

# Proposition de stage :

## *Transfert de déformations entre surfaces 3D*

**Thématiques :** Géométrie numérique, analyse numérique de la géométrie

**Encadrants :** Etienne Corman

**Laboratoire :** LORIA à Nancy

**Équipe :** [PIXEL](#)

**Directeur du laboratoire :** Jean-Yves Marion

**Durée :** 5 à 6 mois

### Contexte

Le design et la conception assisté par ordinateur d'objets 3D sont de plus en plus accessibles au grand public grâce à des outils de modélisations complexes qui automatisent de nombreuses tâches. Les outils de déformations de surfaces permettant de sculpter un modèle directement en 3D sont depuis longtemps utilisés par les studios d'animation grâce à des logiciels accessibles à tous (ZBrush, Blender 3D).

Nous nous intéressons ici au transfert de déformations : étant donné une animation d'un personnage comment transférer ses mouvements vers un autre personnage ? Pour cela, il faut trouver des points de correspondances entre les deux surfaces pour ensuite appliquer une déformation conjointe.



Figure 1 : Transfert d'animation faciale ([vidéo](#)).

### Hypothèse de travail

Dans ce stage, nous allons représenter les points de correspondances par des correspondances entre fonctions sur une surface. Par exemple, l'application  $\varphi : M \rightarrow N$  entre deux surfaces crée un lien entre l'ensemble des fonctions définies sur  $M$ ,  $L(M)$ , et les fonctions définies sur  $N$  grâce à l'opération de composition :  $\forall f \in L(N), C\varphi(f) := f \circ \varphi \in L(M)$  (voir Figure 2). Cette représentation des applications par un opérateur a un avantage essentiel. L'opérateur  $C\varphi$  est un opérateur linéaire et donc l'analyse des correspondances revient à étudier une matrice de petite taille [1].

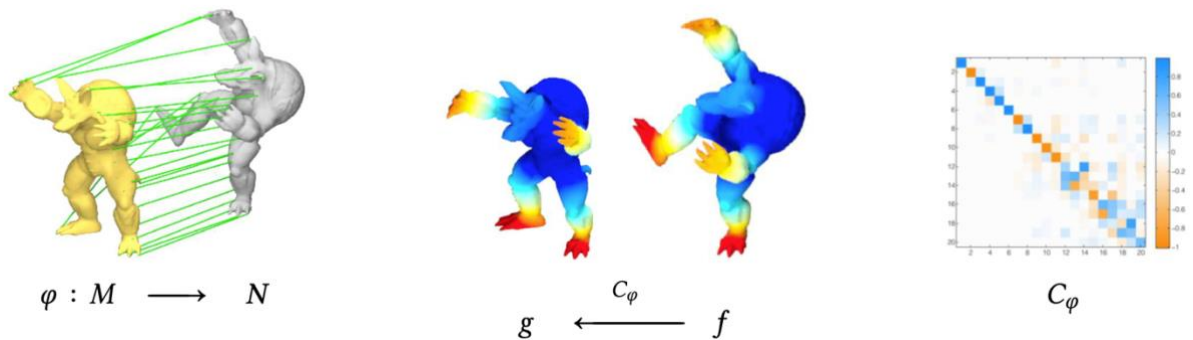


Figure 2 : Une application  $\varphi : M \rightarrow N$  (gauche) peut être représentée par un opérateur fonctionnel  $C_\varphi$  faisant correspondre les fonctions  $f : N \rightarrow \mathbb{R}$  aux fonctions  $g : M \rightarrow \mathbb{R}$  (milieu). Étant donné une base de fonctions sur  $M$  et  $N$ ,  $C_\varphi$  peut être représenté par une matrice (droite).

Pour trouver la déformation d'une surface à l'autre, nous allons utiliser des fonctions à valeurs dans les quaternions. En effet, les quaternions possèdent quatre valeurs distinctes ce qui leur permet de stocker des coordonnées 3D. De plus, les quaternions sont utiles pour représenter des rotations et apparaissent donc naturellement dans des applications de déformations [2].

Durant ce stage, l'étudiant devra :

- Étudier la représentation des surfaces par des quaternions et leur utilisation pour la déformation de surface ;
- Tester la mise en correspondance des espaces de fonctions à valeur dans les quaternions ;
- Étudier les propriétés théoriques de ces nouvelles correspondances fonctionnelles.

## Cadre du stage

Le stage se déroulera au sein de l'équipe PIXEL du LORIA (E Corman). L'équipe est PIXEL est spécialisée dans la génération de maillage quadrangulaires et hexaédriques.

## Compétences recherchées

La principale qualité attendue est l'envie d'apprendre et de travailler en équipe. Être à l'aise et intéressé par les aspects mathématiques du problème. Une bonne intuition géométrique en 3D est un plus. La programmation se fera en MATLAB ou Python.

## Bibliographie

- [1] M. Ovsjanikov, M. Ben-Chen, J. Solomon, B. Adrian et L. Guibas, Functional Maps: A Flexible Representation of Maps Between Shapes, *ACM Transactions on Graphics*, 2012.
- [2] K. Crane, U. Pinkall et P. Schröder, «Spin Transformations of Discrete Surfaces,» *ACM Trans. on Graphics*, 2011.
- [3] N. Donati, E. Corman, S. Melzi et M. Ovsjanikov, Complex Functional Maps : a Conformal Link Between Tangent Bundles, 2022.