

CARACTÉRISATION DE CONTENU D'IMAGES ET SEGMENTATION INTERACTIVE : APPLICATION À L'INDEXATION D'IMAGES MÉDICALES

Jean-Yves Ramel, Ludovic Paulhac, Pascal Makris

Laboratoire Informatique de Tours

Equipe Reconnaissance de Formes et Analyse d'Images



PLAN

- **Introduction**
 - Des pixels à la sémantique : boîte noire ?
 - De l'analyse d'images (extraction et caractérisation)
 - A la reconnaissance de formes (caractérisation et interprétation)
 - Intérêt de l'interactivité
- **Caractérisation interactive de contenu d'images**
 - Utilisation de descripteurs « visuels » de texture
 - Structuration des données extraites des images
- **Segmentation interactive (interprétation)**
 - Analyse incrémentale
 - Vers la sémantique par l'interaction
- **Application aux images échographiques 3D**
- **Conclusion & Discussions**

DES PIXELS À LA SÉMANTIQUE

- Approche classique : Boite noire



3

DES PIXELS À LA SÉMANTIQUE

- Approche classique : Boite noire
- A démontrer ces limites



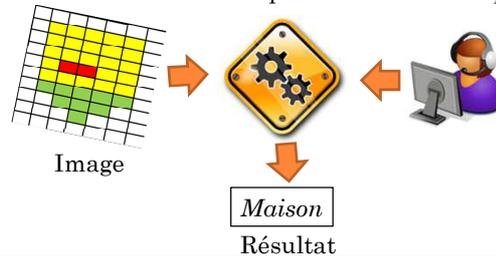
4

DES PIXELS À LA SÉMANTIQUE

- **Approche classique : Boîte noire**
 - A démontrer ces limites



- **Originalité proposée : interaction → Boîte « transparente »**
 - Faire intervenir l'utilisateur / expert du domaine au plus tôt

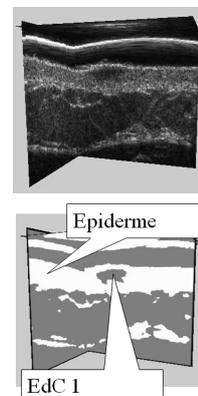


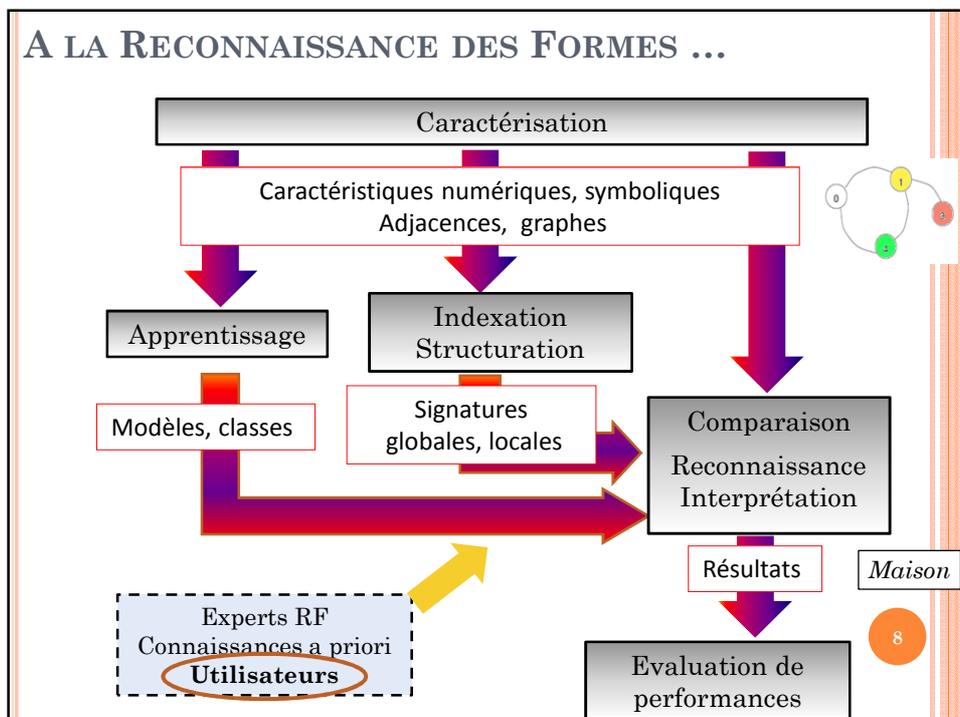
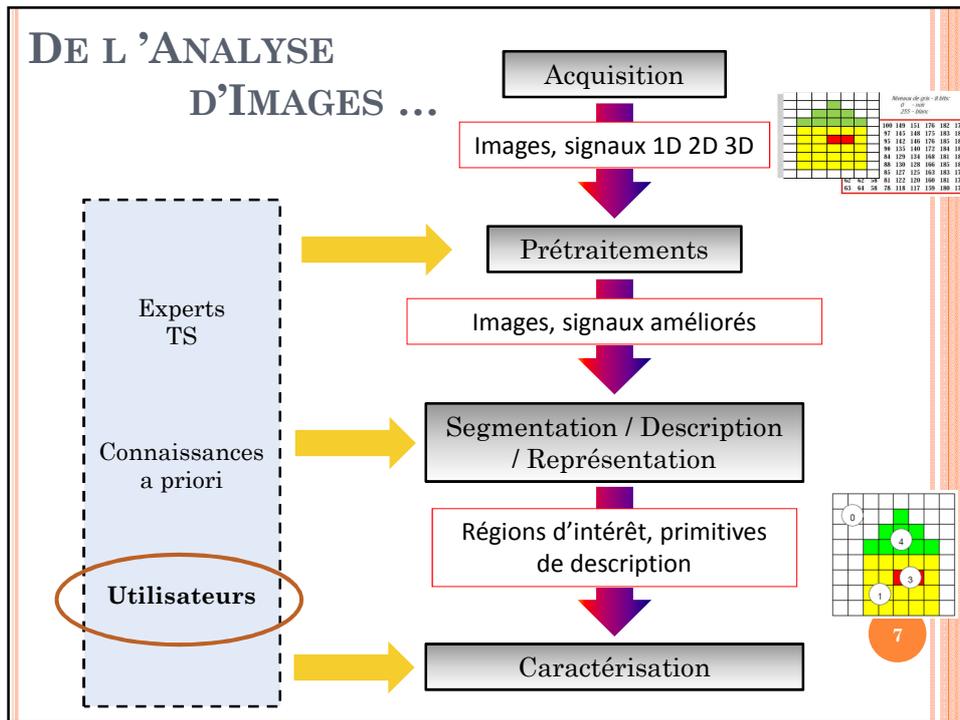
5

DES PIXELS À LA SÉMANTIQUE

2 facettes

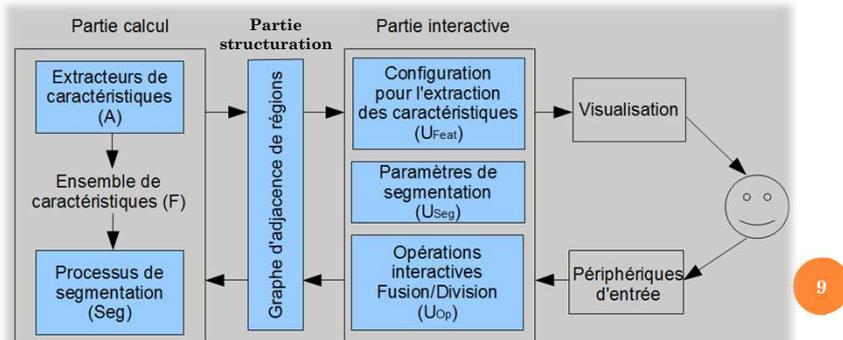
- **Structure physique : segmentation / disposition des contenus**
 - Décomposition d'une image en régions et primitives : agencement des objets, disposition spatiales, ...
 - A partir de critères : taille, forme, texture, couleur des régions
- **Structure logique : analyse, reconnaissance**
 - Enchaînement et organisation
 - Hiérarchie d'objets, enchaînements des primitives
 - Liée à la sémantique, au contenu de l'image
 - Liée au message véhiculé par l'image
- **Ces deux structures sont fortement liées**
- **Approches classiques**
 - à partir des pixels
 - Approche contours
 - Approche régions
 - à partir de connaissances → Ontologies / Atlas





DES PIXELS À LA SÉMANTIQUE PAR L'INTERACTION

- **Question 1 : Choix des critères de caractérisation**
 - Définition de descripteurs « compréhensibles » par l'utilisateur
- **Question 2 : Interaction et segmentation incrémentale**
 - Utilisation d'un modèle de structuration et manipulation des données extraites



9

CARACTÉRISATION DE CONTENU : DESCRIPTEURS « VISUELS »

- **Sélection interactive de descripteurs de texture pertinents**
 - Choix d'adjectifs qualificatifs utilisés fréquemment par l'Homme
 - Travaux antérieurs sur le sujet [Tamura et al, 1978] et [Amadasun et King, 1989]
- **Indépendamment des modes de calcul**

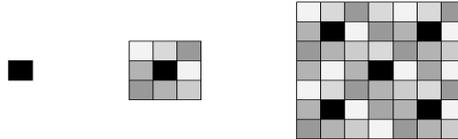
- Multirésolution
 - Décomposition DWT [Mallat89]
- Combinaison de méthodes
 - Description géométrique
 - Mesure statistique
 - Caractérisation fréquentielle

Rugosité		Contraste	
Granularité		Régularité	
Compacité		Volume	
Directionnalité			

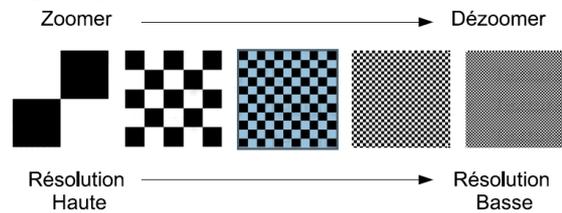
CARACTÉRISATION DE CONTENU : DESCRIPTEURS « VISUELS »

- Deux propriétés essentielles pour la perception d'une texture :

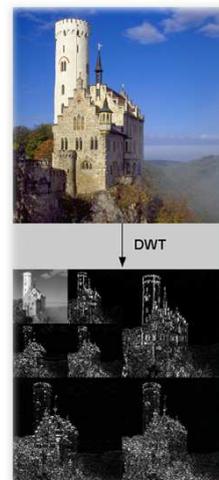
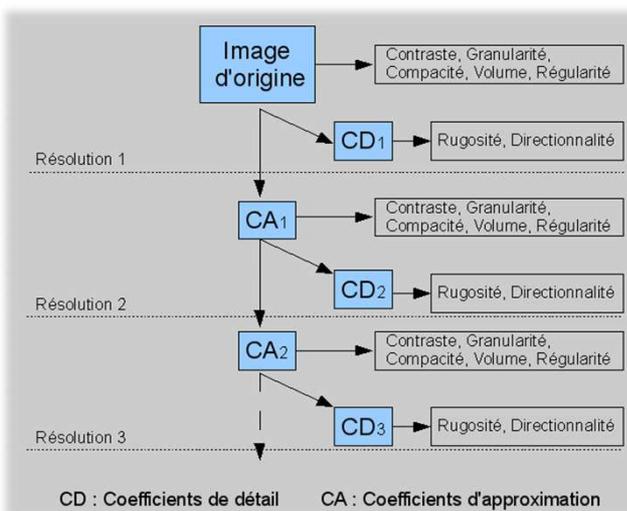
- Régionalité : voisinage considéré autour d'un pixel/voxel



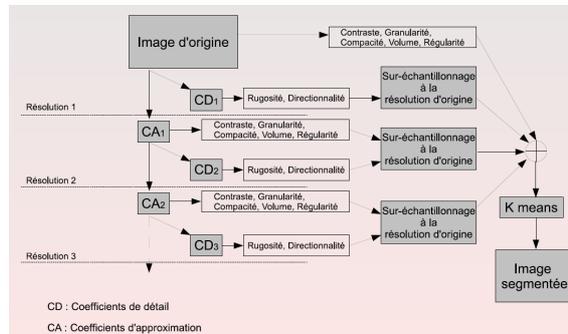
- Echelle d'observation (résolution) : niveau de précision considéré pour la perception ou le traitement



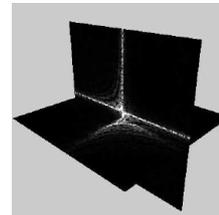
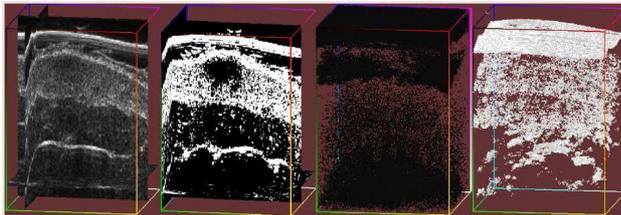
CARACTÉRISATION DE CONTENU : DESCRIPTEURS « VISUELS »



CARACTÉRISATION DE CONTENU : DESCRIPTEURS « VISUELS »

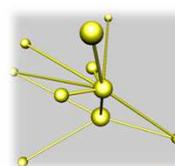
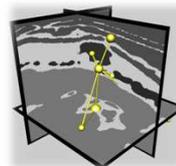
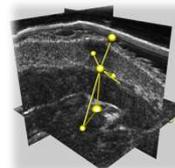


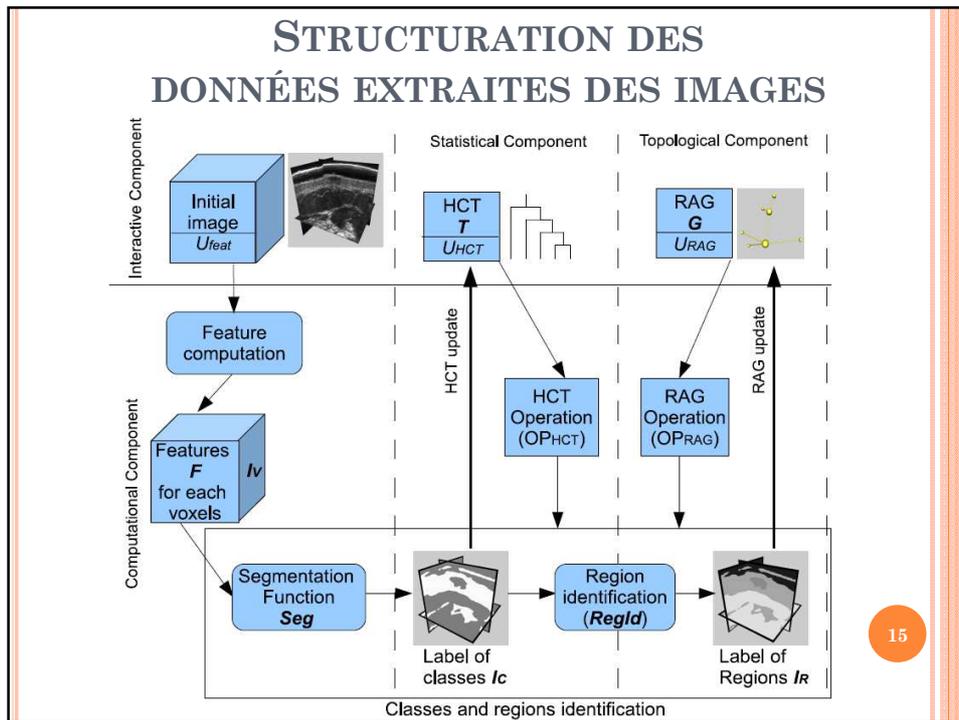
Etude géométrique et fréquentielle



STRUCTURATION DES DONNÉES EXTRAITES DES IMAGES

- Structuration des données à l'aide d'un graphe (RAG) et d'un arbre de classification hiérarchique (HCT)
- **Région = Nœud**
 - Attributs = descripteurs de Région
 - centroïde des caractéristiques F dans la région
 - centre de gravité de la région $G(x,y,z)$
- **Relation entre Régions = Arc**
 - Attributs = Descripteurs des liens
 - Les 2 nœuds liés
 - Aire de la surface d'intersection
- **Classes de voxels = Feuilles de l'arbre HCT**



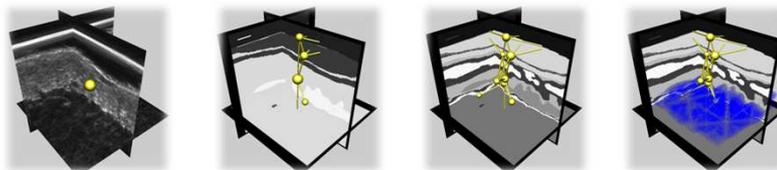


15

SEGMENTATION INTERACTIVE ET INCRÉMENTALE

- GAR initialisé à partir d'un unique nœud
- 1^{ère} étape du processus de segmentation : division
- Libre choix des opérations par la suite

$$Seg: F, U_{Seg}, G_k, U_{op} \rightarrow G_{k+1}$$



16

SEGMENTATION INTERACTIVE ET INCRÉMENTALE

○ Opération de division

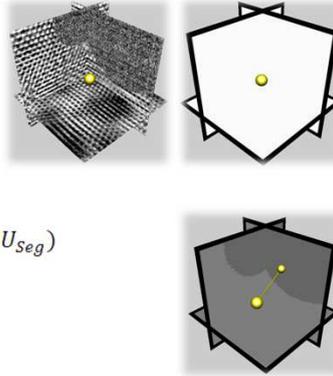
- Fonction *Seg* correspond à un *K-means*
 - Rapidité d'exécution
 - Faible coût en mémoire
 - Partitionnement efficace
- Nouveau graphe G_{k+1} :

$$G_{k+1} = Kmeans(U_{op}, V, G_k, F, U_{seg})$$

U_{seg} nombre de régions

F caractéristiques choisies par l'utilisateur

U_{op}, V identifiant du nœud à diviser



17

SEGMENTATION INTERACTIVE ET INCRÉMENTALE

○ Opération de fusion

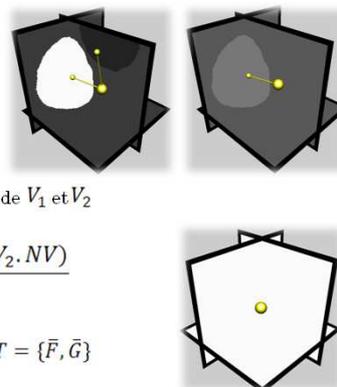
- Simple fonction de fusion *Merge*
- Nouveau graphe G_{k+1} :

$$G_{k+1} = Merge(U_{op}, E, G_k)$$

- Initialisation des attributs de V_{new} durant la fusion de V_1 et V_2

$$V_{new} \cdot T_i = \frac{(V_1 \cdot T_i)(V_1 \cdot NV) + (V_2 \cdot T_i)(V_2 \cdot NV)}{V_1 \cdot NV + V_2 \cdot NV}$$

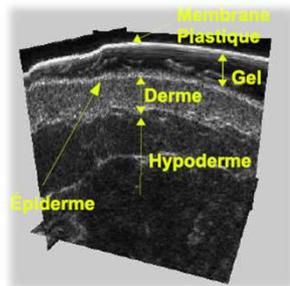
Avec NV le nombre de voxels identifié par un nœud et $T = \{\bar{F}, \bar{G}\}$



18

APPLICATION À L'ANALYSE D'IMAGES ÉCHOGRAPHIQUES 3D

- Collaboration INSERM U930 - Equipe 5 - Tours
- Caractérisation des contenus par analyse interactive
- Echogénicité primordiale dans l'analyse des images échographiques
- Acquisition 3D permet de mesurer des caractéristiques inaccessibles en 2D (volume)

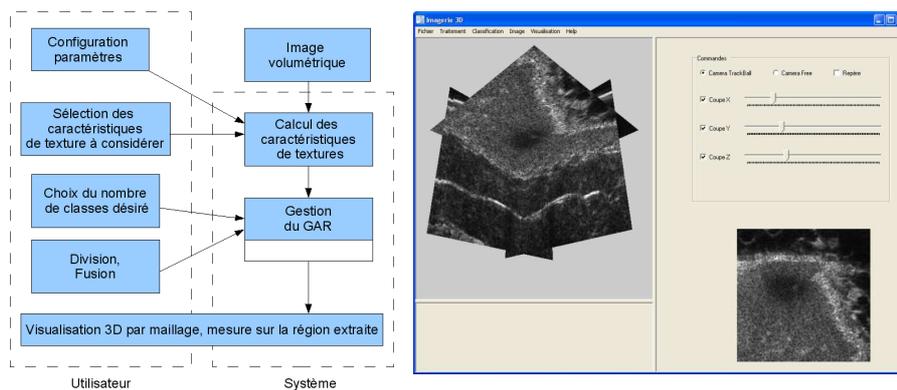


Inserm
French Institute
of Health and Medical Research

19

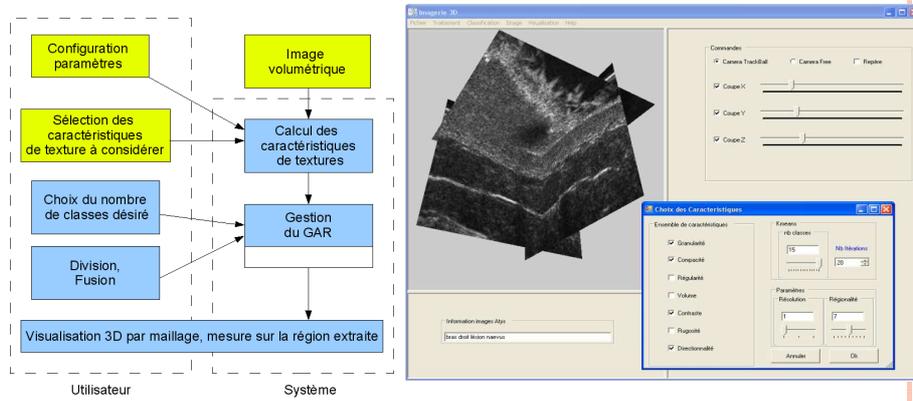
Exemple d'image 3D de la peau obtenue avec l'échographe 20 MHz DERMICUP (Alys Medical France)

UTILISATION DU PROTOTYPE

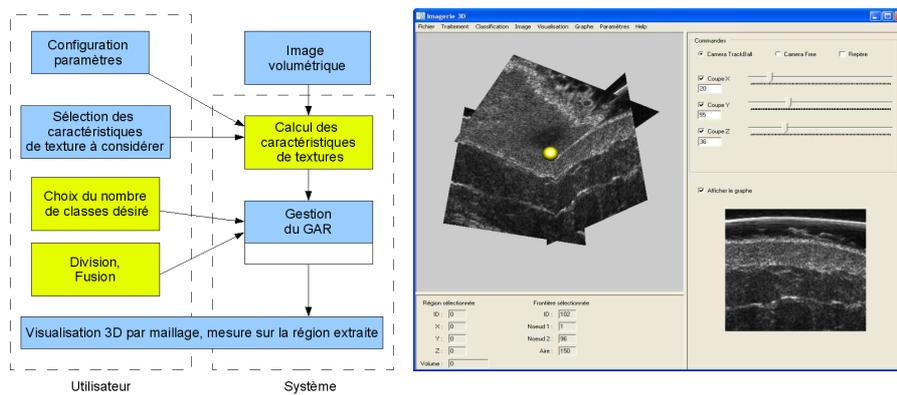


20

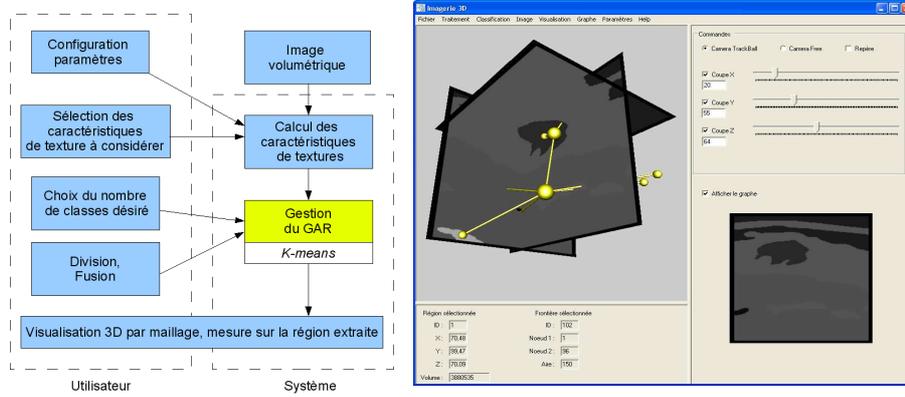
UTILISATION DU PROTOTYPE



UTILISATION DU PROTOTYPE

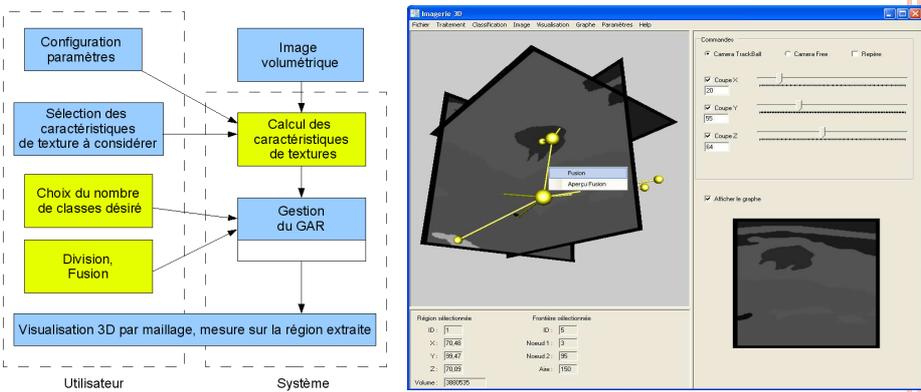


UTILISATION DU PROTOTYPE



23

UTILISATION DU PROTOTYPE



24

UTILISATION DU PROTOTYPE

Utilisateur

- Configuration paramètres
- Sélection des caractéristiques de texture à considérer
- Choix du nombre de classes désiré
- Division, Fusion

Système

- Image volumétrique
- Calcul des caractéristiques de textures
- Gestion du GAR
- Visualisation 3D par maillage, mesure sur la région extraite

Interface Inagerie 3D

Commandes:

- Camera TrackBall
- Camera Free
- Rapide
- Coupe-X: [20]
- Coupe-Y: [95]
- Coupe-Z: [53]
- Affiche le graphique

Région sélectionnée: ID: [111], X: [32.43], Y: [39.47], Z: [70.59], Volume: [360536]

Frontière sélectionnée: ID: [5], Nœud 1: [3], Nœud 2: [95], Aire: [150]

25

UTILISATION DU PROTOTYPE

Utilisateur

- Configuration paramètres
- Sélection des caractéristiques de texture à considérer
- Choix du nombre de classes désiré
- Division, Fusion

Système

- Image volumétrique
- Calcul des caractéristiques de textures
- Gestion du GAR
- Visualisation 3D par maillage, mesure sur la région extraite

Interface Inagerie 3D

Commandes:

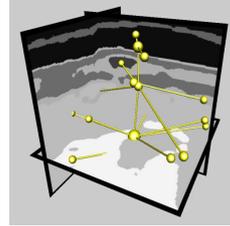
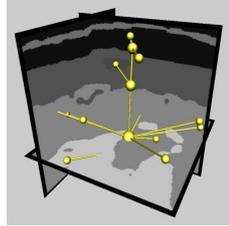
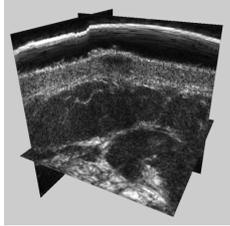
- Camera TrackBall
- Camera Free
- Rapide
- Coupe-X: [128]
- Coupe-Y: [92]
- Coupe-Z: [52]
- Affiche le maillage
- Affiche le graphique

Région sélectionnée: ID: [111], X: [32.43], Y: [39.47], Z: [70.59], Volume: [360536]

Frontière sélectionnée: ID: [5], Nœud 1: [3], Nœud 2: [95], Aire: [150]

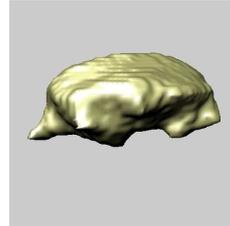
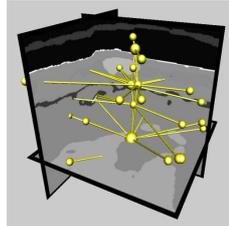
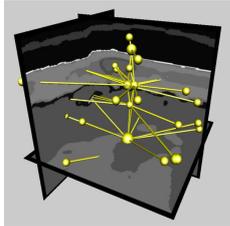
26

SCÉNARIOS DE SEGMENTATION



Division, $K=2$

Division, $K=2$



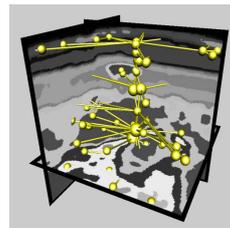
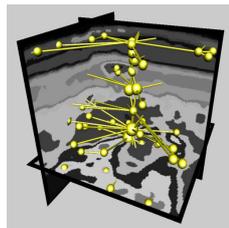
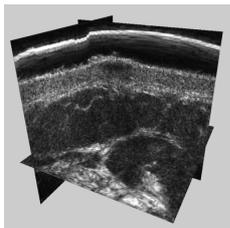
Division, $K=2$

Fusion

Résultat scénario 1

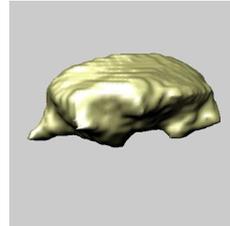
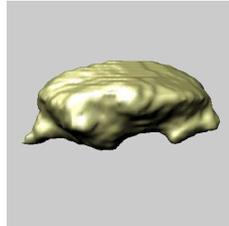
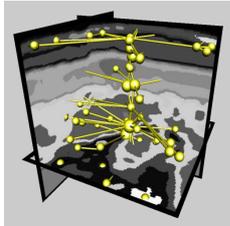
27

SCÉNARIOS DE SEGMENTATION



Division, $K=6$

Fusion



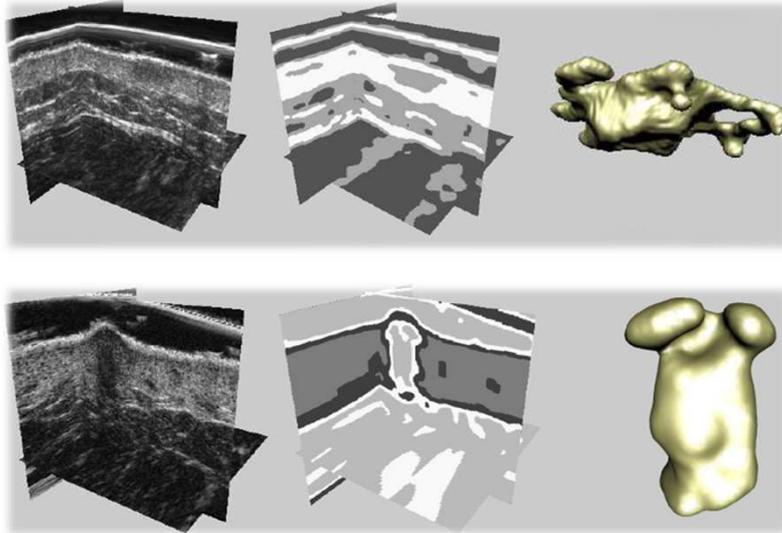
Fusion

Résultat scénario 2

Résultat scénario 1

28

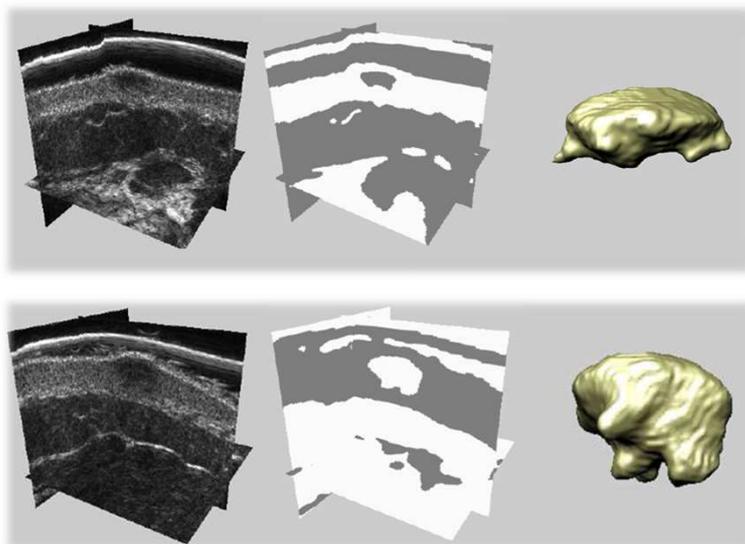
RÉSULTATS DE SEGMENTATIONS



Histiocytobromes

29

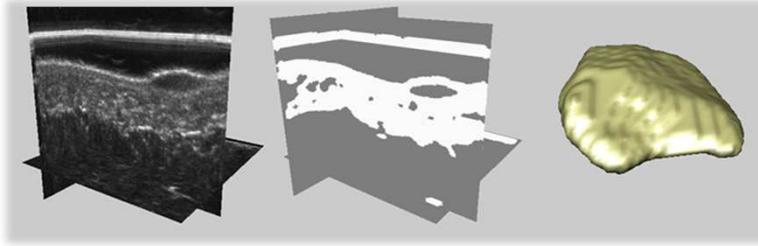
RÉSULTATS DE SEGMENTATIONS



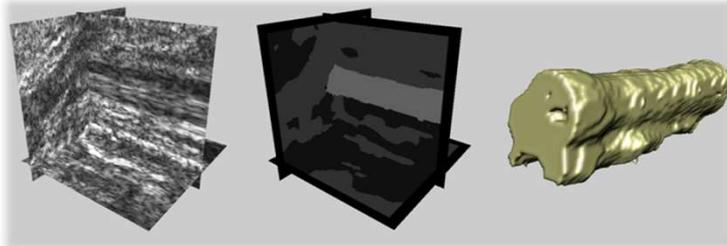
Naevus

30

RÉSULTATS DE SEGMENTATIONS



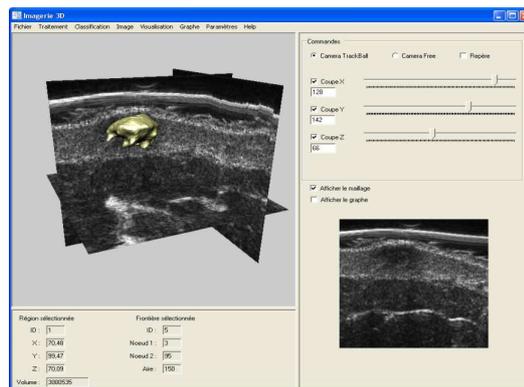
Mélanome



Tendon

31

DÉMONSTRATION



32

CONCLUSION & DISCUSSIONS

- Segmentation incrémentale et interactive
 - Structuration des données → Graphe d'adjacence de régions
 - Opérations de fusion/division selon des critères variés
 - Variation minimale du résultat selon les différents scénarios
- Généricité du modèle proposé
 - Sélection des caractéristiques à utiliser (textures, formes, couleurs, ...)
 - Accès à des informations topologiques et géométriques
 - Visualisation, manipulation, interaction
- Vers la sémantique par l'interaction
 - Construction interactive d'atlas médicaux à partir des graphes (GAR)
 - Guidage du processus de segmentation (Comparaison RAG image / RAG atlas)
 - Utilisation d'ontologies
 - Expérimentations en imagerie échographique 3D

33

QUESTIONS ?

Merci

34