

Sujet de projet pour le Graduate Program CODS
2022/23

Caractérisation d'un système d'émission/réception d'ondes radiofréquences par décharge électrostatique obtenue à l'aide d'un générateur triboélectrique

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

L'objectif du projet est d'étudier et de réaliser un système capable de transmettre une information lors d'une décharge électrostatique générée manuellement par effet triboélectrique. A partir d'une reproduction miniaturisée de l'expérience de Hertz récemment mise en place au laboratoire ESYCOM, le projet consistera à comprendre et optimiser le système d'émission/réception en cherchant notamment à introduire une directivité dans le signal radio émis, ainsi qu'à définir un moyen de moduler ce signal afin pouvoir transmettre une donnée issue d'un capteur.

1 Présentation générale du sujet

Ce projet consiste en l'étude d'un système d'émission/réception basé 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 est 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, du moins dans un premier temps, 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.

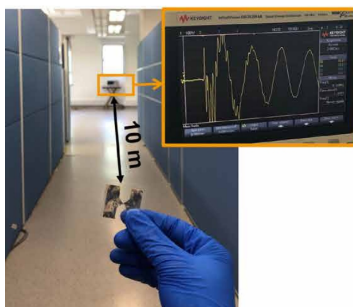


Figure 1 – Exemple de transmission par simple flexion du dispositif

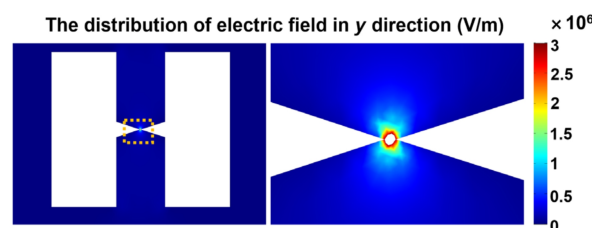


Figure 2 – Simulation du champs électrique à l'émission

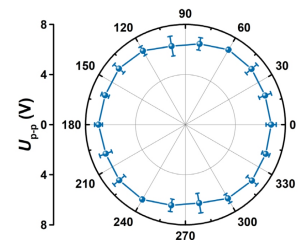


Figure 3 – Variation de la tension reçue en fonction de la position de l'antenne de réception

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de 2 actions financées par le CNRS. Le stage de Master peut éventuellement inclure un séjour à l'Université SKKU (Corée du Sud).

2 Objectifs du projet

Au cours du projet, nous proposons d'étudier puis optimiser le rayonnement électromagnétique issu du "claquage" électrostatique de l'interrupteur à micro-plasma, celui-ci pouvant 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.

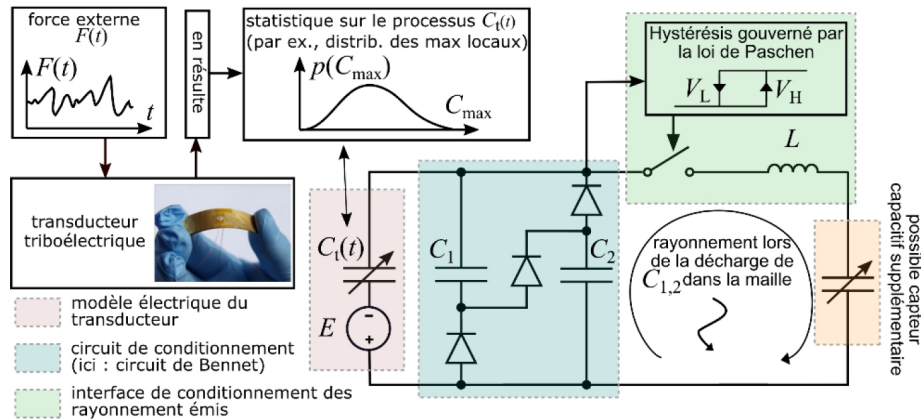


Figure 4 – Architecture du système proposé

Le déroulement du projet comprendra :

1. La caractérisation électrique du système d'émission / réception :
 - études du ou des mécanisme(s) en jeu à l'origine de l'émission de l'onde électromagnétique,
 - caractérisation du système antennaire à l'émission et la réception.
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. Étude de la propagation :
 - définition d'un modèle du système complet,
 - optimisation de la distance de propagation,
 - caractérisation de la directivité du système d'émission et recherche de solution pour la rendre moins isotrope (combinaison de l'interrupteur plasma avec une antenne, plan réflecteur...).

3 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>.