

## **Titre : Outils de déformation multidimensionnels**

Directeur(s) de Thèse : Dominique BECHMANN, PR EX1

Unité(s) d'Accueil(s) : ICube

Établissement de rattachement : Université de Strasbourg

Collaboration(s) (s'il y a lieu) : avec Isabelle CHARPENTIER, CR1 CNRS section 41

Rattachement à un programme (s'il y a lieu) : Calcul Scientifique

Résumé (1500 caractères au maximum) :

Ce sujet de thèse se situe dans le domaine de la modélisation géométrique autour des questions de déformations d'objets. Nous nous intéressons à des outils de déformation pouvant s'appliquer à des objets quel que soit la structure de données représentant l'objet.

Ceci peut être obtenu en définissant des déformations dites de l'espace. Le(s) modèle(s) mathématique(s) sous-jacent(s) devront donc permettre de définir le déplacement de tout point de l'espace au cours de la déformation.

Afin de contrôler et de définir ces déformations de l'espace, l'outil de déformation devra être :

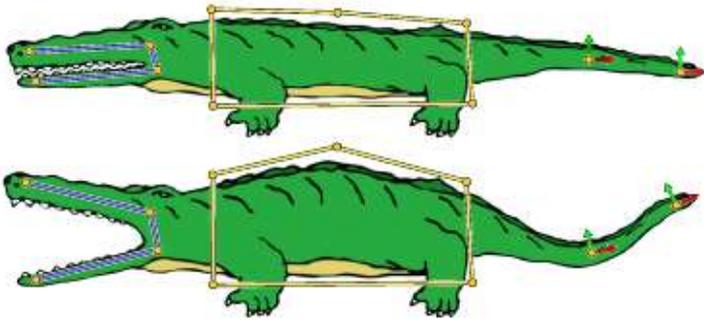
- de forme variée pour épouser au mieux la forme de l'objet,
- de dimension différente selon que l'utilisateur voudra déformer l'objet via une zone d'influence autour d'un point à déformer, via un squelette ou une enveloppe surfacique à éditer ou encore via un volume dont l'intérieur permet de déformer l'intérieur de l'objet 3D,
- de résolution variable afin de proposer un nombre contrôlable de degrés de liberté.

Le cœur du travail consistera à définir le(s) modèle(s) de déformation associé(s) à cet outil de telle sorte que la déformation puisse avoir les propriétés suivantes prenant, ou pas, en compte l'objet déformé :

- déformation lisse de la surface de l'objet,
- déformation globale aussi rigide que possible,
- déformation locale avec contrôle de la zone d'influence,
- déformation empêchant les auto-intersections de l'objet sur lui-même,
- déformation conservant les angles de l'objet pour préserver les détails de l'objet,
- déformation à volume constant de l'objet.

En complément, un travail sur les objets eux-mêmes sera à réaliser. Lorsque ceux-ci seront représentés par des maillages multi résolutions, la résolution devra s'adapter automatiquement à la déformation. Le tout sera réalisé dans la plateforme CGoGN d'IGG.

## Descriptif du sujet (en complément, au format Word ou pdf)



L'objectif de ce travail de thèse serait de pouvoir appliquer simultanément des déformations basées sur des outils de différentes dimensions comme illustré dans [1] sur le crocodile qui ouvre la bouche à l'aide d'un outil axial, grossi grâce à une cage autour de son ventre et dont le mouvement de la queue est contrôlé par deux points.

Dans la pratique, les déformations basées sur un outil de déformation procèdent en 3 étapes :

1. construction d'un outil de déformation,
2. association de tous les points de l'objet à l'outil de déformation (*bind time*),
3. déformation simultanée de l'outil et de l'objet par invariance de l'association (*pose time*).

Une première étape, bibliographique, consistera à étudier les modèles de déformation pour chaque dimension d'outil, le type d'outil ayant un impact sur les déformations qu'il est possible de réaliser. Les modèles de déformation existants proposent des outils de différentes dimensions :

- des cages,
- des volumes,
- des axes ou squelettes,
- des points.

Pour les trois derniers types d'outils, on pourra s'appuyer sur un article de référence [2-Bec08]. Pour les outils de type cage, il faudra étudier des travaux plus récents basés sur des coordonnées barycentriques généralisées comme les Mean Value Coordinates (MVC) [3, 4, 5, 6], les coordonnées harmoniques [7] ou les coordonnées de Green [8]. Pour la génération d'une cage à partir d'un objet donné [9], une première étape du travail a été réalisée afin d'obtenir des cages de résolutions différentes. A noter, que des travaux [10] permettant de gérer de façon cohérente une hiérarchie de cages ont également été effectués.

Pour établir les propriétés les plus intéressantes à obtenir, une incursion pourra être faite du côté des modèles de déformations des surfaces qui prennent en compte les propriétés différentielles [11, 12, 13, 14, 15] des objets pour, par exemple, obtenir des déformations aussi rigides que possible qui conservent les détails de l'objet [16].

L'ensemble des objectifs de ce travail de thèse est listé dans le résumé ci-dessus.

## Références Bibliographiques

[1] Bounded biharmonic weights for real-time deformation. JACOBSON, A., BARAN, I., POPOVIC, J., AND SORKINE, O. *ACM Transactions on Graphics (proceedings of ACM SIGGRAPH)* 30, 4, 78:1–78:8, 2011.

- [2-Bec08] A survey of spatial deformation from a user-centred perspective. J. Gain, D. Bechmann. *ACM TOG Transaction On Graphics*, Volume 27, Number 4, Article 107, 21 pages, October 2008.
- [3] Mean Value Coordinate. *Michael S. Floater, CAGD 20 (2003)*
- [4] Mean Value Coordinate in 3D. *Michael S. Floater, CAGD 22 (2005)*
- [5] Mean Value Coordinate for Arbitrary Planar Polygons. *Kai Hormann, Michael S. Floater, ACM Transactions on Graphics (2006)*
- [6] Mean Value Coordinate for Closed Triangular Meshes. *Tao Ju, Scott Schaefer, Joe Warren, ACM Transactions on Graphics (proceedings of ACM SIGGRAPH), 2005.*
- [7] Harmonic coordinates for character articulation. JOSHI, P., MEYER, M., DE ROSE, T., GREEN, B., AND SANOCKI, T. *ACM Transactions on Graphics* 26, 3, 71:1–71:9. 2007.
- [8] Green Coordinates. Yaron Lipman, David Levin, Daniel Cohen-Or, *ACM Transactions on Graphics (proceedings of ACM SIGGRAPH)*, 2008.
- [9] Automatic Generation of Coarse Bounding Cages from Dense Meshes. *Chuhua Xian, Hongwei Lin, Shuming Gao, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SHAPE MODELING AND APPLICATIONS (SMI), 2009.*
- [10] \*Cages: A Multi-Level, Multi-Cage Based System for Mesh Deformation. *Francisco González García , Teresa Paradinas , Narcis Coll , Gustavo Patow, ACM Transactions on Graphics (proceedings of ACM SIGGRAPH), 2013.*
- [11] Differential coordinates for interactive mesh editing. Lipman Y, Sorkine O, Cohen-Or D, Levin D, Rössl C, Seidel H P. *Shape Modeling International*, Genova, Italy, June 7-9, 2004, pp.181-190.
- [12] Laplacian surface editing. Sorkine O, Lipman Y, Cohen-Or D, Alexa M, Rössl C, Seidel H P. *Eurographics/ACM SIGGRAPH Symposium on Geometry Processing*, Nice, France, July 8-10, 2004, pp.179-188.
- [13] Mesh editing with poisson-based gradient field manipulation. Yu Y, Zhou K, Xu D, Shi X, Bao H, Guo B, Shum H Y. *ACM Trans. Graph.*, 2004, 23(3): 644-651.
- [14] Laplacian mesh processing. Sorkine O. *Eurographics State-of-the-Art Report*, Dublin, Ireland, 2005.
- [15] Linear rotation-invariant coordinates for meshes. Lipman Y, Sorkine O, Levin D, Cohen-Or D. *ACM SIGGRAPH 2005*, Los Angeles, California, USA, July 31-August 4, 2005, pp.479-487.
- [16] As-rigid-as-possible surface modeling. Sorkine O, Alexa M. *Eurographics Symposium on Geometry Processing (SGP'07)*, Barcelona, Spain, Aire-la-Ville, Switzerland, 2007, pp.109-116.