

Étude d'une raquette de tennis

En regardant le tournoi de tennis Roland Garros, je me suis demandé si les performances des joueurs étaient uniquement dues à leur condition physique, et notamment quel impact leur équipement pouvait avoir sur le jeu, en particulier leur raquette. J'ai donc voulu approfondir cette question lors de mon TIPE.

Le tennis est un sport qui jouit d'une très grande popularité, et la quête de performance des joueurs professionnels ne fait qu'accroître. Étudier l'influence des paramètres d'une raquette de tennis permettra d'améliorer les performances des sportifs, de prévenir de blessures et de comprendre les régulations de fabrications.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- ROY Adrien

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- PHYSIQUE (Mécanique)

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

Mots-clés (en français)

Moment d'inertie

Tension

Coefficient de restitution apparent

Pendule

Vibrations

Mots-clés (en anglais)

Swingweight

Tension

Apparent coefficient of restitution

Pendulum

Vibrations

Bibliographie commentée

Au XIXe siècle, la première raquette de tennis est manufacturée. Au départ faite de bois, la raquette de tennis subit de nombreuses évolutions : matériaux, masse, géométrie du cadre, cordage. Ces changements influent sur des paramètres physiques quantifiables de la raquette, dont les principaux sont les modes de vibration et la rigidité du cadre, le moment d'inertie, ainsi que la tension des cordes [1]. Ces derniers ont un impact sur les performances, mais également sur le ressenti du joueur.

Dans les années 1970, les fabricants de raquettes se mettent à produire des modèles en acier ou en aluminium. Ce changement de matériau impacte les modes de vibration des raquettes et donc l'énergie transmise au cadre ainsi que les sensations du joueur. Fréquemment utilisée pour modéliser une raquette de tennis, comme indiqué dans un article du *European Journal of Physics*, l'étude des vibrations d'une poutre encastrée-libre ou libre-libre, de ses modes propres et de l'amplitude de ses vibrations permet de comprendre le choix des fabricants [2]. Au XIX^e siècle, Lord Rayleigh modélise une structure par une masse liée à un ressort, et cette méthode permet d'étudier la réponse mécanique d'une poutre en flexion sous la contrainte d'une balle [3]. La modélisation de la raquette comme une poutre permet également de mettre en évidence un lien entre le point d'impact sur la raquette et la vitesse de sortie de la balle.

Dans la même période, Howard Head révolutionne la raquette de tennis avec la "Prince Classic" marquée par son cadre plus grand. Cette évolution, permet ainsi de modifier le moment d'inertie de la raquette, et de faire varier la vitesse de renvoi de la balle. Pour expliquer ce phénomène, des ingénieurs de la Tennis Warehouse University modélisent un coup droit par un double pendule fait de deux planches en bois [4].

Dans les années 2000, Babolat introduit la "technologie Woofer", qui permet d'augmenter la durée de contact entre la balle et les cordes, ce qui améliore sensiblement le ressenti des joueurs en diminuant les vibrations du cadre [5]. L'étude du rebond des balles de tennis sur un cadre à cordes de tension variable, comme l'indique l'expérience réalisée lors d'Olympiades de physique, permet de comprendre l'influence de la tension des cordes sur la vitesse de la balle, mais également de la fréquence d'excitation du cadre [6].

Ces trente dernières années, plusieurs autres grandeurs et appellations ont été établies pour caractériser les performances des raquettes. En 1994, Hatze définit le coefficient de restitution apparent (ACOR), qui traduit la conservation d'énergie lors de la collision entre la raquette et la balle. L'ACOR dépend de plusieurs paramètres comme la tension des cordes et la rigidité du cadre de la raquette mais aussi du point d'impact sur le tamis [7]. Dans *The Physics of Sports* du American Institute of Physics, H. Brody étudie l'importance de la zone de contact entre la raquette de tennis et la balle et différencie la "power région" du "sweet spot" qui influent respectivement sur les performances et la sensation de la raquette.

Problématique retenue

Quels paramètres de la raquette de tennis permettent d'optimiser un coup droit?

Objectifs du TIPE du candidat

L'objet de mon TIPE porte sur l'étude de l'influence de différents paramètres de la raquette sur la vitesse de sortie de la balle après impact :

- Étudier l'influence du moment d'inertie de la raquette sur le renvoi de la balle
- Étudier l'impact de la tension des cordes sur le renvoi de la balle
- Étudier l'influence de la nature des cordes sur le renvoi de la balle
- Étudier les propriétés de certains points du cordage, localiser une région d'impact optimale entre la balle et la raquette pour une meilleure vitesse de sortie

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] HOWARD BRODY : Physics of the tennis racket (I-II) : *The Physics of Sport (1992)*, 5, 141-150, Angelo Armenti Jr., American Institute of Physics Melville, NY, ISBN: 978-0-88318-946-7
- [2] LUCA TARABORRELLI : Effect of materials and design on the bending stiffness of tennis racket : *European Journal of Physics, Volume 42, Numéro 6*
- [3] ESPCI : Résonance d'une poutre en vibration transversale : <https://cours.espci.fr/site.php?id=314&fileid=1263> consulté en décembre 2023
- [4] LINDSEY CRAWFORD : Effect of Customization on Swing and Ball Speed : *Tennis warehouse university 2014, San Luis Obispo, California* : https://twu.tennis-warehouse.com/learning_center/racquetweighting.php consulté en septembre 2023
- [5] HOWARD BRODY : The importance of the strings : *Tennis science for tennis players (1987)*, 1, 1-20, University of Pennsylvania https://books.google.fr/books?id=iTadg2mJRF0C&pg=PA8&hl=fr&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false
- [6] CAROLINE AMIS, DANAÉ MAKOWKA, LOÏCK ABGRALL : Le tennis, c'est de la balle ! : *CultureSciences Physique* <https://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/tennis-olympiades.xml> consulté en octobre 2023
- [7] ROD CROSS : Customizing a tennis racket by adding weights : *Sports Engineering (2001)*, 4, 1-14, University of Sydney <http://www.physics.usyd.edu.au/~cross/PUBLICATIONS/16.%20Customising.PDF>

DOT

- [1] : Juin 2023 : Choix du thème.
- [2] : Septembre/Octobre : Séparation des axes d'études et recherche bibliographique.
- [3] : Novembre : Recherche d'un procédé pour suspendre la raquette à un axe de rotation, et fabrication du double pendule.
- [4] : Décembre : Étude de la vitesse de sortie en fonction du moment d'inertie. Étude de la vitesse de sortie en fonction de la position du point d'impact sur la raquette simple.
- [5] : Janvier : Recherche puis fabrication du cadre à cordes de tension variable.
- [6] : Février : Finalisation du cadre et étude de la vitesse de sortie en fonction de la tension des cordes.

[7] : Mars : *Étude du coefficient de restitution apparent de la raquette en fonction du point d'impact.*

[8] : Mai : *Calculs d'incertitudes. Finalisation des supports de présentation.*