



HAL
open science

Modélisation d'un générateur piézoélectrique en forme de coque en vue de développer un générateur d'énergie électrique pour l'alimentation des appareils nomades

Erika Minazara, Vincent Loyau, Dejan Vasic, François Costa

► To cite this version:

Erika Minazara, Vincent Loyau, Dejan Vasic, François Costa. Modélisation d'un générateur piézoélectrique en forme de coque en vue de développer un générateur d'énergie électrique pour l'alimentation des appareils nomades. MGE 2008, May 2008, Montpellier, France. hal-00843232

HAL Id: hal-00843232

<https://hal.science/hal-00843232v1>

Submitted on 16 May 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MODÉLISATION D'UN TRANSDUCTEUR PIÉZOÉLECTRIQUE EN FORME DE COQUE EN VUE DE DÉVELOPPER UN GÉNÉRATEUR D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE POUR L'ALIMENTATION DES APPAREILS NOMADES

MINAZARA Ericka, LOYAU Vincent, VASIC Dejan, COSTA François
SATIE UMR 8029 CNRS, 61 avenue du président Wilson, 94235 Cachan Cedex, France
minazara@satie.ens-cachan.fr

Mots Clés : Matériau piézoélectrique, application, récupération d'énergie, mouvements mécaniques, appareils nomades, cheval, vélo.

De nos jours nous rencontrons de plus en plus d'applications à base de transducteurs piézoélectriques. Leur utilisation comme source d'énergie électrique commence timidement à attirer l'attention des industriels, soucieux par exemple de l'autonomie des petits appareils électroniques embarqués de faible consommation (inférieure à 1 Watt). Ceux-ci sont alimentés par des accumulateurs, d'une durée de vie limitée, qui ont besoin d'être rechargés et même remplacés régulièrement. Si nous réussissons à convertir l'énergie mécanique présente dans le milieu ambiant en énergie électrique, nous pourrions indéfiniment recharger ces accumulateurs, supprimant leur contrainte d'entretien et augmentant considérablement leur autonomie.

Un cycliste ou un cavalier en déplacement (figure 1a) est constamment en mouvement ou en agitation par rapport à la selle; ces agitations ou secousses proviennent, dans le cas d'un vélo des variations de mouvement des roues sur la piste, laquelle peut être plus ou moins dénivelée ; dans le cas d'un cavalier, les mouvements proviennent du trot, des mouvements saccadés ou des galops du cheval. Ces agitations se font plus ou moins ressentir selon la vitesse de déplacement. Le niveau de l'inconfort est croissant avec la vitesse. On pourrait tout à fait imaginer et réaliser une selle (figure 1b) hébergeant des transducteurs piézoélectriques souples en forme de coque (figure 1c) pour amortir les secousses mais surtout pour produire de l'énergie électrique. Transformer en énergie électrique de telles secousses présente par conséquent un double intérêt: d'abord l'amortissement de l'inconfort dû aux vibrations et ensuite une source d'énergie électrique, utilisable pour des appareils nomades tel qu'appareil photo, GPS, téléphone, batterie,...

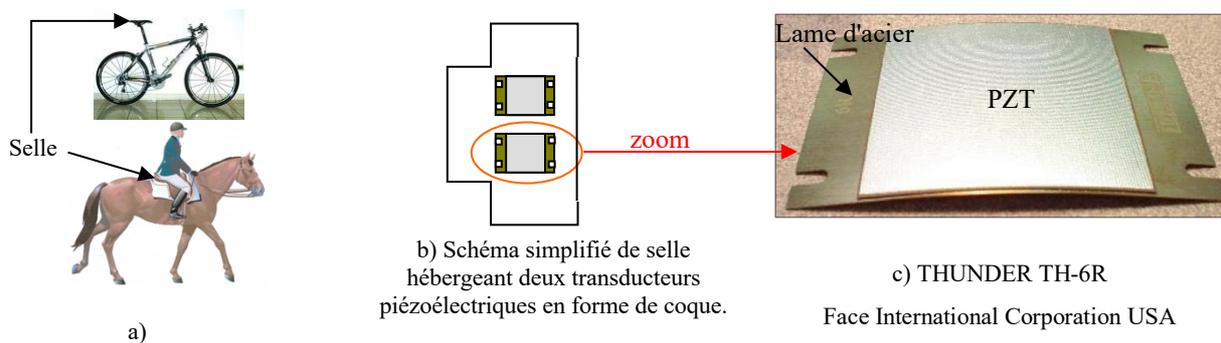


Figure 1 a-b-c : Actionnement et Application possible d'un transducteur en forme de coque

Le principe de la récupération d'énergie mécanique, à l'aide de matériaux piézoélectriques, est illustré dans la figure 2. Le générateur comprend un élément piézoélectrique actionné mécaniquement avec le doigt pour le cas de cette étude prospective. Afin de pouvoir estimer l'énergie électrique qu'on peut produire à l'aide d'un tel générateur, nous avons modélisé analytiquement un élément piézoélectrique en forme de coque.

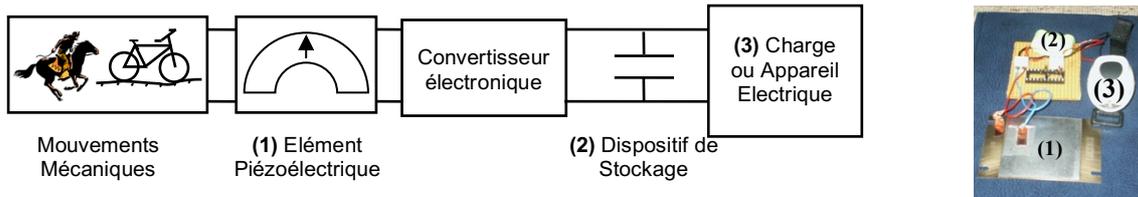


Figure 2 : Schéma de principe et photo d'un générateur piézoélectrique avec charge

Le paragraphe suivant traite de la modélisation analytique d'un échantillon du transducteur en coque.

I. MODELISATION

Le transducteur étudié est celui des figures 1c et 3. Il est constitué d'un matériau piézoélectrique PZT collé sur une coque mince d'acier ressort. Lorsqu'il est déformé, de l'énergie électrique est produite, une énergie qui est d'autant plus grande que la déformation du PZT est élevée. Sa forme bombée permet d'obtenir une déformation considérable du matériau actif, piézoélectrique, selon l'axe des X (1 en figure 3). La hauteur du dôme est relativement faible comparée au rayon de courbure r , hypothèse qui rend peu compliqué le calcul de la déformation $S_1(Z)$ en fonction de la géométrie du transducteur. La couche PZT est polarisée suivant la direction Z (3). La tension est collectée sur les électrodes disposées perpendiculaire à l'axe des Z (3) ou de polarisation. La déformation du PZT suivant Z (3) est négligeable, on exploite alors le mode 31 du transducteur.

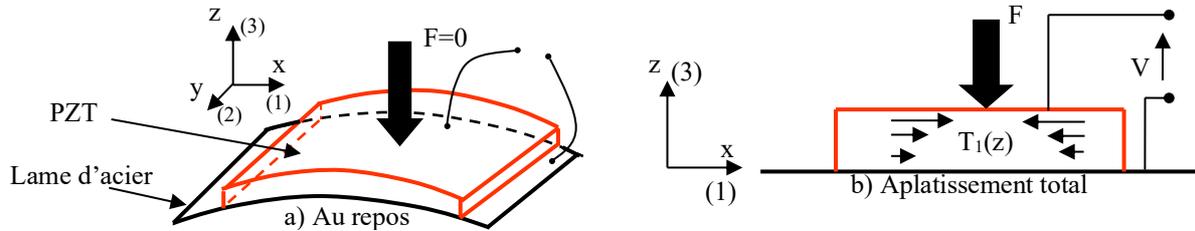


Figure 3 : a) Déformation depuis l'état de repos bombé à l'aplatissement total

Connaissant l'expression de la déformation $S_1(Z)$ en fonction de la géométrie, et en utilisant les équations piézoélectriques (1) qui régissent le comportement du transducteur, la tension à vide V est donnée par la relation (2), où e est l'épaisseur de la couche PZT.

$$\begin{cases} S_1(Z) = S_{11}^E \cdot T_1(Z) + d_{31} \cdot E_3(Z) & (1) \\ D_3 = -D_{31} - \epsilon_{33}^T \cdot E_3(Z) + d_{31} \cdot T_1(Z) \end{cases} \quad V = \frac{1}{2} \frac{1}{d_{31} - \frac{S_{11}^E \cdot \epsilon_{33}^T}{d_{31}}} \cdot \frac{e^2}{r} \quad V(\omega) = \frac{A}{1 + \frac{1}{jRC\omega}} h(\omega) \quad (2) \quad (3)$$

La tension à vide V s'élève à 300 Volts pour un aplatissement total en quasi-statique. Nous avons aussi établi la relation qui lie la tension V à la déformation dynamique $h(\omega)$ quand le dispositif est chargé par une résistance R . Dans l'équation (3), C est la capacité bloquée du PZT et A est une constante qui est fonction de la géométrie et des caractéristiques piézoélectriques du transducteur.

II. RESULTAT ET CONCLUSION

Un modèle, qui relie la tension électrique produite aux caractéristiques techniques du transducteur, est établi et les résultats théoriques et expérimentaux se vérifient. Connaissant cette tension et la charge, on peut évaluer la puissance. Par un simple actionnement de la main à une fréquence de l'ordre du Hz, la puissance électrique mesurée pour un transducteur élémentaire dépasse 5 mW. Une lampe à base de LED consommant 4,5 mW a pu être alimentée en continu via un redresseur et une capacité de lissage. Pour le cas d'une selle de vélo, comme pour celle d'un cheval, on pourrait avoir au minimum deux transducteurs actionnés simultanément, tous les deux situés au niveau du siège du cycliste ou cavalier qui rebondit périodiquement en contact avec la selle. Par conséquent, la puissance récupérable pour une selle de vélo ou cheval, comportant deux transducteurs, est estimée supérieure à 10 mW, ce qui est suffisant pour recharger une batterie, pour alimenter une lampe, ou des appareils tels que GPS, ou podomètre. Le papier final détaillera les différentes parties de ce résumé : dispositif, modèle, et résultats expérimentaux.