

Etude et optimisation des coups au billard français.

Alliant étude physique et optimisation informatique, ce sujet m'attire du fait qu'il met en lumière la complexité scientifique d'un jeu (et sport) en apparence si simple. Exemple d'application concrète d'outils scientifiques en sport à haut niveau, son étude me semble particulièrement stimulante.

Le billard français, ou carambole, est un jeu de précision et de stratégie requérant une bonne maîtrise de la théorie sous-jacente : vitesse, frottements, effets, collisions sont des paramètres à prendre en compte pour pouvoir optimiser ses coups. Son étude et son optimisation s'inscrivent parfaitement dans le thème de l'année.

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

Liste des membres du groupe :

- *CARDON Thomas*

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*

- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 2)

Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

Billard

Billiards

Trajectoire

Trajectory

Pendule mécanique

Mechanical pendulum

Base de données

Database

Langage python

Python language

Bibliographie commentée

Allant de simple passe-temps à sport de haut niveau, le billard demande une maîtrise importante de nombreux paramètres, pour les professionnels comme les amateurs.

Le simple tir de départ fait intervenir cinq paramètres indépendants : les deux angles d'incidences (vertical et horizontal), les écartements vertical et horizontal avec le centre de la bille et enfin la vitesse initiale [1, 2]. Pour simplifier l'étude, nous en fixons trois afin de ne

garder que l'angle horizontal et la vitesse initiale, de telle sorte que tous les effets et rebonds verticaux, pourtant indispensables pour être un joueur accompli, ne font pas partie de l'étude du fait de l'absence de vitesse angulaire [1, 3].

Dès lors, il est nécessaire de s'intéresser à la trajectoire de la bille sur la table. Les frottements de cette dernière avec la table sont modélisés par une force de friction et les frottements fluides avec l'air sont négligés [1, 3]. Le coefficient de frottements est de l'ordre de 0,25 [4] mais sera vérifié expérimentalement. La trajectoire de la bille peut être divisée en deux parties : un régime de glissement suivi d'un régime de roulement. Lors de cette transition les frottements peuvent transformer une trajectoire initialement rectiligne en trajectoire curviligne [1]. En considérant des vitesses assez faibles, le régime de glissement peut être négligé et c'est le choix que nous avons adopté dans notre étude.

Pour terminer cette étude théorique, nous devons étudier les collisions survenant lors d'un coup. Les collisions entre billes seront modélisées par des collisions élastiques et il est important de différencier le cas où les deux billes sont en mouvement de celui où seulement une d'elle l'est [3,5].

Il est nécessaire alors d'utiliser la conservation de la quantité de mouvement ainsi que des bilans énergétiques, faisant ainsi intervenir le coefficient de restitution lors d'un choc (de l'ordre de 0,9 à 0,96). Les collisions avec les bandes seront elles aussi modélisées par des collisions élastiques et nous considérons que ces dernières sont indéformables [1,3,4,6,7].

Cette étude théorique nous permettra d'en venir à l'optimisation du jeu du billard, domaine de recherche assez vaste [1,2,3]. Pour ce faire, nous devons implémenter un programme de simulation physique dans un réseau de neurones à l'aide de python. C'est ici que la différence entre le billard français et les autres sortes de billard prend son importance : il est très difficile de prévoir plus d'un coup à l'avance [2]. C'est pourquoi l'utilisation de l'intelligence artificielle apparaît naturellement comme la meilleure solution : alimentée par une base de données constituée d'avis de professionnels et de joueurs aguerris, elle pourra, via le machine learning et en particulier le système de réseau de neurones, évoluer de façon autonome [8]. Elle pourra ainsi tester un large panel de coups afin de choisir le meilleur, se fondant sur une échelle de difficulté préalablement choisie [1].

Problématique retenue

Comment obtenir le coup parfait au billard français à l'aide d'un programme d'optimisation des coups qui calcule le meilleur dans chaque situation ?

Objectifs du TIPE du candidat

Je me propose :

- De fabriquer un pendule mécanique, permettant de déterminer la force mise en jeu lors d'un coup ainsi que le transfert d'énergie associé, et offrant la possibilité de réaliser des coups précis pouvant être répétés ;
- De déterminer les équations mécaniques théoriques modélisant le pendule ;
- De concevoir un programme informatique sous python permettant l'optimisation et la simulation du jeu du billard français, offrant au joueur un aperçu du meilleur coup possible ;
- De confronter les résultats du modèle théorique informatique à la réalité, en mettant en pratique les coups proposés.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] J. PLOQUIN : Simulateur de billard réaliste : Mémoire maître ès sciences : *Faculté des Sciences, Université de Sherbrooke, Québec, Canada, 11 Octobre 2012, p.1-44*
- [2] J-F. LANDRY : Planification optimale discrète et continue – un joueur de billard autonome optimisé : Mémoire PhD : *Département informatique, Faculté des Sciences, Université de Sherbrooke, Québec, Canada, 19 Décembre 2012, p.16-19*
- [3] M. LEMELIN, M. LEFRANCOIS : Optimisation du coup à jouer au jeu de billard : *Université de Laval, Québec, 21 Avril 2015*
- [4] H. RESAL : Commentaire à la théorie mathématique du jeu de billard : *Journal de mathématiques pures et appliquées, 3 ème série, tome 9 (1883), p. 65-98*
- [5] D. ALCIATORE : PhD : 90 degrees and 30 degrees Rule Follow-up – Part III : *inelasticity and friction* : [http ://billiards.colostate.edu/bd_articles/2005/april05.pdf](http://billiards.colostate.edu/bd_articles/2005/april05.pdf)
- [6] A. SINATRA, E. BRUNET : Cours de mécanique : *Université Paris Sorbonne : 23 Janvier 2021, p.15-19*
- [7] O. EZRATTI : Les usages de l'intelligence artificielle : *Edition Novembre 2018, p.31-123*
- [8] : Physics Of Billiards : *real-world-physics-problems.com*

DOT

- [1] : Avril 2023 : choix du sujet et début de la documentation. Notre premier objectif était de créer un code de simulation du jeu du billard français.
- [2] : Fin septembre 2023 : idée de créer une échelle de difficulté des coups, en s'appuyant notamment sur un réseau de neurones, renseignant au joueur la difficulté du coup qu'il s'apprête à jouer. Nous souhaitons prendre contact avec des joueurs afin que ceux-ci puissent nous fournir des coups d'entrée pour notre optimisation informatique.
- [3] : 17 octobre 2023 : début de la création d'un pendule mécanique à l'aide d'un maillet, permettant d'imposer une vitesse initiale à la boule et de pouvoir mener des expérimentations ultérieures.

[4] : *Fin novembre 2023 : la nécessité de connaître les équations physiques modélisant le comportement de la boule sur le tapis (feutrine) nous a conduit à débiter une étude théorique des trajectoires de la boule, des frottements (de roulement) avec le tapis et des collisions (entre boules et avec les parois).*

[5] : *16 janvier 2024 : début de la création du code de simulation du jeu du billard français.*

[6] : *Fin février 2024 : recherche et achat d'une petite table de billard dans l'idée de réaliser des expérimentations dessus. Nous avons abandonné l'idée de créer une échelle de difficulté et nous cherchions plutôt à trouver un moyen de tenir compte du coup suivant.*

[7] : *Mars 2024 : réalisation d'un relevé de mesures qui nous a conduit à déterminer expérimentalement la relation entre l'angle du maillet et la vitesse initiale de la boule. Nous avons commencé à vérifier certaines hypothèses et à déterminer des coefficients utiles (notamment pour le code).*

[8] : *Fin mai 2024 (retour des écrits de concours) : idée d'utiliser des bases de données pour stocker un grand nombre de coups tests et récupérer des caramboles (à partir d'une position donnée). Nous souhaitons itérer ce processus pour tenir compte des coups suivants. Finalement, nous nous sommes limités au simple coup suivant afin d'obtenir un coup d'avance.*