

# Sujet de stage de Master 2 (début 2018)

**Titre : Reconstruction automatique d'un modèle articulé**

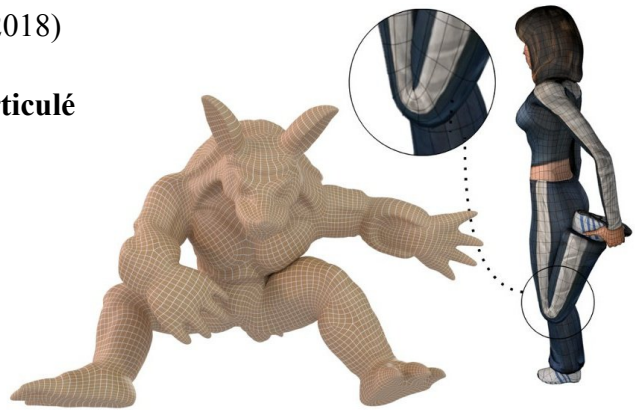
**Durée : 5 ou 6 mois**

**Encadrant :**

Loïc Barthe, Professeur des Universités  
IRIT, équipe STORM

[loic.barthe@irit.fr](mailto:loic.barthe@irit.fr)

<http://www.irit.fr/~Loic.Barthe>



## Contexte

De nos jours, les écrans sont omniprésents dans notre environnement : dans plusieurs pièces de nos foyers, dans les transports, les lieux publics, sur nos téléphones portables, les tablettes, etc. Le marché du contenu numérique tout comme le nombre de ses acteurs industriels est en constante augmentation, alors que, malgré la puissance des suites logicielles professionnelles actuelles, la production de contenu virtuel animé est encore longue, fastidieuse et demande des efforts considérables à plusieurs professionnels aux spécialités différentes. En fait, la seule animation d'un personnage virtuel, qui est ce qui nous intéresse dans ce projet, nécessite déjà l'intervention de plusieurs spécialités. Ceci est dû au nombre important de tâches différentes et spécifiques à réaliser et à la complexité des logiciels.

Ainsi, même si la production 3D par l'outil informatique permet une liberté totale dans la variété des animations, et reste moins coûteuse que l'acquisition d'images du réel, elle est encore plus délicate, longue, chère et compliquée que ce à quoi nous pourrions nous attendre à la vue de la puissance de calcul et de stockage du matériel graphique actuel. Ceci pousse les industriels à être en demande et en attente constante de solutions permettant une production plus rapide en utilisant des processus plus intuitifs et efficaces. Plus précisément, il y a un besoin fort, d'un côté, de techniques automatiques donnant rapidement des résultats plus plausibles/prévisibles et d'un autre, des représentations de surfaces et des méthodes de déformation contrôlables intuitivement, en quelques manipulations interactives.

## Challenge et contexte scientifique

**Techniquement :** D'un point de vue technique, nous pouvons différencier deux types de déformations en animation de personnages. Les déformations naturelles qui correspondent aux réactions physiques et mécaniques d'un objet (e.g. le gonflement des muscles, l'écrasement des organes en contact, le déplacement/balottement des organes mous, les plis de peaux, etc) et les déformations créées par l'utilisateur afin d'ajuster ou modifier un comportement d'animation pour arriver à un résultat désiré (e.g. exagération de déformation, ajustement des gonflements, synchronisation d'effets, correction des propriétés d'un organe, retouche du modèle, etc). Idéalement, les déformations naturelles devraient être générées rapidement et automatiquement tout en étant éditables intuitivement et interactivement afin que l'utilisateur puisse efficacement modifier, éditer et/ou ajuster le résultat. Malheureusement, actuellement, les techniques automatiques produisant des résultats réalistes ou plausibles de déformations demandent trop de calculs pour être interactives et les techniques de déformation interactives donnent des résultats très grossiers et loin d'être acceptables. Ainsi, ces techniques interactives sont utilisées pour produire des animations rapidement, mais le résultat doit ensuite être massivement édité « à la main » par les infographistes qui vont dépenser temps et énergie pour arriver à un résultat satisfaisant.

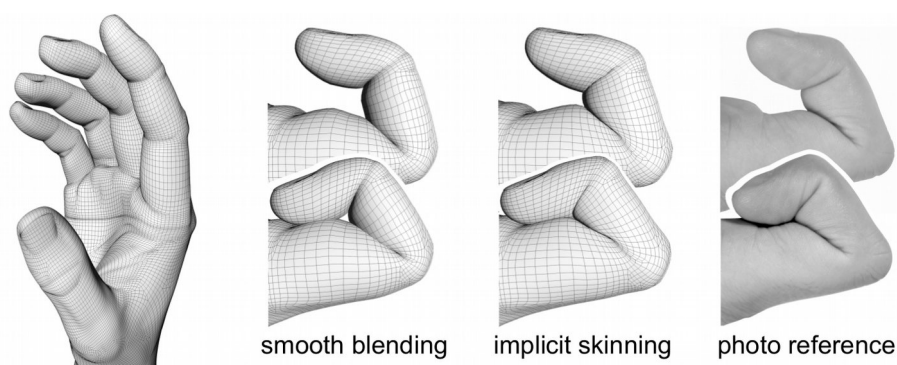
**Petit état de l'art :** Scientifiquement, nous pouvons classer les techniques de déformations de surfaces pour l'animation en deux familles. La première regroupe les approches basées sur la physique pour simuler les matériaux et leur déformations [1,2,3]. Ces approches peuvent être couplées à des techniques de détection de collisions [4,5,6]. Leur avantage est de produire des résultats réalistes, cependant, elles se basent bien souvent sur une résolution d'équations différentielles ou sur des minimisations de fonctions d'énergie coûteuses et il faut encore plusieurs secondes pour calculer les déformations résultant d'un pas de simulation. Ceci les rend inadaptées à un contrôle interactif et de plus, elles sont bien souvent peu intuitive à paramétrer et difficilement éditables [7]. La seconde famille regroupe les approches dites géométriques. Il s'agit de méthodes qui cherchent à diffuser de façon continue les déformations sur les maillages, à proximité des articulations [8,9,10]. Ces méthodes sont mises en œuvre en interpolant les transformations d'animation avec des poids précalculés sur le maillage. Elles sont très peu coûteuses en calculs mais elles produisent comme résultat des déformations « molles » qui ne prennent pas en compte les collisions et qui

sont peu plausibles pour un personnage. Les déformations produites sont donc reprises manuellement par les infographistes, tout d'abord en modifiant les poids d'interpolation sur le maillage, puis en éditant le maillage par poses d'animation clés [11,12,13,14]. C'est un travail très long et fastidieux. Si le personnage est habillé, les textiles peuvent être traités comme une peau afin d'être éditables et manipulables interactivement. Sinon, il faut utiliser une simulation physique spécifique [15,16] avec les mêmes difficultés que les approches physiques précédentes, à ceci près que sans prise en compte des collisions, elles sont plus rapides à calculer [17], notamment grâce à leur modélisation surfacique, plutôt que volumique.

**Challenge scientifique :** Dans ce contexte, le challenge scientifique est de proposer et développer un ou un ensemble de nouveaux modèles de déformations qui sont (1) capable de produire automatiquement un résultat plausible et prévisible en temps interactif tout en étant contrôlé avec peu de paramètres (2), qui à partir de cette solution, sont éditables/ajustables de façon intuitive et interactive avec peu d'opérations simples et (3) produisent des déformations stables et conformes lors des différentes animations. Afin de cumuler ces trois avantages, la bonne adaptabilité des modèles aux architectures de calculs spécifiques actuelles comme les GPUs (Graphical Computing Units) sera un atout indéniable afin de gagner en performance tout en gardant des implantations robustes.

## Positionnement de l'équipe STORM de l'IRIT

Nos recherches sur les déformations de personnages lors d'une animation ont débutées en 2010 suite à des travaux théoriques sur la composition de surfaces implicites [18]. Grâce à ces compositions, nous sommes capables de reproduire des déformations plausibles au niveau des articulations d'un objet animé comme un personnage, mais représenté sous la forme de surfaces implicites. Nous utilisons donc les fonctions scalaires 3D comme support pour guider les déformations du maillage des personnages lors de leur animation [19,20]. Il s'agit d'une approche nouvelle et très prometteuse que nous développons dans l'équipe STORM avec la collaboration proche de Marie-Paule Cani (Université Grenoble Alpes), Gaël Guennebaud (Inria Sud-Ouest) et Brian Wyvill (Université de Victoria – Canada). Les premiers résultats que nous avons obtenus ont éveillé l'intérêt des scientifiques et des professionnels de l'animation qui suivent de près les développements et les évolutions de notre approche (un transfert est aussi en cours).



*De gauche à droite : le maillage à animer, la solution obtenue par déformation géométrique (méthode standard : la déformation est lisse, trop arrondie et sans gestion des contacts), la solution obtenue automatiquement avec notre approche couplant maillage et fonctions scalaires 3D (la solution respecte la rigidité de l'os sur l'extérieur de l'articulation, produit la surface de contact tout en gonflant la surface dans la zone de pli), une photo d'un doigt réel comme référence pour la comparaison.*

## Sujet du stage de recherche

Ce stage porte sur l'amélioration de la robustesse et de l'automatisation de notre méthode de déformation. Pour être mise en œuvre, elle nécessite une reconstruction des parties articulées du maillage à base de fonctions scalaires. La solution automatique que nous utilisons actuellement est relativement naïve et nécessite une intervention de l'infographiste animateur pour rendre nos déformations fonctionnelles. L'objectif est donc d'étudier et de proposer une méthode de reconstruction versatile et robuste qui, si elle n'annule pas, minimisera le besoin d'une intervention utilisateur. Tout résultat de qualité sera intégré dans un logiciel de déformation de personnages pour l'animation que nous développons en partenariat avec des industriels de l'animation dans le projet ANR Fold-Dyn (<https://www.irit.fr/~Loic.Barthe/folddyn.php>) qui a débuté mi-Janvier 2017.

En travaillant sur ce projet, l'étudiant se formera aux techniques de déformations de surfaces pour l'animation de personnages. Ceci lui donnera les compétences requises pour continuer à travailler dans un environnement académique à travers une thèse par exemple ou s'orienter vers un emploi dans l'industrie de l'informatique graphique. Il évoluera dans un groupe dynamique incluant des doctorants, un post-doctorant et un ingénieur travaillant autour des déformations de maillage pour

l'animation de personnages. L'étudiant bénéficiera aussi de l'environnement du projet Fold-Dyn qui a débuté mi-Janvier 2017, dans lequel deux thèses doivent débiter en Septembre 2017 sur la gestion des collisions et des déformations des habits des personnages virtuels animés.

## Bibliographie

- [1] Ng-Thow-Hing, V. Anatomically-based models for physical and geometric reconstruction of humans and other animals. PhD thesis, Toronto, Ont., Canada, Canada, 2001.
- [2] Teran, J. et al. Robust quasistatic finite elements and flesh simulation. In ACM/Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA), 181–190, 2005.
- [3] Mc Adams, A. Et al. Efficient elasticity for character skinning with contact and collisions. In ACM Transactions on Graphics (Proceedings of Siggraph), 30(4), 2011.
- [4] Teng, Y. Et al. Simulating articulated subspace self-contact. ACM Transactions on Graphics (Proceedings of Siggraph), 33(4), 2014.
- [5] Harmon, D. Et al. Asynchronous contact mechanics, ACM Transactions on Graphics, 2009.
- [6] MC Adams, A. et al. Efficient elasticity for character skinning with contact and collisions, ACM Transactions on Graphics, 2011.
- [7] Ali-Hamadi, D. Et al. Anatomy transfer. ACM Transactions on Graphics (Proceedings of Siggraph), 32(6), 2013.
- [8] Magnenat-Thalmann, N. et al., Modeling of bodies and clothes for virtual environments. International Conference on Cyberworlds. 2004.
- [9] Kavan, L. et al., Geometric skinning with approximate dual quaternion blending. ACM Transactions on Graphics, 27, 2008.
- [10] Jacobson, A. and Sorkine, O., Stretchable and twistable bones for skeletal shape deformation. ACM Transactions on Graphics (proceedings of ACM Siggraph Asia), 30(6), 2011
- [11] Lewis, J. P. et al. Pose space deformation: a unified approach to shape interpolation and skeleton-driven deformation. In Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, ACM, SIGGRAPH'00, 165–172, 2000.
- [12] Mohr, A. and Gleicher, M. Building efficient, accurate character skins from examples. In ACM SIGGRAPH 2003 Papers, ACM, SIGGRAPH '03, 562–568, 2003.
- [13] Wang, R. Y. et al. Real-time enveloping with rotational regression. ACM Trans. Graph. 26, 3, 2007.
- [14] Weber, O. et al. Context-aware skeletal shape deformation. Computer Graphics Forum (Proceedings of Eurographics) 26, 3, 2007.
- [15] Baraff, D. Large steps in cloth simulation, Proc. of ACM SIGGRAPH, 1998.
- [16] Bridson, R. Et al. Simulation of clothing with folds and wrinkles, Proc. Of Eurographics Symposium on Computer Animation, 2003.
- [17] Bouaziz, S. et al. Projective Dynamics: Fusing Constraint Projections for Fast Simulation, ACM Transactions on Graphics (Proceedings of Siggraph), 33(4), 2014.
- [18] Gourmel, O. et al. A gradient-based implicit blend. ACM Transactions on Graphics, 32, 2, 2013.
- [19] Vaillant, R. et al., Implicit Skinning: Real-Time Skin Deformation with Contact Modeling, ACM Transactions on Graphics (proceedings of ACM Siggraph), 32(4), 2013.
- [20] Canezin, F. et al. Adequate Inner Bound for Geometric Modeling with Compact Field Functions, Computer & Graphics, 37(6), proc. of SMI, pages 565-573, 2013.
- [21] Vaillant, R et al., Robust Iso-Surface Tracking for Interactive Character Skinning, ACM Transactions on Graphics (proceedings of ACM Siggraph Asia), 33(6), 2014.