs du projet

Dans le cadre de notre collaboration avec l'Université du Yonsei, nous avons récemment mis au point une technique pour extraire le modèle électrique de leurs TENGs à ultra-sons [BKK24]. Une fois le modèle de l'US-

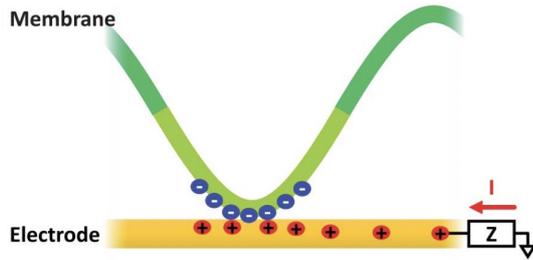


Figure 3 – Mécanisme du récupérateur d'énergie triboélectrique excité par ultra-son [HYR19].

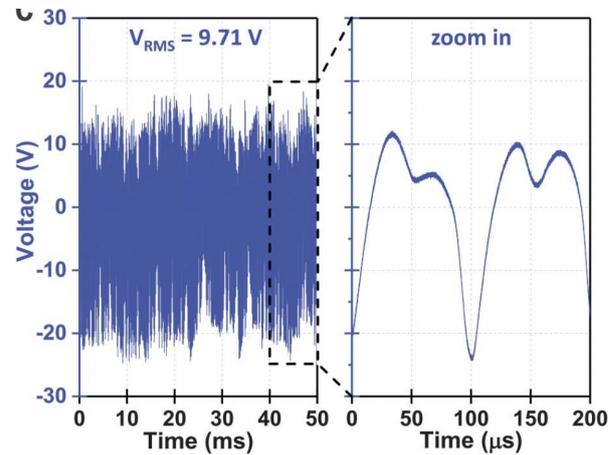


Figure 4 – Exemple de la tension mesuré en sortie d'un US-TENG excité à 20 kHz [HYR19].

TENG établi, nous pouvons ensuite développer une électronique de conditionnement grâce à un simulateur de circuits de type Spice.

Une difficulté majeur est que la sortie électrique des US-TENGs présente une certaine instabilité qui rend difficile les mesures manuelles. Une des premières tâches du projet consistera à automatiser les mesures en pilotant les instruments via un script en Python. Une fois ce travail effectué, différents US-TENG fournis par l'Université de Yonsei seront testés et une méthodologie de mesure devra être mise au point pour prendre en compte la variabilité des grandeurs de sortie pour un même dispositif. Enfin, si le temps le permet, différents circuits de conditionnement pourront être évalués, d'abord à l'aide d'un simulateur Spice, puis expérimentalement.

Ce travail se décomposera de la façon suivante :

- étude bibliographique pour comprendre le principe de fonctionnement des US-TENGs,
- automatisation du banc de mesure en Python,
- test de dispositifs fournis par l'Université de Yonsei et mise au point d'une méthodologie de mesure,
- étude de circuits de conditionnement via 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 bourse de mobilité peut être obtenue pour effectuer un séjour à l'Univer

4 Bibliographie

- [BBG16] Philippe BASSET, Elena BLOKHINA et Dimitri GALAYKO. *Electrostatic Kinetic Energy Harvesting*. JOHN WILEY & SONS INC, fév. 2016. ISBN : 1-84821-716-1.
- [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. 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 : *2024 IEEE 23rd International Conference on Micro and Miniature Power Systems, Self-Powered Sensors and Energy Autonomous Devices (PowerMEMS)*. IEEE. Tønsberg, Norway, 2024, p. 22-25. DOI : [10.1109/PowerMEMS63147.2024.10814189](https://doi.org/10.1109/PowerMEMS63147.2024.10814189).