

# ESTIMATION DE PLANS ORTHOGONAUX SUR DES VOLUMES TUBULAIRES

---

F. GRÉLARD<sup>1</sup>, F. BALDACCI<sup>1</sup>, A. VIALARD<sup>1</sup> et J.-O. LACHAUD<sup>2</sup>

GT GeoDis, 25 novembre 2015

1. Univ. Bordeaux, LaBRI,

2. Université Savoie Mont Blanc, LAMA



# SOMMAIRE

Introduction

Travaux précédents

Estimation de plans orthogonaux par les VCM

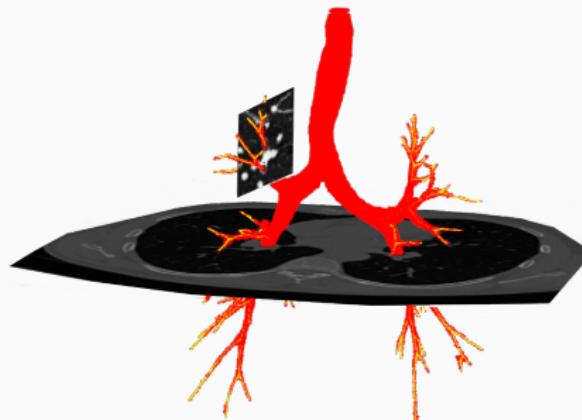
Résultats

Conclusion

# CONTEXTE

## Contexte

- Acquisition ⇒ segmentation
- Volumes discrets tubulaires (bronches, vaisseaux sanguins, neurones)
- Besoin de mesures et de caractérisations

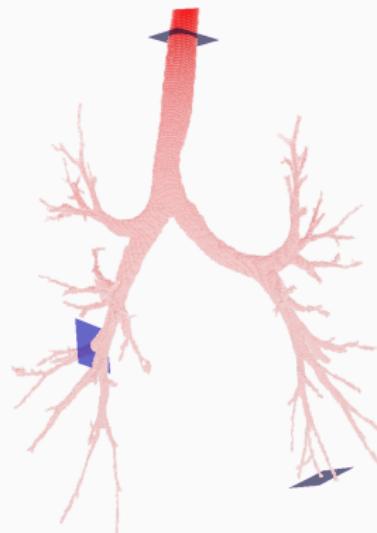


# PLAN ORTHOGONAL

## Applications

Profils sur l'ensemble du tube :

- De diamètre
- D'aire
- D'ellipticité
- D'épaisseur de paroi



Plans orthogonaux (en bleu) et sections avec le volume (à droite)



# SOMMAIRE

Introduction

Travaux précédents

Estimation de plans orthogonaux par les VCM

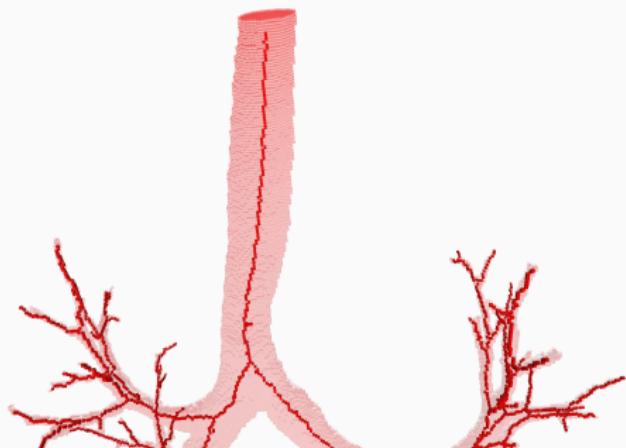
Résultats

Conclusion

# PRINCIPE GÉNÉRAL

Etapes de l'algorithme :

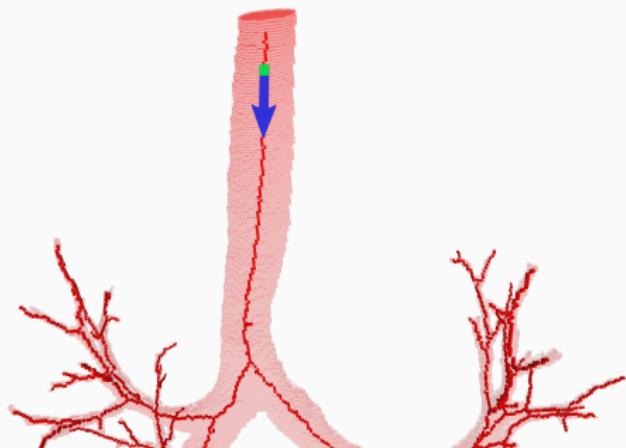
1. Calcul du squelette curviligne



# PRINCIPE GÉNÉRAL

Etapes de l'algorithme :

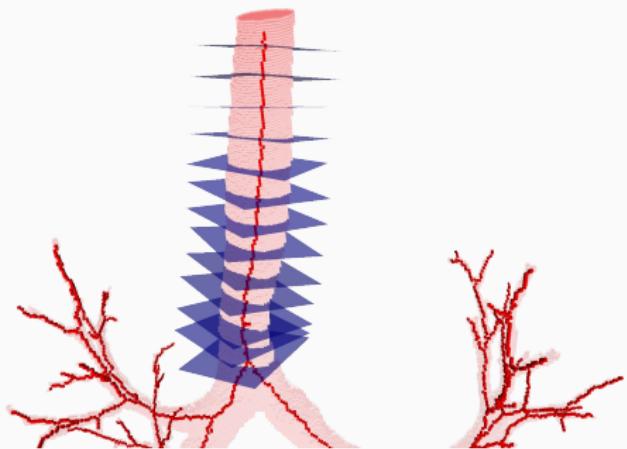
1. Calcul du squelette curviligne
2. Estimation de la tangente en chaque point du squelette



# PRINCIPE GÉNÉRAL

Etapes de l'algorithme :

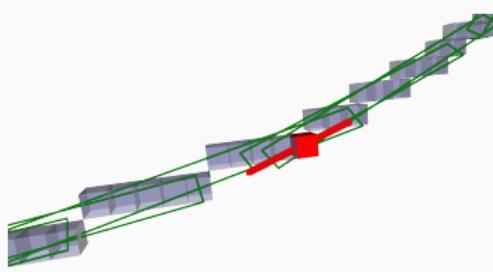
1. Calcul du squelette curviligne
2. Estimation de la tangente en chaque point du squelette
3. Pour tout point, la normale du plan orthogonal correspond à la tangente.



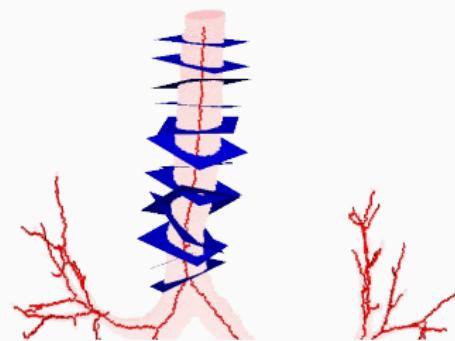
## TANGENTES 3D

$\lambda$ -MST : estimateur de tangentes à une courbe discrète 2D<sup>1</sup> et 3D<sup>2</sup>.

⇒ Tangente en un point : moyenne pondérée des vecteurs directeurs des segments maximaux passant par ce point.



Segments de droite maximaux  
(en vert) et tangente (en rouge)



Sensibilité aux irrégularités du squelette

1. LACHAUD et AL. "Fast, accurate and convergent tangent estimation on digital contours". *DGCI*. 2007.
2. POSTOLSKI et AL. "Tangent estimation along 3D digital curves." *ICPR*. 2012.

# SOMMAIRE

Introduction

Travaux précédents

Estimation de plans orthogonaux par les VCM

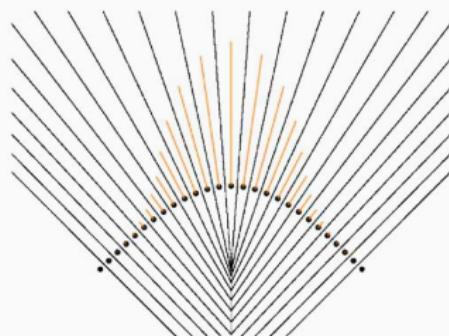
Résultats

Conclusion

# VORONOÏ COVARIANCE MEASURE (VCM)

**VCM**<sup>3</sup>

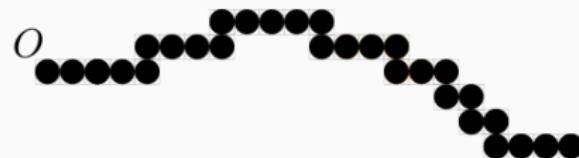
La cellule de Voronoï est allongée dans le sens de la normale à la surface.



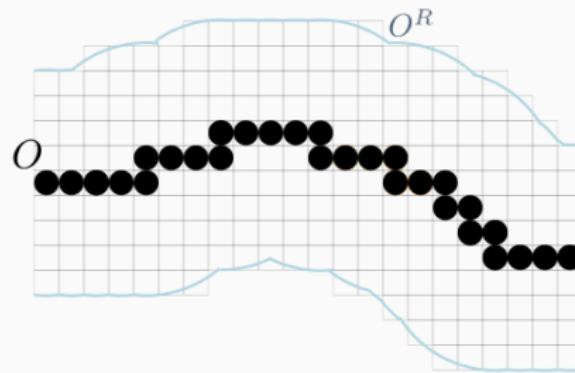
Relation entre normales (en orange) et les cellules de Voronoï<sup>4</sup>.

3. ALLIEZ et al. "Voronoi-based Variational Reconstruction of Unoriented Point Sets". *Eurographics*. 2007
4. MÉRIGOT et AL. "Voronoi-Based Curvature and Feature Estimation from Point Clouds". *IEEE Vis. and Comp. Grap.* 2011.

## VCM DISCRET

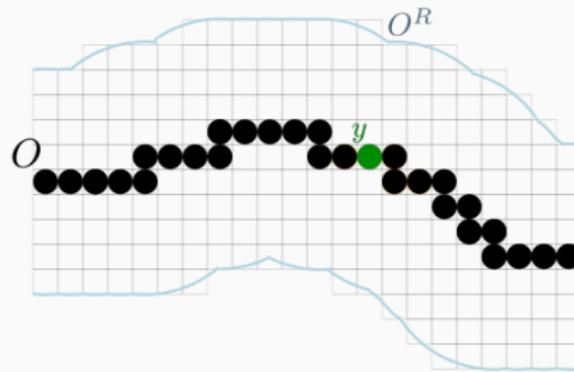


## VCM DISCRET



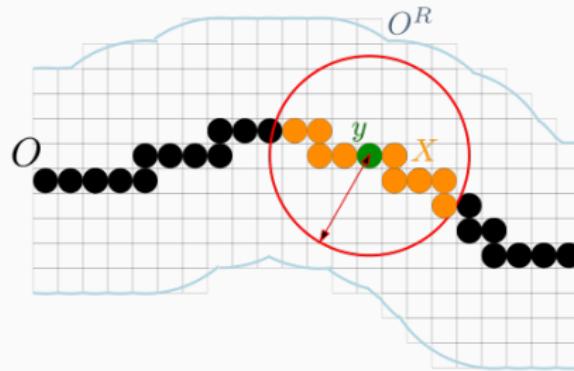
- L'offset de  $O$  de rayon  $R$  est  $O^R = \cup_{o \in O} B(o, R)$

## VCM DISCRET



- L'offset de  $O$  de rayon  $R$  est  $O^R = \cup_{o \in O} B(o, R)$
- $y$  : point où l'on veut mesurer le VCM

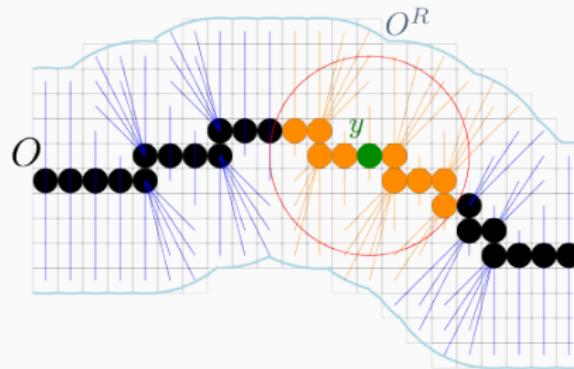
## VCM DISCRET



- L'offset de  $O$  de rayon  $R$  est  $O^R = \cup_{o \in O} B(o, R)$
- $y$  : point où l'on veut mesurer le VCM
- $X$  :  $B(y, r) \cap O$



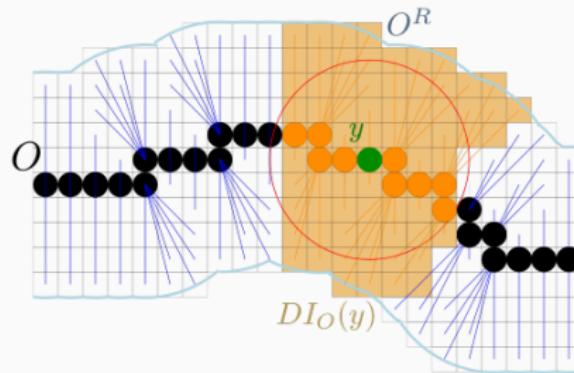
# VCM DISCRET



- L'offset de  $O$  de rayon  $R$  est  $O^R = \cup_{o \in O} B(o, R)$
- $y$  : point où l'on veut mesurer le VCM
- $X : B(y, r) \cap O$
- $\text{Vor}(x)$  : la cellule de Voronoï de  $x \in X$
- $p_O(x)$  : site de la cellule de Voronoï de  $x$



# VCM DISCRET



- L'offset de  $O$  de rayon  $R$  est  $O^R = \cup_{o \in O} B(o, R)$
- $y$  : point où l'on veut mesurer le VCM
- $X : B(y, r) \cap O$
- $\text{Vor}(x)$  : la cellule de Voronoï de  $x \in X$
- $p_O(x)$  : site de la cellule de Voronoï de  $x$
- Domaine d'intégration :  $D\text{I}_O(y, r, R) = \cup_{x \in X} (\text{Vor}(x) \cap O^R)$

## VCM DISCRET

### Mesure de covariance

- Le VCM est donné par :

$$\mathcal{V}_O(y, r, R) = \sum_{x' \in DI_O(y, r, R)} (x' - p_O(x'))(x' - p_O(x'))^t$$

- Normale = vecteur avec la plus grande valeur propre.

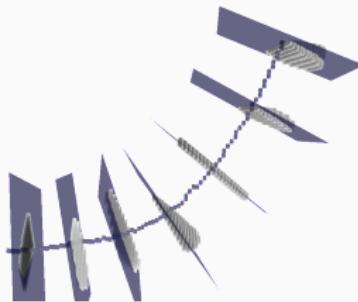
### Propriétés<sup>5</sup>

- Convergence asymptotique
- Robuste au bruit Hausdorff, aux outliers



## A PARTIR DU SQUELETTE

- VCM appliqué à une courbe 3D (squelette)
- Cellule de Voronoï allongée dans deux directions : définissent la base du plan orthogonal<sup>6</sup>.
- Domaine d'intégration : utilisation des connaissances a priori (rayon du tube)



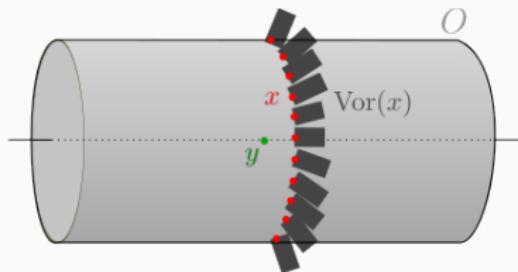
Cellules de Voronoï et lien avec plans orthogonaux



6. Grélard et AL. "Precise cross-section estimation on tubular organs". CAIP, 2015.

## A PARTIR DU VOLUME

- Dans le volume :  $\text{Vor}(x) = x$ .
- Plan orthogonal = somme des contributions des cellules de Voronoï en surface.
- Problème : paramétriser le domaine d'intégration ( $r$ )



Cellules de Voronoï  $\text{Vor}(x)$  et plan orthogonal

# SOMMAIRE

Introduction

Travaux précédents

Estimation de plans orthogonaux par les VCM

Résultats

Conclusion

## VOLUME SYNTHÉTIQUE (1)

- Volume tubulaire avec des perturbations en surface
- Mesures quantitatives sur les sections obtenues dans le volume (aire et rotondité)
- Comparaison avec  $\lambda$ -MST

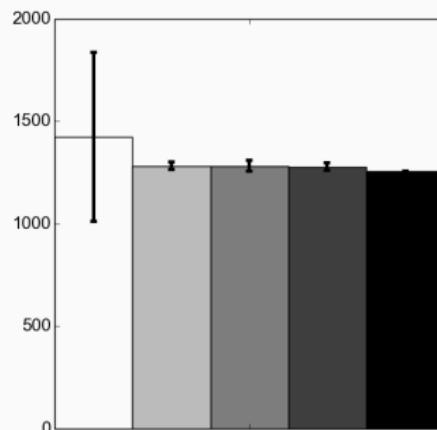


(a)

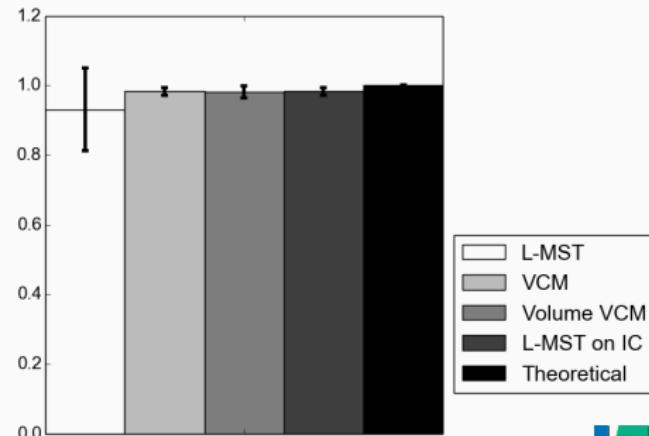
(b)

# VOLUME SYNTHÉTIQUE (1 : SUITE)

Moyenne et écart-type calculés pour l'aire et la rotondité sur l'ensemble des plans orthogonaux.



(a) Aire

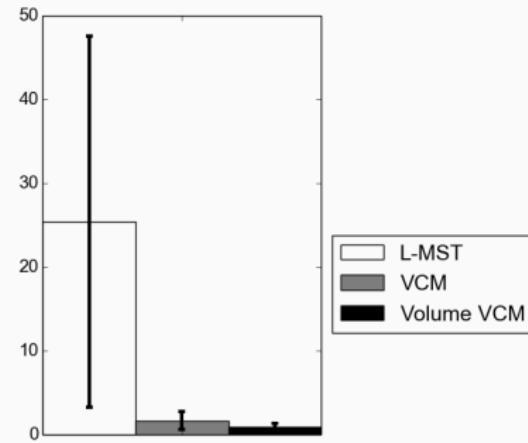
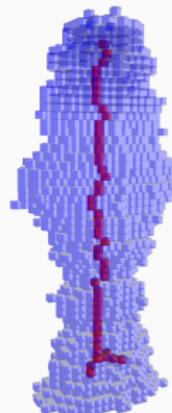


(b) Rotondité



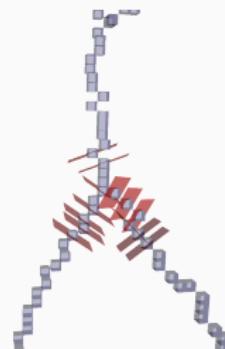
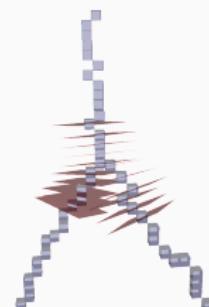
## VOLUME SYNTHÉTIQUE (2)

- Objet tubulaire avec variation de diamètre et d'ellipticité
- La normale du plan orthogonal est connue et la même en tout point du squelette
- Comparaison avec le plan calculé



# DONNÉES RÉELLES

- Volumes d'arbre bronchique issus d'acquisitions de scanner CT
- Comparaisons visuelles avec  $\lambda$ -MST

(a)  $\lambda$ -MST

(b) VCM



# SOMMAIRE

Introduction

Travaux précédents

Estimation de plans orthogonaux par les VCM

Résultats

Conclusion

# CONCLUSION

## Résumé

- Estimateur de plans orthogonaux sur des objets tubulaires
- Robuste aux perturbations sur les courbes discrètes
- Possibilité de s'abstraire du squelette

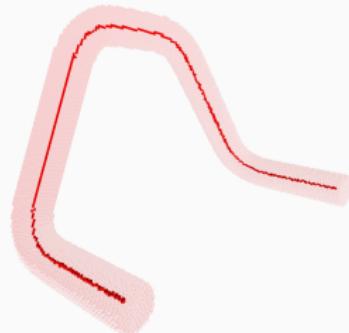
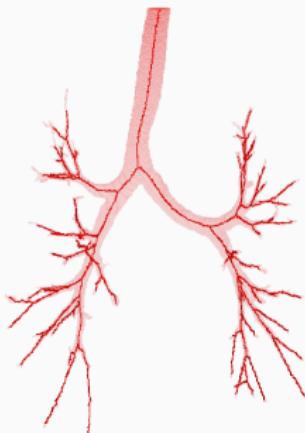
## Travaux en cours

- Application sur les volumes : paramétrisation automatique
- Algorithme de squelettisation



## ALGORITHME DE SQUELETTISATION

- Algorithme de suivi : déplacement avec la normale des plans orthogonaux
- Détection des jonctions : correspondent à des points de forte courbure  $\Rightarrow$  détectés intrinsèquement par les VCM
- Soumis à DGCI 2016



MERCI DE VOTRE ATTENTION