Rapport : Angry Birds

François Pirot Grégoire Beaudoire

Table des matières

Introduction

Dans le cadre du module Projet 1, nous avons travaillé en binôme sur un projet de programmation en OCaml. Le but était de réaliser en premier lieu un simulateur de billard, avant de l'adapter en un jeu se rapprochant du célèbre jeu Angry Birds pour mobile.

Ce projet, d'une durée de 6 semaines, exploite une grande partie des fonctionnalités graphiques proposées par OCaml. Il s'agit de créer deux simulateurs - un billard, et un jeu que l'on nommera Angry Balls - les plus fonctionnels possibles pour l'utilisateur. Celui-ci pourra alors profiter d'une interface utilisateur entièrement implémentée dans la fenêtre graphique d'OCaml.

En premier lieu, nous nous intéresserons à notre billard, son fonctionnement, et les enjeux majeurs rencontrés lors de son implémentation. Ensuite, nous verronscomment nous l'avons adapté en notre jeu Angry Balls, et nous pencherons notamment sur les difficultés auxquelles nous avons dû faire face pour ce faire. Enfin, nous reviendrons sur les interfaces utilisateur des deux simulateurs, sensiblement similaires, qui les rendent vraiment fonctionnels.

1 Le billard

Commençons donc avec notre billard. La première chose à considérer est la manière dont on va le représenter en OCaml.

1.1 Les structures de données

Plusieurs éléments vont intervenir dans notre billard. Il s'agit de les définir tous, et d'en optimiser l'utilisation avec des fonctions de manipulation adéquates.

1.1.1 Les vecteurs

L'entité de base à considérer est le vecteur. Nous le rencontrons inévitablement dans un projet nécessitant un moteur physique, et nous en faisant plusieurs utilisations différentes. L'implémentation des vecteurs doit donc être suffisamment générique pour que nous puissions les utiliser confortablement dans n'importe quel contexte.

Techniquement, son implémentation est très simple : le type vecteur est un type enregistrement renseignant ses coordonnées cartésiennes dans le plan. Un vecteur v aura alors pour coordonnées $(v.x, v.y)$.

Nous avons alors besoin de fonctions de manipulation de base sur ces vecteurs : l'addition, la soustraction, le produit scalaire, la multiplication par un scalaire, et la norme.

1.1.2 Les boules

Nous pouvons maintenant nous intéresser au premier élément concret dans notre billard : la boule. Cette dernière peut être caractérisée par une très grande quantité de caractéristiques ; il a fallu choisir lesquelles conserver absolument, et desquelles nous pouvions nous passer.

Ainsi, une boule b est repérée par trois vecteurs : sa position $b.o$, sa vitesse $b.v$, et son accélération $b.a$. Est également renseigné son rayon. Nous avons décidé de ne pas implémenter de masse à nos boules, ce qui aurait été très difficile à implémenter sur le plan moteur physique, pour une amélioration moindre étant donné que les boules d'un billard sont sensiblement de la même masse.

Ce type boule est très pratique car il resert pour beaucoup d'autres objets utiles dans notre billard.

1.1.3 Les trous

Les trous de notre billard sont en fait considérés comme des boules particulières, puisqu'elles sont inconsistantes, à savoir qu'il n'y a pas de collision entre un trou et une vraie boule, et fixes. Leur vitesse et accélération sont donc fixées au vecteur nul, et restent inchangées.

1.1.4 Le billard

Le billard est délimité par les bords de la fenêtre graphique, à l'exception du bord haut où est affichée la barre utilisateur, qui affiche le score des joueurs et contient les boutons pour relancer la partie ou pour fermer le billard.

Il contient par défaut 6 trous, placés selon les conventions d'un billard conventionnel, et autant de boules que souhaité, dans la limite du possible. Pour faciliter la manipulation directe des boules (et aussi des trous), ces dernières sont répertoriées dans un tableau et non dans une liste. Cela implique qu'une boule supprimée pendant la partie n'est pas vraiment supprimée du billard. Elle reste dans le tableau des boules, mais est placée en fin de tableau, tandis que l'information du nombre de boules réelles dans le billard est décrémentée.

Enfin, le billard contient l'information du coefficient de frottement $f \leqslant 1$ que subissent les boules qui s'y déplacent. A chaque nouveau pas de calcul, on multiplie la vitesse de chaque boule par ce coefficent de frottement.

1.2 Le moteur physique

Maintenant que la structure de billard est implémentée, il s'agit de gérer les mouvements des boules à l'intérieur de ce dernier. Cela implique tous les rebonds contre les bords du billard, entre deux ou trois boules, ou encore l'intéraction des trous sur les boules.

1.2.1 Le déplacement élémentaire

On gère le déplacement des boules par intervalles de temps réguliers, et suffisamment courts pour que l'on puisse gérer le mouvement par la méthode d'Euler au premier ordre. On fixe alors l'intervalle de temps séparant deux frames à $dt := 0.01s$. Cette valeur a été choisie de telle sorte qu'une boule ne puisse pas se déplacer d'une distance supérieure à son rayon pendant dt. Ainsi, avec des boules de rayon $20pixels$, nous pouvons autoriser des vitesses allant jusqu'à $2000pixels/s$ dans le billard. Ces vitesses seront bornées par la méthode de lancement des boules, sur laquelle nous reviendrons dans la suite.

Ainsi, en utilisant la méthode d'Euler, nous obtenons donc les formules suivantes :

$$b.o(t + dt) = b.o(t) \times f + b.v(t) \times dt$$

$$b.v(t + dt) = b.v(t) \times f + b.a(t) \times dt$$

Dans des conditions de base, l'accélération des boules est toujours nulle.

1.2.2 L'intéraction entre une boule et un bord du billard

Lorsqu'une boule commence à sortir du billard, ou en l'occurence de la fenêtre graphique, il faut corriger son déplacement pour gérer le rebond de la boule contre le bord du billard correspondant.

Nous introduisons un type direction : `type direction = Haut | Bas | Droite | Gauche | Nil`, qui va nous permettre de déterminer sur quel bord la boule doit rebondir, la valeur `Nil` correspondant à une boule qui ne sort pas du billard.

Ainsi, dès qu'une boule déborde de la fenêtre graphique, on commence par la replacer de sorte qu'elle touche juste le bord dans lequel elle est rentrée, puis on fait une symétrie verticale de son vecteur vitesse dans les cas `Droite` ou `Gauche`, et horizontale dans les cas `Haut` ou `Bas`.

Il est important de bien replacer la boule juste contre le bord, sinon elle risque de toujours déborder de la fenêtre graphique au pas de calcul suivant, malgré la correction du déplacement, à cause de l'atténuation des vitesses. Il en résulte que la boule est emprisonnée contre le bord, duquel elle ne parvient pas à se dégager, ce qui n'est bien sûr pas souhaitable.

1.2.3 L'intéraction entre deux boules

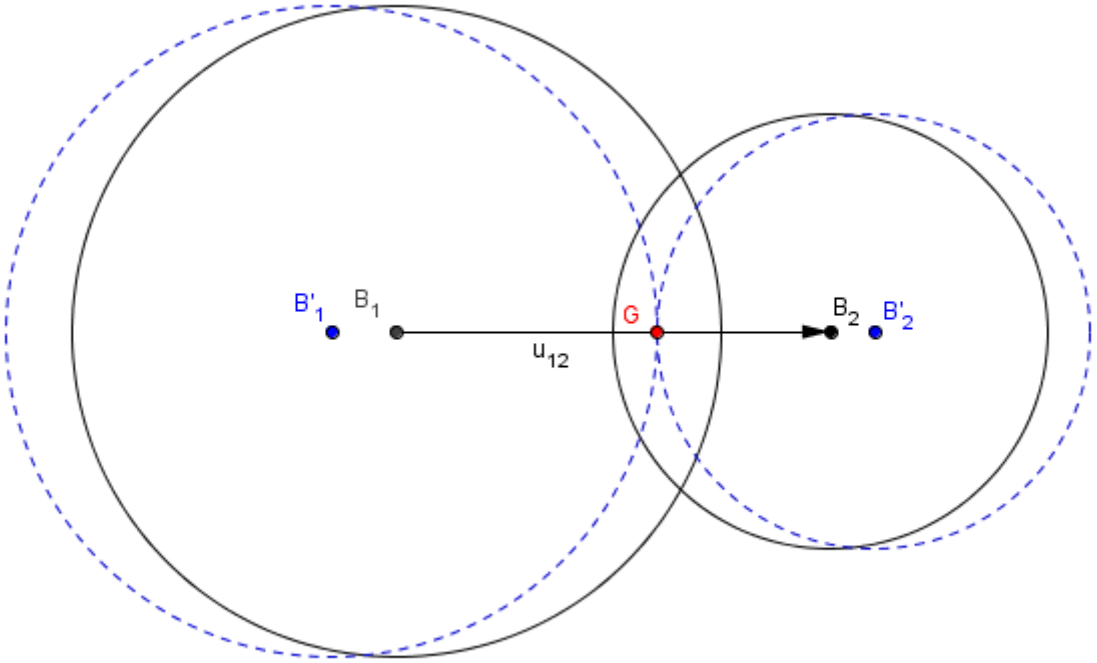
Lorsque deux boules s'intersectent, c'est qu'elles se sont rentrées dedans. Là encore, il va falloir corriger leurs trajectoire pour prendre leur collision en compte.

Il faut tout d'abord séparer les deux boules $b1$ et $b2$, de sorte qu'elles ne se chevauchent plus, mais qu'elles soient presque en contact. On supprime le contact de cette manière, afin d'éviter le problème décrit avec le rebond contre le bord du billard : on ne veut pas que les boules restent collées entre elles sans pouvoir se séparer. On effectue cette séparation en conservant une sorte de barycentre G entre les deux boules, chacune pondérée par le rayon de l'autre :

$$G := \frac{b2.r \times b1.o + b1.r \times b2.o}{b1.r + b2.r}$$

On replace ensuite les boules à partir de ce barycentre g selon leur vecteur directeur, d'une distance égale à leur rayon multiplié par 1.01 (afin d'assurer le quasi-contact entre les deux boules).

FIGURE 1 – Replacement des boules qui s'intersectent



On peut calculer le vecteur de déviation généré par la collision des deux boules $b1$ et $b2$. On commence par calculer un vecteur directeur unitaire $\vec{u_{12}}$ entre les deux boules, dirigé selon la droite reliant leurs deux centres. Le vecteur de déviation $\vec{dv}$ s'obtient alors par la formule suivante :

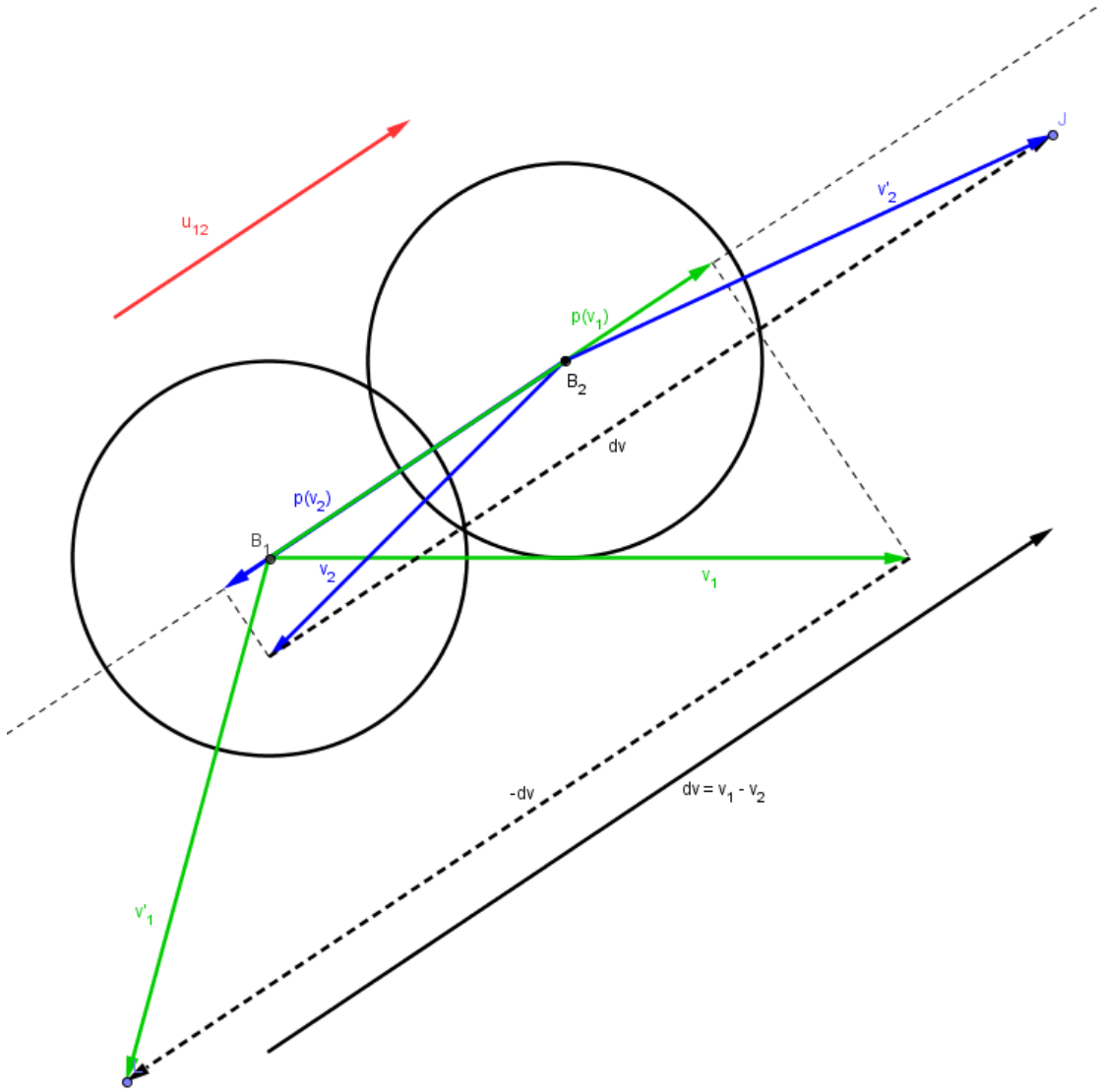
$$\vec{dv} := (\vec{v1}.\vec{u_{12}} - \vec{v2}.\vec{u_{12}})\ \vec{u_{12}}.$$

Puis on obtient les nouvelles vitesses par les formules suivantes :

$$\vec{v1} \leftarrow \vec{v1} - \vec{dv}$$

$$\vec{v2} \leftarrow \vec{v2} + \vec{dv}$$

FIGURE 2 – Mise à jour des vitesses lors d'une collision



1.2.4 L'intéraction entre trois boules

Pour améliorer la gestion des collisions au sein de notre billard, et notamment lorsque la concentration des boules est importante, nous traitons le cas particulier où trois boules entrent en collision simultanément. Cela intervient notamment au tout début de la partie, lorsque les boules sont organisées en un triangle qui maximise les contacts entre les boules qui le composent.

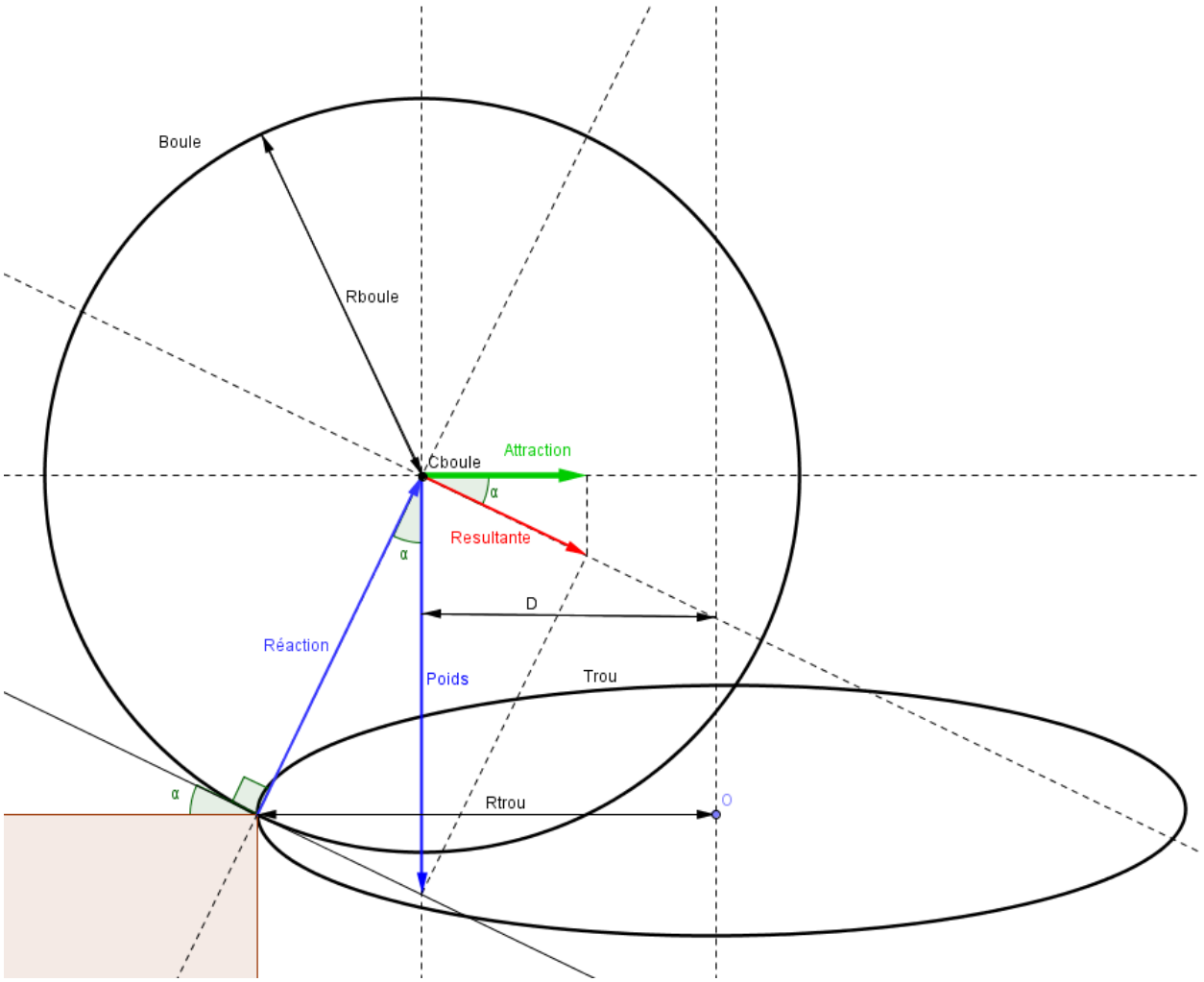
On réutilise pour ce cas la gestin du contact entre deux boules. On considère que lors de la collision d'une boule avec deux autres simultanément, l'énergie du choc est équitablement répartie entre les deux boules. Ainsi, la collision triple entre les boules b1, b2 et b3 se résumera à 3 collisions doubles - entre les boules b1 et b2, b2 et b3, et b1 et b3 - où les vitesses considérées sont toutes divisées par deux.

1.2.5 L'intéraction entre une boule et un trou

La condition d'intéraction entre une boule et un trou est un peu différente de celle entre deux boules : il ne suffit plus que les deux se chevauche, il faut maintenant que la distance entre le centre de la boule et celui du trou soit inférieure au rayon du trou.

Dans ce cas de figure, un calcul pas trop compliqué permet de déduire la valeur de l'attraction du trou sur la boule en fonction de la distance D entre les centres du trou et de la boule.

FIGURE 3 – Intéraction Boule/Trou



$$
\begin{aligned}
d &:= \frac{Rtrou - D}{Rboule} \\
\alpha &= \arcsin d \\
Resultante &= Poids \sin \alpha \\
Attraction &= Resultante \cos \alpha = Poids \sin \alpha \cos \alpha = Poids \times d\sqrt{1 - d^2}
\end{aligned}
$$

Il ne nous reste donc plus qu'à choisir une valeur arbitraire pour *Poids*. Cette valeur doit être suffisamment élevée pour qu'une boule avec une grande vitesse tombe tout de même dans le trou quand elle passe par dessus. La valeur choisie dans notre programme est donc fixée à 100000. Cette valeur de l'attraction est alors tout simplement entrée dans l'accélération de la boule lorsque celle-ci rentre en intéraction avec un trou. C'est le seul cas où l'accélération d'une boule peut être non nulle dans notre billard.

Bien sûr, la condition de suppression d'une boule qui rencontre un trou est qu'elle soit entièrement contenue dans ce trou, à savoir que $D \leqslant Rtrou - Rboule$.

1.3 Utilisation d'un quadtree pour améliorer le simulateur

Nous nous trouvons désormais avec un simulateur efficace jusqu'à un nombre raisonnable de boules dans le billard. Cependant, lorsque ce nombre devient trop important, il devient moins fluide, à cause du grand nombre de tests effectués sur les contacts entre boules (en $0(n^2)$, voire $O(n^3)$ au lancement, lorsque les contacts sont maximisés).

Pour améliorer notre simulateur, nous allons donc utiliser ce que l'on appelle un quadtree, qui va permettre de diminuer sensiblement le nombre de tests de contacts effectués entre les boules : il s'agit de diviser le billard en zones ne pouvant accueillir qu'un petit nombre de boules, et de limiter les tests de contacts seulement aux boules qui partagent la même zone.

1.3.1 La structure quadtree

Nous définissons avant toute chose le type `surface = float * float * float * float`, qui va caractériser une zone couverte par un quadtree. Ainsi, la surface `s = (xmin, ymin, xmax, ymax)` couvrira le rectangle de coin inférieur gauche `(xmin, ymin)`, et de coin supérieur droit `(xmax, ymax)`.

Maintenant, à chaque étage du quadtree, on divise la surface couverte en quatre, et on crée quatre sous-quadtrees s'appuyant sur ces quatre nouvelles surfaces. Aux feuilles du quadtree se trouvent les listes de boules contenues dans la surface correspondante. Ainsi, on définit le type `quadtree =`

```
| F of surface * boule list
| N of surface * quadtree * quadtree * quadtree * quadtree.
```

1.3.2 Construction d'un quadtree

Lorsque l'on souhaite construire un quadtree, il faut déterminer combien d'étages on souhaite lui donner. Plus le quadtree est grand, plus la subdivision est fine, et moins il y a de boules par zone créée. En revanche, le quadtree sera paradoxalement plus long à créer. Il s'agit donc de trouver un bon équilibre.

Nous avons décidé de créer notre quadtree par insertion successives des boules à l'intérieur de ce dernier. Nous progressons plus profond dans le quadtree à chaque insertion jusqu'à ce que la taille des zones ait son plus grand côté de valeur au plus quatre fois le diamètre d'une boule. Dans le pire des cas, on se retrouve alors avec au plus 25 boules par zone, ce qui n'arrive presque jamais car les boules se répartissent rapidement de façon uniforme sur toute la surface du billard.

Lors de l'insertion d'une boule dans le quadtree, on ajoute la boule dans chaque sous-quadtree qui couvre une surface à laquelle la boule appartient. Si on arrive à une feuille qui a une liste non vide de boules, alors on ajoute la boule à cette liste. Si la liste est vide, soit on ajoute directement la boule, si on est allé assez profond dans l'arbre selon le critère décrit précédemment, soit on continue à découper la surface pour atteindre des zones de tailles souhaitée. Une boule ne peut appartenir au plus qu'à quatre zones simultanément, ainsi cette insertion effectue au plus $4 \times (\textit{hauteur de l'arbre})$ opérations. Ainsi, la création d'un quadtree se fait en $O(n \log \frac{x}{r})$, où n est le nombre de boules à insérer, x est la taille du billard, et r est le rayon moyen des boules insérées.

1.3.3 Utilisation du quadtree

On utilise maintenant le quadtree que l'on crée à chaque frame du billard en fonction de la position des boules à l'instant étudié. Désormais, les tests de contacts entre les boules ne s'effectueront plus qu'entre les couples ou triplets de boules voisines, à savoir de boules qui appartiennent à une même feuille du quadtree. Cela diminue sensiblement la complexité de ces tests, car alors le nombre de boules par feuille est borné, ce qui signifie que le nombre de tests à l'intérieur l'est aussi. Ainsi, on arrive à obtenir une complexité en $O(n)$, où n est le nombre de boules, même s'il y a une constante multiplicative assez grande devant cette complexité linéaire.

En pratique, nous ne sommes pas parvenus à avoir une amélioration notable de notre billard avec l'utilisation du quadtree, car la création de ce dernier demande un temps similaire aux tests bruts effectués sans ce dernier. Pour obtenir une véritable amélioration, il faudrait l'utiliser sur un nombre considérable de boules pour lequel notre billard n'est pas adapté : il faudrait en diminuer le rayon, et donc redéfinir dt de sorte que les déplacements à chaque frame ne soient pas trop grands par rapport à ce rayon. Or si l'on diminue trop dt, les calculs deviennent trop lents par rapport à dt, et notre simulateur devient inefficace.

1.4 Lancement d'une partie de billard

Nous avons désormais tous les outils nécessaires pour commencer à pouvoir vraiment jouer avec notre simulateur de billard. Il faudra choisir les règles à imposer dans notre billard, et la façon d'intéragir avec celui-ci.

1.4.1 Lancement d'un coup de billard

Lorsque c'est au tour d'un joueur de jouer, celui-ci va tirer dans une boule, puis le billard évolue jusqu'à ce que toutes les boules s'immobilisent.

On différencie alors une boule des autres : la boule blanche, qui est la seule que l'on est autorisé à lancer. Ainsi, au début de chaque tour, l'utilisateur doit sélectionner cette boule qu'il désire lancer, puis cliquer dans la direction dans laquelle il veut tirer, aussi loin de sa position de départ qu'il souhaite tirer fort. Si le premier clic a été effectué en $(x1, y1)$ et le second en $(x2, y2)$, alors en donne à la boule lancée le vecteur vitesse $\vec{v} = K(x2 - x1, y2 - y1)$, où K est une constante choisie de telle sorte que les vitesses soient convenablement bornées au sein de notre billard. Nous avons choisi la valeur $K = 5$.

On fait ensuite tourner notre simulateur, frame par frame. A chaque tour de boucle, on fait évoluer les boules sans prendre en compte le collisions, puis on teste pour tous les couples de boules si elles se sont rentrées dedans, auquel cas on teste si une troisième boule est en contact avec ces deux autres. On gère si c'est le cas la collision triple, ou double. On effectue un test sur tous les couples (trou,boule) pour gérer les intéractions quand elles ont lieu d'être. Enfin, on gère le rebond de chacune des boules sur les bords du billard quand elles commencent à sortir de la fenêtre graphique.

On arrête le tour lorsque les vitesses des boules sont toutes inférieures à une certaine valeur fixée comme une approximation de vitesse nulle. Dans notre billard, cette vitesse seuil vaut $vmin = 30 pixels/s$. Alors le tour change, et il faut à nouveau tirer dans la boule blanche.

La suppression d'une boule se fait en échangeant sa position avec la dernière dans le sous-tableau contenant les boules encore présentes dans le billard, puis en décrémentant le nombre `n` de boules dans le billard. La boule blanche ne doit pas être supprimée, ainsi pour gérer le cas où elle tombe dans un trou, on lui donne comme coordonnées (∞, ∞) et on remet sa vitesse à 0, afin qu'elle ne s'affiche plus dans la fenêtre graphique, et que sa vitesse ne soit pas prise en compte dans le calcul de la vitesse maximale au sein du billard. C'est la boule d'indice 0 dans le tableau. Si elle est détruite pendant un tour, alors le joueur suivant devra la replacer à un endroit légal avant de la relancer.

1.4.2 L'organisation d'une partie

Une partie de billard se joue entre deux joueurs concurrents. Les tours s'alternent au cours de la partie, au cours desquels les joueurs marquent des points en rentrant le plus de boules possible dans les trous, et la partie s'arrête quand il ne reste plus que la boule blanche sur le plateau. Est alors déclaré vainqueur le joueur ayant marqué le plus de points.

Le billard est initialisé avec 36 boules rouges à rentrer dans les trous, disposées en un triangle de 8 rangées, et la boule blanche leur faisant face de l'autre côté du billard. Les diamètres des boules rouges valent $20 pixels$, celui de la boule blanche en fait 16, et ceux des trous en font 32.

Le système de comptage de point valorise le joueur qui parvient à rentrer un grand nombre de boules en un tour. Ainsi, il marquera $100 \times i$ points pour la i-ème boule rentrée au cours de son tour, sauf si cette boule est la boule blanche, auquel cas son tour s'arrête.

2 Angry Balls

Nous avons désormais à notre disposition un simulateur de billard complet, avec un moteur physique fonctionnel. Il s'agit maintenant de l'adapter pour obtenir notre jeu Angry Balls.

2.1 Les modifications dans la structure de données

Nous réutilisons la structure de donnée du billard en rajoutant et supprimant quelques éléments.

2.1.1 Les boules

Désormais, les boules vont pouvoir être détruites au cours de la partie. Il faut donc leur rajouter un champ, à savoir la solidité. Chaque boule aura donc une solidité définie par un flottant positif au début de la partie, et cette valeur va diminuer à chaque choc suffisamment violent entre la boule et un élément du niveau. Une boule sera détruite lorsque sa solidité deviendra négative. Là encore on caractérise une boule spéciale, la boule projectile, qui ne peut être détruite, qui a pour solidité initiale le flottant `infinity`.

2.1.2 Les obstacles

Pour pimenter un peu les niveaux, nous rajoutons un nouveau type d'objet, à savoir les obstacles. Ce sont en fait des murs plantés dans le sol, indestructibles, et ayant comme extrémité supérieure un bord arrondi, représenté par une boule fixe et de solidité infinie.

2.1.3 Le type niveau

Le type niveau est le type billard auquel on a supprimé les trous, que l'on a remplacés par des obstacles. Les boules de billard sont évidemment remplacées par les boules avec solidité. Enfin, le niveau n'a comme bord que celui du bas, représentant le sol. Ainsi, une boule est également supprimée lorsqu'elle sort du niveau, par la gauche ou par la droite (et non par le haut, car la gravité peut la faire retomber dans le niveau).

2.2 Un moteur physique plus évolué

Bien que l'on réutilise en grande partie les notions physiques introduites pour le moteur physique du billard, la jeu Angry Balls en fait intervenir des nouvelles qui apportent leur lot de difficultés.

2.2.1 L'ajout de la gravité

La grande nouveauté dans le jeu Angry Balls par rapport au billard est le fait que les boules sont désormais plongées dans un champs de gravitation constant $\vec{g}$ orienté vers le sol, et de norme arbitraire.

Cela n'ajoute pas grand chose aux fonction calculant l'évolution élémentaires des boules dans le niveau :

$$b.o(t+dt) = b.o(t) \times f + b.v(t) \times dt$$

$$b.v(t+dt) = b.v(t) \times f + b.a(t) \times dt$$

$$b.a(t+dt) = (0, g) \texttt{ sauf contre-indication}$$

2.2.2 La réaction du support

Nous rencontrons alors une première difficulté : si une boule est posée sur le sol, elle subit la réaction de ce sol, qui compense son poids. Ainsi, l'accélération à laquelle elle est soumise devient nulle. Cette condition est cependant facilement vérifiable par un test sur l'altitude à laquelle se trouve le centre de la boule : si elle est au niveau de la valeur du rayon de la boule (ou très légèrement au-dessus), nous lui imposons une accélération nulle.

Les choses se compliquent quelque peu lorsque ce n'est plus le sol le support, mais une autre boule $b1$ sur laquelle s'appuie la boule $b2$ que nous considérons. Nous considérons alors dans une approche simplifiée que la boule support se comporte comme une boule fixe, et que la réaction qui en découle est celle d'un support fixe de forme circulaire. La compensation de l'accélération de la boule $b2$ est alors la suivante :

$$\vec{a_2} \leftarrow \vec{g} - (\vec{g}.\vec{u_{12}})\ \vec{u_{12}}$$

Si le contact persiste, c'est donc effectivement que la boule $b1$ constitue un support pour la boule $b2$, et notre approche est justifiée. Si le contact ne persiste pas, alors l'accélération de la boule $b2$ est réinitialisé à $\vec{g}$ dès la frame suivante, et les répercutions de notre manipulation sont quasi-inexistantes. Notre gestion de la réaction d'une boule sur une autre est donc bien justifiée.

2.2.3 Collision avec le sol

La collision avec le sol se gère de la même manière que la collision avec le bord bas dans un billard. Il faut cependant rajouter la fragilisation de la boule ayant rebondi sur le sol. Cette fragilisation ds est proportionnelle à la déviation du vecteur vitesse de la boule, qui vaut le double de sa composante verticale :

$$ds := K \times 2 \times b.v.y \texttt{ où K est une constante arbitraire, 4 dans nos fonctions.}$$

2.2.4 Collision entre deux boules

En ce qui concerne la collision entre deux boules, elle reste inchangée dans le cas traditionnel. On doit alors fragiliser les deux boules, de manière proportionnelle au vecteur de déviation résultant de la collision :

$$ds := K \times \|\vec{dv}\| \texttt{ où K est la constante choisie dans la formule précédente.}$$

En revanche, dans le cas où une boule b est détruite au cours de la collision, la déviation $\vec{dv'}$ résultante est d'autant moins importante que l'énergie nécessaire à la destruction de la boule était faible :

$$\vec{dv'} := \frac{b.s}{ds}\ \vec{dv}$$

2.2.5 Collision avec un obstacle

La collision avec un obstacle se gère de la même manière qu'avec le sol lorsque la boule rebondit sur la partie murée de l'obstacle. Lorsqu'elle rencontre la partie arrondie de l'obstacle, la collision se comporte comme une collision entre deux boules, à la différence que la deuxième boule étant ici fixe, le vecteur déviation $\vec{dv}$ est donc multiplié par deux, et ne s'applique qu'à la boule rencontrant l'obstacle. Evidemment, cette multiplication par deux se reporte également sur la fragilisation ds de la boule.

2.3 Déroulement d'une partie

Nous avons finalement réussi à détourner toutes les nouvelles difficultés rencontrées lors de l'implémentation du comportement des éléments qui composent notre niveau d'Angry Balls. Nous pouvons maintenant passer à l'implémentation d'une partie dans notre jeu.

2.3.1 Lancement d'un tour

Au début de son tour, l'utilisateur va devoir lancer la boule projectile, exactement de la même manière que dans le billard. Cela donne une vitesse à cette dernière, et la simulation du niveau peut alors commencer.

Lorsque les boules atteignent une vitesse inférieure au seuil, cela ne veut plus forcément dire que l'évolution du niveau est figée : en effet, ce n'est pas parce qu'une boule est quasi-immobile qu'elle va le rester, à cause de la gravitation. Pour éviter d'arrêter le tour alors que le niveau est instable et peut encore évoluer, on laisse à l'utilisateur le soin de choisir quand il souhaite passer au tour suivant. Ce choix ne lui est proposé qu'une fois que les vitesses des boules sont passées sous le seuil souhaité, auquel cas il n'a qu'à effectuer un clic de souris pour passer au tour suivant. Alors la boule projectile est replacée dans la zone de lancement, et attend d'être relancée.

Le score se compte de la même manière que dans le billard : 100 * i points pour la i-ème boule détruite pendant le tour.

2.3.2 Gagner un niveau

Deux niveaux ont été implémentés dans notre jeu Angry Balls, mais rien n'empêche à l'utilisateur d'en implémenter d'autres s'il s'en sent le courage et l'envie. Un menu de choix de niveau apparaît à

l'ouverture du jeu, et à chaque reset. L'utilisateur clique sur le numéro du niveau qu'il souhaite tenter, et celui-ci se lance.

Pour réussir le niveau, le joueur a le droit à trois lancers pour détruire ou sortir du niveau toutes les boules rouges ennemies. Son score est compté au fur et à mesure que les boules sont détruites, et s'il réussit le niveau, son score s'affiche dans une fenêtre de fin de niveau qui lui propose de rejouer. S'il ne réussit pas le niveau au bout de ses trois lancers autorisés, la même fenêtre s'affiche, lui indiquant qu'il a perdu, et lui proposant de réessayer.

3 Interface graphique

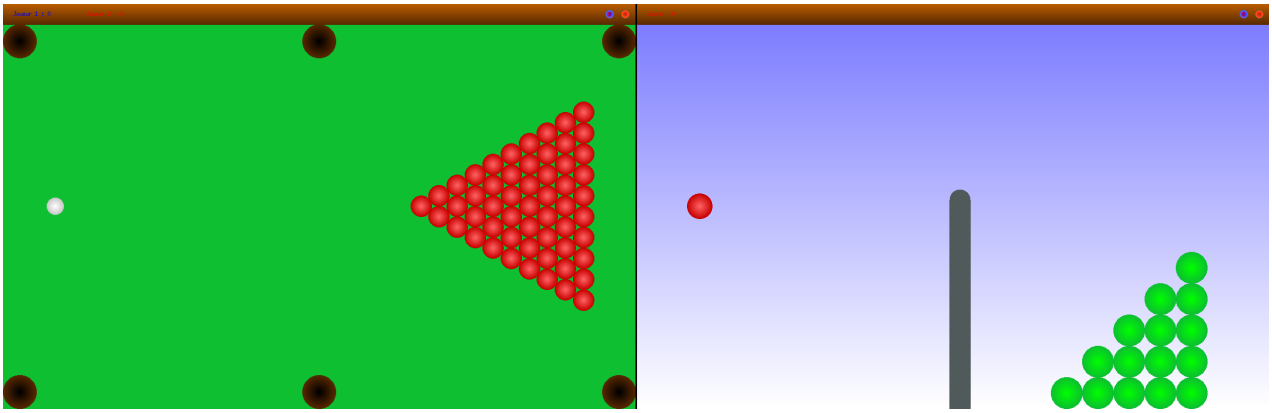
Ce projet est avant tout un projet graphique, il va donc de soi qu'il est important de se pencher de manière poussée sur l'interface graphique mise en place pour le réaliser.

3.1 Dessins

Bien évidemment, cela passe avant tout par une représentation graphique de nos éléments. Celle-ci doit être la plus réaliste possible, afin de bien apprécier la configuration du billard ou du niveau dans Angry Balls, et de rendre l'utilisation de nos simulateurs la plus confortable possible.

Deux fonctions de dégradé sont implémentées pour améliorer le rendu visuel. Une fonction de dégradé pour des cercles, utilisées pour les boules et les trous afin de leur donner une illusion de volume en jouant sur les nuances de couleurs pour rendre un éclairage virtuel. La seconde fonction de dégradé a un rendu sur un rectangle, et n'a elle qu'un simple intérêt esthétique, utilisée pour la barre utilisateur, ou pour le fond des niveaux dans Angry Balls, voulant représenter le ciel.

FIGURE 4 – Rendus visuels pour le billard et un niveau de Angry Balls



Lorsque plusieurs éléments peuvent se superposer - ce qui arrive notamment dans le billard : les boules peuvent passer sur les trous, eux-mêmes imbriqués sur le plateau vert - alors il est important de bien respecter l'ordre dans lequel on doit dessiner chacun de ces éléments. Les éléments au premier plan, qui passent pas dessus tous les autres, doivent ainsi être dessinés en dernier. Dans le cas du billard, c'est la boule blanche qui est dessinée en dernier, car elle doit pouvoir passer par dessus les autres boules lorsqu'il s'agit de la replacer sur le billard.

3.2 Boutons Close et Reset

Après le rendu visuel, il est temps de parler plus en détail des fonctionnalités proposées par notre interface. Tout d'abord, notre barre utilisateur, en plus d'afficher les scores et d'indiquer quel joueur a la main dans le tour actuel, propose deux boutons bien utiles.

Le premier bouton est un bouton qui permet simplement de fermer le simulateur de manière propre, sans avoir à fermer brutalement la fenêtre graphique d'OCaml, ce qui renvoie une erreur dans le terminal. Ce bouton est représenté lui encore par une boule fixe, et est géré par une exception `Close`

renvoyée dès que l'utilisateur clique dessus. Un test sur ce potentiel clic est effectué dans toutes nos fonctions de simulation, et l'exception est rattrapée par une application de `close_graph()`.

Le second bouton est bien utile, notamment dans le jeu Angry Balls, car il s'agit d'un bouton de reset. Il fonctionne de la même manière que le bouton Close, géré par l'exception `Reset`, et permet de réinitialiser la partie en cours. L'utilisateur est alors confronté à un menu de choix de niveau dans le cas de Angry Balls, ou d'option avec ou sans quadtree dans le cas du billard.

3.3 Menus de choix

Les menus de choix et/ou d'affichage des scores sont une autre manière qu'a l'utilisateur d'intéragir avec le programme. Plusieurs sont implémentés dans nos simulateurs, et servent à proposer à l'utilisateur plusieurs option qui s'ouvrent à lui.

Au lancement des simulateurs, il se voit proposer plusieurs niveaux dans Angry Balls, ou bien l'utilisation optionnelles d'un quadtree dans le jeu de billard. A lui alors de cliquer sur le bouton correspondant à son choix.

Après une partie, une nouveau menu s'affiche, lui annonçant les résultats. Il indique quel joueur est vainqueur suivi de son score dans le cas du billard, ou indique simplement si le niveau a été réussi, et si oui avec quel score, dans le cas de Angry Balls. Un nouveau choix est proposé, celui de continuer à jouer, ou celui de quitter le simulateur. Ces deux choix sont gérés de la même manière que les boutons Close et Reset.

Conclusion

Ce projet de programmation en OCaml, en binôme, nous a amenés à nous confronter à deux exemples de simulateurs ayant recours à un moteur physique un minimum élaboré. Le problème demandait de créer des simulateurs fonctionnels dans un certain cadre d'utilisation, objectif que remplit notre programme.

Ce projet a permis d'aller d'une part plus loin dans un langage que nous connaissions déjà, mais pas dans le même contexte. Nous n'étions pas habitués à utiliser les fonctionnalités graphiques d'OCaml, et avons entièrement découvert ses fonctionnalités d'intéraction avec l'utilisateur. Nous avons ainsi pu explorer plus en détail ce que nous offre ce langage de programmation qui permet finalement un large éventail d'utilisations possibles. D'autre part, nous avons été confrontés à des difficultés nouvelles en terme de programmation, à savoir du rendu de la réalité via un simulateur. Cela implique alors de devoir gérer les approximations inévitables en informatique, et de les rattraper aussi bien que possible afin de proposer un rendu réaliste dans nos programmes.

Très instructif, il nous a également permis d'expérimenter une certain inter-disciplinarité entre l'informatique et la physique, ou plus exactement la dynamique - certes quelque peu simplifiée. Les quadtree en tant qu'exemple de structure nouvelle pour améliorer la qualité de nos simulateurs a également un caractère bien instructif.

Nous proposons donc ici un simulateur encore imparfait et limité, mais qui est tout à fait convenable dans son contexte d'utilisation prédéfini. Il reste encore plein d'améliorations possibles à nos simulateurs, qui iraient plus loin dans les notions de dynamiques introduites. Nous pourrions ajouter des masses à nos éléments, traiter les rotations des solides en introduisant des formes mobiles ne vérifiant pas de symétrie circulaire. Enfin, il serait tout à fait possible de rajouter des effets, notamment dans notre jeu Angry Balls, avec des boules projectiles particulières qui auraient certaines propriétés. Ce sont là quelques propositions pour améliorer encore nos simulateurs, parmi tant d'autres.