

Etude d'une raquette dotée d'une technologie piézoélectrique réduisant les vibrations

Je voulais inscrire mon TIPE dans le sport que je pratique, le tennis. Ayant pratiqué ce sport durant une quinzaine d'années, j'ai pu observer de nombreuses tendinites au niveau de la face externe du coude, restreignant grandement voire contre-indiquant la pratique du sport en compétition.

Mon TIPE s'inscrit dans le thème "Santé Prévention" car il traite des solutions permettant de réduire les vibrations engendrées par les cordes d'une raquette néfastes à la santé.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>tennis</i>	<i>tennis</i>
<i>vibration</i>	<i>vibration</i>
<i>piézoélectricité</i>	<i>piezoelectricity</i>
<i>superposition d'ondes</i>	<i>superposition of waves</i>
<i>onde stationnaire</i>	<i>standing wave</i>

Bibliographie commentée

Depuis sa création, le tennis n'a cessé de contraindre ses joueurs réguliers à arrêter sa pratique à cause des blessures engendrées par les vibrations. Depuis quelques années, les évolutions technologiques ont permis la construction de raquettes plus souples, amortissant donc mieux les vibrations résultantes. Cependant, leur structure a également grandement augmenté la vitesse de propagation des balles créant des vibrations de grandes amplitudes et provoquant de gros dégâts sur le bras du joueur menant à une inflammation des tendons des muscles épicondyliens nommée épicondylalgie. [1]

Pour pallier ce problème, des raquettes ont été conçues pour réduire les vibrations comme la "HEAD intellifiber" dont le principe est assez simple. Les vibrations créées par les cordes sont converties, à l'aide de fibres piézoélectriques placées au centre du cordage, en énergie électrique instantanément transmise au circuit intégré au manche qui traite le signal et génère une contre vibration. Le placement stratégique des matériaux piézoélectriques au sein des fibres au lieu de les placer sur le cadre permet de réduire considérablement le temps de réponse de la création de la contre-vibration.

Ce système de raquette "piézoélectrique" réduit de moitié les vibrations engendrées par la raquette. [2][3]

Nous pourrions nous demander s'il est possible de récupérer l'énergie dissipée dans l'amortissement des vibrations.

Dans les faits, il y a deux types de fonctionnement, l'un d'eux, le contrôle passif, est le suivant: un ressort est monté en parallèle des cordes de la raquette et amortit les vibrations. [4]

Cependant ce système se contente d'amortir les vibrations là où le contrôle actif crée des interférences destructrices qui amortissent beaucoup plus efficacement les vibrations. Le capteur piézoélectrique est monté en série avec une inductance et un interrupteur. Initialement, les cordes sont au repos, le circuit est ouvert, lorsque le matériau piézoélectrique transmet un pic de tension, le circuit se ferme et l'association de l'inductance et du condensateur engendré par le matériau piézoélectrique, créent un signal oscillant qui contre les vibrations. [1]

Ces matériaux piézoélectriques ont des caractéristiques particulières lorsqu'on leur applique une contrainte. En effet, ils ont la capacité de produire de l'électricité proportionnellement à la contrainte mécanique. Ces propriétés sont utilisées pour mesurer des contraintes mécaniques au travers de capteurs piézoélectriques. Il en existe de toutes tailles, autant pour des contraintes de quelques Newton que des contraintes de plusieurs centaines de milliers de Newton. La charge électrique émise du matériau piézoélectrique au sein du capteur ne dépend pas de sa taille, ce qui représente un avantage de taille car la mesure est rendue universelle.

En principe, ces capteurs sont constitués de deux cristaux piézoélectriques qui transmettent une charge à l'électrode elle-même reliée à l'amplificateur de charges. Ce dernier transmet une différence de potentiel qui, par la connaissance du matériau piézoélectrique utilisé, permet de remonter à la contrainte. Pour assurer une bonne précision de mesure, il faut mettre ces cristaux en contact avec des matériaux à surfaces planes, usinés pour avoir une rugosité très faible. La précision de la mesure dépend de la qualité de surface du matériau.[5]

Problématique retenue

Comment fonctionne le système de réduction de vibrations à piézoélectricité dans une raquette de tennis?

Objectifs du TIPE

- Etudier l'analogie entre la corde de tennis et la corde de Melde
- Etude des modes de fonctionnement passif et actif d'amortissement
- Etude d'un capteur piézoélectrique

Références bibliographiques (ETAPE 1)

[1] CLÉMENT BOUDOT, KINÉSITHÉRAPEUTE : La science au service du tennis :
<https://www.neuroxtrain.com/article/68356/>

[2] STÉPHANIE HARARI : Réduction à contrôle semi-actif et actif des vibrations :

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00443734/document>

[3] SAVELLI GUILLAUME ET CORONEL PHILIPPE : Brevet européen de la raquette à piézoélectricité :

<https://patentimages.storage.googleapis.com/91/cb/7c/b9491b7d6d2e9a/EP2937117B1.pdf>

[4] ETUDIANTS À L'INSA ROUEN : Contrôle des vibrations d'une raquette de tennis par des matériaux piézoélectriques :

https://moodle.insa-rouen.fr/pluginfile.php/14186/mod_folder/content/0/Rapport_P6-3_2008_24.pdf?forcedownload=1

[5] HBM : Constitution et fonctionnement d'un capteur piézoélectrique :

<https://www.hbm.com/fr/7318/comment-fonctionne-un-capteur-de-force-piezoelectrique/>

DOT

[1] *Janvier 2021 - Mars 2021 : Recherche du sujet, découverte de la raquette piézoélectrique*

[2] *Mars 2021 - Juillet 2021 : Etude de thèses et rapports sur la raquette piézoélectrique et création d'un plan d'étude*

[3] *Septembre 2021 - Octobre 2021 : Rédaction de la MCOT*

[4] *Novembre 2021 - Décembre 2021 : Etude d'une possible modélisation des vibrations du cordage de la raquette par le phénomène de la corde de Melde et première expérimentation pour valider ou réfuter cette modélisation*

[5] *Janvier 2022 - Février 2022 : Création du début de la présentation et deuxième expérimentation : Mesure des vibrations des cordes de la raquette à l'aide d'un capteur piézoélectrique*

[6] *Mars 2022 - Avril 2022 : Première tentative de reproduction de système à réduction de vibrations et écriture du premier jet du programme python correspondant*

[7] *Mai 2022 : Amélioration du programme pour lisser les courbes et tenter d'obtenir des courbes plus proches de la réalité et suite de la présentation*

[8] *Juin 2022 : Mise en forme et parachèvement de la présentation*