

Développement d'une chaîne de calcul par éléments finis à partir de données issues de l'imagerie médicale

N. Bideau¹, TT. Dao¹, F. Charleux², P. Aaufaure², MC. Ho Ba Tho¹,
A. Rassineux³

¹ UMR 6600 Biomécanique et Bioingénierie, Université de Technologie de Compiègne, France, {nicolas.bideau,tien-tuan.dao,hobatho}@utc.fr

² Polyclinique St Côme, Compiègne, France, docteur.aufaufaure@stcome.com et fabrice.charleux@acrim.fr

³ UMR 6253 Roberval, Université de Technologie de Compiègne, France, alain.rassineux@utc.fr

Résumé — L'objectif de cette étude est de proposer une méthodologie de maillage dans le cas des géométries complexes issues des techniques d'imagerie médicale (IRM, CT Scanner). Un protocole expérimental a été établi pour développer deux modèles géométriques complets des membres inférieurs. La segmentation, la reconstruction, et le maillage adaptatif ont été réalisés. Un calcul de structures a été effectué pour montrer la qualité de notre méthodologie.

Mots clefs — Méthode des éléments finis, imagerie médicale, CT scanner, maillage adaptatif.

1 Introduction

La modélisation par éléments finis des structures biologiques 3D est complexe [1]. La précision ainsi que le temps de calcul sont fortement dépendants de la qualité du maillage utilisé. Dans ce cas, une des problématiques est donc de pouvoir lisser la géométrie initiale de sorte à prévenir les éventuels problèmes de convergence d'un calcul non-linéaire ainsi que de permettre l'utilisation des méthodes d'adaptation de maillage [2] au cours du calcul.

2 Matériels et Méthodes

Deux sujets (un sujet normal (homme, 29 ans, 1m68, 65kg) et un sujet pathologique (homme, 27 ans, 1m70, et 68kg)) ont participé à cette étude. Un protocole expérimental a été établi pour acquérir les images anatomiques. La technique d'imagerie médicale CT Scanner a été utilisée en utilisant le scanner GE Light Speed VCT 64. Les acquisitions ont été réalisées à la Polyclinique St Côme, Compiègne, France. L'intervalle entre les coupes est de 1.2 mm. La résolution est de 512×512. Le nombre des coupes est de 384 avec un temps d'acquisition de 30 secondes. La segmentation manuelle (logiciel SIP (© Hobatho, 1991) [3]) (Fig. 1) a été appliquée pour extraire des contours anatomiques. Chaque modèle géométrique comporte 4 structures : le fémur, la rotule, le tibia, et le volume défini par le contour externe de la jambe.

Un effort important a été porté sur le maillage de la géométrie du genou. A partir des données d'imagerie médicale, la jonction des « lignes iso » a permis l'obtention d'un maillage grossier. Notre nouvelle approche consistait alors à exploiter la structure par contour de la géométrie en élaborant une technique de maillage par sous domaines développables et une technique d'interpolation du maillage initial par des patches cubiques de type Hermite [4]. Les différentes étapes étaient donc :

1. Déplier le maillage : on a des couches d'éléments et le maillage de chaque couche est développable.
2. Découper les frontières du maillage dans le plan déplié.
3. Mailler avec un mailleur classique.
4. Revenir aux coordonnées 3D.

5. Interpoler chaque élément du maillage initial par des patches cubiques de type Hermite.
6. Projeter les noeuds sur cette géométrie.

Pour valider notre maillage, un calcul par éléments finis. Pour chaque structure le maillage final composé d'éléments tétraédriques est importé dans le code de calcul ABAQUS 6.8.3.

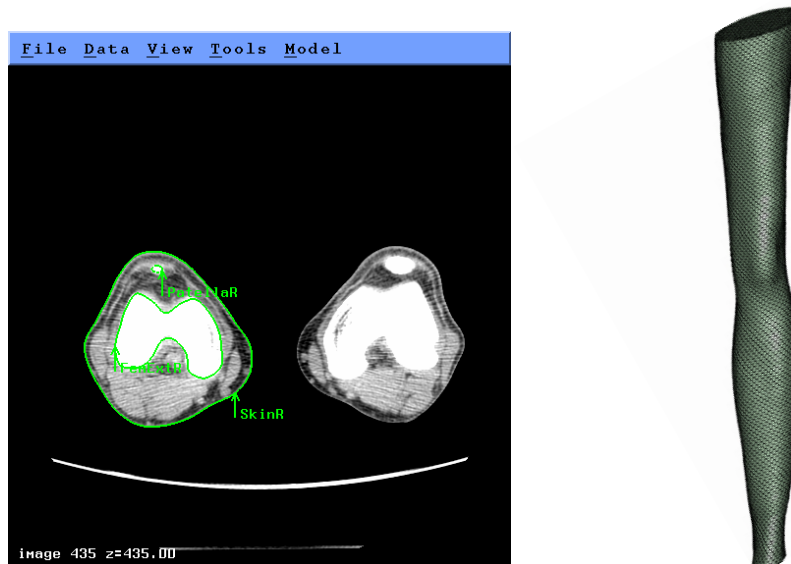


FIG. 1 – Coupe anatomique du fémur et le maillage de la jambe.

3 Résultats et Discussion

La géométrie issue du traitement des images médicales peut faire apparaître de forts gradients entre les lignes supports conduisant à un maillage de moyenne qualité. De ce fait, notre méthodologie a montré sa performance et sa flexibilité dans le cas d'un calcul de structures complexes. De plus, notre démarche comporte toutes les étapes nécessaires afin de modéliser et simuler les structures biologiques extraites à partir des techniques d'imagerie médicale.

Références

- [1] M. Sangeux, F. Marin, F. Charleux, L. Dürselen, M.C. Ho Ba Tho. *Quantification of the 3D relative movement of external markers vs bones based on Magnetic Resonance Imaging*. Clinical Biomechanics 21, 984-991, 2006.
- [2] A. Rassinoux, M.C. Ho Ba Tho, P. Breitkopf, P. Villon. *3D adaptive mesh based on diffuse approximation for anatomical discrete data*. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, Rome, 2001.
- [3] M.C. Ho Ba Tho. *Logiciel SIP*, INSERM 1991.
- [4] A. Rassinoux., P. Villon, J.M. Savignat, O. Stab. *Surface remeshing by local Hermite diffuse interpolation*. International Journal for Numerical Methods in Engineering 49, 31-49, 2000.