

# Programme du Cours de Master MVA MODELES DEFORMABLES ELASTIQUES DE COURBES ET SURFACES EN TRAITEMENT D'IMAGES

Laurent D. COHEN et Gabriel PEYRÉ

CEREMADE, Université Paris - Dauphine, Place du Maréchal de Lattre de Tassigny  
75775 Paris cedex 16, Tel. 01 44 05 46 78 Fax 01 44 05 45 99

{Cohen,Peyre}@ceremade.dauphine.fr,

Page du cours : <http://www.ceremade.dauphine.fr/~cohen/mva/>

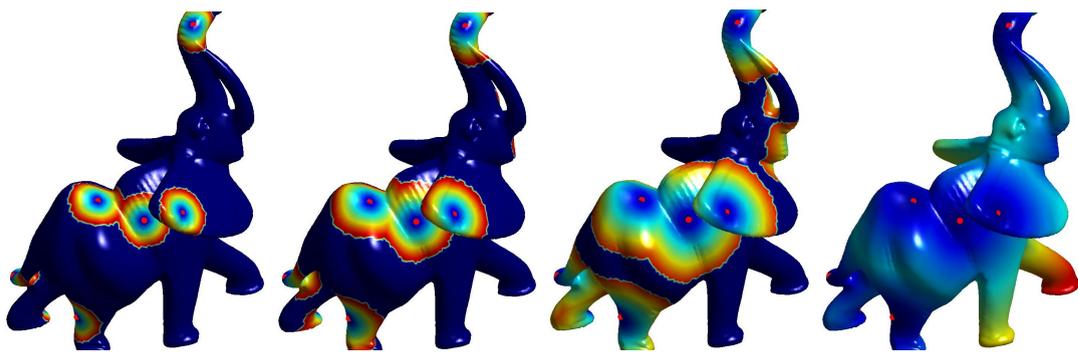


FIG. 1 – Calcul de distances géodésiques sur une surface 3D.

Ce cours présente l'utilisation de courbes et de surfaces non-rigides pour l'analyse d'images, de surfaces et de données en grande dimension. Les modèles déformables sont devenus des outils incontournables pour résoudre les problèmes de vision par ordinateurs tels la segmentation d'images ou la reconstruction de surfaces 3D. Des idées similaires ont émergés récemment en infographie et analyse de données de grande dimension. Dans tous ces domaines, des *a priori* géométriques permettent de contraindre des problèmes difficiles tel que l'optimisation de maillages ou la paramétrisation de collections d'images.

Ces surfaces déformables sont contraintes à minimiser une énergie traduisant les *a priori* géométriques de chaque problème. Ce cours propose ainsi un panorama des méthodes variationnelles et des équations aux dérivées partielles utilisées pour manipuler et optimiser ces courbes et surfaces non-rigides. Une partie du cours étudie en particulier l'extraction de ces chemins minimaux et les connexions avec les géodésiques sur des surfaces 3D et les graphes en grande dimension. La figure 1 montre un exemple de calcul géodésique sur une surface triangulée.

Le cours est assorti de nombreuses illustrations par des applications en imagerie médicale 2D et 3D, aérienne et industrielle, ainsi que des démos sous matlab. Des séances de TP sur machine viendront compléter le cours. Sur la page web du cours

<http://www.ceremade.dauphine.fr/~cohen/mva/>

les étudiants pourront trouver des supports de cours (polycopiés et transparents), les énoncés interactifs des TP (avec figures et code matlab), des articles complétant les détails du cours ainsi que la liste des projets à faire pour valider le cours.

Plusieurs stages, éventuellement poursuivis par une thèse, sont possibles en traitement d'images, au CEREMADE ou en entreprise. Contactez nous assez tôt par courrier électronique en joignant un CV.

## – Plan du cours –

### **Introduction et Reconstruction avec régularisation (Cours 4h)**

- *Segmentation d'images* : algorithmes de croissance de régions ; énergie d'une segmentation.
- *Reconstruction de courbes et surfaces* : régularisation de Tichonov. Equation d'Euler associée à une énergie. Fonctions splines minimisant une énergie.
- *Optimisation numérique* : résolution numérique, algorithmes ; Jacobi, Gauss-Seidel, SOR . . .
- *Espace Echelle (Scale Space)* : représentation multiéchelle, équation de la Chaleur, filtrage multiéchelle.
- *Respect des discontinuités* : Diffusion anisotrope ; énergie de Mumford et Shah, Blake et Zisserman ; modèle élastique avec continuité faible.

### **Modèles déformables élastiques, contours actifs et EDP. (Cours 7h + TP 2h)**

- *Contours actifs* : énergie "Snakes" ; modèles de poutre, membrane et plaque ; terme région.
- *Discrétisation* : méthodes de différences finies ; méthode des éléments finis.
- *Surfaces Déformables* : théorie ; reconstruction 3D.
- *Extensions* : Modèle de ballon ; évolution de courbes planes par déformation normale.
- *Applications* : imagerie médicale ; imagerie satellitaire.
- *Méthode géométriques* : contours actifs géodésiques ; méthode level sets ; applications en segmentation et reconstruction.
- *A priori de formes* : modèles paramétriques déformables ; modèles actifs de forme et d'apparence (Cootes-Taylor) ; contrainte de forme pour les level sets ; applications (stéréo, surfaces à quasi-symétries, . . .).

### **Méthodes géodésiques en 2D et 3D. (Cours 8h + TP 4h)**

- *Chemins minimaux* : équation Eikonale ; minimum global pour les contour actif.
- *Propagation de fronts* : algorithmes de Dijkstra ; algorithme rapide du "Fast Marching".
- *Application en vision* : Contours multiples ; groupements perceptuel ; segmentation ; reconnaissance de formes.
- *Application en imagerie* : Segmentation rapide interactive pour des contours 2D, et des surfaces 3D. Extraction de structure tubulaires et arborescentes ; Trajectoire optimale pour l'endoscopie virtuelle ;
- *Équation de transport* : surface composée de géodésiques et s'appuyant sur deux courbes ; approche implicite.
- *Extension du Fast Marching* : double propagation de front ; algorithmes heuristiques.

### **Analyse différentielle et géodésique des surfaces (Cours 8h + TP 2h)**

- *Traitement discret des surfaces* : complexes simpliciaux ; triangulations.
- *Opérateurs différentiels sur les surfaces* : laplaciens ; application au lissage, à la compression et la paraméterisation de surface.
- *Calculs géodésiques sur des surfaces* : Fast Marching sur une triangulation ; application au remaillage adaptatif.
- *Comparaison de surfaces non-rigides* : aplatissement de surface ; "multidimensional scaling généralisé" ; applications en infographie et en reconnaissance de formes 3D.
- *Analyse de données en grande dimensions* : estimation de surfaces en grande dimension ; théorie de l'apprentissage avec a priori géodésiques ; algorithmes Isomap, LLE, eigenmaps.
- *Applications en traitement d'images* : analyse de base de données d'images ; structure géodésique non-locale des images ; synthèse de textures.