

Reconstruction d'os trabéculaires : utilisation de la topologie pour la correction automatique de modèles volumiques.

Soukayna Qarboua^{1,2}, Samuel Peltier¹, Arnould Agnès¹, Hakim Belhaouari¹ et Philippe Meseure¹

¹Université de Poitiers, XLIM, Axe ASALI, CNRS 7252, France.

²Université de Limoges, XLIM, Axe ASALI, CNRS 7252, France.

Résumé

La tomographie est une technique d'imagerie, très utilisée en médecine, ainsi qu'en géophysique, en astrophysique et en mécanique des matériaux. Cette technique permet de reconstruire le volume d'un objet à partir d'une série de mesures non invasives. Le travail présenté fait partie du projet MimOsA qui implique les instituts Xlim, IRCER et PPRIME. L'objectif est de concevoir une méthode pour fabriquer, par impression 3D de bio-céramiques, des implants osseux mimant la structure d'os trabéculaires à partir des données acquises par tomographie.

Un processus classique de reconstruction 3D consiste à segmenter l'image 3D (i.e. distinguer les voxels représentant de la matière de ceux représentant du vide) puis d'en extraire les surfaces. Les logiciels couramment utilisés se basent sur des modèles discrets qui décrivent des empilements de voxels. La segmentation permet de décider si un voxel correspond à de la matière (de l'os dans notre cas) ou du vide. Les inconvénients de ce genre de modèles sont : une visualisation grossière, avec des contours en marches d'escalier, des calculs géométriques approximatifs, et une topologie se basant nécessairement sur une notion de 6-, 18- ou 26-connexité. Le passage à une représentation des données acquises sous forme d'un maillage (géométrie continue, i.e. dans $\mathbb{R}^3$) permet de remédier aux limitations des modèles discrets. En exploitant les méthodes classiques de reconstruction comme le marching cubes, on obtient une représentation surfacique. Or cette représentation ne permet pas de caractériser la structure du volume. En particulier, les cavités ne sont pas directement captées par cette représentation et sont considérées comme des composantes connexes, ainsi toute caractérisation topologique des résultats est donc biaisée par ce manque d'information.

Nous proposons ici d'étendre l'approche surfacique du marching cubes afin de construire un maillage de volumes (et non de faces) à partir des images acquises. Il est alors possible de caractériser topologiquement l'objet construit (composantes connexes, tunnels et cavités) afin de pouvoir le corriger. Nous représentons l'objet construit par une carte généralisée de dimension 3, modèle utilisé en modélisation géométrique pour représenter des quasi-variétés cellulaires.

Une fois l'objet volumique construit et le maillage nettoyé des éventuelles cellules dégénérées, nous calculons ses propriétés topologiques par une méthode compatible avec sa complexité (plusieurs centaines de millions de cellules) : le modèle construit étant orientable et sans torsion, il est possible de calculer sa caractéristique d'Euler, son nombre de cavités et son nombre de composantes connexes afin d'en déduire son nombre de tunnels. Une fois cette caractérisation effectuée il est possible d'identifier et supprimer les composantes connexes et les cavités trop petites, considérées comme du bruit d'acquisition.

L'application visée cherche à construire un modèle destiné à être imprimé en 3D. Des corrections topologiques sont nécessaires et rendues possibles à partir de la caractérisation topologique effectuée. Plus précisément, nous creusons la matière pour relier les cavités à la surface ou entre elles. Puis, nous reconnectons les composantes connexes afin d'en obtenir qu'une seule. Au final, le modèle volumique reconstruit et corrigé est connexe, et sans aucune cavité.

Mots-clés : Modélisation géométrique, calcul de propriétés topologiques, correction de maillage.
