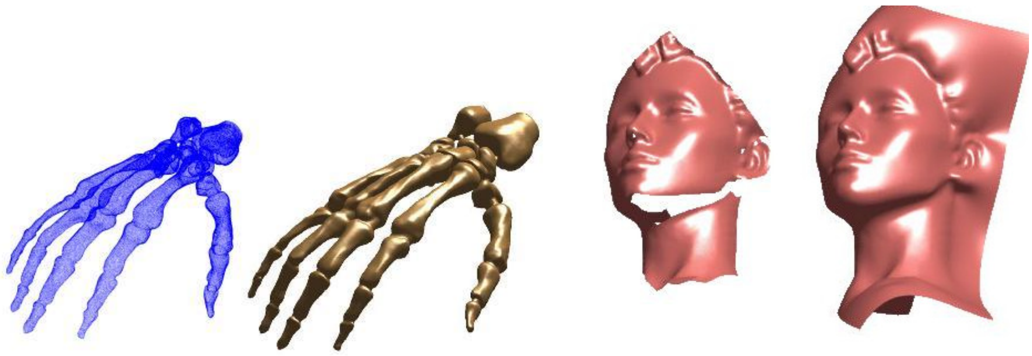
# Sujet de projet de Modélisation surfacique
# Reconstruction de surfaces

Ulysse Vimont et Stefanie Hahmann

2015-2016



## 1 Sujet

La reconstruction de surface consiste, à partir d'un nuage de points éventuellement associés à des normales, à reconstruire une surface triangulée. Pour ce faire, différentes approches existent ; par exemple :

- Ball pivoting algorithm
- Radial Basis function
- Poisson Reconstruction
- Crust

Pour ce projet, nous vous proposons de créer une méthode par Radial Basis Functions (RBF). Cete méthode est décrite en détail dans les article suivants :

- *Reconstruction and Representation of 3D Objects with Radial Basis Functions*, Carr et al., Computer graphics and interactive techniques, 2001.
- *Surface Reconstruction from Scattered Point via RBF Interpolation on GPU*, Cuomo et al., fedCSIS, 2013.

Il s'agit d'une méthode d'interpolation de donnée éparses (Sparce Data Interpolation) : à partir d'un ensembles de $N$ positions $p_i \in \mathbb{R}^3$ associées à des valeurs $f_i \in \mathbb{R}$ (contrainte d'entrée), on trouve une fonction $f$ continue et définie sur $\mathbb{R}^3$ qui satisfait ces contraintes:

$$f(p_i) = f_i \quad \forall i \in [1, N] \tag{1}$$

Pour ce faire, on décompose $f$ sur une base de fonctions radiales centrées autour des $p_i$ :

$$f(p) = \sum_i \omega_i \phi(\|p - p_i\|) \tag{2}$$

où $\phi : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ est une fonction "en cloche" caractéristique de l'influence d'un point.

On cherche les poids $\omega_i \in \mathbb{R}$ tels que $f$ respecte l'ensemble de contraintes d'entrée. En injectant la décomposition radiale de $f$ (équation 1) dans la définition des contraintse (équation 1) on obtient un système linéaire :

$$\sum_j \omega_j \phi(\|p_i - p_j\|) = f_i \quad \forall i \in [1, N] \tag{3}$$

En notation matricielle, le problème peut s'écrire :

$$\Phi \times \Omega = F \tag{4}$$

où $\Phi = (\phi(\|p_i - p_j\|))_{i,j}$ est une matrice symétrique qu'il s'agit d'inverser afin de retrouver les poids $\Omega = (\omega_i)_i$ en fonctions des valeurs $F = (f_i)_i$. C'est donc une minimisation aux moindres carrés de l'écart entre la valeur de $f$ en chaque points initiaux $p_i$ et la valeur souhaitée $f_i$.

Dans le cadre de la reconstruction de surfaces, on va considérer $f$ comme une fonction implicite. Les valeurs $f_i$ sont identiques entre elles et égale à l'isovaleur considérée $\kappa$. Afin de ne pas obtenir une fonction $f$ constante égale à $\kappa$ (ce que produirait naturellement la méthode décrite précédemment), on considère les points initiaux ainsi que d'autres points à l'intérieur (resp. à l'extérieur) de la surface à reconstruire, associés à des valeurs $f_i$ positives (resp. négatives).

Afin d'obtenir une surface moins irrégulière, on peut ajouter un terme polynomial à la définition de $f$ :

$$f(p) = \sum_i \omega_i \phi(\|p - p_i\|) + X.p + c \tag{5}$$

où $X.p + c = x_0 p_0 + x_1 p_1 + x_2 p_2 + c$ est un polynome de degré 1 dont les coefficients $x0$, $x1$, $x2$, et $c$ sont à détermier en même temps que les $\omega_i$

## 2 Travail à faire

Pour ce projet, vous pouvez récupérer le code du marching cube du TP 1. Il est conseillé d'utiliser Eigen pour les manipulations matricielles.

Testez d'abord une configuration simple : pas de polynome régularisateur, fonction radiale gaussienne, un point à l'intérieur de l'objet pour assurer la non constance de $f$. Une fois cette configuration opérationnelle, vous pouvez évaluer différents axes d'améliorations :

- fonctions radiales à support compact
- contraintes sur la dérivée de $f$ aux $p_i$ (cas où les $p_i$ sont associés à des normales $n_i$)
- déplacement interactif des $p_i$ et mise à jour partielle de $\Phi$
- création d'un outil de remaillage
- vous pouvez améliorer d'autres points si vous le désirez

**Compte rendu.** Le projet sera évalué sur une petite soutenance (validation pratique de votre travail) le lundi 18.01.2016. Lors de cette séance vous nous remettrez un compte rendu de votre travail (validation théorique). Ces deux évaluations aboutirons à la note du module.

Seront pris en compte dans la notation :

- la qualité du code
- l'utilisation des éléments du cours (structures de données, algorithmes, ...)
- la justification et la pertinence des choix scientifiques
- la clareté des explications

Le rapport doit contenir :

- un rappel du problème à résoudre et une présentation de l'approche adoptée
- la présentation des outils utilisés
- la démonstration des résultats
- l'analyse et la critique de ceux-ci

Si vous utilisez des ressources externes (documents en lignes, livres, ...), n'oubliez pas de les citer et d'en avoir une utilisation intelligente (pas de copier-coller).

## 3 Organisation

Le travail est à faire en binôme (inscription sur TEIDE).

Rendre un fichier zip avec votre programme (commenté si possible) et le rapport (`nom1_nom2.zip`).

Des informations complémentaires sur ce projet se trouvent sur les pages suivantes (code de base, maillages pour tests, ...) :

- `http://ljk.imag.fr/membres/Stefanie.Hahmann/ENSIMAG/students.html`
- `https://team.inria.fr/imagine/ulysse-vimont/`