

Les ricochets : étude théorique et expérimentale

Comparaison énergétique entre tir balistique et tir à ricochets

Ce sujet se rattache au thème "Optimalité : choix, contraintes, hasard" dans la mesure où l'étude des ricochets passe par l'étude de l'influence des différents paramètres initiaux sur le nombre de rebonds afin d'optimiser ce dernier en tenant compte des contraintes techniques (vitesse maximale de lancer..).

La volonté d'expliquer grâce à la physique et aux statistiques un phénomène concret et connu de tous m'a conduit à choisir ce sujet.

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

Liste des membres du groupe :

- *JANDIN Alicia*

Positionnement thématique (étape 1)

PHYSIQUE (Mécanique), INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHÉMATIQUES (Mathématiques Appliquées).

Mots-clés (étape 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Ricochets</i>	<i>Skipping stones</i>
<i>Tir balistique</i>	<i>Ballistic launch</i>
<i>Comparaison énergétique</i>	<i>Energy comparison</i>
<i>Vérification expérimentale</i>	<i>Experimental verification</i>
<i>Algorithme génétique</i>	<i>Genetic algorithm</i>

Bibliographie commentée

Tout le monde a déjà tenté au moins une fois de faire ricocher un galet sur l'eau en suivant les conseils communs : choisir une pierre plate, s'accroupir, le lancer rapidement en le faisant tourner sur lui-même.

Les questions qui se posent le plus naturellement lorsque qu'on parle ricochets ont déjà trouvé réponses. Elles reviennent globalement à se demander comment optimiser les paramètres initiaux (angle de lancer, vitesses initiales de rotation et de translation, masse et densité du galet) pour obtenir le plus grand nombre de ricochets possible, ainsi que les conditions de rebonds des galets sur l'eau. Les aspects théoriques liés à ces questions tels que l'influence des différents paramètres initiaux sur l'équation de la trajectoire ou l'étude de la phase de rebond [1] ont été ainsi traités, les vérifications expérimentales de leurs modélisations théoriques, notamment celles de la phase de rebond, également [2].

En 1688, Vauban invente le tir à ricochets [3], une nouvelle manière de tirer des boulets de canon qui permet d'économiser la poudre et de démolir d'avantage qu'avec un tir balistique habituel. Une nouvelle question se soulève alors : pourquoi cette nouvelle manière de lancer des boulets est moins consommatrice d'énergie que la précédente ? Pour répondre à cette interrogation, il est nécessaire de comprendre comment régler les paramètres initiaux pour que le projectile rebondissent sur une distance donnée précise, tout en minimisant la vitesse initiale afin de consommer le moins d'énergie possible.

Cette approche énergétique de l'étude des ricochets consiste donc en un problème d'optimisation de la vitesse tout en respectant la contrainte de la distance imposée. Une partie de l'aspect théorique de cette approche a déjà été traitée dans des études scientifiques [4] [5]. Cependant, les vérifications expérimentales qui s'en suivent et l'étude algorithmique de ce problème restent - du moins semblerait-il - très peu étudiées.

Pour comprendre pourquoi un tir par ricochets est plus intéressant d'un point de vue énergétique qu'un simple tir balistique pour une même distance, il est indispensable de déterminer l'énergie nécessaire au moment du lancer dans les deux cas. Il s'agit donc de déterminer la vitesse initiale minimale pour la réussite du lancer à une distance dite. Cette étude théorique a avantage à être accompagnée d'une étude algorithmique d'optimisation des paramètres initiaux. L'algorithme génétique permet d'obtenir une solution approchée à ce problème d'optimisation [6] en un temps bien plus raisonnable que la méthode classique qui consiste à tester toutes combinaisons de paramètres initiaux.

Problématique retenue

Nous comparerons d'un point de vue énergétique le tir balistique et le tir à ricochets. Nous mettrons au point un lanceur de galet pour rendre possible des vérifications expérimentales quantitatives et reproductibles. Enfin, nous implémenterons un algorithme génétique pour aider à la résolution de ce problème d'optimisation.

Objectifs du TIPE

Je me propose de déterminer l'énergie nécessaire à un galet pour atteindre une distance précise en tir balistique et en tir à ricochets. Pour l'étude du tir à ricochets, je souhaite dans un premier temps trouver une corrélation entre paramètres initiaux et distance d'arrêt, et vérifier cette corrélation expérimentalement grâce à un lanceur de galet que nous avons mis au point et au logiciel Latis pro. Je souhaite dans un second temps chercher à minimiser la vitesse initiale de ce tir à ricochet grâce à un algorithme génétique que j'implémenterai en Python afin d'en déduire l'énergie initiale minimale.

Abstract

In the 17th century, Vauban imagined a new firing method for cannonballs which consisted in launching them by ricochet instead of by ballistic launch, which turned out to be cost-effective.

Indeed, less gunpowder was required. One can wonder why less power is needed for a ricochet launch than for a ballistic launch. To answer this question, we compared the energy required to launch a rock with predetermined characteristics at a fixed distance for these two types of throws, then programmed a genetic algorithm that returns the minimal energy needed to do so, and verified our theory by experimentation.

Références bibliographiques

- [1] LYDÉRIC BOCQUET : The physics of stone skipping :
<http://www.phys.ens.fr/~lbocquet/AJPricochets.pdf>
- [2] CHRISTOPHE CLANET ET LYDÉRIC BOCQUET : Les ricochets :
http://www.refletsdelaphysique.fr/articles/refdp/pdf/2005/05/refdp_bsfp-152p11-14.pdf
- [3] HERMANN-GASPARD COTTY : Dictionnaire de l'artillerie :
<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5797522n/f462.image>
- [4] CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC : Physique (1) PC/PSI 2011 : <https://www.concours-centrale-supelec.fr/CentraleSupelec/2011/PSI/sujets/phys.pdf>
- [5] STEVE HUMBLE : Skimming and skipping stones :
<https://www.ncetm.org.uk/public/files/34561/Skim+and+Skip.pdf>
- [6] MASSIMILIANO PATACCHIOLA : Dissecting Reinforcement Learning - Part 5 :
<https://mpatacchiola.github.io/blog/2017/03/14/dissecting-reinforcement-learning-5.html>