

## Simulation numérique de vêtements par le système Masses - Ressorts

La modélisation des vêtements est une étape cruciale dans le domaine de la conception graphique, en particulier dans les jeux vidéo, garantissant ainsi réalisme et immersion. C'est la raison pour laquelle je focalise mon sujet TIPE sur la simulation de vêtements via une approche physique basée sur un système masses-ressorts.

La création d'un jeu vidéo repose sur la conception de personnages virtuels qui sont majoritairement recouverts de vêtements. La modélisation réaliste de ces habits permettrait donc une meilleure immersion visuelle dans le jeu en lui apportant un aspect réaliste. C'est ainsi le sujet s'ancre naturellement au thème proposé.

### Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Mécanique)*
- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

### Mots-clés (ÉTAPE 1) :

#### Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)

<i>Simulation de vêtements</i>	<i>Cloth Simulation</i>
<i>Système Masses-ressorts</i>	<i>Mass-Spring system</i>
<i>Collision</i>	<i>Collision</i>
<i>Cisaillement</i>	<i>Shear</i>
<i>Méthode d'intégration</i>	<i>Integration method</i>

### Bibliographie commentée

La simulation de vêtements constitue un domaine de recherche scientifique étendu depuis les années 80, avec diverses applications dans divers secteurs. Actuellement, elle est principalement utilisée par les entreprises de création de jeux vidéo, qui s'efforcent d'atteindre un réalisme optimal dans tous les aspects du jeu, en particulier en ce qui concerne les vêtements portés par les personnages virtuels. Les modèles proposés doivent faire preuve d'une justesse physique et un comportement conformes à la réalité, comme défini par la notion de réalisme dans Le Petit Larousse, qui signifie "caractère de ce qui est une description objective de la réalité, qui ne masque rien de ses aspects les plus crus".[1]

La quête principale des chercheurs dans ce domaine porte sur le réalisme de la simulation, en prenant en considération le coût de l'algorithme adopté. Les premiers modèles, apparus dans les années 80, modélisent le tissu par une surface rigide. Par la suite, plusieurs approches ont été explorées. Une des méthodes proposées consiste à simuler les habits en utilisant un modèle mathématique purement "géométrique", développé par J. Weil, qui a modélisé la structure du tissu par une grille bidimensionnelle de points géométriques tridimensionnels. Ce modèle présente, pourtant, certains inconvénients, notamment sa limitation à la représentation statique des tissus. [1]

L'animation du tissu est relativement bien définie en connaissant les lois du comportement mécanique de ce tissu et en étudiant les différentes contraintes auxquelles il est soumis. Deux approches physiques existent à cet égard. Le modèle continu, basé sur la mécanique des milieux continus introduit par Carl Richard Feynman traite le tissu comme une surface déformable élastique continue en calculant la position finale du tissu par la minimisation de l'énergie totale. Ces travaux ont été complétés par les études menées par Trezopoulos qui étaient plus réalistes. Toutefois, cette approche présentait un obstacle majeur lié à son caractère hyper-élastique, l'empêchant d'avoir un comportement réaliste.

L'approche discrète, quant à elle, modélise le tissu d'une façon plus réaliste et facile à interpréter numériquement. Elle présente deux modèles, celui des particules consiste à discrétiser le tissu en un maillage polygonal. Les sommets du maillage sont appelés particules. En 1998, Xavier Provot propose un modèle masses - ressorts, qui consiste à modéliser une pièce de tissu par un réseau constitué de  $m \times n$  masses ponctuelles liées par des ressorts. Ces ressorts sont divisés en trois types : ressorts de traction, ressorts de cisaillement, et ressorts de flexion.[2] L'étude des différentes forces appliquées sur ces masses permettra d'évaluer le comportement du tissu grâce à l'intégration numérique du principe fondamental de la dynamique. Les forces considérées comprennent des forces intérieures et extérieures. Les principales forces intérieures sont les forces appliquées sur chaque masse (ij) par les ressorts la liant aux masses (kl) voisines. Quant aux forces extérieures, on compte la gravité et un amortissement visqueux modélisant la dissipation d'énergie mécanique dans le modèle.[3][4] Ce modèle, facile à implémenter numériquement, peut aussi représenter d'autres phénomènes physiques auxquels peut se soumettre le tissu. L'un de ces phénomènes est le cisaillement qui représente les efforts exercés parallèlement à la face du tissu causant une rotation, on distingue entre cisaillement isométrique et iso surfacique. Les expériences de Kawabata ont permis de mieux comprendre ce phénomène, qui est principalement représenté par les ressorts de cisaillement.[1] En outre, X.Provot traite la détection de collisions, en particulier celles qui sont intérieures au tissu (sommets-sommet et sommets-triangle) pendant un intervalle de temps  $[t_0, t_0 + \Delta t]$ , et de la réponse du système à cette collision[5]. Tous ces phénomènes ne permettront d'approcher le réalisme de la simulation que s'ils sont intégrés numériquement. Il existe plusieurs méthodes permettant d'accomplir cette tâche, on compte les méthodes d'intégration d'Euler et de Störmer-Verlet.[6]

## Problématique retenue

Le modèle masses-ressorts permet-t-il de représenter le comportement mécanique du tissu de manière réaliste en considérant les différentes contraintes auxquelles celui-ci est soumis ? Peut-on simuler numériquement ce système ?

## Objectifs du TIPE du candidat

Mon sujet TIPE traitera les axes suivants :

- Etudier le comportement physique du système masses-ressorts et établir l'équation le régissant, et proposer une méthode d'intégration numérique de ces équations.
- Explorer les contraintes auxquelles est soumis le système masses-ressorts .
- Proposer une simulation informatique permettant de représenter le mouvement de ce système.

## Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] HATEM CHARFI : Amélioration de la Modélisation et de la Simulation des Vêtements en 3D : *Thèse de doctorat de l'université de Paris 6., 2006*
- [2] XAVIER PROVOT : Deformation Constraints in a Mass-Spring Model to Describe Rigid Cloth Behavior : *Proceedings of Graphics Interface '95, Canadian Computer-Human Communications Society (1995), pp. 147-154.*
- [3] B. EBERHARDT, O. ETZMUSS & M. HAUTH : Implicit-Explicit Schemes for Fast Animation with Particle Systems : *In: Magnenat-Thalmann, N., Thalmann, D., Arnaldi, B. (eds) Computer Animation and Simulation 2000. Eurographics. Springer, Vienna., p. 44-54*
- [4] JEAN LOUCHET, XAVIER PROVOT & DAVID CROCHEMORE : Evolutionary identification of cloth animation model : *Proceedings of the Eurographics Workshop on Computer Animation and Simulation, Springer-Verlag (Sep 1995), pp. 44-54.*
- [5] XAVIER PROVOT : Collision and self collision handling in cloth model dedicated to design garments : *Proceedings of Graphics Interface '97, pp. 177-189, 1997*
- [6] ZARA FLORENCE : Algorithmes parallèles de simulation physique pour la synthèse d'images : application à l'animation de textiles : *thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2003*