

# Caractérisation topologique et géométrique d'organes tubulaires

**Thématique :** Analyse d'image

**Laboratoire :** LaBRI

**Équipe :** Image et Son

**Encadrants :** Jean-Philippe Domenger ([domenger@labri.fr](mailto:domenger@labri.fr)),  
Fabien Baldacci ([fabien.baldacci@labri.fr](mailto:fabien.baldacci@labri.fr)),  
Anne Vialard ([anne.vialard@labri.fr](mailto:anne.vialard@labri.fr))

**Sujet :** Ce sujet de thèse se place dans le cadre de la collaboration avec le Professeur François Laurent, de l'unité INSERM U1045, sur l'étude de l'arbre bronchique. Cette collaboration a abouti au développement d'une chaîne de traitement [1, 2] consistant à :

1. segmenter l'arbre bronchique,
2. extraire le squelette des bronches segmentées,
3. réaliser des mesures géométriques simples (aire de la paroi bronchique, aire de la lumière), en 2D, dans les plans des coupes orthogonales au squelette.

Cette méthodologie se veut générique et peut donc être appliquée afin d'analyser tout type d'organe tubulaire (vaisseaux sanguins, neurones, ...).

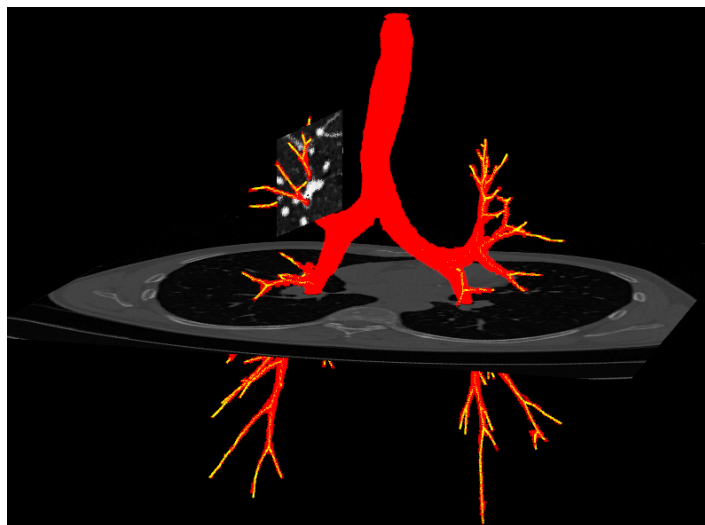


FIGURE 1 – Exemple de segmentation de l'arbre bronchique avec le squelette associé et un plan de coupe orthogonal.

Nous travaillons actuellement à l'étude des caractéristiques des bronches et des vaisseaux sanguins dans le poumon afin d'améliorer la détection et la caractérisation des différentes pathologies du poumon [3]. Celles-ci entraînent à priori des modifications topologiques sur les réseaux bronchiques et veineux ainsi que des transformations géométriques telles que l'épaississement de la paroi, sa déformation ou la modification de sa courbure. Cependant ces aspects ne sont à ce jour pas étudiés faute d'outils permettant d'extraire ces caractéristiques. De plus, il est probable que les différentes pathologies n'introduisent pas les mêmes modifications et qu'il soit donc possible d'améliorer le diagnostic différentiel en analysant plus précisément les caractéristiques de ces organes.

Le but de cette thèse consiste donc à améliorer la partie "extraction de caractéristiques" de notre chaîne de traitement, en développant de nouveaux outils de topologie discrète et de géométrie discrète. Le champ de possibilités est très large mais plusieurs développements paraissent à ce jour plus pertinents :

1. L'appariement de squelettes et de sous-squelettes avec propriétés géométriques : le but est de pouvoir comparer deux réseaux tubulaires afin de suivre l'évolution au cours du temps par exemple, ou dans différentes configurations (inspiration/expiration, scanner/IRM, ...). Il faudra développer une méthode d'appariement de sous-graphes tenant compte de l'information topologique et géométrique globale (par exemple l'ordre des générations de bronches ou de vaisseaux ne peut pas s'inverser). L'utilisation de notre modèle de structuration topologique et géométrique d'image segmentée [4] pourra faciliter ce développement.
2. L'estimation volumique en 3D : à ce jour les comparaisons entre l'aire de la lumière et l'aire de la paroi bronchique sont réalisées dans des coupes 2D, tout comme les mesures des vaisseaux. Il y a donc non seulement une perte d'information due à la non utilisation de la 3D mais de plus on ne peut pas tenir compte de l'effet de volume partiel. Le développement d'un estimateur de volume 3D intégrant une estimation du lissage de surface à effectuer (l'interface entre les objets passant à l'intérieur des voxels) permettra d'améliorer grandement la précision des calculs réalisés. Ce lissage se baserait sur un algorithme de type "marching-cube" précis [5] auquel il faudrait intégrer l'utilisation de l'intensité des voxels afin d'estimer l'effet de volume partiel.
3. Certaines pathologies ont pour effet de déformer la surface des parois (qui sont usuellement lisses). Il est donc important de développer un estimateur d'irrégularité de surface, la difficulté étant que nous disposons d'un contour discret (et donc irrégulier par nature), et de petite taille. Un estimateur de bruit sur contour discret a été développé en 2D [6]. Cette estimation du bruit peut être vue comme une estimation des irrégularités du contour et donc servir de base à son extension en 3D.
4. Le dernier estimateur de géométrie discrète prévu dans cette thèse est un estimateur de courbure 3D, permettant de caractériser un second type de déformations pathologiques.

La thèse se concentrera sur le développement de ces nouveaux estimateurs 3D, spécifiques à l'étude d'organes tubulaires. Elle s'inscrit dans les développements du groupe "Outils pour la segmentation 3D" de l'équipe "Image et Son" du LaBRI, et pourra donc à la fois s'appuyer sur les travaux développés localement, ainsi que ceux réalisés dans le cadre de la collaboration avec le LORIA à Nancy (Bertrand Kerautret).

Ces estimateurs seront entre autre utilisés afin d'étudier un jeu de données de scanner thoracique pour déduire de nouveaux marqueurs des différentes pathologies des bronches.

## Références

- [1] G. De Dietrich, A. Braquelaire : A framework for tubular organs segmentation in The 12th International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, 2004
- [2] H. Balacey, G. Dournes, P. Desbarats, M. Montaudon, J-P. Domenger, F. Laurent : A new processing sequence to assess airways using 3D CT-scan in IEEE International Conference on Image Processing, ICIP 2013
- [3] G. Dournes, F. Coste, C. Dromer, F. Baldacci, M. Montaudon, F. Laurent : CT measurement of small vessels as a tool to phenotype COPD subjects with severe pulmonary hypertension, in European Society of Thoracic Imaging (ESTI) 2014
- [4] F. Baldacci, A. Braquelaire, J-P Domenger : Oriented Boundary Graph : A Framework to Design and Implement 3D Segmentation Algorithms in ICPR '10 Proceedings of the 2010 20th International Conference on Pattern Recognition . 2010.
- [5] S. Gueorguieva, P. Desbarats : Reconstruction of topology valid boundary of discrete objects from 3D range images, in 5th International Conference on Visualization, Imaging, and Image Processing (VIIP), 2005, pp. 388-393.
- [6] Kerautret, B., Lachaud, J-O. : Multiscale Analysis of Discrete Contours for Unsupervised Noise Detection, in International Workshop on Combinatorial Image Analysis (IW-CIA'2009) Volume 5852, pp. 187-200.