Université Gustave Eiffel

ESIEE PARIS

# RAPPORT DE STAGE

Kévin Feltrin

## Laboratoire ESYCOM



2023

E2 - GROUPE 9

# Sommaire

Présentation du Laboratoire ESYCOM ..... 3
Ma mission ..... 4
Fonctionnement de l'Entreprise ..... 5
    Les objectifs de ma mission ..... 6
    Moyens mis à notre disposition ..... 8
    Réussites et difficultés ..... 9
    Suggestions d'améliorations ..... 10
Projet Personnel et Professionnel ..... 11
    Impact sur mon projet personnel et professionnel ..... 13
Remerciements ..... 14
Annexe ..... 15
    Le fonctionnement d'un TENG ..... 15
    Les quatre modes fondamentaux des nano générateurs triboélectriques ..... 16
    Mode de séparation de contact verticale ..... 17

# Présentation du Laboratoire ESYCOM

Le Laboratoire d'électronique, systèmes de communication et microsystèmes (ESYCOM) est un laboratoire de recherche situé sur le campus de Marne-la-Vallée et dirigé par Jean-Marc LAHEURTE. Il a été fondé en 2000 afin de regrouper des enseignants-chercheurs et des chercheurs de quatre établissements : CNAM, ESIEE Paris, Université Gustave-Eiffel et CNRS.
Une équipe de 75 personnes mène des travaux de recherche fondamentale et appliquée dans plusieurs domaines, tels que la conception de circuits électroniques, la transmission de données, la modélisation et la simulation des systèmes de communication, les antennes, les capteurs et les microsystèmes.
Le laboratoire publie régulièrement des articles scientifiques dans des revues prestigieuses, telle que Nature.

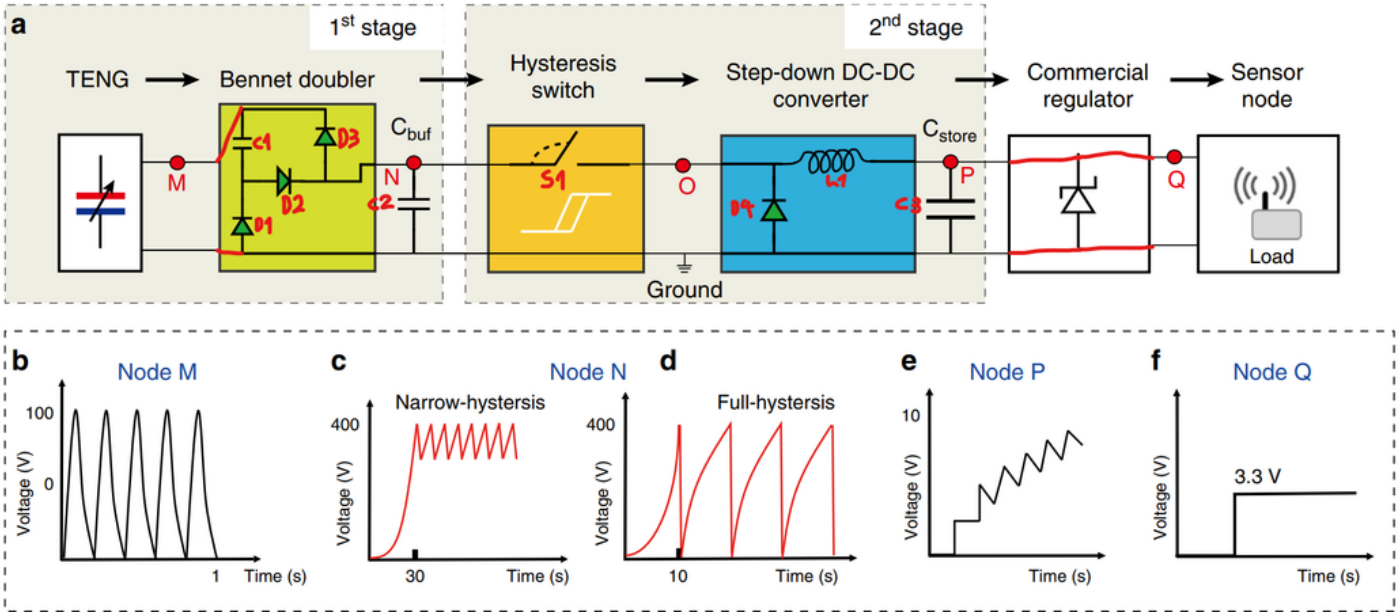



Batîment Copernic de l'Université Gustave-Eiffel.

# Ma mission

Ma mission de 4 semaines (du 26/06/2023 au 21/07/2023) consistait à tester et simuler un circuit électronique de conditionnement pour un nano générateur triboélectrique* (TENG), permettant de récupérer de l'énergie pour envoyer un signal Bluetooth à un smartphone. Ce projet est basé sur un article de la revue Nature intitulé "Employing a MEMS plasma switch for conditioning high-voltage kinetic energy harvesters" (Utilisation d'un commutateur à plasma MEMS pour conditionner les récupérateurs d'énergie cinétique haute tension).

*Dispositif qui produit de l'électricité en exploitant le contact entre deux matériaux différents. (cf. Annexe)

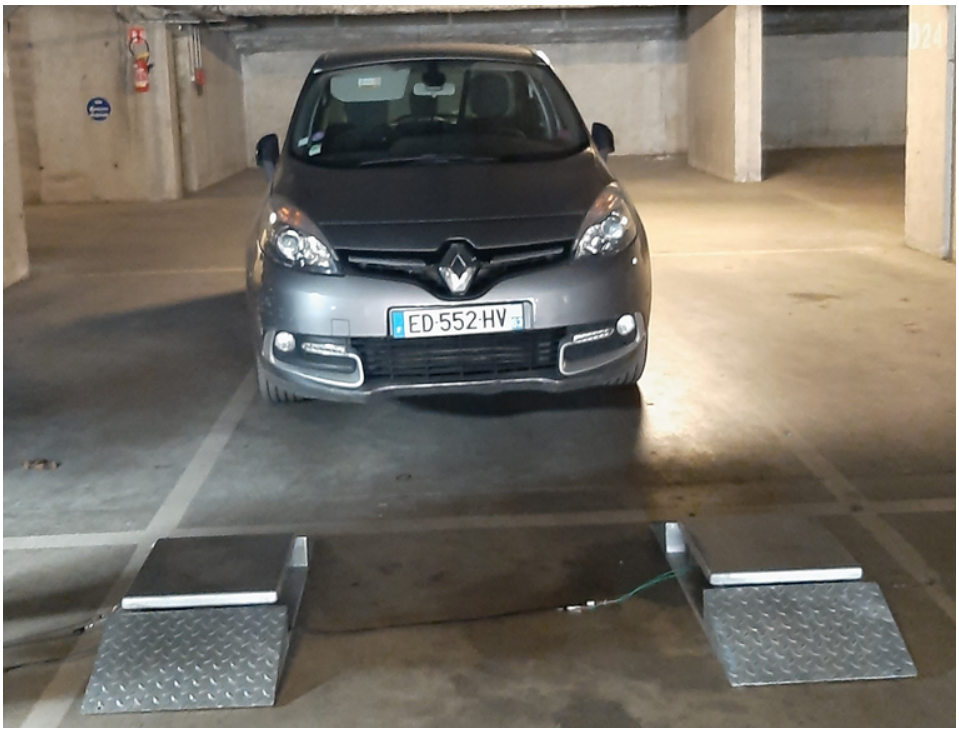



Étapes schématiques et électriques du circuit de conditionnement simulé.

# Fonctionnement de l’Entreprise
## **Thème :** Accomplir une mission

Comme mentionné précédemment, ma mission consistait à tester et simuler un circuit électronique sur le logiciel LTSpice. Le circuit en question est destiné à être intégré dans un dispositif conçu pour exploiter l'interaction entre une roue de voiture et un nano générateur triboélectrique (TENG). Cette interaction permet de générer de l'énergie électrique qui alimente un émetteur Bluetooth. Celui-ci transmet ensuite l'information à un smartphone pour signaler le passage d'une voiture sur le dispositif.

Ce projet s'inscrit dans le cadre des travaux de thèse de plusieurs doctorants et de publications scientifiques.




Dispositif de récupération d’énergie.

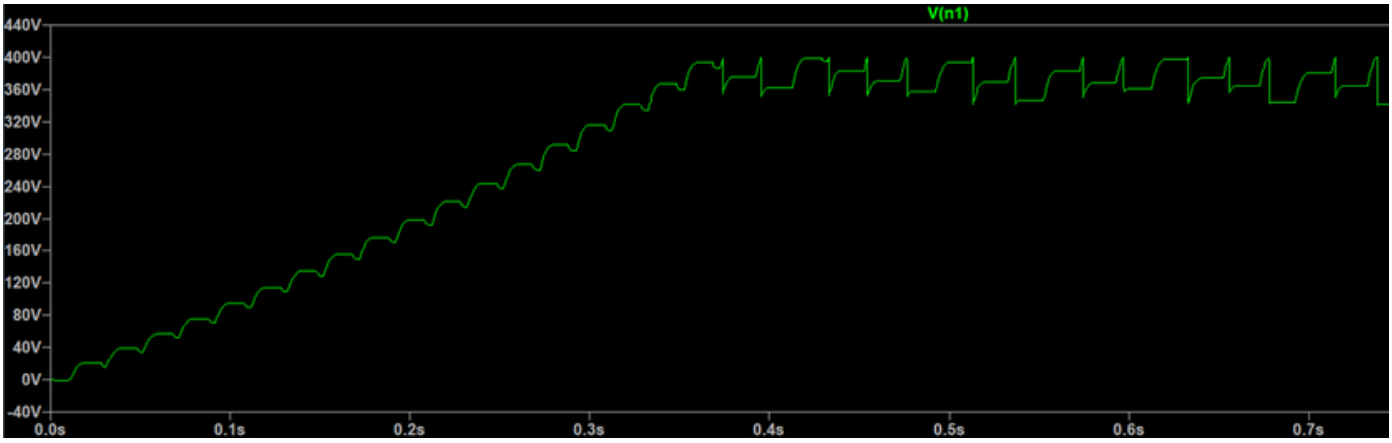
L’importance de cette technologie est majeure dans la mesure où elle répond à plusieurs enjeux critiques. Tout d'abord, elle propose une solution permettant de réaliser d'importantes économies d'énergie. Contrairement à d'autres dispositifs similaires qui nécessitent une alimentation électrique constante, celui-ci se base sur une source d'énergie renouvelable, évitant ainsi une utilisation inutile de ressources énergétiques et contribuant ainsi à la durabilité environnementale en réduisant l'empreinte carbone liée à la production d'énergie. De plus, cette technologie a un impact positif sur les coûts d'exploitation. Dans des domaines tels que la gestion de parcs de stationnement, la surveillance du trafic ou la collecte de péages, elle devrait permettre de réduire les coûts liés à la mise en place de réseaux électriques et l'alimentation constante des dispositifs, offrant ainsi un avantage économique significatif.

# Les objectifs de ma mission

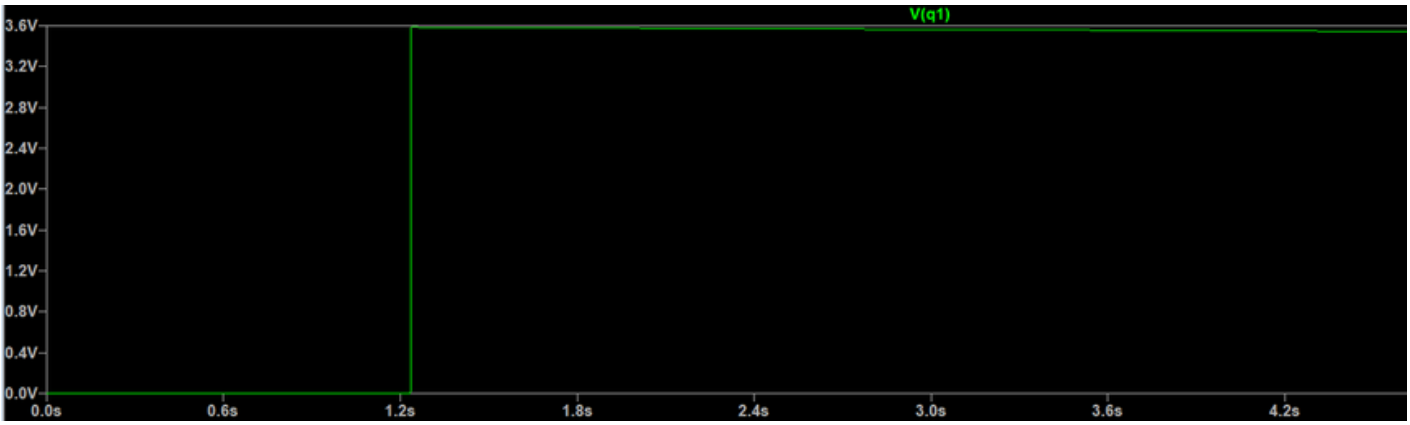
Ma mission avait pour objectif principal de déterminer si la puissance et la tension de sortie du circuit était suffisante pour alimenter correctement l'émetteur Bluetooth fonctionnant avec 3,6 Volts. Pour atteindre cet objectif, il était essentiel de sélectionner les composants appropriés, garantissant ainsi une performance optimale du circuit.

Dans le cadre de cette mission, les objectifs étaient à la fois qualitatifs et quantitatifs. Du point de vue qualitatif, ma tâche consistait à acquérir une compréhension approfondie du fonctionnement du circuit et à évaluer son efficacité dans le contexte du nano générateur triboélectrique (TENG).

De manière quantitative, je devais également mesurer les performances du circuit en termes de tension de sortie, de stabilité et de réactivité aux variations du signal généré par le TENG. De plus, lors des essais physiques, je devais m'assurer du bon fonctionnement du dispositif lorsqu'une voiture roulait dessus.

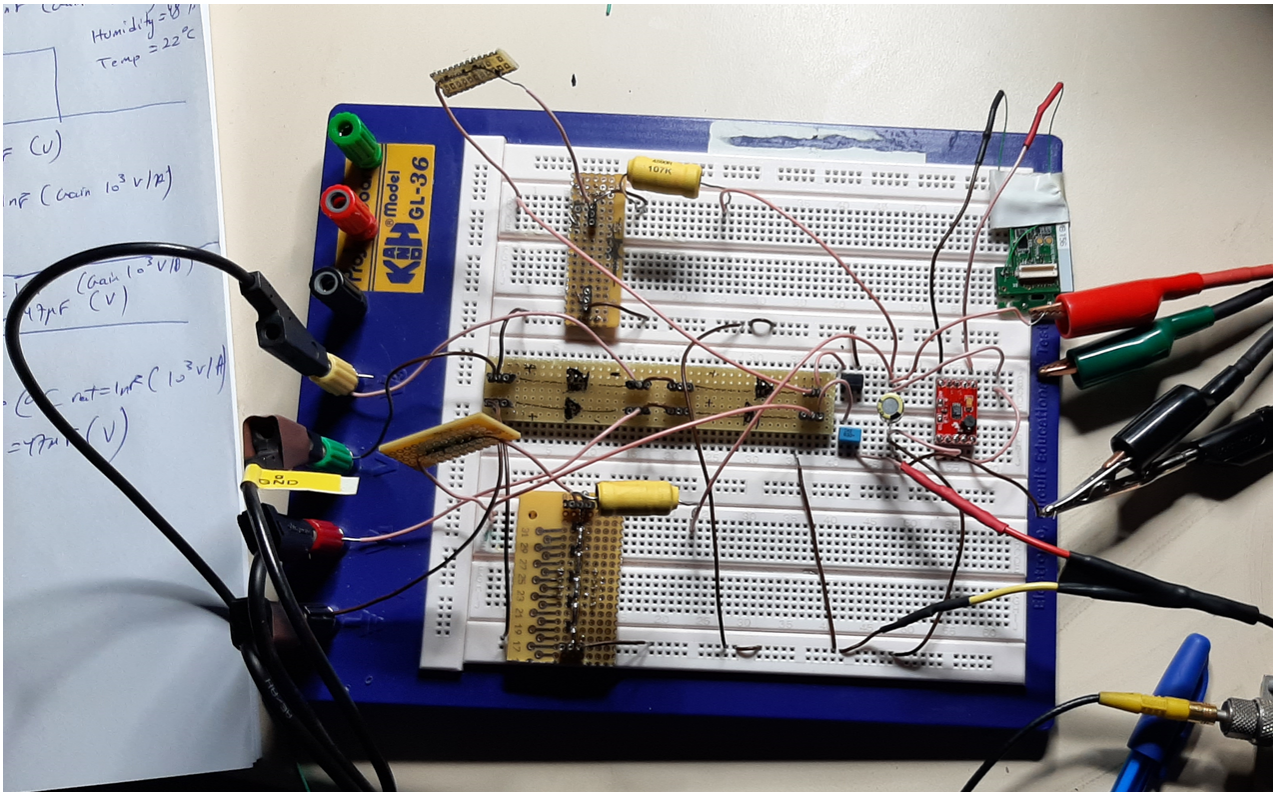



Simulation LTSpice de la tension au nœud N du circuit en fonction du temps.




Simulation LTSpice de la tension de sortie du circuit en fonction du temps.

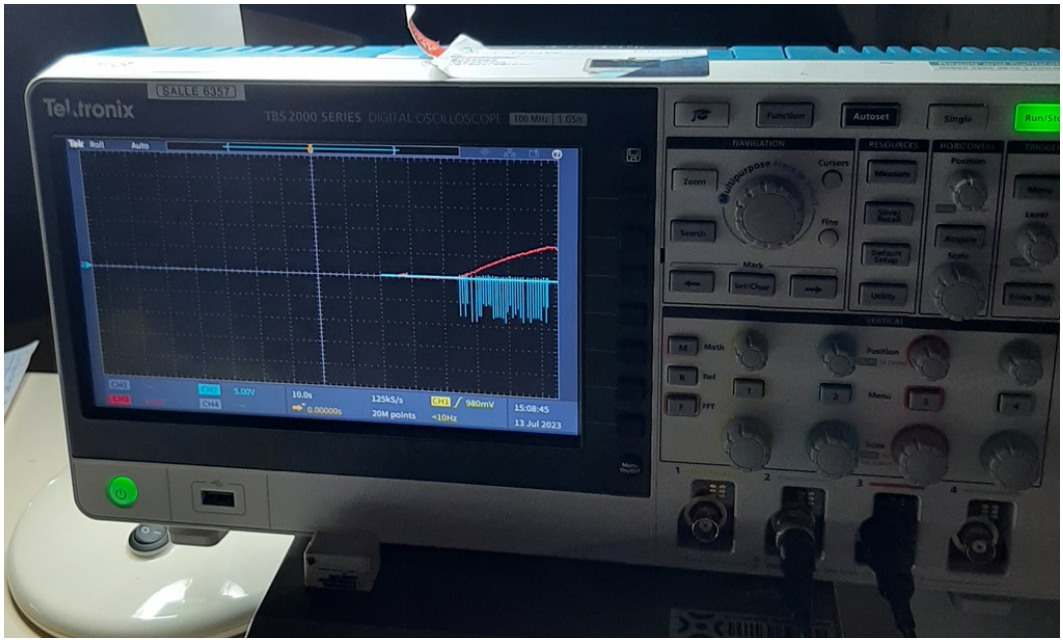
Cette approche combinée, mêlant des critères qualitatifs et quantitatifs, visait à garantir le succès de la mission en assurant à la fois la fonctionnalité du dispositif et une évaluation approfondie de sa performance, contribuant ainsi à son développement optimal et à sa pertinence dans l'application du dispositif.




Circuit électronique testé avec le dispositif.

# Moyens mis à notre disposition

Pendant mon stage, j'ai eu accès à plusieurs ressources qui ont été cruciales pour mon projet. J'ai utilisé le logiciel LTspice pour simuler le circuit de conditionnement du TENG. De plus, j'ai consulté des articles scientifiques, notamment celui publié dans la revue Nature, pour obtenir des informations essentielles. J'ai également exploité des ressources de documentation telles que des documents techniques, des manuels et des datasheets. L'équipe du laboratoire a été un soutien majeur tout au long de mon stage, répondant à mes questions et me guidant dans mes travaux. Lorsque nous avons effectué des essais physiques, nous avons eu accès aux composants électroniques et aux appareils de mesure nécessaires, tels qu'un oscilloscope et un hydromètre. Ces ressources ont contribué à la réussite du projet.




Oscilloscope mesurant la tension de sortie du dispositif.



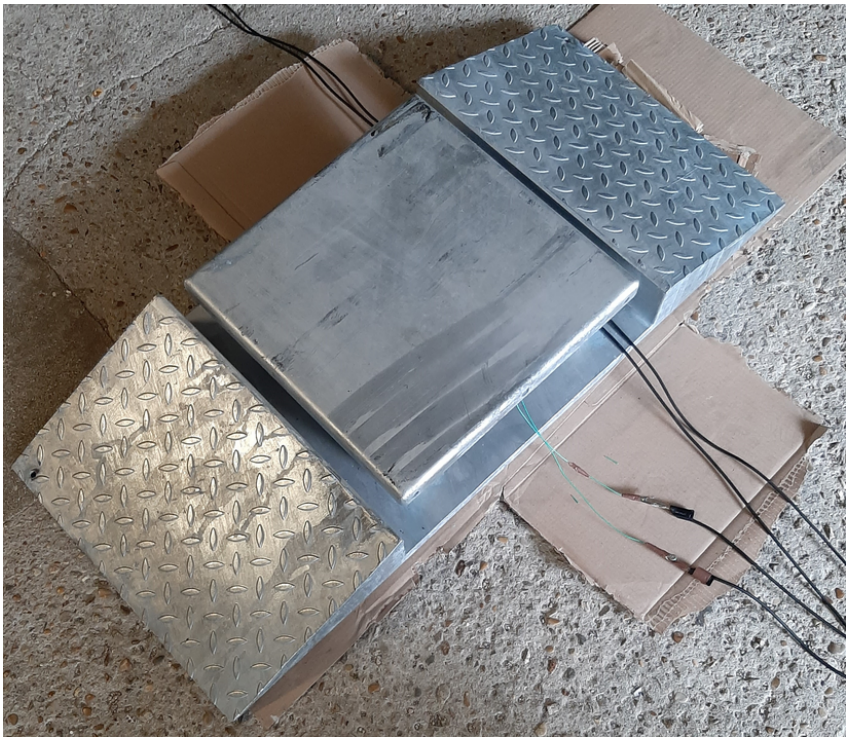

Hydromètre mesurant la température et l'humidité de l'air.

# Réussites et difficultés

Ma plus grande satisfaction a résidé dans ma capacité à assimiler des concepts complexes liés au circuit de conditionnement du nano générateur triboélectrique. Mon premier défi fut de comprendre le fonctionnement de composants qui m'étaient inconnus, tels qu'un switch à hystérésis, un régulateur commercial ou un Bennet doubleur, j'ai dû faire preuve de persévérance pour réussir à les maîtriser.

Ce manque de maîtrise initiale a généré des problèmes lors de mes simulations de circuits, retardant l'avancement de mon projet. Néanmoins par la suite, j'ai pu prendre des décisions correctes qui m'ont permis d'obtenir les résultats attendus lors de mes simulations et tests numériques.

En outre, lors des essais pratiques du dispositif avec une voiture, nous avons rencontré un problème : le dispositif glissait car il était entraîné par la voiture. Cela aurait pu compromettre le matériel utilisé et l'expérience. Heureusement, l'équipe a trouvé une parade simple et efficace, en plaçant le dispositif sur du carton. Ceci a permis de résoudre ce problème et de poursuivre nos tests en toute sécurité.



Dispositif sur du carton.

Ces expériences m'ont enseigné l'importance du travail en équipe pour mener à bien un projet, par l'échange d'informations et de moyens. Cela m'a montré que la persévérance face aux obstacles est payante, lorsqu'on fait preuve de méthode. Ainsi j'ai vu la nécessité de rechercher de la documentation pour acquérir de nouvelles compétences, et l'importance de la formation continue pour mes projets futurs.
Je pense avoir atteint les objectifs souhaités et ce stage fut une expérience enrichissante.

# Suggestions d’améliorations

Au cours de mon stage, j'ai constaté cependant, à titre personnel, des points à améliorer afin que le laboratoire ESYCOM puisse devenir, selon moi, plus efficace et collaboratif.

Pour améliorer la situation, je propose ce qui suit :

Tout d'abord, favoriser une collaboration plus étroite et un partage plus actif des connaissances au sein de l'équipe. Il pourrait y avoir un échange régulier entre les membres de l’équipe, lors d’une réunion hebdomadaire par exemple, cela permettrait de mieux connaître et suivre le travail de chacun, de partager plus de connaissances et d'expertises pour résoudre les difficultés techniques, et ouvrir de nouvelles perspectives.

Deuxièmement, mettre en place une planification plus détaillée des tâches et des échéances. Cette planification devrait prendre en compte les difficultés probables en incluant des marges de manœuvre pour pallier aux impondérables. Il est essentiel d'avoir des délais suffisants et de prioriser les tâches en fonction de leur importance et de leur complexité. Une gestion du temps plus efficace contribuera à réduire les retards et à garantir une exécution plus fluide des projets.

# Projet Personnel et Professionnel

## **Thème :** Type d'entreprise

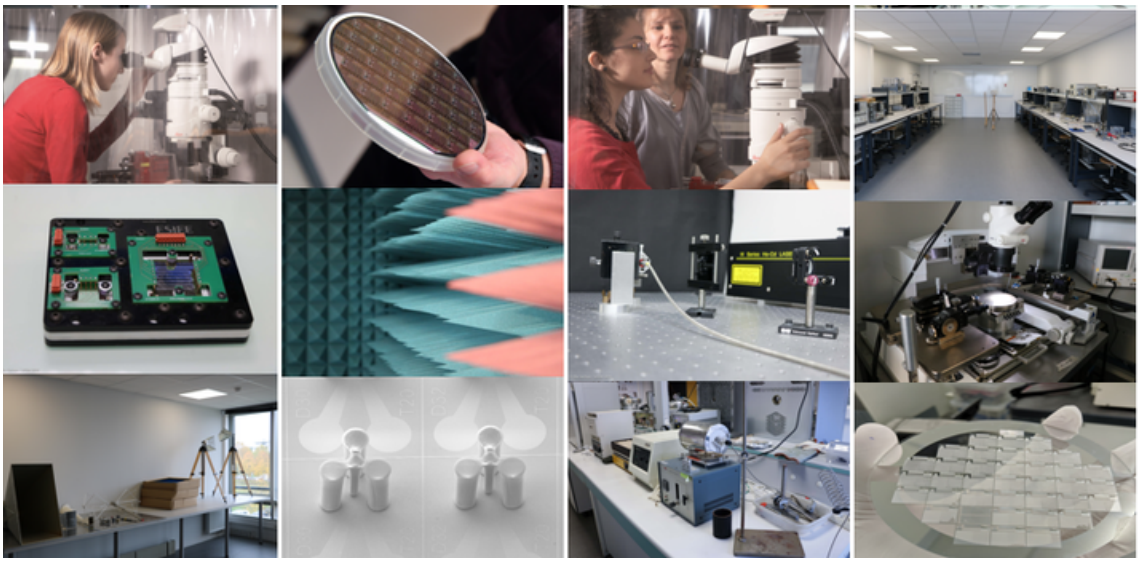
J'ai choisi d'effectuer ce stage au Laboratoire ESYCOM en raison de mon profond intérêt pour la recherche scientifique et le développement technologique dans le domaine de l'électronique. Les raisons qui ont motivé ce choix résident dans l'expertise spécialisée du laboratoire et l'opportunité de participer à des projets de recherche innovants, tout en ayant la perspective de collaborer et d'échanger avec des chercheurs expérimentés.

Le Laboratoire ESYCOM est reconnu pour son expertise pointue dans le domaine de l'électronique, ce qui m'a convaincu que je pourrais acquérir des compétences et des connaissances de haut niveau en y effectuant mon stage. La perspective de collaborer avec des experts dans ce domaine était une opportunité précieuse pour mon développement professionnel.

De plus, le laboratoire est engagé dans des projets de recherche innovants qui contribuent activement à l'avancement de la technologie. Participer à ces projets de pointe a été une source d'enthousiasme, car cela signifiait que je pouvais découvrir des domaines en constante évolution et faire partie d'équipes travaillant sur des avancées technologiques significatives.

La possibilité de collaborer et d'échanger avec des chercheurs expérimentés a été un élément majeur de ma décision. Cette expérience d'apprentissage collaboratif m'a permis de bénéficier des conseils et de la sagesse de professionnels, ce qui a enrichi ma compréhension de la recherche scientifique et de l'innovation technologique.

Mon stage au Laboratoire ESYCOM a donc été une bonne opportunité de combiner mon intérêt pour la recherche scientifique, ma passion pour l'électronique et l'acquisition de compétences essentielles pour mon avenir professionnel.



Différents domaines d'expertise du Laboratoire ESYCOM.

Ce stage a confirmé mon idée initiale sur ce type d'entreprise. J'ai observé la réalisation de projets de recherche passionnants et j'ai pu participer, à mon niveau, à un projet de recherche appliquée, en interagissant avec des chercheurs et doctorants. Cela a renforcé mon intérêt pour la recherche scientifique et m’a confirmé l'importance de l'innovation et du développement technologique dans le domaine de l'électronique.



# Impact sur mon projet personnel et professionnel

Ce stage au Laboratoire ESYCOM m'a conforté sur l'ensemble des mes projets d'études, professionnels et personnels.

Tout d'abord, ce stage m' a offert une expérience pratique dans la recherche scientifique, en électronique, tout en renforçant ainsi mes compétences techniques et ma compréhension des principes fondamentaux de la micro-électronique.

J'ai été impliqué dans la simulation et la modélisation de circuits électroniques avancés destinés à des applications pratiques, comme le dispositif de récupération d'énergie à partir du nano générateur triboélectrique (TENG) que j'ai mentionné précédemment. Cette implication directe m'a permis de comprendre en profondeur le processus de recherche, de la conception à la mise en œuvre pratique. De plus, les interactions avec les chercheurs du laboratoire ont été enrichissantes. J'ai eu l'occasion de partager des idées, de poser des questions et d'apprendre des connaissances précieuses auprès de professionnels expérimentés. Cela a élargi mon horizon sur les opportunités offertes dans le secteur de l'électronique.

Mon stage à ESYCOM a confirmé que ce type de structure de recherche correspondait parfaitement à mes aspirations professionnelles. J'ai pu m'immerger dans ce monde de la recherche scientifique et de l'innovation technologique, participer activement à des projets de pointe et bénéficier de l'expertise de chercheurs et futurs doctorants. Cette expérience a consolidé mon désir de poursuivre une carrière comme ingénieur dans ce domaine stimulant et dynamique des (R&D).

Sur le plan personnel, ce stage m'a permis de développer des compétences essentielles en stratégie/organisation, en collaboration et en communication. J'ai vu comment concevoir des expériences, analyser des données, résoudre des problèmes complexes, et l'intérêt du travail en équipe. En conséquence, j'ai cherché à améliorer mes capacités, pour communiquer, de manière claire et concise, sur mon travail et mes résultats. J'ai pu aussi tester mes capacités à m'adapter à un nouvel environnement, à faire preuve de ténacité et de rigueur pour réaliser la mission confiée. J'y ai gagné de la confiance et j'ai pu développé des qualités primordiales pour un ingénieur.

# Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble de l'équipe du Laboratoire ESYCOM.

Je remercie particulièrement mon tuteur de stage, Philippe BASSET, Directeur adjoint du Laboratoire ESYCOM.



Rond-point du centre de la terre du Campus de Marne-la-Vallée.

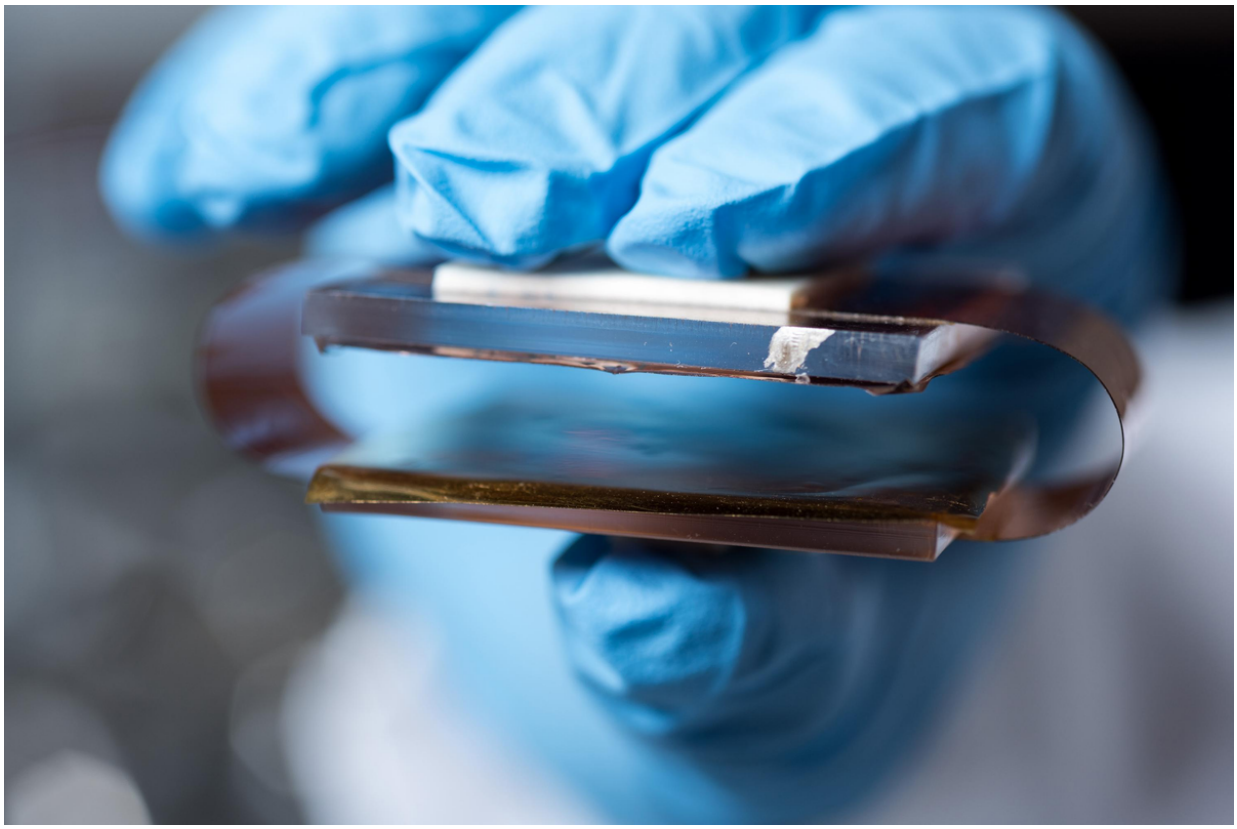
# Annexe

## Le fonctionnement d’un TENG

Un générateur nanoélectrique tribomécanique (Tribo Electric Nano Generator ou TENG en anglais) est un dispositif qui utilise le principe de la génération d'électricité à partir de l'énergie mécanique résultant de la friction entre deux matériaux différents.

Lorsque ces matériaux entrent en contact et se séparent, les charges électriques sont générées et collectées pour produire de l'électricité. Le TENG utilise des nanomatériaux pour maximiser l'efficacité de conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique.

Il offre une méthode prometteuse pour la récupération de l'énergie cinétique ambiante, par exemple à partir des mouvements humains, du vent ou des vibrations, et peut être utilisé pour alimenter de petits dispositifs électroniques ou pour charger des batteries.

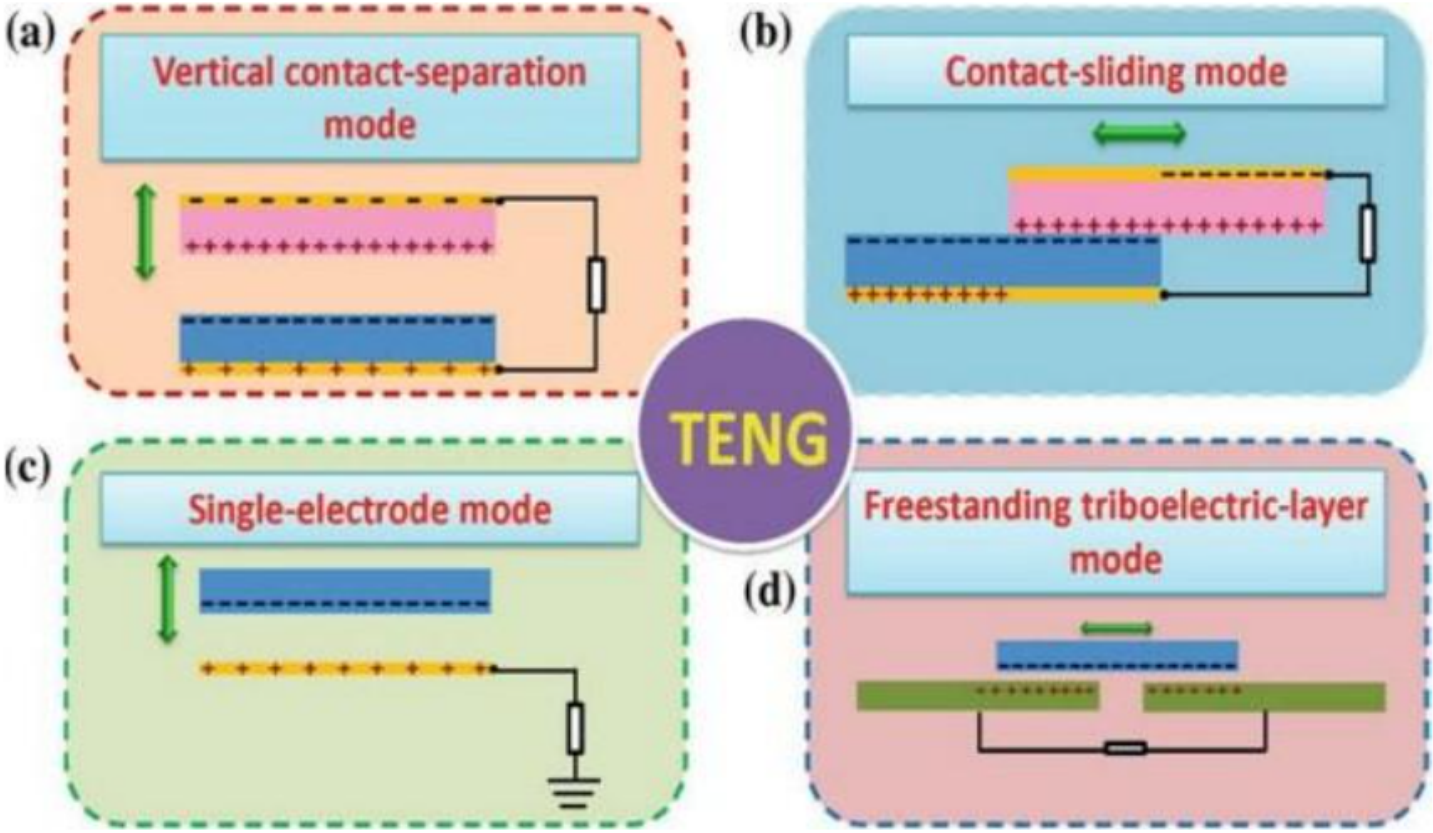


TENG

Source : https://news.gatech.edu/news/2017/02/27/triboelectric-nanogenerators-boost-mass-spectrometry-performance

# Les quatre modes fondamentaux des nano générateurs triboélectriques

(a) un mode de contact-séparation vertical; (b) mode de glissement dans le plan; (c) mode mono-électrode; et (d) mode triboélectrique autonome



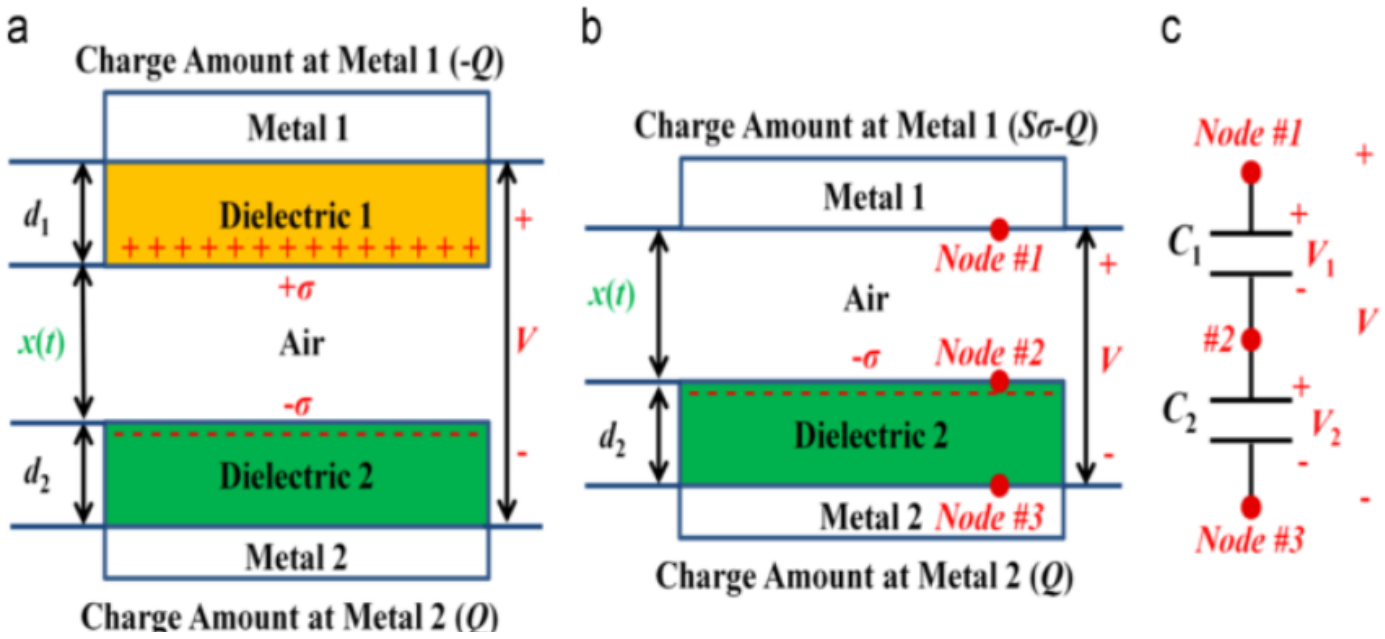

Pour notre dispositif, nous allons utiliser le nano-générateur triboélectrique en mode de contact-séparation vertical (a).

Source : https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/bitstream/123456789/10177/1/BENALIA_NADIR_Electrom%C3%A9canique.._Electrom%C3%A9canique.pdf

# Mode de séparation de contact verticale

Deux films diélectriques différents sont placés l'un en face de l'autre, avec une électrode sur les faces extérieures de chacun des films. Quand ces films se touchent, des charges opposées se forment à leurs surfaces. En les écartant légèrement grâce à une force externe, cela crée un différentiel de potentiel. Si les deux électrodes sont reliées par un circuit, les électrons de l'une des électrodes vont se déplacer vers l'autre pour contrebalancer ce différentiel créé par le champ électrostatique. Quand les films se rapprochent à nouveau, ce potentiel disparait, et les électrons retournent à leur position d'origine.

Voici une représentation:




Modèles théoriques pour (a) mode de contact à plaque parallèle à électrode attachée diélectrique-diélectrique TENG et (b) plaque parallèle conducteur-diélectrique à électrode attachée mode contact TENG. (c) Schéma de circuit équivalent pour plaque parallèle conducteur-diélectrique à électrode attachée mode contact TENG. (Société Royale de Chimie).

Source : https://dspace.univ-guelma.dz/jspui/bitstream/123456789/10177/1/BENALIA_NADIR_Electrom%C3%A9canique.._Electrom%C3%A9canique.pdf