

Création d'un modèle éléments finis 3D non-linéaire d'une main en contact

D. Chamoret¹, S. Roth¹, S. Gomes¹, F. Peyraut¹, X.-T. Yan² et Z.-Q. Feng³

(1) Laboratoire M3M, Université de Technologie de Belfort Montbéliard, 90010 Belfort Cedex, France
Tel: +33(0)384583803 Fax: +33 (0)384583146
E-mail: {dominique.chamoret, sebastien.roth, francois.peyraut, samuel.gomes}@utbm.fr

(2) Department of Design, Manufacture and Engineering Management, James Weir Building, University of Strathclyde, 75 Montrose Street, Glasgow, UK
E-mail: x.yan@strath.ac.uk

(3) Université d'Evry, Laboratoire de Mécanique d'Evry, 40 Rue du Pelvoux, 91020 Evry, France
E-mail: Zhi-Qiang.Feng@iup.univ-evry.fr

MOTS-CLÉS : analyse élément finis, maillage, contact, impact, hyperélasticité orthotrope.

Dans le contexte industriel actuel, il est essentiel de mettre les acteurs au cœur de la conception d'un nouveau produit, d'un système ou d'un processus en vue de développer les interfaces homme-machine les plus appropriées. Ceci est particulièrement le cas pour simuler les sensations ressenties par exemple lors de la préhension d'un objet. Une application médicale de ce type de simulation est envisageable : il est possible d'imaginer la main d'un chirurgien qui interagit avec des instruments médicaux, voire avec un patient. Pour une telle application, il est opportun de modéliser la main de l'homme dans le but d'acquérir une meilleure compréhension de l'acte de préhension. Pour ce faire, il convient de déployer des méthodes et des outils éprouvés tels que la méthode des éléments finis pour intégrer les connaissances biomécaniques dans le processus de conception existant et produire une solution efficace avec une meilleure IHM (Interface homme-machine)

Le but de notre travail est d'étudier la pression de contact entre une main et un objet : lors de la manipulation d'objet par des opérateurs à l'aide d'outils à main par exemple ou bien pour des aides à la formation, comme un dispositif haptique. L'évaluation de la répartition des pressions de contact et de leur évolution au cours du temps est un point critique et extrêmement important. Ceci nécessite une modélisation réaliste du problème et notamment des tissus mous. Ce problème peut être très complexe en raison de la présence de deux phénomènes fortement non-linéaires : le contact/impact et l'hyperélasticité. Pour ce faire, nous nous sommes intéressés à l'élaboration d'un modèle éléments finis 3D non-linéaire d'une main en contact/impact potentiel avec un objet de forme parallélépipédique (Figure 1).



Figure 1 : description du problème

La création du modèle géométrique de la main est une partie intégrante de la modélisation par éléments finis. Cette représentation géométrique est basée sur une reconstruction géométrique 3-D à partir de coupes scanner (Figure 2a et b). La reconstruction 3D est constituée d'environ 300 coupes 2D dans le plan transversal. Le module de reconstruction « Scan2Mesh » disponible dans le pack Hyperworks (Altair ©) a été utilisé afin de réaliser le modèle 3D distinguant les tissus mous des tissus osseux (Figure 2c). Ensuite importé dans le logiciel Hypermesh (Altair) pour l'étape de maillage, le modèle éléments finis de la main est constitué de 1700 éléments tétraédriques pour les os du poignet, de 2000 éléments pour les méta-carpes et les phalanges, et de 14000 éléments pour la peau (Figure 3).

Création d'un modèle éléments finis 3D non-linéaire d'une main en contact

Les os sont modélisés par un comportement élastique et la peau et les tissus mous par des modèles hyperélastiques anisotropes.

A l'heure actuelle, la modélisation éléments finis a été réalisée à l'aide du code de calcul explicite FER [1]. Ce code a été retenu pour ses possibilités de calcul en ce qui concerne les modèles hyperélastiques anisotropes [2] et le traitement du contact par la méthode du bi-potentiel. En particulier, le modèle hyperélastique HGO [3] a été implémenté dans le logiciel FER [4]. A l'avenir, une autre possibilité de calcul dans le domaine élastique, mais avec une prise en compte de la cinématique liée aux ligaments, muscles et articulations, pourrait être envisagée via l'utilisation de codes industriels du type Radioss.

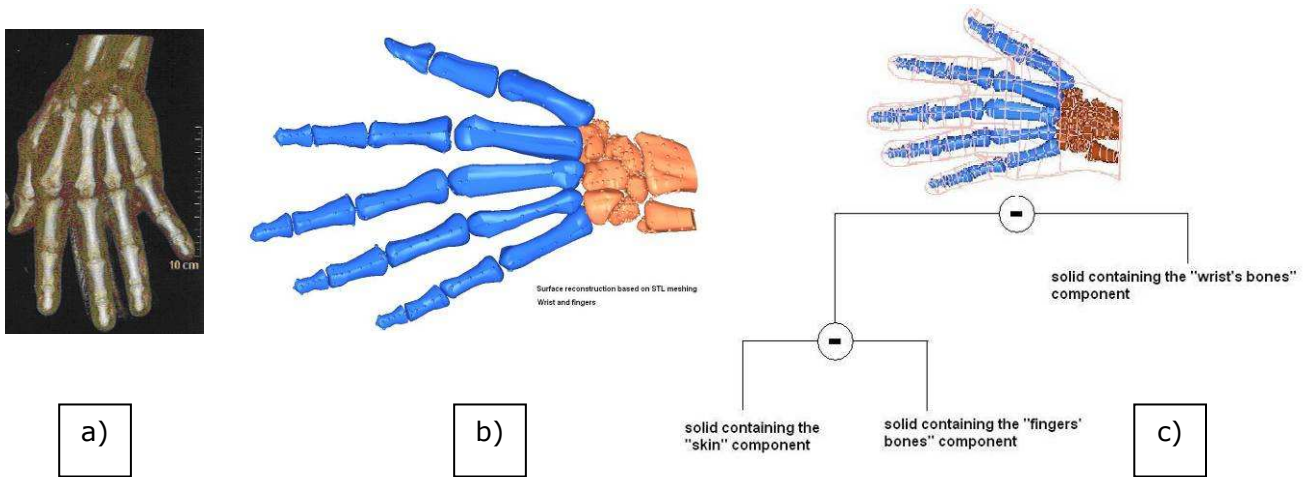


Figure 2 : a) et b) coupes scanner - c) étapes de la création du modèle géométrique de la main

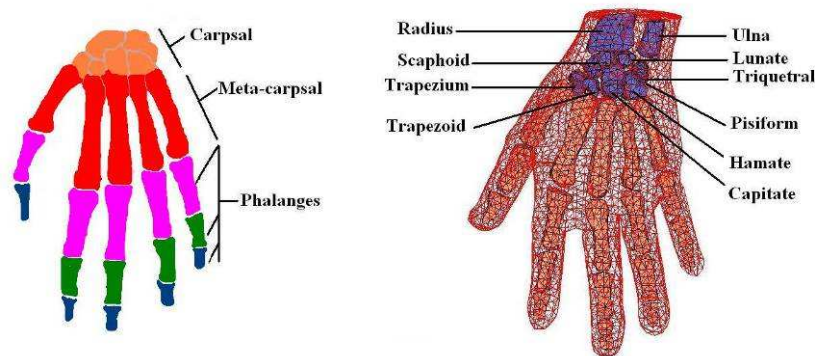


Figure 3 : maillage final de la main

Références

[1] Z.-Q Feng. A finite element research system. <http://gmfe16.cemif.univ-evry.fr:8080/~feng/FerSystem>, 2002.

[2] F. Peyraut, Z.-Q. Feng, N. Labeled, C. Renaud "A closed form solution for the uniaxial tension test of biological soft tissues", *International Journal of Non-Linear Mechanics*, Vol. 45, pp. 535-541, 2010.

[3] G.A. Holzapfel, T.C. Gasser, R.W. Ogden, A new constitutive framework for arterial wall mechanics and a comparative study of material models, *J. Elasticity*, 61, 1-48, 2000.

[4] F. Peyraut, D. Chamoret, S. Gomes et Z.-Q Feng. Implémentation éléments finis du modèle hyperélastique anisotrope HGO. *Revue Européenne de Mécanique Numérique*, Vol 19/4 - pp.441-464, 2010.