

Sujet de projet Tremplin Recherche ESIEE Paris
2022/23

Capteurs autonomes communicants basés sur des récupérateurs d'énergie mécanique triboélectriques pour la caractérisation de la dynamique mécanique

Encadrants : A. Karami / P. Basset / J.-M. Laheurte
(armine.karami@univ-eiffel.fr / philippe.basset@esiee.fr / jean-marc.laheurte@univ-eiffel.fr)
Laboratoire ESYCOM
UMR 9007 (Univ Gustave Eiffel/CNRS/CNAM)

Résumé

Ce projet consiste en la conception d'un nouveau type de capteurs autonomes en énergie pour la mesure de grandeurs mécaniques dynamiques, comme par exemple les vibrations d'un système de climatisation. Nous proposons de réaliser des capteurs capables de transmettre des informations par rayonnement électromagnétique lors de décharges électrostatiques générées localement par effet triboélectrique. Les mesures du capteur doivent être encodées dans les caractéristiques du signal émis (e.g., leur périodicité, ou la fréquence des ondes rayonnées), qui peuvent être modulées passivement par le circuit de conditionnement adjoint. Le projet consistera à mettre en oeuvre cette conversion de l'énergie du domaine mécanique en rayonnement tout en encodant dans le signal transmis les données mesurées.

1 Présentation générale du sujet

Ce projet de recherche se base sur une miniaturisation de l'expérience de Hertz [Jou89], expérience à l'origine de la première démonstration expérimentale des ondes électromagnétiques (EM). L'onde émettrice sera issue d'une décharge électrostatique entre 2 conducteurs proches de quelques microns à quelques dizaines de microns, et soumis à une polarisation de quelques centaines de volts. Ce phénomène provient du "claquage" du diélectrique ambiant, à savoir l'air. La haute-tension sera obtenue à l'aide d'un générateur triboélectrique fabriqué au laboratoire ESYCOM, de même que l'émetteur qui pourra éventuellement être un composant MEMS issu des salles blanches d'ESIEE Paris. L'antenne de réception sera une simple boucle inductive.

S'il a été démontré dans [WWY21] (figure 1-3) qu'un tel système d'émission avec une surface inférieure au cm^2 permettait de recevoir une impulsion électrique à quelques dizaines de mètres, le mode exact de transmission et les moyens d'influer sur ses caractéristiques sont encore largement incompris.

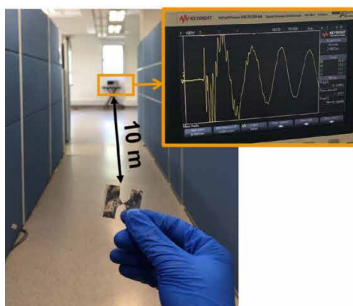


Figure 1 – Exemple de transmission par simple flexion du dispositif

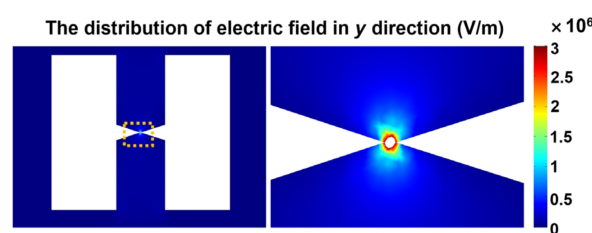


Figure 2 – Simulation du champs électrique à l'émission

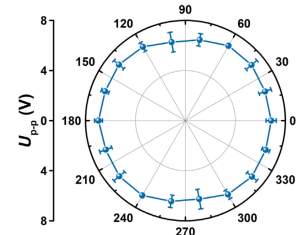


Figure 3 – Variation de la tension reçue en fonction de la position de l'antenne de réception

2 Objectifs du projet

Au cours du projet, nous proposons d'étudier les possibilité de moduler le rayonnement électromagnétique issu du "claquage" électrostatique de l'interrupteur à micro-plasma, celui-ci pouvant alors porter de l'information sur un phénomène mécanique à mesurer. Une proposition d'architecture d'un capteur autonome basé sur cette nouvelle approche de communication est décrite en figure 4. L'évolution de la tension sur les capacités C_1 et C_2 est une conséquence de la conversion d'énergie mécanique en énergie électrique par le transducteur, et de l'accumulation de cette énergie dans ces mêmes capacités. Les caractéristiques des communications peuvent donc être reliées aux

paramètres du transducteur et aux stimuli mécaniques qui ont donné lieu aux évènements de communication. De plus, Les capacités C_1 et C_2 , ainsi que l'inductance L , doivent permettre de moduler la fréquence de l'onde émise.

Ajouter un second transducteur capacitif (encadré jaune) permet de rendre la modulation de fréquence dépendante d'autres paramètres mécaniques à mesurer. Ces paramètres mécaniques font en effet varier la géométrie et donc la valeur de capacité de ce transducteur supplémentaire. Il en résulte une modulation de la fréquence et de l'amplitude de transmission, pouvant porter des informations sur le phénomène mécanique dynamique qui a entraîné la modification de la géométrie de ce transducteur supplémentaire. On peut ainsi par exemple mesurer localement, dans le temps et l'espace, une accélération sur une structure mécanique. Cette accélération est une réponse à une excitation mécanique de la structure, et renseigne notamment sur son état de santé.

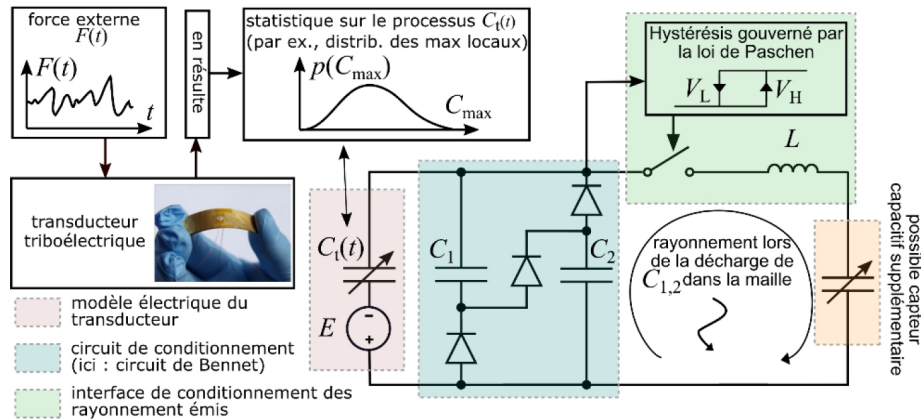


Figure 4 – Architecture du système proposé

Le déroulement du projet comprendra :

1. L'étude du ou des mécanisme(s) en jeu à l'origine de l'émission du signal,
2. L'étude de la modulation du signal émis (amplitude, phase ou fréquence) sous l'effet d'une variation d'impédance représentative d'un capteur capacitif et/ou résistif et/ou inductif,
3. La définition d'un modèle du système complet et l'optimisation de la distance de propagation.

3 Partenariat international pour le stage

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de 2 actions financées par le CNRS, dont une en partenariat avec le *Nano Energy, Sci. & Eng. Lab.* (NESEL) de la *Sungkyunkwan University* (SKKU), à Suwon (banlieue de Séoul), Corée du Sud

Ce groupe est pionnier dans le domaine des récupérateurs d'énergie triboélectriques, avec une récente orientation vers les applications santé. Grâce à cette collaboration, un complément de financement sera possible pour couvrir l'intégralité des frais du stage.

4 Bibliographie

- [Jou89] J. JOUBERT. « Expériences de M. Hertz sur les ondulations électriques ». In : *Journal de Physique Théorique et Appliquée* 8.1 (1889), p. 116-126. ISSN : 0368-3893. DOI : 10.1051/jphystap:018890080011601. URL : <http://www.edpsciences.org/10.1051/jphystap:018890080011601>.
- [WWY21] Haoyu WANG, Jiaqi WANG, Kuanming YAO, Jingjing FU, Xin XIA, Ruirui ZHANG, Jiyu LI, Guoqiang XU, Lingyun WANG, Jingchao YANG, Jie LAI, Yuan DAI, Zhengyou ZHANG, Anyin LI, Yuyan ZHU, Xinge YU, Zhong Lin WANG et Yunlong ZI. « A paradigm shift fully self-powered long-distance wireless sensing solution enabled by discharge-induced displacement current ». In : *Science Advances* 7.39 (24 sept. 2021). ISSN : 2375-2548. DOI : 10.1126/sciadv.abi6751. URL : <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abi6751>.