

LA PHYSIQUE DU REBOND EN TENNIS DE TABLE

Author: Théophile Rémond¹ theophile.remond@ens-lyon.fr
Co-auteur: Vincent Dolique¹, Jean-Christophe Géminard¹ et Lionel Manin^{2,1}

¹ LPENSL, UMR5672 CNRS - ENS de Lyon et ²LaMCoS, UMR5259 CNRS - INSA de Lyon

Conférence Sciences²⁰²⁴, saison 2021

<https://sciences2024.polytechnique.fr>

May 28, 2021

Mots clefs: Tennis de table. Matériel. Physique.

1 Introduction

Afin de répondre aux questions posées par les joueurs et leur encadrement lors des extractions organisées dans le cadre de l'initiative Sciences²⁰²⁴, nous avons entrepris une étude du rebond des balles de tennis de table sur la raquette. En particulier, Stéphane Lelong, Directeur Technique National du tennis de table à la Fédération Française Handisport, soulignait les difficultés soulevées par le choix du revêtement de la raquette pour des joueurs qui doivent adapter le matériel à leur handicap.

Une raquette de tennis de table est constituée d'un manche et d'une plaque en contreplaqué, le « bois », recouvert d'un revêtement constitué d'un empilement de couches de mousse et d'élastomère texturé (présence de picots de taille, géométrie, densité, etc. variées). L'objectif de notre travail est d'identifier les paramètres pertinents du problème, alors que les choix faits par les joueurs sont encore empiriques, et de caractériser et de comprendre les rôles joués par chacun d'eux sur les deux propriétés principales de la raquette, à savoir son aptitude à renvoyer la vitesse et à produire des effets (rotation de la balle).

La balle de tennis de table est une sphère en plastique, de couleur orange ou blanche en compétition. Elle pèse 2,7 g et a un diamètre de 40 mm. Lors des compétitions officielles, les joueurs jouent avec des balles de catégorie « trois étoiles ». Ces balles sont de meilleure qualité, c'est-à-dire plus rondes et plus dures. Elles sont également plus fragiles et plus chères que les balles ordinaires.

En jeu, la balle peut atteindre une vitesse de l'ordre de 100 km/h et peut tourner sur elle-même à des vitesses angulaires de l'ordre de 100 tr/s. On imagine facilement qu'à de telles vitesses les efforts à l'impact sont si importants que la balle elle-même se déforme de manière notable.

C'est ce point particulier qui fera l'objet de notre présentation. Après avoir présenté le dispositif et le protocole expérimentaux, nous présenterons l'évolution typique du coefficient de restitution en vitesse en fonction de la vitesse d'impact. Nous montrerons que l'accident

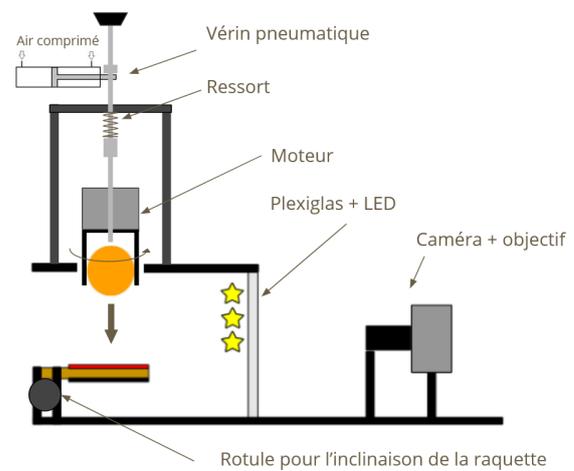


Figure 1: Dispositif expérimental – La partie supérieure du dispositif expérimental est constituée d'un percuteur qui permet de lancer la balle sur la raquette, le long de la verticale, avec une rotation autour de la direction de sa vitesse, configuration qui n'est pas accessible aux lanceurs commerciaux. La trajectoire de la balle est suivie au moyen d'une caméra rapide.

observé pour une vitesse de l'ordre de 7 à 8 m/s est dû au « cloquage » de la balle : si à petite vitesse, l'enveloppe de la balle ne fait que s'aplanir autour du point de contact, nous verrons qu'à grande vitesse la courbure s'inverse. La réponse mécanique de l'ensemble est alors qualitativement modifiée ce qui explique le changement de régime observé dans le comportement du coefficient de restitution de la vitesse de translation en fonction de la vitesse d'impact.

Notre étude est déjà totalement justifiée par la demande des sportifs qui souhaitent une caractérisation du matériel qu'ils utilisent ainsi que du matériel de leurs adversaires. Mais il est à noter qu'il n'existe que très peu d'études s'intéressant directement au tennis de table et aucune à notre connaissance au cloquage dynamique de la balle, les études précédentes étant limitées au cas quasi-statique.

2 Méthode utilisée

Afin de pouvoir caractériser le rebond de la balle sur la raquette, nous avons mis au point un dispositif spécifique qui permet d'observer les détails du contact entre la balle et la raquette. Le lanceur de balle permet, par percussion, de lancer la balle avec une vitesse maximale de 12 m/s avec une rotation autour de l'axe de la vitesse allant jusqu'à 50 tr/s. Même s'il est peu probable d'obtenir ce type de configuration en phase de jeu, elle nous a paru pertinente pour la caractérisation des surfaces. Avec ce dispositif, il est aisé de changer la vitesse de la balle en modifiant la compression du ressort à l'armement du dispositif.

La trajectoire de la balle est observée par le côté au moyen d'une caméra rapide (Chronos 2.1 monochrome), avec une fréquence maximale d'acquisition de 20 000 images par seconde pour une résolution de 640x120 pixels², ce qui s'avère suffisant pour notre étude.

3 Résultats préliminaires

3.1 Caractérisation des surfaces utilisées en jeu

Dans un premier temps nous avons caractérisé au moyen de ce dispositif les coefficients de restitution en vitesse et en rotation des raquettes qui nous ont été fournies par Stéphane Lelong. Ces premiers résultats qui ne présentent pas d'intérêt scientifique en eux-mêmes sont importants pour les joueurs. Il révèlent quelques généralités et quelques surprises. En particulier, ils semblent montrer que l'épaisseur de la mousse ne change pas le coefficient de restitution en vitesse, bien que la sensation des joueurs est que les mousses épaisses sont moins rapides, mais permet d'obtenir plus d'effet (rotation).

3.2 Étude du rebond sur mousse seule

Dans un second temps, nous avons tenté de montrer expérimentalement que l'épaisseur de la mousse n'altère pas le coefficient de restitution. Les résultats ont montré que la réponse n'est pas si évidente mais surtout ils ont révélé un changement de régime dans le comportement du coefficient de restitution de la vitesse en fonction de la vitesse d'impact (Fig. 2)

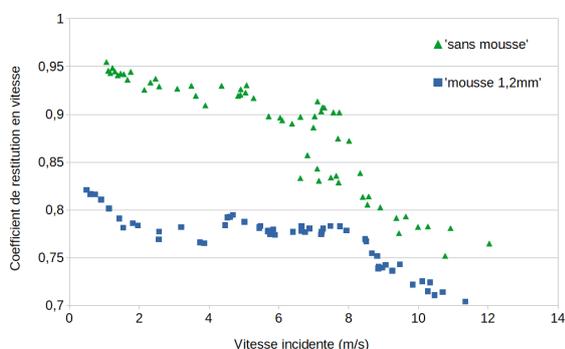


Figure 2: Coefficient de restitution en vitesse en fonction de la vitesse d'impact sur une surface rigide et sur une mousse (épaisseur 1,2 mm). On note un clair changement de régime pour des vitesses de l'ordre de 7 à 8 m/s.

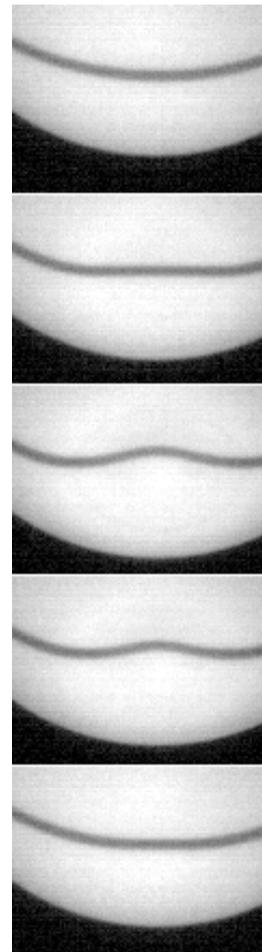


Figure 3: Images de la zone de contact au cours d'un impact à 8,8 m/s. La ligne noire permet de remonter au profil de l'enveloppe de la balle à chaque instant avec une résolution temporelle de 20 000 images par secondes.

3.3 Observation du « cloquage » de la balle

Afin de pouvoir attribuer de manière certaine ce changement de régime au cloquage de la balle, nous avons adapté notre dispositif expérimental de manière à observer le profil de la balle dans la zone de contact.

Nous avons remplacé la raquette par une surface transparente et projeté sur la balle, selon la verticale, une ligne noire, au moyen d'une source de lumière secondaire placée en dessous. L'observation de cette ligne avec un angle d'observation de 45 deg nous révèle directement le profil (Fig. 3) et sa dynamique au cours du contact balle-surface.

4 Conclusion et perspectives

Le changement de régime observé sur la figure 2 est bien dû au cloquage observé sur la figure 3. Nous sommes en train de mesurer les propriétés mécaniques de la coque (élasticité, dissipation) afin de pouvoir établir un bilan énergétique et expliquer le comportement du coefficient de restitution en fonction de la vitesse sur toute la plage expérimentale.

À la mémoire de Lionel.