

TP sur les modèles déformables

Sonia Dahdouh, Isabelle Bloch

Cet TP a été inspiré par le TP *From Edge detection and Active contours* de C. Aguerrebere ainsi que par les exercices proposés dans les *Numerical Tours* écrits par G. Peyré¹. Il utilise entre autres les toolbox écrites par G. Peyré, les codes de GVF de Chenyang Xu and Jerry Prince ainsi que la toolbox Creaseg du Creatis.

Initialisation du TP

Télécharger le code du TP se trouvant à l'adresse : http://perso.telecom-paristech.fr/~bloch/MATIM/TP_ModelesDeformables.tar

Exécuter la section *Workspace Setup* du code se trouvant dans le fichier **TP_ModelesDeformables.m**. Attention vous devez déjà vous trouver dans le répertoire contenant tous les codes nécessaires au TP.

1 Contours actifs paramétriques

Pour cette partie du TP, nous utiliserons la section Exercice I du code.

1.1 A la découverte des contours actifs paramétriques

Les contours actifs sont des courbes que l'on représente paramétriquement par $\gamma_t(s) : [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}^2$ avec $\gamma_t(s) = (x_t(s), y_t(s))$, $s \in [0, 1]$ et t une variable temporaire utilisée pour suivre l'évolution temporelle de la courbe. En pratique, nous implémenterons une courbe linéaire par morceaux $\gamma[p] \in \mathbb{C}^P$, $p = 1, \dots, P$, qui est un vecteur de nombres complexes de longueur P . Chacun des points de P est représenté par une valeur complexe qui représente ses coordonnées cartésiennes $(x(s), y(s))|_{s=p} = (x_p, y_p)$.

1.1.1 Initialisation

Exécutez la section 1-a du code pour afficher la courbe de la figure 1.

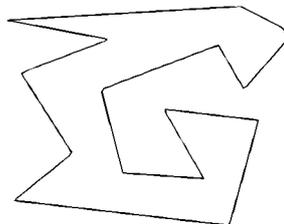


FIGURE 1 – Courbe fermée γ .

1. <http://www.ceremade.dauphine.fr/~peyre/numerical-tour/tours/>

1.1.2 Force de pression

a. Une des façons les plus simples de faire évoluer une courbe est suivant la normale, avec la force de pression utilisée dans le modèle *Ballon*.

Quel est le rôle de cette force? Comment agit-elle sur la courbe?

b. L'évolution peut être représentée par :

$$\frac{\partial \gamma_t}{\partial t} = \delta n_\gamma(t). \quad (1)$$

avec n_γ la normale à la courbe qui peut être définie à partir de la tangente $\tau_\gamma(t)$:

$$\tau_\gamma = \frac{\gamma'}{\|\gamma'\|} \quad \text{et} \quad n_\gamma = \tau_\gamma^\perp.$$

En pratique, on met à jour la courbe γ en implémentant l'équation (1) avec :
`gamma2 = gamma1 + delta * normal(gamma1);`

Exécutez la section 1-b du code.

Qu'effectue-t-elle? Utilisez différentes valeurs de δ . Que constatez-vous? Comment la valeur de δ affecte-t-elle l'évolution de la courbe?

1.1.3 Evolution par courbure moyenne

L'évolution des courbes peut être vue comme un problème de minimisation d'énergie. L'idée est de minimiser une somme pondérée d'énergies internes et externes (pouvant regrouper ici les forces venant de l'image et les contraintes supplémentaires). L'évolution s'arrête quand le minimum d'énergie est atteint.

Nous allons à présent faire évoluer la courbe γ afin de minimiser l'énergie interne définie par

$$E(\gamma) = \int_0^1 \|\gamma'(s)\| ds$$

Cette énergie contrôle la longueur de la courbe.

L'évolution de la courbe est ainsi donnée par :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \gamma_t}{\partial t} &= -\nabla E(\gamma_t) \\ &= \kappa_\gamma(t) n_\gamma(t) \end{aligned} \quad (2)$$

avec $\kappa_\gamma(t)$ la courbure définie par :

$$\kappa_\gamma(t) = \frac{1}{\|\gamma'(s)\|} \langle \tau_\gamma'(t), n_\gamma(t) \rangle$$

Quelles différences constatez-vous entre cette formulation et celle proposée dans la question précédente? Pourquoi δ n'apparaît-il plus?

En pratique, la courbe γ est mise à jour en implémentant l'équation (2) telle que :

`gamma = gamma + dt * normalC(gamma);`

Complétez la section 1-c du code pour implémenter cette évolution.

Affichez les résultats. Que constatez-vous? Pourquoi?

1.2 Contours actifs paramétriques et forces

Pour cette partie du TP, nous utiliserons la section Exercice II du code.

1.2.1 Les forces en présence...

1. Segmenter l'image ('smooth_star.png') sans forces internes en mettant tous les poids (élasticité et rigidité) à 0. On se contentera d'un petit nombre d'itérations, 20 par exemple. Qu'observe-t-on? Pourquoi?
2. Remettre les forces internes à leur valeur d'origine (1) et mettre les forces externes (ballon et gradient) à 0. Qu'observe-t-on? Pourquoi?

1.2.2 GVF et Force Ballon

1. Ajuster les poids des forces externes afin d'obtenir une segmentation satisfaisante.
2. Segmenter la même image en utilisant une force de type GVF (gradient diffusé) et en mettant la force Ballon à 0. Qu'observez-vous?
3. Segmentez à présent cette image en utilisant à la fois une force Ballon et le GVF. Que constatez-vous?
4. Segmentez à présent l'image cette fois en "dégonflant" le snake initial. Expliquez la méthode que vous utilisez.

1.2.3 Un peu de bruit pour corser les choses...

1. Ajouter à présent à votre image différents bruits suivant des distributions différentes. On pourra utiliser ici la fonction *imnoise*.
2. Segmentez votre image en utilisant uniquement la force de gradient comme force extérieure et en ajustant les forces internes. Qu'observez-vous? On répètera l'opération pour différents types et niveaux de bruit.
3. Ajouter à présent une force Ballon. Qu'observez-vous?
On fera bien attention dans cette partie à ajuster la valeur de σ du noyau gaussien.
4. Ajouter à présent une force GVF et enlevez la force Ballon. Qu'observez-vous?
5. On essaiera à présent de segmenter au mieux l'image '*multi.png*'.

2 Contours actifs non paramétriques

Pour cette partie du TP, nous utiliserons la section Exercice III du code. L'objectif de cette section est de découvrir et manipuler les modèles déformables non paramétriques, par ensembles de niveaux (*level-sets*), et utilisant des informations de région.

1. Testez la méthode de segmentation par level-sets sur l'image '*smooth_star.png*'. Vous testerez différents types de masques ainsi que différents paramètres de lissage.
2. Effectuez à présent la même étude en ajoutant différents types de bruit. Que constatez-vous? Comparez les résultats obtenus avec ceux obtenus dans la section précédente.
3. Testez à présent la méthode de segmentation par level-sets sur l'image '*multi.png*'. Qu'observez-vous? Quelles sont les principales différences avec les résultats obtenus dans la section précédente? Comment les expliquez-vous?

3 Segmentation d'une image du cerveau

On souhaite à présent segmenter l'image '*mri.png*' (figure 2). Il s'agit d'une coupe d'un volume acquis par imagerie par résonance magnétique (IRM) cérébrale.

L'objectif est d'obtenir une image étiquetée contenant les différentes structures telles que les ventricules, la substance grise, la substance blanche ainsi que le contour du cerveau. En utilisant les méthodes vues précédemment vous segmenterez au moins deux structures différentes. Il pourra

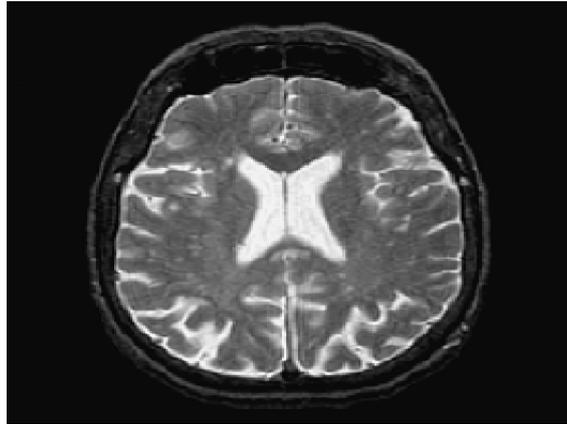


FIGURE 2 – IRM cérébrale.

être judicieux de choisir la méthode de segmentation en fonction de la structure à segmenter et donc de ne pas utiliser toujours la même.
Vous expliquerez les raisons ayant motivé vos choix de méthodes de segmentation.