

Les Dalles Piézoélectriques: une solution innovante pour récupérer l'énergie piétonnière.

C'est ma curiosité enfantine qui a conduit à la découverte de la piézoélectricité: un moyen éco-durable luttant contre la pénurie d'énergie et le changement climatique dans nos villes. Mon engagement pour ce projet est motivé par ma passion pour la technologie et mon désir de faire une différence.

Ce sujet s'inscrit particulièrement dans le thème proposé (la ville).

En effet, il est possible de transformer l'énergie cinétique des marches des piétons en énergie électrique. La déformation des matériaux piézoélectriques provoque la création d'un champ électrique: une énergie exploitable dans la ville.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Physique de la Matière)*
- *PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>Piézoélectricité.</i>	<i>Footstep energy harvesting.</i>
<i>Récolte d'énergie.</i>	<i>Power generation.</i>
<i>Énergie piétonnière.</i>	<i>Smart pavement.</i>
<i>Dalles intelligentes.</i>	<i>Pedestrian kinetic energy.</i>
<i>Matériaux piézoélectriques.</i>	<i>Piezoelectricity.</i>

Bibliographie commentée

Aujourd'hui, les villes sont devenues plus peuplées et, malgré l'utilisation abusive des voitures et d'autres moyens de transport, plusieurs sont les personnes qui prennent la route à pied. Par ailleurs, la pénurie énergétique ne cesse d'accroître [1], ce qui a poussé les chercheurs à développer de nouvelles techniques pour récolter l'énergie. Il existe certains cristaux qui deviennent électriquement polarisés lorsqu'ils subissent une déformation mécanique. C'est l'effet piézoélectrique. Placés dans une zone fortement fréquentée par les pieds, des pavés contenant ces cristaux peuvent transformer l'énergie cinétique piétonnière créée par la compression de la dalle en électricité. Le quartz, le sel de rochelle, la tourmaline sont les substances piézoélectriques les plus connues. De plus, le mot «*piézoélectricité* » est dérivé du mot grec (*πιέζειν*) piezein, qui signifie presser.

Ce phénomène fut découvert il y a un peu plus de cent ans par les frères *Curie, Pierre et Jaques* en 1880.[2]

Cette science a évolué de manière inégale depuis 1960. D'abord un démarrage très lent car

pendant des décennies seuls quelques matériaux appropriés étaient disponibles. Ensuite, vient une succession de périodes de progrès rapides et de progrès lents.

La découverte de nouveaux effets et matériaux piézoélectriques a ouvert de nouveaux domaines d'applications techniques comme les capteurs, les moteurs et la récolte d'énergie.[8]

La piézoélectricité connaît actuellement un grand regain dans la recherche fondamentale. Les travaux marquants dans ce domaine sont nombreux :

en **1952**, des scientifiques de *l'institut de technologie de Tokyo* ont développé le **PZT** (*Titano-zirconate de plomb*) qui est un matériau piézoélectrique à base d'oxyde métallique. Par rapport au matériau découvert précédemment, le titanate de baryum, les PZT présentent une plus grande sensibilité et ont une température de fonctionnement plus élevée. Certes leur coût n'est pas cher (environ 20€(1952)), mais ils ne peuvent développer que 6 mW. Ce qui est infime[3].

Puis après plusieurs années de recherche, en **2005**, la *Defense Advance Research Project Agency* (**DARPA**) des États-Unis a lancé un projet innovant sur la récupération d'énergie qui tente d'alimenter l'équipement du champ de bataille par des générateurs piézoélectriques intégrés dans les bottes des soldats. Cependant, ces sources de récupération d'énergie ont un impact sur le corps. L'effort de la *DARPA* pour exploiter 1 à 2 watts de l'impact continu des chaussures pendant la marche a été abandonné en raison de l'inconfort dû à l'énergie supplémentaire dépensée par une personne portant les chaussures. [4]

Quelques années plus tard, Certaines sociétés ont créé et commercialisé des dalles piézoélectriques: en **2008**, un pavé piézoélectrique a été installé dans une gare japonaise par la société **Soundpower**. Bien que plus de 400 000 personnes traversent la station quotidiennement, les dalles n'ont fourni que suffisamment d'électricité pour alimenter l'éclairage LED. Selon le planificateur *Yoshiaki Takuya*, une personne d'environ 62kg génère 0,1 watt pour 2 marches. Le prix du mètre carré est 1090€(2008) pour une durée de vie de 20 ans. [5]

D'autre part ,**Pavegen**, une célèbre startup britannique créée en **2009**, a mis au point des pavés piézoélectriques plus performants. À chaque pas, la tuile triangulaire s'enfonce légèrement, produisant ainsi 4 à 7 watts d'électricité en fonction du poids de la personne. Plus de 200 pavés, ont déjà été installés dans 36 pays le prix du mètre carré est estimé à 1470€ (2009) pour une durée de vie de 20 ans.[6]

Le succès de ces projets suscita un grand intérêt pour la piézoélectricité, relança les recherches et conduisit au développement de nouveaux dispositifs pour une large palette d'applications dans la vie quotidienne, l'industrie et la recherche.

Certes les avancements de cette technologie de production d'énergie sont remarquables mais de lourdes problématiques doivent encore être résolues. En effet, les matériaux utilisés aujourd'hui sont coûteux mais avec rendement insuffisant pour rendre ces projets économiquement viables.

[7] D'autre part ces matériaux sont parfois lourds ou rares donc non écologiques. Donc, malgré les évolutions marquantes de la piézoélectricité, ce n'est pas encore confirmé qu'elle soit la solution parfaite alliant respect d'environnement et rendement.

Problématique retenue

Mon étude porte sur l'optimisation de la performance et de la rentabilité de la dalle piézoélectrique destinée à collecter l'énergie cinétique piétonnière en utilisant des cristaux piézoélectriques. Il s'agit d'évaluer les propriétés des différents matériaux piézoélectriques, développer des méthodes d'optimisation de la conception de la dalle et tester ses performances.

Objectifs du TIPE du candidat

Dans le cadre de ce projet, je me propose d'entreprendre une étude sur les propriétés des piézo-cristaux pour ensuite modéliser l'effet piézoélectrique. Ce travail de modélisation sera employé pour développer un programme de simulation en utilisant le langage Python afin d'évaluer les différentes options de matériaux disponibles. Enfin, je me propose de créer un prototype pour tester les performances et le rendement de la dalle piézoélectrique ainsi optimisée, avec pour objectif final conclure sur l'efficacité de celle-ci.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] FONDS MONÉTAIRE MONDIAL : Perspectives de l'économie mondiale (mise à jour Juillet 2022) : *Url : <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/WEO/2022/Update/July/French/textf.ashx>*
- [2] CURIE .P, CURIE .J : Développement par compression de l'électricité polaire dans les cristaux hémicube à face inclinées : *C.R .Acad.Sci.Paris, 1880, Tome 91, p 294.*
- [3] R. GOWRI SHANKAR RAO* ET N. KANAGATHARA : Lead Zirconate Titanate: A Piezo electric material : *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2015, 7(5):921-923 / ISSN : 0975-7384 CODEN(USA) : JCPRC5 / Url : <https://www.jocpr.com/articles/lead-zirconate-titanate-a-piezo-electric-material.pdf>*
- [4] N.S. SHENCK ET J.A. PARADISO : Energy scavenging with shoe-mounted piezoelectrics : *INSPEC Accession Number: 6965821 DOI: 10.1109/40.928763 Publisher: IEEE /Print ISSN: 0272-1732 Electronic ISSN: 1937-4143 /Page(s): 30 - 42*
- [5] ADNAN MOHAMED ELHALWAGY ,MAHMOUD YOUSEF, M.GHONEEM ET MOHAMED ELHADIDIC : Feasibility Study for Using Piezoelectric Energy Harvesting Floor in Buildings' Interior Spaces : *International Conference – Alternative and Renewable Energy Quest, AREQ 2017, 1-3 February 2017, Spain / Url: <https://bit.ly/Reference-5>*
- [6] ZHEN LIANG SEOW, SONG TAO CHEN ET NOR BAININ KHAIRUDIN : An Investigation into Energy Generating Tiles -Pavegen : *UBC Social Ecological Economic Development Studies (SEEDS) Student Report / University of British Columbia APSC 261 November 24, 2011 / Url: <https://open.library.ubc.ca/media/download/pdf/18861/1.0108425/1>*
- [7] SÉBASTIEN DEBEAUX : RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE ISSUE DES DÉFORMATIONS DE STRUCTURES AÉRONAUTIQUES À L'AIDE DE MATÉRIAUX

PIÉZOÉLECTRIQUES : UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE Faculté de génie Département de
génie mécanique / Mémoire de maîtrise Spécialité : génie mécanique / Sébastien DEBEAUX
Luc FRECHETTE Patrice MASSON Alain BERRY Philippe MICHEAU (directeur)
/Sherbrooke (Québec), Canada Août 2012

[8] P.MARCHET ET R.EL BOUAYADI : Matériaux oxydes pour les applications électriques
et électroniques : Master Chimie de Matériaux/Université de Limoges/Url: <https://bit.ly/Reference-8>

Références bibliographiques (ÉTAPE 2)

[1] CONCOURS COMMUNS POLYTECHNIQUES : Épreuve spécifique Filière TSI -
Modélisation : Code de l'épreuve : TSIMO06

DOT

- [1] : Juin 2022 - Découverte de la piézoélectricité et choix de mon sujet suite à la lecture de l'épreuve de physique chimie 1 du concours centrale-Supélec 2020 filière TSI qui traite des propriétés des matériaux piézoélectriques.
- [2] : Août 2022 - Visio-conférence avec une experte en piézoélectricité de la société PYTHEAS TECHNOLOGY pour discuter des avancées récentes dans ce domaine. Cette discussion a renforcé ma compréhension de la piézoélectricité et m'a aidé à évaluer mon approche actuelle pour la conception des dalles piézoélectriques.
- [3] : Début Septembre 2022 - Choix final des matériaux pour la réalisation des dalles piézoélectriques en utilisant les résultats obtenus lors des simulations numériques et des études théorique et expérimentale.
- [4] : Novembre 2022 - Conception et prototypage d'une plaque piézoélectrique avec les matériaux identifiés dans la recherche précédente.
- [5] : Janvier 2023 - Visite du laboratoire d'électronique (SMARTi LAB) de l'école marocaine des sciences de l'ingénieur (EMSI). Cette visite m'a permis la réalisation de ma dalle grâce au matériel (notamment le fer à souder et l'appareil de mesure Metrix).
- [6] : Début Février 2023 - Réalisation réussie du nouveau prototype. Évaluation des performances obtenues, validation de la dalle et rédaction de la présentation finale.
- [7] : Mai 2023 - Perte du fichier de la présentation suite à un bug informatique une semaine avant la date limite de la phase 2 du TIPE ! J'ai dû rédiger, une deuxième fois, ma présentation en intégralité.