



HAL
open science

Développement d'un modèle ostéoarticulaire du genou humain pour une analyse dynamique du contact en grands déplacements

Nicolas Bideau, T.T. Dao, Alain Rassinoux, Marie-Christine Ho Ba Tho

► **To cite this version:**

Nicolas Bideau, T.T. Dao, Alain Rassinoux, Marie-Christine Ho Ba Tho. Développement d'un modèle ostéoarticulaire du genou humain pour une analyse dynamique du contact en grands déplacements. 10e colloque national en calcul des structures, May 2011, Giens, France. pp.Clé USB. hal-00595884

HAL Id: hal-00595884

<https://hal.science/hal-00595884>

Submitted on 30 May 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Développement d'un modèle ostéoarticulaire du genou humain pour une analyse dynamique du contact en grands déplacements

N. Bideau¹, TT. Dao¹, A. Rassineux²,
MC. Ho Ba Tho¹

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

² UMR 6253 Roberval, Université de Technologie de Compiègne, France, alain.rassineux@utc.fr

Résumé — Le principal objectif de ce travail est le développement d'un modèle tridimensionnel de l'articulation du genou en grands déplacements. A partir des données d'imagerie médicale (IRM), un modèle géométrique 3D a été développé. Ce modèle est résolu par la méthode des éléments finis. La simulation proposée permet de comprendre le comportement dynamique des différentes structures articulaires lors d'un mouvement de grande amplitude.

Mots clefs — Méthode par éléments finis, imagerie médicale, IRM, contact, calcul dynamique.

1 Introduction

L'articulation du genou est l'une des articulations les plus importantes du corps humain. La complexité géométrique ainsi que la non-linéarité des matériaux impliqués rendent la résolution des problèmes relatifs au comportement mécanique du genou difficile. Ce système regroupe donc trois types de non-linéarités, à savoir, des non-linéarités géométriques, des non-linéarités matérielles et des non-linéarités dues au contact. Le principal objectif de ce travail de recherche est de développer un modèle tridimensionnel de l'articulation du genou tenant compte des trois types de non-linéarité. On s'intéresse en particulier à l'évolution (spatiale et temporelle) dans le cadre d'une sollicitation dynamique en grands déplacements.

2 Matériels et Méthodes

L'acquisition de la géométrie de tous les éléments constituant l'articulation est obtenue à partir d'IRM du genou avec des intervalles de 3 mm entre chaque coupe [1]. La résolution est de 512x512. Le nombre des coupes est de 24. Les images sont ensuite importées dans le logiciel SIP (© Hobatho, 1991) [2]. La segmentation manuelle pour chaque structure anatomique est alors réalisée pour extraire des contours anatomiques des tissus osseux (fémur, tibia) les tissus mous (cartilage fémoral, ligaments, etc.). Enfin, la reconstruction géométrique volumique et le maillage 3D associé sont réalisés (Fig. 1).

Une loi élastique linéaire a été utilisée pour le comportement du tissu osseux. Les tissus biologiques mous étant non-linéaires [3], dans une première étape, une loi de comportement élastique non-linéaire est utilisée. La littérature montre que le caractère visco-élastique en grandes déformations n'est pas largement exploité dans les implémentations par la méthode des éléments finis. Ainsi, dans un second temps, la prise en compte du caractère visco-élastique est considérée.

Une formulation en glissements finis est utilisée pour le traitement des contacts os-cartilage et cartilage-cartilage. Un algorithme de maillage adaptatif [4] est développé de sorte à éviter une distorsion trop importante des éléments dans le calcul de contact en transformations finies. Ce modèle est implémenté dans le code de calcul commercial ABAQUS 8.3. La résolution du problème dynamique tridimensionnel a été réalisée avec un algorithme explicite. Les calculs ont été effectués sur la plate-forme de calcul intensif PILCaM2 (© UTC).

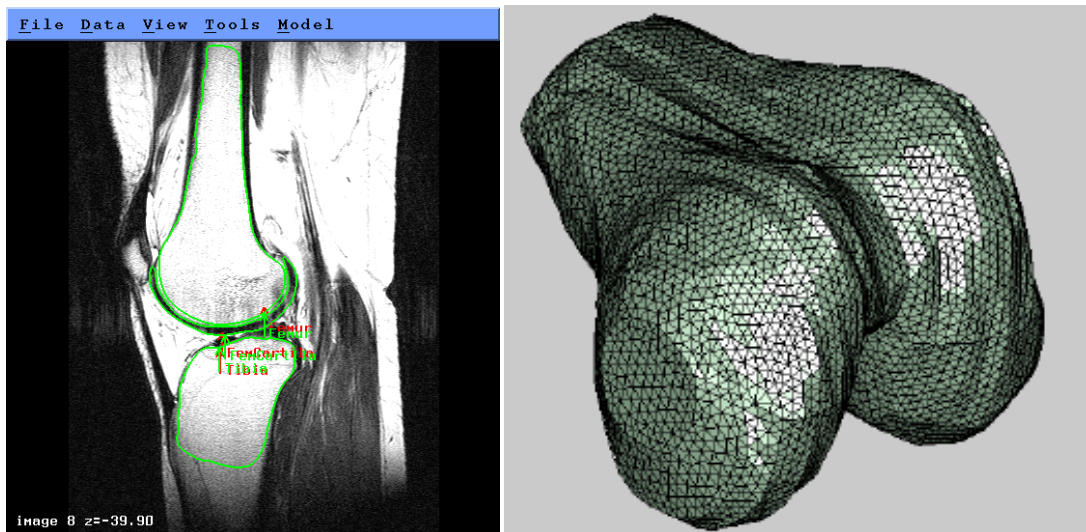


FIG. 1 – Coupe anatomique du genou et le maillage du fémur

3 Résultats et Discussion

En ce qui concerne les résultats, le modèle ainsi obtenu permet de déterminer les efforts de contact appliqués aux différentes structures de l'articulation. A la différence de la plupart des travaux de la littérature qui utilisent des modèles statiques ou quasi-statiques [5], il a été possible d'obtenir grâce au modèle dynamique des mesures temporelles des pressions de contact articulaire au cours de mouvements de grande amplitude de l'articulation du genou. De plus, l'utilisation d'un modèle en grande déformation pour les tissus mous permet d'obtenir une estimation des contraintes in-vivo au cours du mouvement pour chacune des structures anatomiques constituant l'articulation.

Références

- [1] M.C. Ho Ba Tho. *Bone and joints modelling with individualised properties derived from MRI medical images*. Computer Mechanics and Engineering 4, 489-496.
- [2] M.C. Ho Ba Tho. *Logiciel SIP*, INSERM 1991.
- [3] D. Pioletti, L. Rakotomanana. *Non linear viscoelastic law for soft tissues*. European journal of mechanics A/ solids 19, 749-759, 2000.
- [4] A. Rassinoux, P. Breitkopf, P. Villon. *Simultaneous surface and tetrahedron mesh adaptation using meshfree techniques*. International Journal for Numerical Methods in Engineering 57, 371-389, 2003.
- [5] M. Sangeux, F. Marin, F. Charleux, M.C. Ho Ba Tho. *In vivo personalized finite element modelling of the knee joint derived from MRI images*. European Journal of Computational Mechanics, 18, 81-92, 2009.