

Proposition de stage M2  
A Priori de Forme Géodésique  
pour la Segmentation

**Encadrants :**

- Gabriel Peyré, CNRS, Université Paris-Dauphine, Ceremade,  
peyre@ceremade.dauphine.fr
- Laurent Cohen, CNRS, Université Paris-Dauphine, Ceremade,  
cohen@ceremade.dauphine.fr

**Sujet du stage :** La segmentation d'images ou de volumes est un problème important, avec des applications par exemple en vision par ordinateur et en imagerie médicale. L'extraction de surfaces est un problème difficile qui nécessite l'élaboration d'a priori caractérisant les formes intéressantes tout en étant invariants à de multiples transformations géométriques. Ce stage s'intéresse à des a priori non-rigides exploitant la structure géodésique des surfaces. Il se propose ainsi de caractériser un objet indépendamment de pliures ou articulations, ce qui est un atout important pour segmenter des structures tubulaires en imagerie médicale. Ce projet sera mené à la fois sur le plan théorique (développement d'une énergie géodésique, caractérisation des solutions minimales), algorithmique (développement d'algorithmes de calcul rapides) et pratique (travail en collaboration avec des médecins qui fourniront les données de scans des réseaux sanguins de référence et à segmenter, voir figure 1).

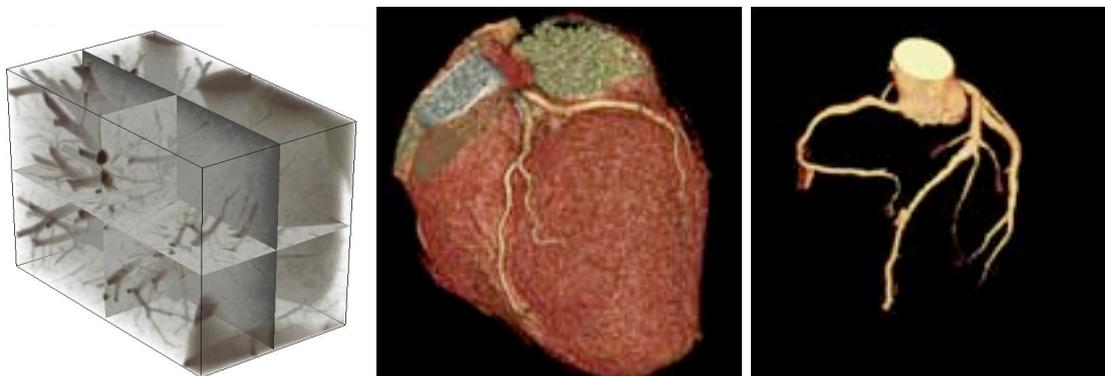


FIG. 1 – Exemples de données d'imagerie médicale qui seront utilisées pour tester l'algorithme de segmentation avec a priori géodésique.

## 1 Contexte Scientifique

La segmentation de formes consiste à trouver une courbe (en 2D) ou une surface (en 3D)  $\gamma^*$  minimale au sens de la minimisation d'une énergie  $E(\gamma) = D(\gamma) + R(\gamma)$ , où  $D$  est un terme d'attache aux données permettant d'extraire des structures intéressantes, et  $R$  est un a-priori permettant de régulariser le problème en guidant la segmentation.

Les termes d'attache aux données  $D(\gamma)$  classiques sont généralement de deux types

- *Terme de contour* : qui intègre sur la surface  $\gamma$  une mesure de présence de structure dans l'image à segmenter. Différentes méthodes utilisent un tel formalisme comme par exemple les snakes [5], les contours actifs géodésiques [5] ou les contours minimaux [3].
- *Terme de région* : qui intègre sur l'intérieur de la surface  $\gamma$  une mesure d'homogénéité de l'image à segmenter, comme par exemple la déviation par rapport à une valeur moyenne. L'idée originale est celle de Mumford-Sha [6], qui peut s'implémenter à l'aide de level-sets comme l'ont fait Chan et Vese [2].

Le terme de régularisation  $R(\gamma)$  impose généralement que la surface  $\gamma$  soit régulière, et tend à minimiser l'aire et/ou la courbure de la surface. Ce type d'a priori est cependant trop faible pour permettre de contourner les diverses imperfections de mesures (bruit, flou, occlusion entre les objets, etc).

Les a-priori de formes permettent de caractériser de façon plus fine l'ensemble des surfaces à segmenter [4]. La fonctionnelle  $R(\gamma)$  doit être faible lorsque la surface est proche d'un ensemble de formes qui est en général évalué à partir d'un ou plusieurs exemples  $(\gamma_i)_i$ . Pour rendre cet à priori invariant sous l'effet de diverses manipulations géométriques  $(r_\theta)_{\theta \in \mathbb{N}}$ , on considère par exemple des à priori du type

$$R(\gamma) = \min_{i, \theta} d(\gamma, \gamma_i)$$

ou  $d$  est une distance entre les surfaces (par exemple la distance de Hausdorff). Les exemples typiques de transformations sont les transformations rigides (translation et rotation) [1] ainsi que les changements d'échelles (dilatation, transformation affine ou projective) [7].

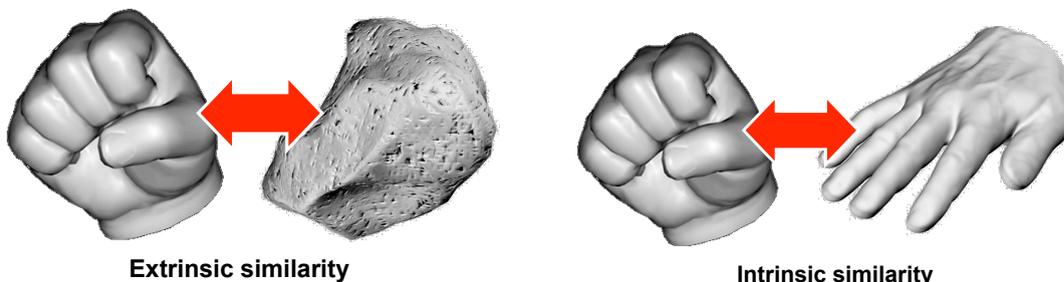


FIG. 2 – Les algorithmes classiques de segmentation utilisent des a priori extrinsèques invariants uniquement par déformation rigide. Ce projet développera des a priori non-rigides intrinsèques.

## 2 Objectif des travaux

Les a-priori exploitant des invariances rigides ou affines ne sont pas adaptés à la segmentation de structures tubulaires en imagerie médicale (voir figure 2). Ces structures sont en effet déformées de façon relativement isométrique pour la métrique géodésique intrinsèque, mais pas pour la métrique usuelle de l'espace. Il faut donc exploiter un a priori forçant une conservation des distances géodésiques.

Le but de ce stage est d'utiliser une énergie géodésique pour régulariser les algorithmes de segmentation basés contour ou région. Ceci pose des questions de nature théorique sur l'existence et la régularité de surfaces optimales. Les questions algorithmiques sont également nombreuses et il faudra développer une méthode de calcul rapide permettant de faire évoluer une forme sous des contraintes de distances géodésiques.

## Références

- [1] T. Chan and W. Zhu. Level set based shape prior segmentation. pages 1164–1170. IEEE Computer Society, 2005.
- [2] T.F. Chan and L.A. Vese. Active contours without edges. *IEEE Transactions on Image Processing*, 10(2) :266–277, 2001.
- [3] L. D. Cohen and R. Kimmel. Global minimum for active contour models : A minimal path approach. *Int. J. Comput. Vision*, 24(1) :57–78, 1997.
- [4] D. Cremers, M. Rousson, and R. Deriche. A review of statistical approaches to level set segmentation : Integrating color, texture, motion and shape. *Int. J. Comput. Vision*, 72(2) :195–215, 2007.
- [5] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos. Snakes : Active contour models. *International Journal of Computer Vision*, 1(4) :321–331, 1988.
- [6] D. Mumford and J. Shah. Optimal approximations by piecewise smooth functions and variational problems. *Comm. on Pure and Applied Math.*, XLII(5) :577–685, 1988.
- [7] T. Riklin Raviv, N. Kiryati, and N. A. Sochen. Prior-based segmentation by projective registration and level sets. In *International Conference on Computer Vision*, pages I : 204–211, 2005.