

# Projet: Simulation d'un système hybride

Alexandre Chapoutot et Julien Alexandre dit Sandretto

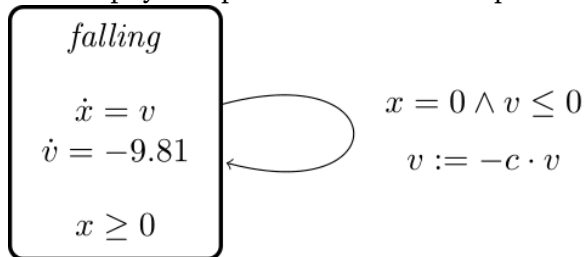
16 novembre 2017

## 1 Introduction

L'objet d'étude de ce projet est un système hybride, en l'occurrence un ballon de basket qui rebondit au sol. La simulation d'un système hybride consiste en la simulation d'une équation différentielle (ordinaire dans ce cas), la détection d'un événement (le sol) et un saut à l'état suivant (la vitesse change de sens).

Voici un extrait sur la définition d'un système hybride représentant une balle rebondissante sur un axe :

The classical bouncing ball example consists of a ball dropped from a predefined height. It hits the ground after a certain time, loses energy and then bounces back into the air and starts to fall again. This physical phenomena can be represented as the following hybrid automaton :



In the discrete state, the motion of the ball, assumed to have a mass of  $m = 1kg$ , is governed by the following differential equation :  $\begin{matrix} \dot{x} = & v \\ \dot{v} = & -9.81 \end{matrix}$  where  $x$  is the ball's height from the ground,  $v$  is the ball's vertical velocity, and  $9.81ms^{-2}$  is the earth's gravitational force. The invariant  $x \geq 0$  enforces that the ball always bounces when it reaches the ground. The guard  $x = 0 \wedge v \leq 0$  of the single discrete transition, which models the bouncing, ensures that bouncing happens after falling when reaching the ground. The corresponding reset condition  $v := -c \cdot v$  accounts for the loss of energy due to the ball's deformation, where  $c \in [0, 1]$  is a constant.

For more informations : [http://w3.onera.fr/mosar/sites/w3.onera.fr.mosar/files/201506\\_frehse\\_ecolemacs.pdf](http://w3.onera.fr/mosar/sites/w3.onera.fr.mosar/files/201506_frehse_ecolemacs.pdf)

La détection de l'événement et la réinitialisation de l'état est un problème complexe largement discuté dans la littérature. Par exemple :

<http://interval.louisiana.edu/reliable-computing-journal/volume-23/reliable-computing-23-pdf-et>

[https://agora.bourges.univ-orleans.fr/ramdani/attachments/pdfs/CDC13\\_1733\\_FI.pdf](https://agora.bourges.univ-orleans.fr/ramdani/attachments/pdfs/CDC13_1733_FI.pdf)

## 2 Informations préliminaires



### 2.1 Le ballon

Il mesure 23.8 cm de diamètre, pour une masse de 567 g. Il rebondit bien (on considère qu'il est bien gonflé) donc  $c = 0.8$ .

### 2.2 Le terrain

On tire à 6.75 m du centre du panier (on veut les trois points et on ne joue pas en NBA). L'arceau mesure 45 cm de diamètre, fixé à 3.05 m du sol.

### 2.3 Le joueur

Il peut tirer de 1.60 à 2.80 m du sol suivant la technique choisie. Les vitesses de son tir doivent être "raisonables".

## 3 Travail demandé

- Réaliser un état de l'art succinct et expliquer votre approche pour la détection d'événement et le saut à l'état suivant (tout ceci doit être garanti !),
- Modéliser et simuler un ballon rebondissant en deux dimensions (le modèle en introduction est en une dimension) en fonction d'une condition initiale (hauteur de tir, vitesses initiales sur les deux dimensions),
- Mettre en place les contraintes géométriques pour valider un tir (la balle est dans le cercle avant de ne plus "pouvoir" l'atteindre),
- Calculer les conditions initiales (à l'aide d'un algorithme de branchement) de telle sorte que le tir soit réussi après 1, 2, et 3 rebonds au sol,
- Illustrer chaque étape avec des graphiques (Matlab ou Vibes),
- Pour aller plus loin : ajouter le frottement de l'air dans le modèle du ballon, ajouter des incertitudes sur les paramètres du ballon, et toute bonne idée de votre part.

**Et surtout soyez critiques ! Même si ça ne marche pas...**

## 4 Rendu

- Il faudra rendre les fichiers C++ DynIBEX qui mettent en œuvre la méthode de résolution du problème ainsi qu'un rapport de 4 à 5 pages décrivant la démarche et les résultats obtenus.
- Ce travail peut être fait en binôme.
- La date de rendu est fixée au 11 décembre 2017.