

# Structuration du squelette en graphe pour une exploitation haut niveau par ses attributs

R. Youssef<sup>1,2,3</sup> S. Sevestre-Ghalila<sup>1,3</sup> C. Chappard<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CEA-LinkLab

<sup>2</sup>Laboratoire MAP5, Université Paris Descartes

<sup>3</sup>Laboratoire COSIM de Sup'Com, Université de Carthage

<sup>4</sup>Laboratoire B2OA, Université Paris Diderot

---

## Résumé

La squelettisation est une opération morphologique qui résume un objet par ses lignes médianes tout en préservant la topologie et la géométrie de l'image initiale. La squelettisation est utilisée dans différents domaines d'application tels que la biométrie comme étant une étape cruciale du processus d'appariement, ainsi que l'imagerie médicale pour la quantification de la micro-architecture de l'os. Dans le contexte d'appariement ou de quantification, il est possible d'exploiter les attributs d'un squelette pour extraire un ensemble de descripteurs structurels d'objets et d'accéder à une analyse haut niveau de l'image.

En effet, l'identification d'une personne grâce à son empreinte digitale ou le réseau veineux de sa main se fait grâce à l'appariement de minuties du squelette, composées de terminaisons de lignes et de bifurcations de crêtes. D'un autre côté, des études en imagerie biomédicale ont montré que les caractéristiques morphométriques de la micro-architecture osseuse constituent un indicateur de la qualité de l'os. La quantification de la micro-architecture de l'os rentre dans le champ d'application du projet ANR Voxelo qui a pour objectif de développer de nouvelles méthodes non invasives pour le diagnostic précoce de l'arthrose du genou. À cet effet, l'extraction du réseau trabéculaire par squelettisation est d'une grande importance pour analyser les paramètres morphologiques significatifs tels que la surface du squelette, le nombre de nœuds, d'extrémités, la longueur et la demi largeur de segments, etc.

Notre contribution vise à développer une solution pour l'extraction des attributs d'un squelette binaire ou en niveaux de gris et de les enregistrer sous un format hiérarchique ré-exploitable. Nous proposons de construire un graphe qui stocke les différents attributs d'un squelette d'empreinte ainsi que les paramètres morphométriques de l'os. Étant donné qu'un squelette se compose de segments, de nœuds et d'extrémités, il est judicieux d'utiliser un graphe pour représenter cet objet. La correspondance des segments avec les arêtes, des nœuds et extrémités avec les sommets d'un graphe est naturelle et intuitive. Dans ce travail, la structure de graphe se compose de structures points et segments. La structure point détermine la configuration topologique d'un pixel à partir de l'image du squelette binaire, le classe en crête, nœud ou extrémité et pointe sur ses voisins "objet" afin d'établir le lien entre les différentes composantes du graphe. Quant à la structure segment, elle est composée de points stockés dans une pile, d'une tête et d'une queue pointant sur le nœud ou l'extrémité qui suit, ainsi que d'autres attributs tels que la longueur euclidienne et le niveau de gris moyen. La construction du graphe est possible en identifiant en premier lieu la nature de chaque point et en procédant à un suivi de segment pour établir les liens entre les arêtes et les sommets. Les attributs ainsi trouvés sont finalement stockés dans un fichier CSV.

Cette solution s'applique à des squelettes binaires et en niveaux de gris, elle nous a permis d'évaluer notre méthode de squelettisation en niveaux de gris et d'implanter une procédure d'ébarbulage du squelette suivant le niveau de gris moyen et la longueur des barbules. En effet, d'après nos expérimentations, nous avons noté que la squelettisation en niveaux de gris est souvent sujette à l'apparition de barbules de faible contraste local. Une analyse des attributs extraits du squelette nous permet de déduire la longueur moyenne et le niveau de gris moyen de ces fausses terminaisons. On procède ainsi à un ébarbulage qui cible directement les segments concernés, les supprime et met à jour le fichier d'attributs.

---

**Mots clé :** squelettisation, morphologie mathématique, graphe, attributs