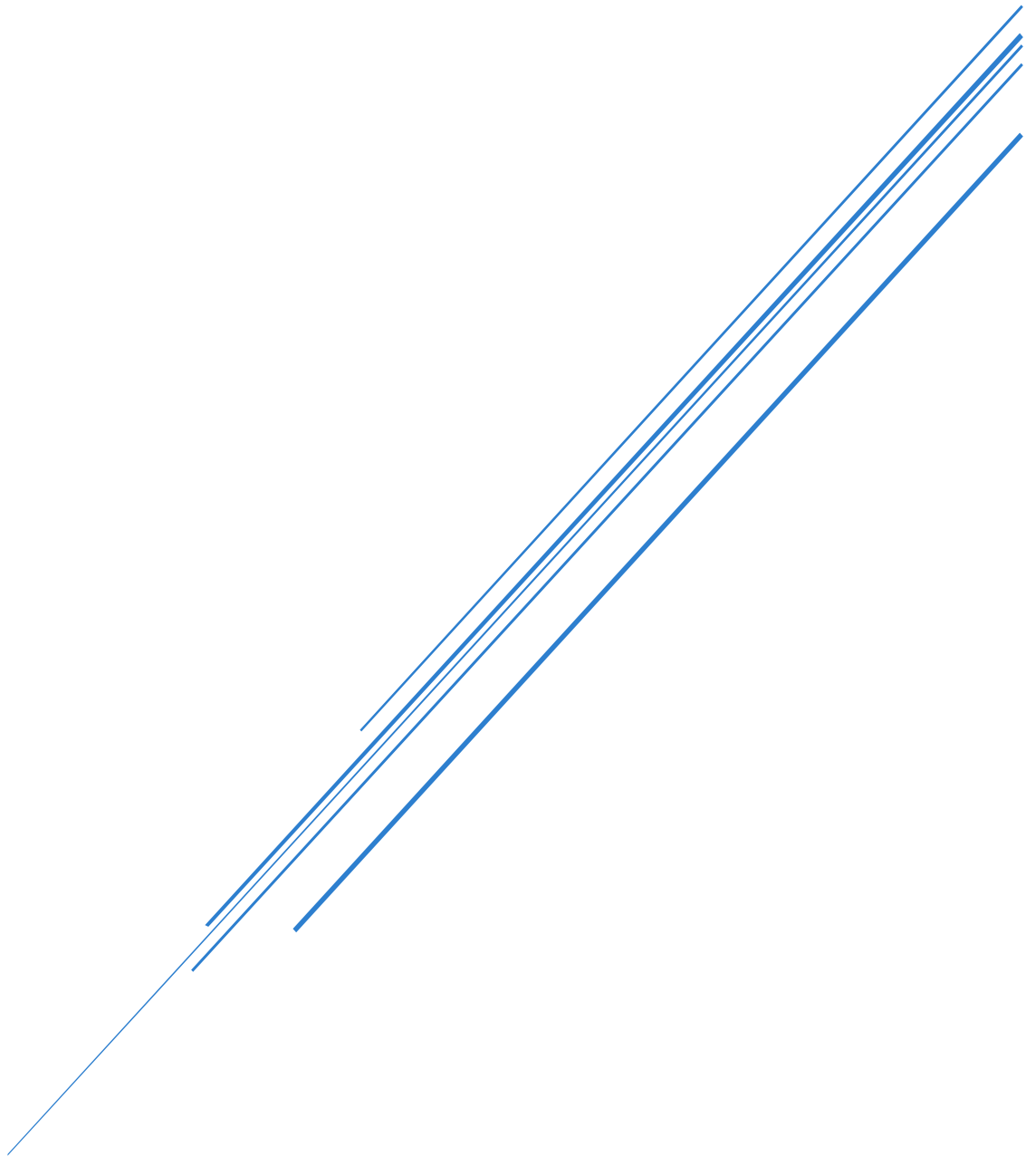


# RAPPORT ANIMATION PAR MODELE PHYSIQUE



MIF37 - Animation en synthèse d'image  
Léa Godot p2004422

## Table des matières

Introduction.....	2
Boucle de simulation.....	2
Initialisation des variables .....	2
Calculs des forces .....	2
Mise à jour des positions et des vitesses .....	3
Gestion des collisions .....	3
Mise à jour de la scène.....	3
Système Masses-Ressorts .....	3
Extensions .....	4
Simulation de la gravité et du vent .....	4
Le déchirement du tissu .....	5
La chute du tissu.....	5
Les collisions.....	6
Avec le sol.....	6
Avec une sphère .....	6
Conclusion.....	6

## Introduction

L'animation par modèle physique est une approche puissante et réaliste pour simuler des phénomènes naturels et des interactions physiques dans le domaine de la modélisation informatique. Ce rapport présente le processus de simulation d'un tissu soumis à diverses forces et interactions, offrant une vue détaillée des techniques et des algorithmes utilisés pour recréer des comportements réalistes.

Au cœur de ce travail se trouve la boucle de simulation, un mécanisme essentiel qui permet de calculer et de mettre à jour les positions et les états des éléments du tissu à chaque pas de temps. La méthode du système masses-ressorts est utilisée pour modéliser le comportement du tissu. Dans ce système, le tissu est représenté par un réseau de masses interconnectées par des ressorts, simulant ainsi les propriétés mécaniques de flexibilité et d'élasticité du matériau.

Ce rapport décrit également les différentes techniques employées pour traiter les collisions avec différents éléments ou différents aspects de la simulation physique tels que l'application de la gravité. Les défis associés à la détection et à la gestion de ces collisions sont abordés, tout comme les solutions proposées pour améliorer la stabilité et la précision de la simulation.

## Boucle de simulation

La boucle de simulation est le processus global par lequel une simulation physique est réalisée. Elle englobe toutes les étapes nécessaires pour avancer dans le temps dans la simulation, notamment le calcul des forces, la mise à jour des états des objets simulés, la détection et la gestion des collisions, etc. La boucle de simulation prend en compte tous les aspects de la simulation, y compris les différentes techniques utilisées pour représenter et animer les objets.

### Initialisation des variables

Avant d'entrer dans la boucle de simulation, nous procédons à la définition des paramètres initiaux de notre scène. Cela inclut des éléments tels que la position initiale, la texture et la masse de chaque particule. Chaque particule est également dotée d'une vitesse initiale et peut être soumise à une ou plusieurs forces. Une fois que tous les paramètres des particules sont définis, nous pouvons procéder à la création du maillage du tissu. Ces paramètres sont souvent stockés dans des fichiers au format OBJ, ce qui facilite leur récupération et leur utilisation pour initialiser les structures de données nécessaires à la simulation.

### Calculs des forces

Dans cette étape, nous calculons toutes les forces qui agissent sur l'objet. Ces forces peuvent inclure la gravité, les forces liés au système masses-ressorts, les forces appliquées par l'utilisateur, etc.

Chaque force est calculée séparément en fonction des lois physiques qui la gouvernent. Nous verrons dans les parties suivantes comment sont calculé ces différentes forces.

## Mise à jour des positions et des vitesses

Une fois que nous avons calculé toutes les forces, nous avons les accélérations de chaque particule et nous pouvons donc calculer les nouvelles vitesses et positions des particules. Pour ce faire, nous devons résoudre des équations différentielles car la vitesse est la dérivée de la position par rapport au temps et l'accélération est la dérivée de la vitesse par rapport au temps. Il existe plusieurs méthodes d'intégration numérique utilisées dans la simulation physique, nous avons commencé par implémenter la méthode d'Euler explicite puis nous avons implémenté dans la version final la méthode d'Euler semi-implicite.

La méthode d'Euler explicite est plus simple à implémenter mais beaucoup moins stable surtout quand le pas de temps est trop grand. Elle consiste à mises à jour les positions et les vitesses en fonction de la vitesse et de l'accélération actuelles. La nouvelle vitesse est calculée en ajoutant l'accélération multipliée par le pas de temps à la vitesse actuelle. Ensuite, la nouvelle position est calculée en ajoutant la vitesse multipliée par le pas de temps à la position actuelle.

Dans la méthode d'Euler semi-implicite, le calcul de la position ne change pas mais le calcul de la vitesse est mis à jour de manière implicite.

Voici les formules :

- \*  $v(t+dt) = (v(t) + dt \cdot a(t)) \cdot \text{viscosité}$
- \*  $p(t+dt) = p(t) + dt \cdot v(t+dt)$

On multiplie la vitesse par le coefficient de viscosité lié à la scène afin de dissiper les vitesses. C'est une technique pour simuler des phénomènes de frottement ou de dissipation d'énergie dans la simulation physique, contribuant ainsi à stabiliser le système.

## Gestion des collisions

Après avoir mis à jour la position de l'objet, nous vérifions s'il entre en collision avec d'autres objets dans la scène. Si une collision est détectée, nous ajustons la position et la vitesse de l'objet en conséquence pour prendre en compte la collision. Nous verrons le processus un peu plus tard dans le rapport.

## Mise à jour de la scène

Une fois qu'on a récupéré toutes les nouvelles positions des particules, on actualise la simulation. Une fois toutes ces étapes effectuées, la boucle se répète en continu pour chaque pas de temps de la simulation, ce qui crée une animation fluide de l'objet en mouvement.

## Système Masses-Ressorts

Le système masse-ressort est une méthode spécifique de modélisation utilisée dans la simulation physique pour représenter des objets déformables tels que les tissus, les cheveux, les cordes, etc. Dans ce système, l'objet déformable est représenté comme un ensemble de particules (ou masses) reliées entre elles par des ressorts. Chaque ressort génère des forces de rappel qui agissent pour ramener les particules à leurs positions d'équilibre. Le système masse-ressort est une composante particulière de la boucle de simulation qui est utilisée pour simuler la déformation et le mouvement d'objets spécifiques dans la scène.

Pour déterminer quelles forces sont appliquées sur une particule, nous avons besoin de plusieurs caractéristiques des ressorts auxquels la particule est connectée. Ces caractéristiques sont fournies dans le fichier OBJ et comprennent la raideur et la longueur au repos de chaque ressort.

Ensuite, pour calculer les forces de rappel dues à l'étirement ou à la compression du ressort, nous devons connaître la direction et la longueur du ressort. Cela nous permet d'appliquer la loi de Hooke, qui décrit la relation entre la force exercée par un ressort et son étirement ou sa compression.

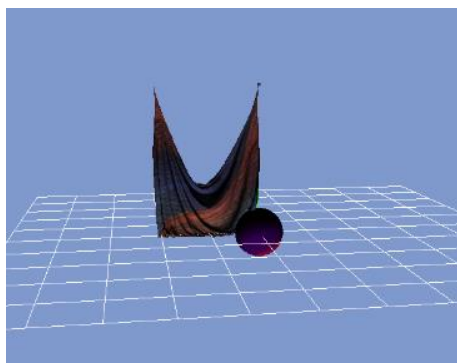
En plus des forces de rappel, nous prenons également en compte les forces d'amortissement. Ces forces sont calculées en fonction de la vitesse relative des particules connectées par le ressort. Plus précisément, nous calculons la composante de la vitesse relative parallèle à la direction du ressort, puis nous la multiplions par la direction du ressort pour obtenir la force d'amortissement.

Enfin, une fois les forces de rappel et d'amortissement calculées, nous les ajoutons aux forces totales exercées sur la particule, ce qui nous permet de déterminer l'accélération résultante et de continuer le processus de simulation.

## Extensions

### Simulation de la gravité et du vent

La première extension que nous avons implémentée est la simulation des effets de la gravité et du vent sur le tissu. Pour cela, nous utilisons une fonction qui récupère les forces accumulées sur chaque particule au cours de la boucle de simulation (telles que celles dues au système masse-ressort). Pour chaque particule, nous ajoutons la force du vent, puis nous divisons la force totale par la masse de la particule et ajoutons la force de la gravité pour obtenir l'accélération de la particule. Une fois l'accélération calculée, nous réinitialisons les forces appliquées aux particules pour préparer la prochaine itération de la boucle de simulation.

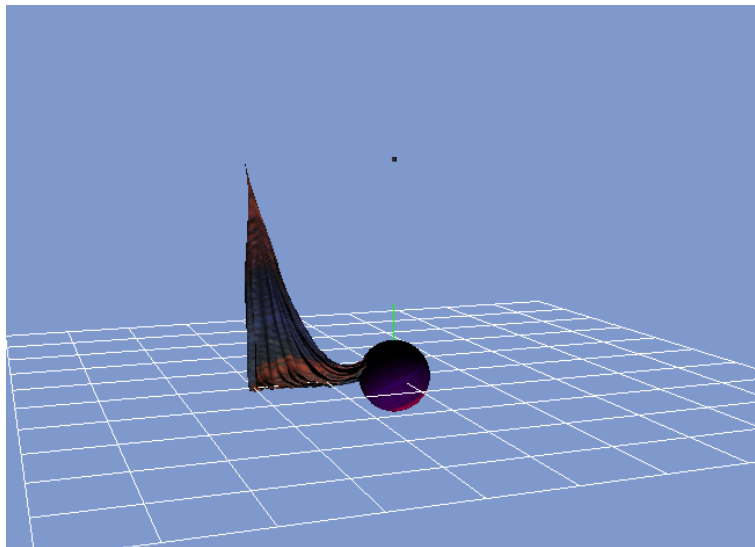


*Figure 1: Tissu soumis à la gravité*

## Le déchirement du tissu

L'extension suivante consiste à implémenter la déchirure du tissu. Pour déterminer si le tissu se déchire, nous effectuons un test qui vérifie si la longueur de chaque ressort dépasse un certain seuil prédéfini. Si un ressort est trop étiré, il est supprimé, ce qui donne l'impression que le tissu se déchire.

Pour observer ce phénomène dans la simulation, il faut déplacer suffisamment un point fixe afin d'étirer le tissu au-delà du seuil de rupture des ressorts. Cela peut être réalisé en appuyant sur la touche 'm', puis en utilisant les touches '←', '→', 'Page Up', ou 'Page Down' pour déplacer le point fixe. Ces actions permettent de manipuler le tissu et de provoquer des déchirures visibles dans la simulation.

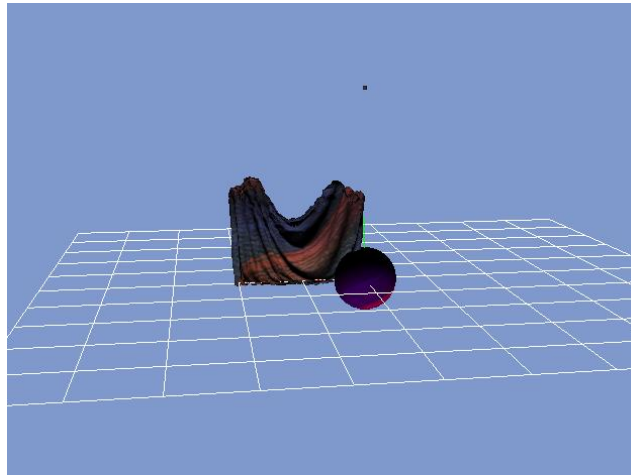


*Figure 2 : Tissu déchiré*

## La chute du tissu

Pour afficher le tissu, nous utilisons deux points fixes, c'est-à-dire deux particules dont la position reste constante pendant toute la simulation, indépendamment des forces qui pourraient s'appliquer sur elles. Dans le code, ces points fixes sont représentés par des particules ayant une masse de 0, ce qui les empêche de se déplacer.

Si l'on souhaite faire tomber le tissu, il suffit de donner une masse supérieure à 0 à ces deux points fixes. Cela permet de relâcher le tissu, car il n'y a plus rien pour le retenir en place, et il tombera sous l'effet de la gravité. Dans l'application, on peut appuyer sur la touche 'p' pour effectuer cette action et observer le tissu tomber.



*Figure 3 : Tissu en train de tomber*

## Les collisions

### Avec le sol

Pour simuler un sol, il est nécessaire de détecter les collisions entre les particules du tissu et le sol. À chaque itération de la boucle de simulation, nous vérifions si une particule se trouve sur le plan du sol. Dans notre cas, l'équation du plan du sol est  $y = -10$ . Ainsi, nous vérifions si la composante  $y$  de la position de la particule est inférieure ou égale à  $-10$ . Si c'est le cas, nous réglons la vitesse de la particule à zéro pour simuler l'impact avec le sol et empêcher la particule de passer à travers celui-ci.

### Avec une sphère

Pour détecter les collisions des particules avec une sphère, il est nécessaire de connaître le rayon et le centre de la sphère. Avec ces caractéristiques, nous pouvons calculer la distance entre chaque particule et le centre de la sphère. Si cette distance est inférieure au rayon de la sphère, alors la particule se trouve à l'intérieur de la sphère. Dans ce cas, nous arrêtons la particule en mettant sa vitesse et son accélération à zéro.

De plus, pour éviter que la particule reste à l'intérieur de la sphère, nous la déplaçons à la surface de la sphère. Pour ce faire, nous utilisons la direction définie par le vecteur allant du centre de la sphère à la particule et ajustons la position de la particule en fonction du rayon de la sphère.

## Conclusion

En conclusion, ce rapport a présenté en détail le processus de simulation d'un tissu soumis à diverses forces et interactions à l'aide de l'animation par modèle physique. Nous avons exploré la boucle de simulation, qui est le cœur du processus et qui permet de calculer et de mettre à jour les positions et les états des éléments du tissu à chaque pas de temps. La méthode du système masse-ressort a été utilisée pour modéliser le comportement du tissu, offrant ainsi une représentation réaliste de sa flexibilité et de son élasticité.

Nous avons également examiné différentes extensions, telles que la simulation de la gravité, du vent et du déchirement du tissu, ainsi que la gestion des collisions avec le sol et avec des objets sphériques. Ces extensions enrichissent la simulation en ajoutant des éléments de réalisme et en permettant une interaction plus complexe avec l'environnement virtuel.

L'animation par modèle physique est une approche puissante et efficace pour simuler des phénomènes naturels et des interactions physiques dans les domaines de la modélisation informatique et de la simulation virtuelle.