

Sujet de thèse – Communauté universitaire de Grenoble - école doctorale EDISCE

**Un nouveau pipeline de modélisation et de simulation temps réel
pour l'animation d'images par modèles physiques :
MIMESIS Temps-réel**

**Directeurs de thèse : Nicolas Castagné, Annie Luciani (ICA – Grenoble INP)
Co-encadrant : Emmanuelle Darles (XLIM, Université de Poitiers)**

Contacts : direction-ICA@imag.fr - emmanuelle.darles@univ-poitiers.fr - 04 76 57 49 08

Le domaine de l'animation d'images dispose aujourd'hui de nombreux modèles pour la représentation de phénomènes naturels ou réalistes. Par ailleurs de nombreuses stations de réalités virtuelles ont été expérimentées en laboratoire ou dans certains usages. Plusieurs points de blocage limitent toutefois aujourd'hui le développement de ces méthodes.

La modélisation physique est encore rarement couplée à une simulation temps réel, en particulier lorsque celle-ci est en interaction avec un être humain via des systèmes d'interaction gestuelle à retour d'effort. Une question fondamentale ici est celle du temps de calcul. Les pas de simulation pour l'animation visuelle sont vite plafonnés par la complexité géométrique et visuelle de l'image (par exemple en terme de nombre de points ou de polygones), alors que l'interaction haptique et la simulation physique réclament des pas de calcul beaucoup plus petits pour garantir à la fois la stabilité numérique et la qualité du couplage geste-simulation et des ressentis visuels et haptiques - par exemple lors de collisions avec un objet rigide. Cela explique que les plateformes de réalités virtuelles, essentiellement basées sur de la modélisation géométrique, intègrent difficilement la modélisation physique et que, lorsqu'elles intègrent l'interaction haptique, celle-ci est alors soit spécifique à un type particulier d'objets ou de gestes, soit simplifiée et de piètre qualité.

Les systèmes de réalités virtuelles, en particulier lorsqu'ils intègrent une dimension d'interaction haptique, sont rarement associés à des modeleurs interactifs : les scènes sont créées par programme, optimisées puis simulées.

Quant aux modèles physiques eux même, ils restent en général focalisés sur les déformations et n'abordent que rarement, et seulement depuis peu, la question des fractures, déchirures et plus généralement des transformations topologiques. Les travaux récents qui s'intéressent à ces types de phénomènes proposent des modèles *ad-hoc*, réalisés au cas par cas. Par conséquent, là encore, il n'existe pas dans l'état de l'art de modeleur interactif permettant de modéliser des transformations d'objets physiques.

Une cause commune à ces trois types de verrous tient à la façon dont est envisagée, au niveau fondamental, la modélisation physique et son amarrage à la modélisation géométrique et spécification de maillages), à laquelle se rajoute des comportements physiques (par exemple des éléments finis ou des systèmes masses-ressorts). La complexité des maillages géométriques et de leur manipulation (raffinement, multirésolution, etc.) se propage alors sur l'étage physique et limite la rapidité nécessaire au calcul physique. Par ailleurs, l'absence d'un niveau explicite de modélisation topologique limite l'introduction générique de procédés de transformations topologiques.

La thèse ambitionne de parvenir au premier système combinant la modélisation et la simulation physiques temps réel instrumentales, avec interaction gestuelle à retour d'effort, pour la création d'image animée.

Dans cet objectif, il s'agira :

- d'identifier clairement les différents niveaux nécessaires à la production de l'image : physiques (incluant la prise en compte de l'interaction haptique), topologiques, géométriques, optiques, de manière à adapter chaque niveau à ses contraintes propres :

- de mettre en place un pipeline efficace entre ces différents composants qui permette une optimisation des temps de simulation pour les parties physiques avec minimisation du nombre d'éléments physiques nécessaires, la variation des résolutions et des raffinements spatiaux pour les parties géométriques et optiques et une certaine flexibilité des changements topologiques sous contrôle physique.
- D'envisager une chaîne de calcul efficace, répartie sur plusieurs processeurs. Chaque unité de calcul peut être en effet dédiée à l'un des types de modèles et donc supporter pleinement les contraintes temps réel et les types de complexité propres à ce modèle : temps réel synchrone haute fréquences pour le calcul physique et l'interaction gestuelle, boucles plus relâchées pour les étages avals topologiques, géométriques et de rendu, par exemple.

Enfin, en permettant d'intervenir explicitement et indépendamment sur chacune des propriétés fondamentales de l'image animée que sont le mouvement (la dynamique), les relations topologiques, la forme, et l'optique, ainsi que sur leur association, la nouvelle chaîne de modélisation/simulation ouvre la voie à de nouvelles démarches de création de l'image animée, ainsi qu'à de nouvelles approches dans l'étude de la perception et de la cognition des composants fondamentaux de l'image animées et de leurs relations, étendant les études amorcées dans le projet ANR DYNAMÉ [Benallegue et al.12].

La thèse bénéficiera des savoir faire et technologies portées de longue date par le laboratoire ICA :

- Systèmes d'interaction gestuelle haut de gamme « Console GAMMA » composés de 12 touches à retour d'effort, adaptables à la variabilité du geste manuel au moyen d'une collection d'adaptateurs morphologiques : touche, sticks 1D, 2D, 3D ou 6D, pinces, etc.
- Formalisme masses-interactions pour la modélisation et la simulation des objets physiques CORDIS-ANIMA.
- Environnement logiciel de modélisation physique pour l'image animée MIMESIS-V (2015).
- Plateformes multiprocesseurs de calcul temps réel synchrone équipées d'un co-processeur haptique.

La thèse s'appuie également sur des résultats obtenus récemment par le laboratoire durant la thèse de James Leonard soutenue en Octobre 2015, qui a abouti à une première intégration des savoir faire et technologies de la modélisation physique et des savoir faire et technologies de la simulation synchrone basée physique, dans le contexte du son et de la musique, avec traitement des questions de modélisation et de calcul multifréquences [Leonard et al.15] ainsi que des travaux de [Kalantari et al.14] sur les fractures physiques par modèles physico-topologiques.

Les problèmes fondamentaux à affronter dans la thèse sont :

- Les questions nouvelles posées, dans le cas de l'image, par l'amarrage d'un modèleur interactif avec un simulateur interactif : complexité nécessaire des scènes physique destinées à l'œil, considération, dans la modélisation et dans la simulation, des morphologies variables des manipulateurs haptiques, implantation multiprocesseurs (découpage des modèles pour les répartir sur plusieurs processeurs).
- Les questions posées par l'introduction d'un étage topologique en aval de la modélisation physique : introduction de capteurs, processus de transformation des G-cartes et contrôle de leur cohérence pendant l'évolution, complexité, optimisation. Nous bénéficierons ici de la compétence du laboratoire XLIM de Limoges – Poitiers avec lequel nous travaillerons en collaboration.
- La mise en place de procédés de modélisation topo-géométrique modulaires et contrôlables en temps réel.

Les travaux sont à visée générique ; pour les expérimentations on s'intéressera notamment à un cas d'étude emblématique, sympathique et nouveau dans l'état de l'art, que nous appellerons « Fracture haptique multisensorielle ».

- Kalantari et al.14] Kalantari S, Luciani A, Castagné N : "A New Way to Model Physics-Based Topology Transformations: Splitting MAT". Proceedings of the 12th Intern. Symposium on Smart Graphics, August 27-29 2014, Taiwan, 8 pages.
- [Leonard et al.14] Leonard J., Cadoz C., Castagne N., Florens J.L. and Luciani A. : "A Virtual Reality Platform for Musical Creation: GENESIS-RT", Lecture Notes in Computer Science, Volume 8905, 2014, pp 346-371.
- [Luciani et al.13] Luciani A, Allaoui A, Castagné N, Darles E, Skapin X, Meseure P. "MORPHO-Map: A New Way to Model Animation of Topological Transformations". Proceedings of the 9th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications, 2013. 13 pages.
- [Benallegue et al.12] Benallegue AA, Luciani A, Allaoui A, Kalantari S. « A Cognitive Analysis of the Perception of Shape and Motion Cooperation in Virtual Animations ». Poster. Proceedings of Symposium on Applied Perception, Los Angeles. 2012.

Pour prendre contact avec l'équipe d'encadrement ou vous renseigner :
(conseillé avant toute candidature) :

direction-ICA@imag.fr - +33 4 76 57 49 08

Pour proposer votre candidature en ligne sur le site de l'Ecole Doctorale EDISCE :
http://www.adum.fr/as/ed/edisce/page.pl?page=candidater_alloc