

Creatis

Croissance de région

pour la
segmentation de
données
médicales

Thomas Grenier

avec

J-L Rose, J. Mille, C. Revol-Muller



Physique, Radiobiologie, Imagerie Médicale et Simulation

La Croissance de Région...

- I. Une approche de segmentation simple et intuitive
- II. Une approche semi-automatique
- III. Le cas multi-régions et de la croissance en concurrence
- IV. Une approche variationnelle
- V. Des énergies variées pour des résultats très... variés!

Une approche simple et intuitive

Principes et fonctionnements

« Je crois donc je suis »...

Principes élémentaires

- Faire grandir une région
 - Itérativement
 - En agglomérant les points **proches** qui **ressemblent** à ceux de la région



*Croissance de
région toute
simple*

Principes élémentaires

- Algorithmes

- Déterminer les **voisins C** de la région R
- Ajouter les voisins **similaires** à la région R
- Recommencer tant que la région croît

Proximité spatiale

Distance à une mesure

Exemple



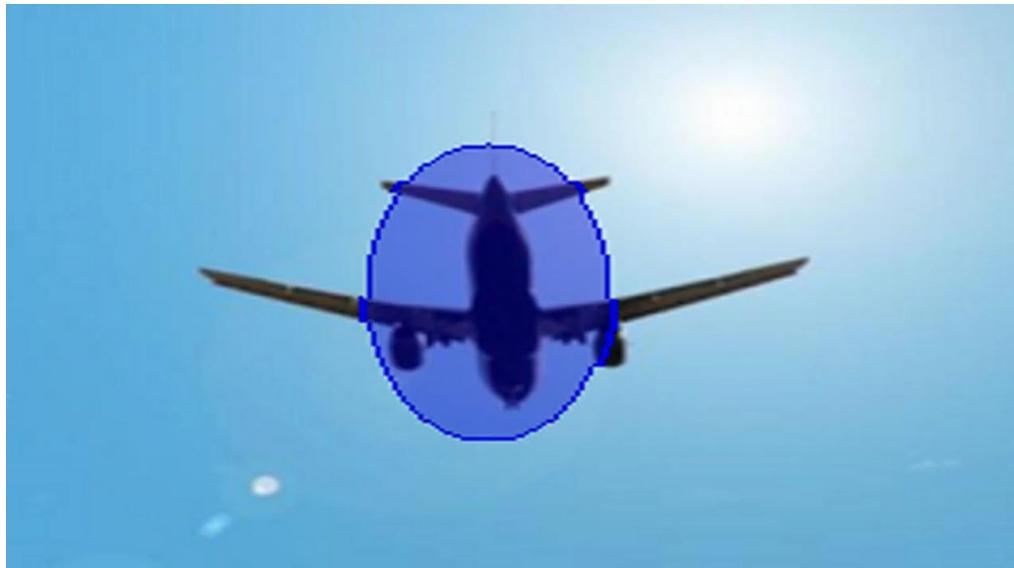
Moyenne des intensités de R $\mu = E[\mathbf{I}(R)]$

Ressemblance ... $d = \|\mu - \mathbf{I}(\mathbf{x})\|$

Critère : \mathbf{x} est dit **similaire** à R si: $d < seuil$

Amélioration

- Remise en question des points de la région
 - Les points à la frontière (extérieur et intérieur) de la région sont testés
 - Les points qui ne respectent pas le critère $\|\boldsymbol{\mu} - \mathbf{I}(\mathbf{x})\| < \textit{seuil}$ sont considérés comme n'appartenant pas à la région



→ Comment on commence?

Approche *semi-automatique*

Du choix des germes

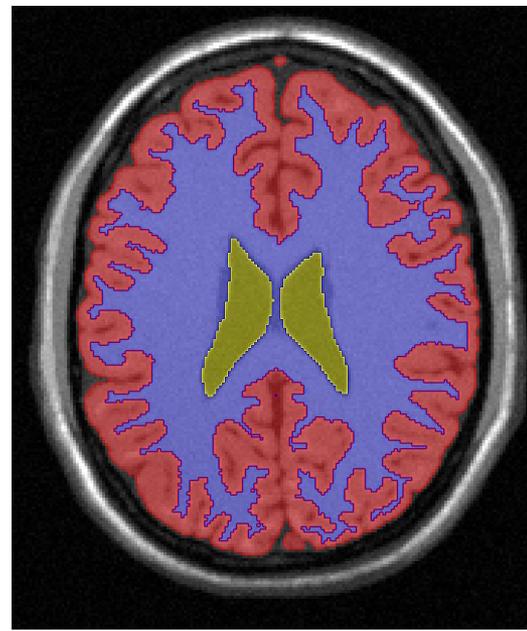
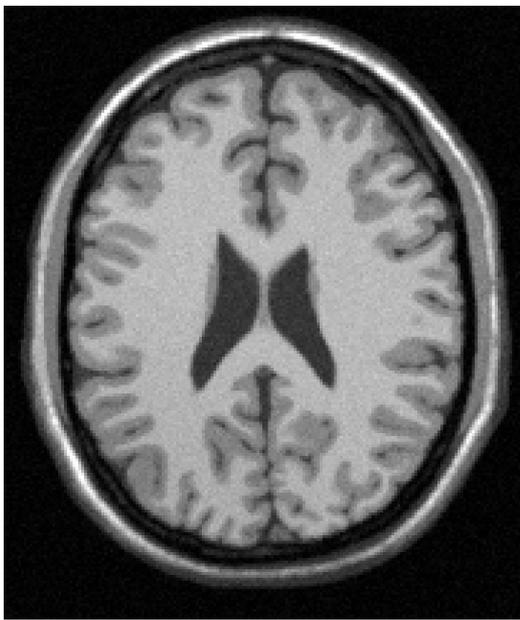
Les germes initiaux...

- ... des pixels de l'image qui identifient une même région
 - 1, 2, ... ou beaucoup plus,
 - connexes ou non

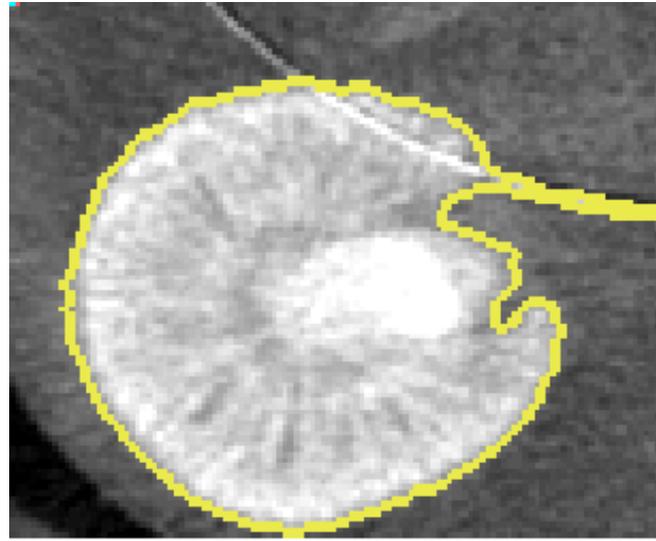
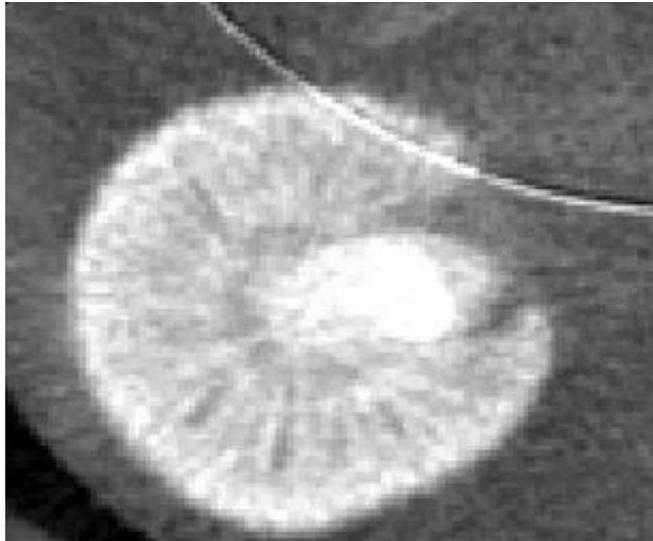
- ... des pixels de l'image qui identifient différentes régions



IRM



X



Multi régions et croissance en concurrence

« il y en a un peu plus, je vous le mets quand même? » *mon boucher...*

Concurrences

- Idée : seul le pixel minimisant le risque d'erreur est ajouté à une région
- En clair : on agglomère le pixel ayant le plus petit d
- Soit :

$$\arg \min_{\mathbf{x} \in C, i \in \{1..R\}} \|\boldsymbol{\mu}_i - \mathbf{I}(\mathbf{x})\|$$

Pixels candidats

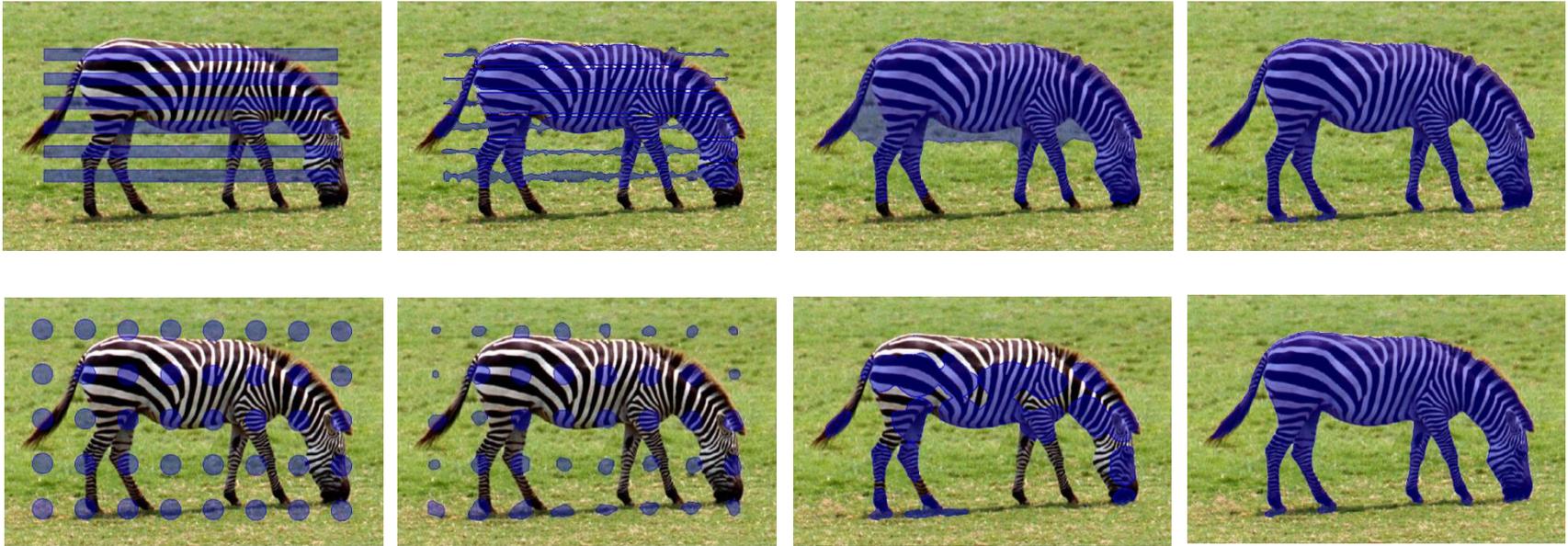
Nombre de régions

→ Processus lent (nombreuses approximations possibles)

→ Le choix du critère et de la mesure deviennent prépondérant par rapport positionnement des germes

Importance des germes

- Cas de 2 régions (uniquement)



→ Processus de minimisation... cadre?

Approche variationnelle

et optimisation discrète

Définitions

- Le problème de segmentation est: $\phi^* = \arg \min_{\phi} J(\phi)$
Segmentation optimale → ϕ^* *Energie* → $J(\phi)$

- Solution trouvée itérativement en appliquant des **petites variations** à ϕ

- Formalisation discrète de J [Ben Salah 11]

$$J[\phi] = \underbrace{\sum_{\mathbf{p} \in \mathcal{D}} f[\phi_{\mathbf{p}}, \mathbf{p}, \phi]}_{\text{Data term}} + \lambda \underbrace{\sum_{(\mathbf{p}, \mathbf{q}) \in \mathcal{C}} u(\mathbf{p}, \mathbf{q}) (1 - \delta(\phi_{\mathbf{p}}, \phi_{\mathbf{q}}))}_{\text{Regularization term}}$$

Algorithme

1: $k \leftarrow 0; \phi^{(k)} \leftarrow \phi^{(0)}$ Initialization

2: **repeat**

3: Compute $\mathcal{T}^{(k)}$, the set of candidates pixels.

4: $\phi^{(k+1)} \leftarrow \phi^{(k)}$

5: $v^*, m^* = \operatorname{argmin}_{v \in \mathcal{T}^{(k)}, m \in \mathcal{L}_v} J \left[\phi_{v,m}^{(k)} \right]$

6: **if** $J \left[\phi_{v^*, m^*}^{(k)} \right] - J \left[\phi^{(k)} \right] < 0$ **then**

7: $\phi_{v^*}^{(k+1)} \leftarrow m^*$

8: **end if**

9: $k \leftarrow k + 1$

10: **until** $J \left[\phi^{(k)} \right] < J \left[\phi^{(k-1)} \right]$

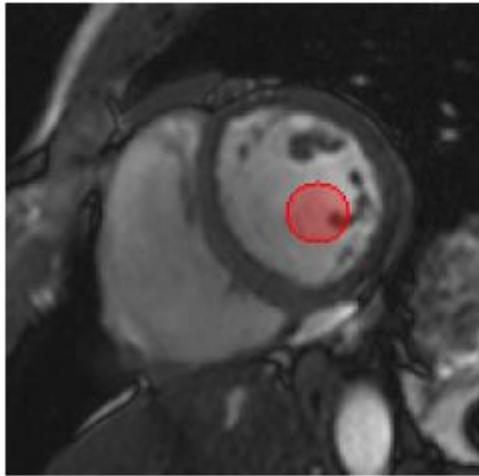
Les candidats

Variation de l'énergie...

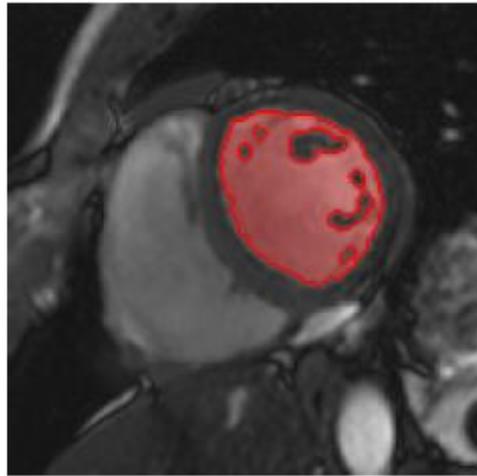
Exprimons les énergies!

Evolution

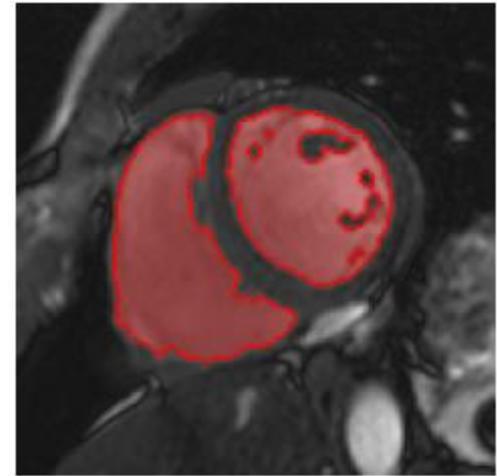
- Extension de la recherche des candidats (voisinage)



Germes



Voisinage classique



Voisinage adaptatif

Energies pour la croissance de régions

Energie d'attache aux données
Energie de régularisation

$$J[\phi] = \sum_{p \in \mathcal{D}} f[\phi_p, p, \phi] + \lambda \sum_{(p,q) \in \mathcal{C}} u(p,q) (1 - \delta(\phi_p, \phi_q))$$

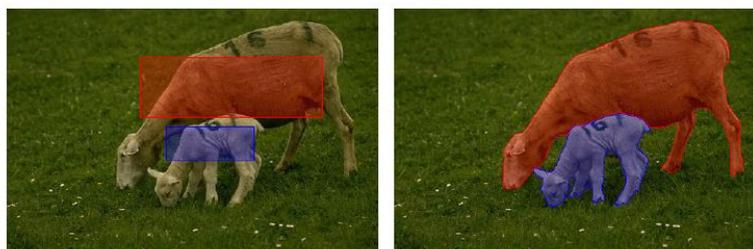
Energie d'attache aux données

- Chan-Vese : séparation globale des régions

$$\min_{\{\phi, \mu_0, \mu_1\}} \sum_{p \in \mathcal{D}} (1 - \phi_p) \|I_p - \mu_0\|^2 + \phi_p \|I_p - \mu_1\|^2$$

- Brox et Cremers : uniformité locale

- Paragios et Deriche, Kim : *histogramme* des régions

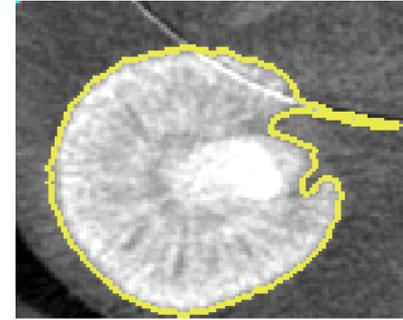
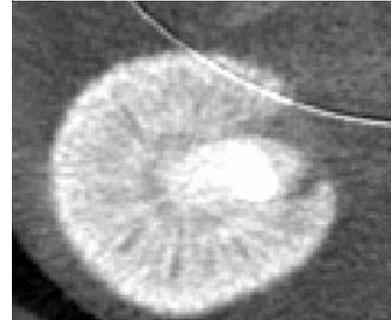


- ... dérivées généralisées à n régions

$$J[\phi] = \sum_{p \in \mathcal{D}} f[\phi_p, p, \phi] + \lambda \sum_{(p, q) \in \mathcal{C}} u(p, q) (1 - \delta(\phi_p, \phi_q))$$

Régularisation et à priori

- Une limite : les fuites
- Une autre :
les contours bruités



- Terme de régularisation u
 - Coutours : Dérivée seconde, courbure ...
 - Description de la forme par des éléments géométriques
 - Description de la forme par des moments (Legendre, Chebyshev)

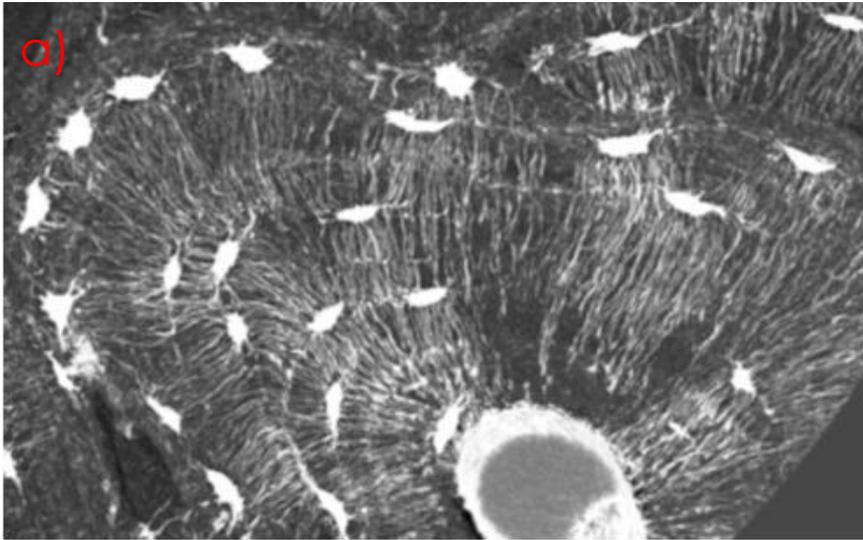
[Foulonneau 03]

[Rose 09]

$$J[\phi] = \sum_{p \in \mathcal{D}} f[\phi_p, p, \phi] + \lambda \sum_{(p, q) \in \mathcal{C}} u(p, q) (1 - \delta(\phi_p, \phi_q))$$

Vesselness

[Pacureanu 10]



Volume of interest showing the lacuno-canalicular system in a human femur bone sample (image width $\sim 224 \mu\text{m}$) :

- a) Maximum Intensity Projection of the original (inverted) volume;
- b) Isosurface of the segmentation obtained with VRG and the feature shape energy

$$J[\phi] = \sum_{p \in \mathcal{D}} f[\phi_p, p, \phi] + \lambda \sum_{(p,q) \in \mathcal{C}} u(p,q) (1 - \delta(\phi_p, \phi_q))$$

A priori de forme (moments Chebyshev)

[Rose 08]

[Rose 07]

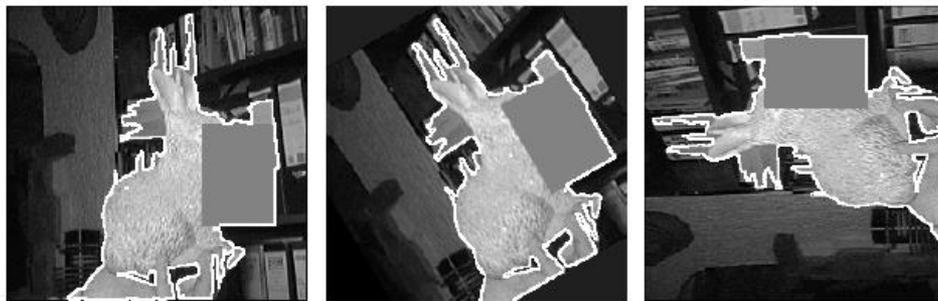


(a)

(b)

(c)

Image originales



(d) $n=83$

(e) $n=78$

(f) $n=86$

Chan-Vese



(g) $n=122$

(h) $n=119$

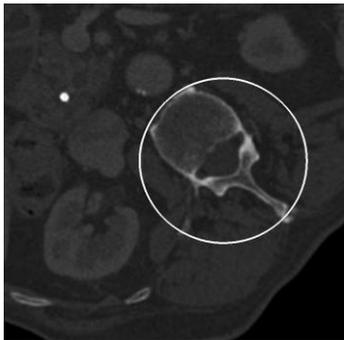
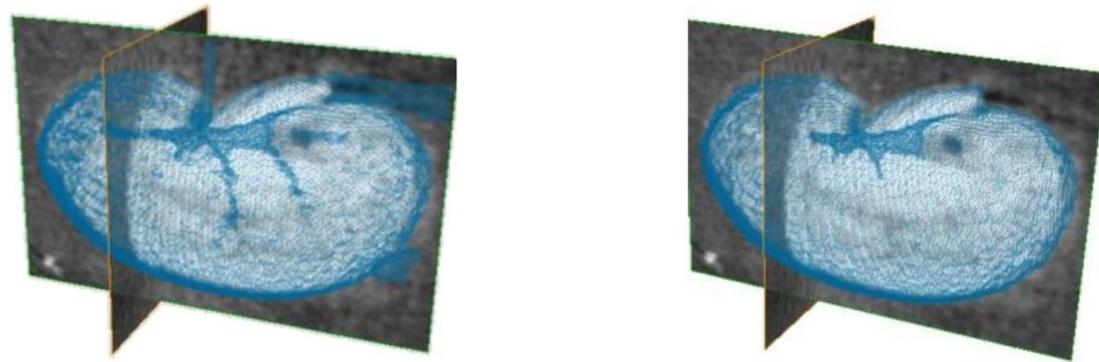
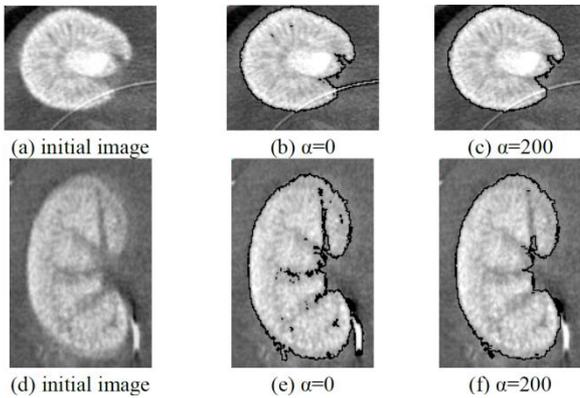
(i) $n=125$

Chan-Vese + a priori de forme

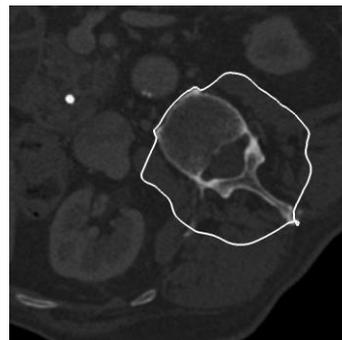


$$J[\phi] = \sum_{p \in \mathcal{D}} f[\phi_p, p, \phi] + \lambda \sum_{(p,q) \in \mathcal{C}} u(p, q) (1 - \delta(\phi_p, \phi_q))$$

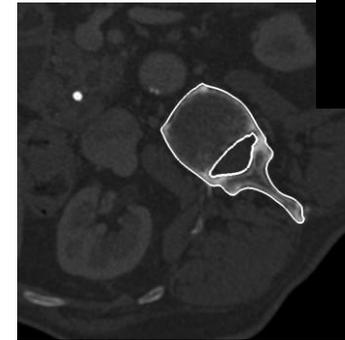
A priori de forme (moments Chebyschev)



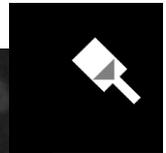
Initialisation



Sans a priori de forme



Avec a priori



Conclusion

“Don't try to demystify wine; just enjoy it” *Eric Asimov*

...

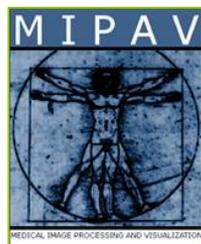
As region growing is now demystified; just enjoy it!

Softs et *region* growing

Non exhaustif...



MeVisLab



camITK

Matlab, Scilab, R, python
openCV, ...

Zucker, S.W.: Region growing: Childhood and adolescence. *Computer Graphics and Image Processing* **5**(3), 382-399 (1976).

Adams, R., Bischof, L.: Seeded region growing. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* **16**(6), 641-647 (1994).

Mehnert, A., Jackway, P.: Improved seeded region growing algorithm. *Pattern Recognition Letters* **18**(10), 1065-1071 (1997).

Revol, C., Jourlin, M.: New minimum variance region growing algorithm for image segmentation. *Pattern Recognition Letters* **18**(3), 249-258 (1997).

S. C. Zhu, A. Yuille, Region competition: unifying snakes, region growing, and bayes/mdl for multiband image segmentation, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* **18** (9) (1996) 884–900.

M. Ben Salah, A. Mitiche, I. Ben Ayed, Multiregion image segmentation by parametric kernel graph cuts, *IEEE Transactions on Image Processing* **20** (2) (2011) 545–557.

S. Jehan-Besson, M. Barlaud, G. Aubert, Dream²s: Deformable regions driven by an Eulerian accurate minimization method for image and video segmentation, *International Journal of Computer Vision* 53 (1) (2003) 45–70.

J. Kim, J. W. Fisher III, A. Yezzi, M. Cetin, A. S. Willsky, A nonparametric statistical method for image segmentation using information theory and curve evolution, *IEEE Transactions on Image Processing* 14 (10) (2005) 1486–1502.

S. Lankton, A. Tannenbaum, Localizing region-based active contours, *IEEE Transactions on Image Processing* 17 (11) (2008) 2029–2039.

T. Brox, D. Cremers, On local region models and a statistical interpretation of the piecewise smooth Mumford-Shah functional, *International Journal of Computer Vision* 84 (2) (2009) 184–193.

N. Paragios, R. Deriche, Geodesic active regions: a new paradigm to deal with frame partition problems in computer vision, *Journal of Visual Communication and Image Representation* 13 (1/2) (2002) 249–268.