

Master 2 Informatique ISICG

Modélisation et animation Projet 1

Simulation des rebonds d'une balle de tennis

Réalisé par :
TURIKUMWE Fabrice
TRABELSI Ayoub

Enseignant :
Monsieur Samir Adly

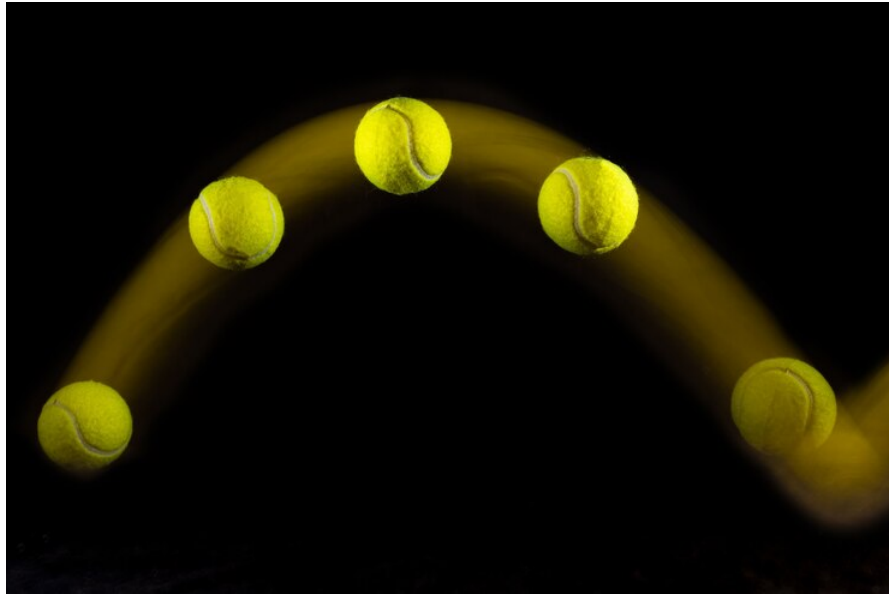
Table des matières

1	Introduction	1
2	Objectifs	1
3	Classes	2
3.1	Boite	2
3.2	Balle	2
4	Forces et Mouvement	2
4.1	Rebonds	2
4.2	Friction	3
4.3	Résistance	3
4.4	Force de pousse	4
5	Défis rencontrés	4
5.1	Rébonds infinis	4
5.2	Unité de mesures	4
6	Conclusion	5
7	Bibliographie	6

1 Introduction

Dans ce projet, nous allons explorer la simulation physique du mouvement d'une balle de tennis.

Pour comprendre ce mouvement, nous devons appliquer et analyser les différentes forces qui agissent sur la balle.



2 Objectifs

Le projet nous initie à la simulation basée sur les modèles physiques, où en appliquant les principes fondamentaux de la physique et des mathématiques, nous pouvons imiter le comportement d'une balle de tennis dans un environnement virtuel. Pour obtenir une simulation précise, il est essentiel de respecter les Lois du mouvement de Newton.

La première loi de Newton stipule qu'un objet ne changera pas d'état de mouvement à moins qu'une force ne lui soit appliquée.

La Deuxième loi de Newton, également connue sous le nom de principe fondamental de la dynamique, énonce que la force nette appliquée sur un objet est égale à la masse multipliée par l'accélération. Une force nette plus importante agissant sur un objet provoque une accélération plus importante, et les objets ayant une masse plus importante nécessitent plus de force pour accélérer.

La Troisième loi de Newton indique que pour chaque action, il y a une réaction égale et opposée.

3 Classes

3.1 Boite

Nous avons une classe appelée 'Box' pour représenter un cadre 3D contenant une boîte et un rectangle gris.

Attributs de la classe 'Box' :

- `_width` : Cette variable représente la largeur de la boîte.
- `_height` : Cette variable représente la hauteur de la boîte.
- `_depth` : Cette variable représente la profondeur de la boîte.
- `gravity` : Un vecteur qui modélise la gravité, avec une direction vers le bas.

La méthode `create()` est chargée de créer visuellement le cadre 3D en sauvegardant la matrice de transformation, configurant les attributs graphiques, dessinant une boîte, ajoutant un rectangle vert au bas de celle-ci, et rétablissant la matrice de transformation.

3.2 Balle

La balle de tennis est défini par sa :

- `position` : contrôle les rebonds et l'application de forces de frictions.
- `vélocité` : la vitesse de déplacement dans l'espace 3D.
- `rayon` : contrôle la taille.
- `poids` : Affecte les forces externes appliqué sur la balle.

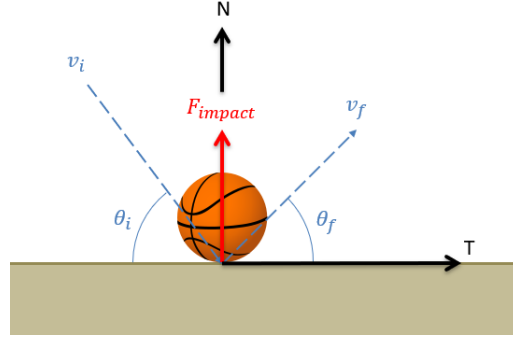
Les forces qui agissent sur la balle sont la gravite, les rebonds sur les faces, la friction, la résistance sur l'air et une force de pousse contrôler par l'utilisateur.

4 Forces et Mouvement

4.1 Rebonds

Les rebonds sont appliqués en fonction de la géométrie et des propriétés de la boîte et de la balle. Chaque rebond est calculé sur une face correspondante ; donc, on a 6 conditions pour toutes les faces.

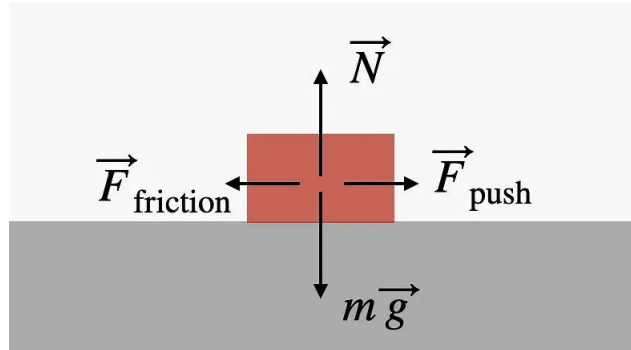
Si la distance entre la balle et une face est égale à celle du rayon, la balle est renvoyée dans le sens inverse d'un axe correspondant, et une nouvelle vélocité est calculée. La balle perd de la vitesse en raison de la loi d'inertie, et sa capacité de rebond est contrôlée par la variable `dampingForce` de la boîte.



4.2 Friction

La force de friction s'oppose au mouvement relatif ou à la tendance au mouvement entre deux surfaces en contact. Elle agit parallèlement à la surface de contact et s'oppose à la direction du mouvement ou à la tendance au mouvement. La force de friction dépend du type de matériau en contact et de l'angle de contact pendant le mouvement. Dans notre cas, le type de matériau est contrôlé par un coefficient de friction.

Une variable booléenne vérifie si la balle entre en collision avec les faces, et un angle de rebond en fonction de la normale de la face est calculé. Étant donné que la force de friction s'oppose au mouvement, nous l'initialisons avec la valeur inverse normalisée de la vitesse, puis nous la calculons en fonction du coefficient de friction et de l'angle. Après avoir trouvé la force de friction, nous calculons l'accélération en utilisant la formule de la deuxième loi de Newton $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$.



4.3 Résistance

La résistance est une force agissant à l'opposé du mouvement relatif de tout objet en mouvement par rapport à son environnement. La résistance dépend de la vitesse, de la densité de la substance dans laquelle se trouve l'objet et de sa forme.

Dans notre simulation, nous traitons de la résistance de l'air, où deux variables, **dragCoefficient** et **airDensity**, contrôlent la quantité de résistance en fonction de la vitesse de la balle. Le coefficient de traînée (Drag Coefficient) correspond au coefficient de résistance aérodynamique, qui

est une quantité utilisée pour quantifier la résistance d'un objet dans un environnement fluide, tel que l'air ou l'eau. Un coefficient plus bas indique que l'objet aura moins de traînée aérodynamique.

La densité de l'air peut changer en fonction de l'altitude ou de l'atmosphère. Dans notre simulation, nous avons utilisé la densité de l'air que l'on trouve au niveau de la mer ($1,225 \text{ kg/m}^3$ à 15°C).



4.4 Force de pousse

Deux types de forces de propulsion sont intégrés dans notre implémentation. Le premier est appliqué lorsque la touche "espace" est enfoncée, où une force aléatoire tridimensionnelle est exercée sur la balle.

Le deuxième type de force n'est appliqué que le long de l'axe y de la balle lorsque le bouton "f" est enfoncé. Cette force est constante.

L'accélération produite par ces forces est calculée à l'aide de la formule de la deuxième loi de Newton, dépendant de la quantité de force appliquée et du poids de la balle.

5 Défis rencontrés

5.1 Rébonds infinis

Au début de notre simulation, la trajectoire de la balle de tennis était principalement affectée par la force de gravité et les collisions avec les bords. Il y avait une quasi-conservation parfaite de l'énergie, en particulier avec la face horizontale du bas. La balle avait tendance à continuer à rebondir en approchant de zéro mais ne jamais l'atteindre en raison de calculs sur les nombres à virgule flottante, ce qui donnait l'impression de petits rebonds infinis de la balle.

Cependant, avec l'ajout de la force de friction, le problème a été résolu.

5.2 Unité de mesures

Au début de notre implémentation du code, nous souhaitions utiliser des valeurs d'unité réelles qui se rapprochent de la réalité, mais nous avons réalisé que cela entraînait des rebonds qui ne respectaient pas les lois de la physique. Cela s'explique par le fait qu'une simulation de rebonds

réalistes nécessite la prise en compte de différents types de forces et de pertes d'énergie exercées sur la balle. De plus, dans notre simulation, nous ne prenons pas en compte les rotations de la balle sur son propre axe, ce qui peut influencer la trajectoire ou l'angle de rebond.

6 Conclusion

La simulation des rebonds de balles dans un espace tridimensionnel requiert une compréhension approfondie des principes de la physique, des mathématiques et de l'informatique. Nous avons ainsi plongé dans la simulation du comportement de balles de tennis rebondissant dans un environnement virtuel. Cela nous a conduit à aborder les complexités liées à la détection des collisions, aux forces physiques, à la stabilité numérique et à la représentation visuelle.

Dans le monde réel, les rebonds de balles sont gouvernés par les lois de la physique. Toutefois, dans le domaine de la simulation informatique, nous bénéficions de la capacité d'explorer et d'ajuster différents paramètres afin d'obtenir les résultats souhaités. Cette flexibilité élargit les horizons des applications potentielles, que ce soit dans le développement de jeux ou dans le domaine de l'ingénierie.

7 Bibliographie

Ci-dessous une collection de références vers les différentes ressources nous ayant servi lors de la réalisation de ce projet.

Références

https://www.youtube.com/watch?v=Uibl0UE4VH8&ab_channel=TheCodingTrain

<https://processing.org/examples/bouncingball.html>

<https://openprocessing.org/sketch/20136/#>

<https://www.khanacademy.org/science/physics/forces-newtons-laws/inclined-planes-friction/a/what-is-friction>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Drag_\(physics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Drag_(physics))

<https://collegedunia.com/exams/kinetic-friction-physics-articleid-903>

https://keystagewiki.com/index.php/Air_Resistance

http://mechanicsmap.psu.edu/websites/11_impulse_momentum_particle/113_surface_collisions/surface_collisions.html

https://fr.wikipedia.org/wiki/Lois_du_mouvement_de_Newton