

Offre de Stage (H/F) :

Analyse biomécanique de la pratique du padel : effet de l'usure des raquettes

Contexte

Le matériel sportif est un point déterminant de la performance, il intervient non seulement dans l'optimisation et la qualité du geste mais aussi dans les risques de blessures encourus par l'athlète. Cependant, il n'existe aujourd'hui pas de méthode robuste guidant les athlètes dans le choix de leur matériel sportif. La limite principale réside dans la méconnaissance des effets des propriétés mécaniques du matériel sur les déterminants biomécaniques de la performance. En particulier, l'effet des interactions entre les caractéristiques du matériel et la propagation des sollicitations mécaniques dans le corps humain (e.g. vibrations transmises lors de la pratique du vélo ; chocs transmis lors de la course à pied) a été très peu abordé. Or, d'un point de vue clinique, les vibrations entraînent des pathologies spécifiques de l'appareil locomoteur [1] et du système vasculaire [2]. Ainsi, minimiser les niveaux vibratoires transmis à l'athlète permettrait de diminuer les risques de pathologies. Néanmoins, les vibrations [3] et le son [4] produit par rayonnement acoustique sont également interprétées empiriquement par l'athlète pour évaluer le confort et la qualité de la performance. Il apparaît donc productif d'inclure l'athlète et son ressenti dans une méthodologie scientifique cherchant à lier la qualité du matériel et les vibrations transmises au corps.

Dans ce projet, nous nous intéresserons en particulier au padel, sport de raquettes apparu au début des années 1970 et en pleine expansion (260 % d'augmentation du nombre de licenciés entre 2018 et 2019). Les raquettes sont constituées d'une mousse EVA d'environ 4 cm recouverte d'une couche en carbone ou en fibre de verre. La durée de vie, hors casse, d'une raquette est usuellement estimée entre 6 mois et 1 an en fonction de son niveau d'utilisation. Néanmoins, à cause de son prix (entre 35 et 400 €), un joueur moyen changera moins souvent sa raquette. Or, il est communément admis que l'usure de la raquette induit des vibrations parasites affectant le contrôle du geste, le ressenti de l'athlète, voire augmentant le risque de blessures du fait de lésions traumatiques ou de sur-sollicitations du système musculo-tendineux, voire osseux [5]. De plus, face aux enjeux socio-écologiques actuels, un renouvellement du paradigme sportif et donc du rapport à la consommation d'équipements devient primordial. Ainsi, il apparaît fondamental de comprendre l'évolution du comportement de la raquette au cours du temps. Ce projet permettra à la fois de connaître les relations entre l'usure de la raquette et les risques de blessures, et de contribuer à la conception de raquettes plus durables.

Objectifs

D'après ce qui précède, les objectifs de ce projet de recherche sont les suivants : (1) établir un jeu de descripteurs révélateurs du niveau d'usure de la raquette par le biais de son comportement acoustique et vibratoire ; (2) mettre en évidence l'effet de l'usure de la raquette sur les sollicitations des systèmes musculo-tendineux et osteo-articulaires en situation de jeu. Pour répondre à ces objectifs, les hypothèses de recherche sont les suivantes :

- Le comportement vibratoire des raquettes, en particulier les paramètres modaux, évolue avec le temps du fait de la fatigue mécanique induite par la répétition des impacts de balles. La mousse expansive va tendre à se compresser, l'enveloppe à se fissurer, et l'amortissement à diminuer.
- La fatigue mécanique de la raquette conduira à une augmentation des sollicitations des systèmes musculo-tendineux et osteo-articulaires et ainsi des risques lésionnels.
- La propagation des vibrations dans le membre supérieur évolue avec le niveau de préhension du manche de la raquette [6]. Les vibrations seront donc plus ou moins dissipées en fonction des niveaux d'activation des muscles fléchisseurs et extenseurs des doigts et du poignet.

Contenu du stage

Le stage vient en support d'une thèse financée par le GDR Sport depuis octobre 2022. En janvier 2024, le projet de thèse abordera la question du comportement vibratoire des raquettes en fonction de leur usure. Pour cela, un ensemble de raquettes sera usé artificiellement afin de refléter des niveaux d'usure *moyenne* et *forte*. Les niveaux d'usure *moyenne* et *forte* seront considérés comme équivalents à une utilisation de 6 et 24 mois de la raquette, à 4h de pratique par semaine. Un nombre d'impacts de balle équivalent sera alors déterminé pour chaque cas. L'usure sera induite par la répétition d'impacts de balle appliqués par un système de balancier automatisé.

Le projet de stage consistera tout d'abord en la caractérisation mécanique des raquettes selon le niveau d'usure induit préalablement. Cette étape aura pour but de quantifier l'impact de l'usure sur les propriétés des raquettes. Dans un second temps, un protocole de mesures sera défini pour tester ces raquettes en situation de jeu. L'étude impliquera la répétition de frappes avec plusieurs modèles de raquettes, par une quinzaine de joueurs de bon niveau. Pour chaque raquette étudiée, trois exemplaires soumis artificiellement à différents niveaux d'usures (raquette neuve, usure *moyenne*, et usure *forte*) seront testées.

La répétabilité des frappes réalisées sera contrôlée par le biais de mesures biomécaniques (e.g. électromyographie, centrales inertielles) et d'évaluation de la trajectoire de balle. Les vibrations transmises au membre supérieur des joueurs seront mesurées à l'aide d'accéléromètres répartis sur la raquette et le membre supérieur. L'évolution de la transmission des vibrations (énergie, contenu fréquentiel) sera analysée en fonction de l'usure et de l'endommagement des raquettes.

Livrables attendus

Le premier livrable attendu est l'évolution des paramètres mécaniques des raquettes en fonction de leur niveau d'usure. Dans un second temps, le protocole expérimental sur terrain sera élaboré en accord avec l'équipe encadrante avant sa validation et sa mise en place. Le troisième livrable sera la base de données biomécaniques et vibratoires directement collectées durant l'expérimentation. Enfin, le traitement de cette base de données donnera accès à l'effet de l'endommagement des raquettes sur les sollicitations vibratoires transmises aux joueurs. Une meilleure compréhension de ces phénomènes et des enjeux de blessures pour le couple

athlète/raquette permettra de guider les joueurs de padel dans le choix de leur équipement en fonction de leurs spécificités (e.g. niveau de pratique, retour de blessure, réathlétisation).

Contexte du stage

- **Laboratoires :**

(1) Université Sorbonne Paris Nord, Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak, Arts et Métiers Institute of Technology ;

(2) Sorbonne Université, CNRS, Institut Jean Le Rond d'Alembert, équipe Lutheries-Acoustique-Musique ;

(3) Junia/ISEN, IEMN UMR CNRS 8520

- **Encadrement :**

Delphine Chadeaux (MCF USPN) ;

Thomas Daney (Doctorant) ;

Jean-Loïc Le Carrou (MCF HDR, SU) ;

Arthur Paté (EC Junia/ISEN).

- **Contacts :**

delphine.chadeaux@sorbonne-paris-nord.fr ;

thomas.daney@ensam.eu ;

jean-loic.le_carrou@sorbonne-universite.fr ;

arthur.pate@isen.fr

- **Compétences attendues :** Etudiant de M2 ; Formation STAPS, Biomécanique, ou Ingénierie mécanique ; Intérêt pour le sport et les sports de raquette.

- **Dates du stage :** 6 mois à partir de février 2024.

Références

- [1] Zadpoor, A.A., & Nikooyan, A.A. (2011). The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: a systematic review. *Clin. Biomech.*, 26(1):23–28.
- [2] Chetter, I.C., Kent, P.J., Kester, R.C., 1998. The Hand Arm Vibration Syndrome: A Review. *Cardiovascular Surgery* 6(1):1–9.
- [3] J. R. Roberts, R. Jones, S. J. Rothberg, N. J. Mansfield, C. Meyer (2006). Influence of sound and vibration from sports impacts on players' perceptions of equipment quality. *J. Materials: Design and Applications*.
- [4] N. Schaffert, K. Mattes, A. O. Effenberg (2011). An investigation of online acoustic information for elite rowers in on-water training conditions. *J. Human Sport Exercise* 6(2):392–405.
- [5] C. Oudart (2017). Quelles blessures au padel ? *Padel Magazine*, chronique Santé, 2017, <https://padelmagazine.fr/quelles-blessures-au-padel/>, consulté le 18/04/2022.
- [6] D. Chadefaux, G. Rao, J.-L. Le Carrou, E. Berton, L. Vigouroux (2017). The effects of player grip on the dynamic behaviour of a tennis racket. *J. Sports Sci.* 35(12):1155–1164.
- [7] R. Sun, G. Chen, H. He, B. Zhang (2014), The impact force identification of composite stiffened panels under material uncertainty, *Finite Elements in Analysis and Design*, 81:38–47.
- [8] A. Coles, B. Albuquerque de Castro, C. Andreades, F. Guimarães Baptista, M. Meo, F. Ciampa (2020). Impact Localization in Composites Using Time Reversal, Embedded PZT Transducers, and Topological Algorithms. *Front. Built Environ*, 6:27.