



Rapport d'évaluation du mémoire de thèse / Evaluation report of the PhD thesis

THES_FOR_10

Doctorant	Nom prénom / Full name	MANTEAUX Pierre-Luc
PhD student	École doctorale / Doctoral School	ED MSTII
	Titre thèse / PhD Title	Simulation et contrôle de phénomènes physiques
Rapporteur	Nom prénom / Full name	MARCHAL Maud
Reviewer	Établissement / Institution	Institut National des Sciences Appliquées de Rennes
	Statut, fonction / Status, position	Maître de conférences, HDR

Qualité du mémoire, rédaction & illustrations / Thesis quality, style & illustrations



Satisfaisant / Satisfactory [] Bon / Good [] Très bon / Very good [X] Excellent []

Commentaires/comments :

Les travaux de Monsieur Pierre-Luc Manteaux ont été réalisés dans le contexte de la simulation de phénomènes physiques pour l'informatique graphique. Ils proposent de nouvelles techniques afin de réduire les temps de calcul des simulations tout en préservant au mieux la complexité des phénomènes simulés.

Le manuscrit comporte 5 chapitres principaux :

- Deux chapitres consacrés à l'état de l'art, un premier chapitre sur les principales méthodes utilisées pour la modélisation et la simulation physique en informatique graphique, un second focalisé sur les modèles adaptatifs, thématique au cœur de la thèse de Monsieur Pierre-Luc Manteaux ;
- Un chapitre décrivant une première contribution portant sur un modèle adaptatif permettant de réduire les temps de calcul dans des simulations Lagrangiennes de particules ;
- Un chapitre présentant une deuxième contribution sous la forme d'un algorithme permettant de réaliser la découpe détaillée d'objets fins et déformables ;
- Un chapitre proposant une troisième contribution sur le contrôle interactif d'animations de liquides à l'aide d'outils de sélection et d'édition appropriés.

Ces chapitres sont complétés par une introduction, une conclusion, une annexe détaillant une méthodologie développée au chapitre 5, et enfin une bibliographie de plus de 200 références. Le mémoire est rédigé en anglais et réalisé partiellement à partir d'articles déjà publiés. Les principales contributions sont bien expliquées, et le travail sur l'état de l'art est particulièrement conséquent.

Le mémoire de thèse est bien structuré, notamment avec, dans chaque chapitre, une partie introductive et/ou une conclusion permettant de replacer chaque contribution par rapport aux méthodes adaptatives de la littérature. Ainsi, même si les contributions proposées sont complètement indépendantes, l'objectif global dans lequel elles s'insèrent est bien rappelé dans le manuscrit et permet d'assurer la cohérence du mémoire. Les illustrations proposées apportent quant à elles des explications pertinentes par rapport aux descriptions des méthodes développées et contribuent à la qualité du manuscrit.

Contexte, état de l'art, collaborations / Background, state of the art, collaborations :

Commentaires/comments :

Les travaux de Monsieur Pierre-Luc Manteaux ont été menés au sein de l'équipe Imagine du laboratoire Jean Kuntzmann, sous la direction conjointe de Monsieur François Faure et Madame Marie-Paule Cani. Certains des travaux ont été réalisés en collaboration avec des chercheurs locaux et internationaux.

Le contexte de la thèse concerne la simulation et le contrôle d'animations de phénomènes physiques pour l'informatique graphique. Le fil rouge du manuscrit concerne plus particulièrement des méthodes adaptatives permettant d'améliorer le compromis entre le temps de calcul des simulations et la complexité des phénomènes physiques simulés. Pour cela, le manuscrit décrit dans deux chapitres séparés l'état de l'art d'une part des principes généraux de la simulation physique pour l'animation, et d'autre part des méthodes adaptatives proposées dans la littérature pour relever le compromis temps/précision.

Le chapitre d'état de l'art sur les principes généraux de l'animation et du contrôle de phénomènes physiques est composé d'une première partie sur les concepts de la mécanique des milieux continus, puis une

seconde partie sur les approches proposées dans la littérature pour contrôler les animations en informatique graphique. Le résumé sur la mécanique des milieux continus décrit bien les principaux concepts pour la simulation d'objets solides, déformables ou liquides et est particulièrement bien illustré. Une partie conséquente est notamment consacrée aux calculs numériques et est présentée de manière très pédagogique. La deuxième partie résume les principales approches de la littérature permettant le contrôle de simulations physiques. Les principaux défis sont bien énumérés. Un tableau de synthèse et de positionnement par rapport à la thèse aurait pu être intéressant afin d'identifier les problématiques abordées au cours de la thèse.

Le second chapitre sur l'état de l'art s'intéresse plus particulièrement aux méthodes adaptatives proposées dans la littérature pour l'animation de phénomènes physiques en informatique graphique. Le chapitre est très conséquent et particulièrement bien rédigé. On peut notamment noter un effort de catégorisation des approches existantes, et des explications très claires des principaux concepts en jeu lors de la mise en place de telles méthodes adaptatives. Ce chapitre est particulièrement remarquable dans le travail de thèse réalisé et a d'ailleurs fait l'objet d'une publication en premier auteur dans une revue internationale très reconnue dans le domaine (Computer Graphics Forum), en collaboration avec des chercheurs internationaux.

Le travail de bibliographie de Monsieur Manteaux est très complet et présente bien les différents enjeux scientifiques qui seront ensuite abordés dans les contributions de la thèse. Il montre les connaissances très poussées de Monsieur Manteaux concernant l'état de l'art sur un sujet de thèse pluridisciplinaire combinant des thématiques variées telles que la mécanique des milieux continus, la simulation numérique et l'animation en informatique graphique. Le travail de bibliographie est également complété ponctuellement dans les chapitres suivants sur des aspects complémentaires abordés lors de certains des travaux de thèse, notamment sur la simulation de la fracture et de la découpe (chapitre 5).

Qualité scientifique, méthodologie, expérimentations, validation

Scientific quality, methodology, experiments, validation



Satisfaisant / Satisfactory []

Bon / Good []

Très bon / Very good [X]

Excellent []

Commentaires/comments :

Monsieur Pierre-Luc Manteaux s'intéresse dans ses travaux de thèse à la conception de simulations de phénomènes physiques qui soient efficaces à la fois en précision et en temps. Pour cela, les travaux ont porté sur l'utilisation de méthodes adaptatives permettant d'adapter automatiquement la représentation mathématique des objets simulés, les structures de données ou bien les algorithmes en fonction de critères donnés et souvent dépendants de l'application. L'objectif est d'augmenter les performances en temps de calculs des simulations sans diminuer leurs qualités d'interactivité et de précision. Pour cela, trois nouvelles méthodes adaptatives indépendantes sont proposées dans le manuscrit et représentent les trois contributions scientifiques de la thèse.

Le sujet de recherche de la simulation physique interactive dans le contexte de l'informatique graphique est un sujet très pluridisciplinaire nécessitant une maîtrise à la fois des équations mécaniques mais également des enjeux numériques de la simulation, avec des développements logiciels conséquents pour obtenir des résultats valorisables dans des publications. Dans ce contexte, la thèse de Monsieur Pierre-Luc Manteaux propose trois nouvelles contributions sur des aspects très différents : la simulation de particules pour l'animation de liquides et de tissus déformables, la simulation de la découpe sur des objets 2D déformables et enfin l'édition interactive de simulations de liquides. La diversité des sujets abordés, complétée par une quatrième contribution sur la simulation multimodale de la déchirure de papier non décrite dans le manuscrit, est particulièrement remarquable et montre l'étendue des connaissances mises à profit au cours de la thèse. Chacune des contributions proposées a par ailleurs fait l'objet d'une publication dans une conférence internationale et a donc été validée par la communauté internationale. Les prochains paragraphes détaillent le rapport sur les principales contributions en fonction des différents chapitres du manuscrit.

Le chapitre 4 propose une méthode adaptative pour simuler des particules décrites avec une formulation Lagrangienne. L'approche proposée s'inspire d'une méthode existante « Adaptively Restrained Particule Simulations » déjà proposée dans le contexte de simulations pour la dynamique moléculaire. Les contributions portent dans le manuscrit sur une adaptation de la méthode existante pour la simulation de particules en informatique graphique. Après un rappel des principales équations de la méthode originelle, Monsieur Pierre-Luc Manteaux décrit donc son extension pour la simulation de particules en utilisant le formalisme des « Smooth Particles Hydrodynamics » largement utilisé en informatique graphique, notamment pour la simulation de fluides. Un schéma d'intégration est également proposé afin de simuler des objets déformables tels que les vêtements. Les performances en temps de calcul sont illustrées au travers de simulations de fluides et de vêtements. Il aurait été intéressant de comparer les résultats avec d'autres approches existantes et d'étudier l'influence des différents paramètres (nombre de particules, seuils de la méthode adaptative par exemple). Le travail présenté ouvre néanmoins des perspectives pour améliorer les performances de la simulation de particules en informatique graphique et a été publié dans le workshop international « Virtual Reality Interaction and Physical Simulation 2013 ».

Le chapitre 5 présente une deuxième méthode adaptative pour la simulation de la découpe dans des objets fins et déformables. La découpe est reconnue comme étant un phénomène physique particulièrement gourmand en temps de calcul. Dans ce contexte, Monsieur Pierre-Luc Manteaux propose une méthode s'appuyant sur un modèle sans maillage et permettant de découpler la géométrie des calculs physiques sous-

jacents. Les contributions portent notamment sur la construction d'une grille englobant des fonctions de forme adaptatives pour obtenir un modèle visuel très détaillé tout en gardant un contrôle physique pertinent, et la gestion des changements de topologie avec notamment la mise à jour des différentes parties de l'objet impacté par la découpe. Un bref positionnement par rapport à l'état de l'art est proposé avant la présentation des détails algorithmiques. Les résultats sont illustrés au travers de découpes avancées dans des feuilles de papier. Le travail ouvre la voie pour des applications potentielles à d'autres matériaux ou bien des objets 3D. Il a été publié dans la conférence internationale « ACM Siggraph on Motion in Games 2015 », en collaboration avec des chercheurs de l'université de Berkeley.

Le chapitre 6 présente une troisième méthode adaptative permettant d'éditer interactivement des animations de liquides. L'approche s'appuie sur une métaphore de sculpture où l'utilisateur peut sélectionner, couper, copier, éditer et coller des composantes de l'animation appelées « space-time features ». La méthode propose notamment des algorithmes permettant d'extraire les régions d'intérêt d'une animation de liquide, un ensemble d'outils permettant d'éditer ces régions d'intérêt et ensuite de les repositionner dans la simulation d'origine ou bien dans une nouvelle simulation. Les performances de l'approche sont très bien illustrées à l'aide de plusieurs exemples concernant la simulation de fluides ou bien la simulation d'objets physiques auxquels l'utilisateur peut ajouter des effets de liquides. L'approche proposée ouvre de nombreuses possibilités pour l'édition d'animations et les premiers résultats semblent prometteurs. La méthode a été acceptée dans la conférence de rang international « ACM Siggraph on Motion in Games 2016 ».

Apports personnels, originalité, valorisation, perspectives
Personal contributions, originality, valorization, prospects*Commentaires/comments :*

Les contributions proposées par Monsieur Pierre-Luc Manteaux sont très variées et montrent des compétences approfondies dans la simulation de nombreux phénomènes physiques différents tels que les objets déformables, solides ou bien liquides. Les méthodes développées proposent des solutions originales et démontrent les qualités de Monsieur Pierre-Luc Manteaux pour proposer de nouvelles contributions scientifiques mélangeant des nouveaux modèles, des simulations efficaces avec un compromis recherché entre temps et précision et le développement d'illustrations des méthodes proposées. Monsieur Pierre-Luc Manteaux propose également des perspectives pour chacune de ces contributions, notamment sous la forme de possibilités d'amélioration ou d'extension. Enfin, il est à noter le travail remarquable réalisé sur l'état de l'art sur le sujet de thèse avec une rédaction approfondie et très explicative des principales approches de la littérature concernant des méthodes adaptatives pour la simulation physique.

Conclusions du rapporteur / Reviewer's conclusions*Commentaires/comments :*

En résumé, le mémoire de thèse de Monsieur Pierre-Luc Manteaux aborde le domaine pluridisciplinaire de la simulation physique pour l'informatique graphique au travers de plusieurs contributions distinctes : un modèle adaptatif permettant de réduire les temps de calcul dans des simulations Lagrangiennes de particules ; un algorithme permettant de réaliser la découpe détaillée d'objets fins et déformables ; une méthode pour le contrôle interactif d'animations de liquides à l'aide d'outils de sélection et d'édition appropriés. Le manuscrit comporte également un état de l'art remarquable sur les modèles adaptatifs existants dans la littérature pour l'animation de phénomènes physiques. La rédaction du mémoire est bien structurée, expliquant clairement les travaux réalisés et accompagnée d'illustrations appropriées. Des publications internationales confirment les qualités scientifiques de Monsieur Pierre-Luc Manteaux et sa capacité à produire des travaux de recherche originaux dans le domaine de l'informatique graphique.

En conclusion, je donne un avis très favorable à la soutenance de thèse de Monsieur Pierre-Luc Manteaux en vue de l'obtention du titre de Docteur de l'Université de Grenoble.

Avis du rapporteur / Reviewer's opinion :Défavorable à la soutenance / Unfavorable to the defence [☐]

Favorable [X]

Date 12 septembre 2016

Signature

