

Compte-rendu du séminaire Mécanique du Vivant du 17 Juin 2004
Lieu : amphithéâtre Maurice Godet (INSA LYON)

Préambule :

Ce premier séminaire de Mécanique du Vivant a été organisé à la demande d'Alain Combescure directeur du LaMCoS l'objectif étant d'avoir une vision globale des actions de recherche au niveau Lyonnais dans cette thématique et de pouvoir ainsi initier si possible des actions transversales et/ou complémentaires de recherche entre les différentes entités concernées. Ainsi l'INRETS, l'UCBL, l'ECL et le LaMCoS (INSA de Lyon) ont été sollicités pour participer à ce séminaire. Six présentations de Doctorantes de l'INRETS, l'UCB et du LaMCoS ont pu être effectuées et je tiens au nom du directeur du LaMCoS et en mon nom à remercier les doctorantes, responsables et encadrants (es) pour leur participation active à cet événement. Nos remerciements vont aussi, bien entendu, à la nombreuse assistance (entre 35 et 40 personnes) présente à ce séminaire organisé pour la première fois à Lyon. Les présentations ont été de haut niveau, bien structurées à l'aide d'excellents supports et un discours clair et réfléchi.

Présentations :

Les présentations se sont déroulées comme suit :

Les principaux axes de recherche en Mécanique du Vivant de l'INRETS, UCBL et du LaMCoS (INSA de Lyon) ont été présentés par respectivement Karine Bruyère, Yves Berthier et Benyebka Bou-Saïd.

Les Doctorantes sont ensuite intervenues dans l'ordre suivant :

14^h 30 – 15^h : Barbara AUTUORI INRETS/LaMCoS

Modélisation par éléments finis de la face humaine en vue de la simulation de sa réponse à un choc

15^h – 15^h 30: Sonia DUPREY UCBL/LBMH

Modélisation par éléments finis du complexe de l'épaule

15^h 30– 16^h : Ana Maria SFARGHIU LaMCoS

Etude du fonctionnement tribologique d'une articulation saine

16^h – 16^h 30: Anne AMBLARD LaMCoS

Etude tribologique d'une prothèse d'aorte fémorale

16^h 30– 17^h : Clémentine JACQUEMOUD INRETS/LaMCoS

Caractérisation mécanique de la peau

17^h – 17^h 30 : Adriana Violeta SAVESCU UCBL/LBMH

Nouveau modèle cinématique de la main

Chaque présentation a été suivie d'environ 10 minutes de questions et remarques.

Descriptif des présentations :

1) Modélisation par éléments finis de la face humaine en vue de la simulation de sa réponse à un choc :

L'objectif de ce travail est de réaliser un modèle numérique de la face afin de prédire les risques de blessure et mieux appréhender ceux du contenu intracrânien. La méthodologie employée est la suivante : à partir d'une pièce anatomique il y a reconstruction géométrique et définition d'un maillage, puis caractérisation mécanique de l'os crânien, validation des modèles E.F, validation globale et locale en statique et dynamique grâce à de l'expérimentation. Les contraintes avancées sont la bio fidélité géométrique, le choix judicieux des éléments ainsi que le temps de calcul raisonnable. Les solutions proposées sont : acquisition d'une image scanner, maillage en éléments briques par une méthode automatique et maillage en éléments plaques par une méthode qui permet d'optimiser le nombre d'éléments. Il est à noter une complémentarité importante entre les aspects expérimentaux et numériques. Les perspectives sont nombreuses : personnalisation de la géométrie, approfondissement de l'étude des propriétés osseuses, validation des mesures locales en dynamique et développement d'un outil de prédiction des blessures de la tête.

2) Modélisation par éléments finis du complexe de l'épaule

L'évaluation de la protection des usagers nécessite l'utilisation de substituts du corps humain, substituts qui peuvent être des mannequins mécaniques ou numériques. Dans le cas d'un choc latéral les sollicitations transmises au thorax ainsi que la cinématique globale de la victime dépendent de la réponse de l'épaule au choc. Les lésions peuvent être d'une importance relative ou engendrer des séquelles lésionnelles longues. Des études préalables n'ont pu traiter ce problème qu'à l'aide d'approches de type corps rigide et peu d'approches de type E.F existent. En conséquence dans ce contexte une modélisation par E.F de l'épaule s'avère nécessaire. L'anatomie de l'épaule est décrite : os et articulation, ligaments et muscles. Le modèle numérique HUMOS développé par l'INRETS dans le cadre d'un projet Européen est présenté. Par ailleurs des essais expérimentaux de chocs latéraux sur sujets anatomiques sont effectués en vue d'une confrontation avec le modèle numérique. Il résulte de cette confrontation que pour la force d'impact obtenue par le modèle l'amplitude est trop élevée et l'offset de temps trop important, différence incriminée à un modèle numérique 'trop raide'. Des modifications sont alors effectuées afin de respecter les conditions expérimentales et d'améliorer le modèle numérique. Les résultats obtenus en terme de confrontation sont prometteurs. Les perspectives concernent l'amélioration du maillage, la personnalisation du modèle numérique ainsi que la prédiction des fractures osseuses.

3) Etude du fonctionnement tribologique d'une articulation saine

Il s'agit d'une caractérisation tribologique du fluide synovial dans son environnement mécanique et physico-chimique et ce afin de comprendre les causes de certaines maladies et d'optimiser les traitements et les prothèses. Un essai modèle consiste en une simulation du mécanisme et une caractérisation des premiers corps (cartilages articulaires) et du troisième corps (fluide synovial). Pour ce faire il y a lieu de connaître les conditions apparentes du chargement et la cinématique apparente qui sont ici des données issues de la bibliographie. L'étude des premiers corps est réalisée par une caractérisation et une modélisation du

cartilage articulaire en vue d'une simulation expérimentale, en termes de structure, de propriétés mécaniques et physico-chimiques. Le troisième corps est quant à lui étudié en termes de composition, d'interactions avec les cartilages articulaires et de rhéologie. Ainsi des simulations en cisaillement du fluide synovial peuvent être réalisées, simulations qui nécessitent une maîtrise des techniques de déposition et de visualisation des couches lipidiques. Les perspectives concernent la validation du modèle expérimental par le biais d'essais de compression avec visualisation des couches lipidiques et des essais rhéologiques sur le fluide de simulation. Enfin des essais tribologiques sont prévus pour mesurer la force de frottement et visualiser les macromolécules en contact.

4) *Etude tribologique d'une prothèse d'aorte fémorale*

L'endoprothèse d'aorte fémorale présente essentiellement 2 types de problèmes à traiter : l'endofuite (présence de sang entre la prothèse et la paroi de l'aorte) et la migration. Pour traiter ce problème deux compétences sont nécessaires : la caractérisation et modélisation de fluide à rhéologie complexe (ici le sang) et la mécanique des solides. L'obtention des contraintes induites par le sang permet d'étudier le contact entre la prothèse et l'aorte. Il y a lieu de caractériser proprement le sang et de trouver ou d'établir une loi de comportement rhéologique capable de traduire les phénomènes microstructuraux, d'extraire à partir d'expérimentations ciblées les propriétés mécaniques utiles de la prothèse et du stent et enfin de résoudre le problème de contact pour déceler d'éventuels phénomènes de pelure ou de migration. Une nouvelle caractérisation rhéologique du sang a été établie et validée (modèle MPTT modifié) et des premières informations sur les propriétés mécaniques de la prothèse et du stent ont permis de réaliser des simulations de contact grâce au software Abaqus. Cette première étape a permis de 'défricher' la problématique en termes de sollicitations, de conditions aux limites et de modèles mécaniques (élastique, viscoélastique, ...). Les travaux futurs concernent l'affinement des trois points cités précédemment.

5) *Caractérisation mécanique de la peau*

L'objectif à long terme de cette étude est la prédiction des risques de blessures. Pour ce faire, il y a nécessité, à partir d'essais expérimentaux en dynamique, d'extraire les propriétés mécaniques des tissus biologiques mous afin d'intégrer leurs lois de comportement dans des codes éléments finis. Pour cela on a besoin de définir un protocole d'essai sur peau humaine et d'appliquer cette approche à d'autres types de tissus. Ce sujet se définit principalement comme une étude mécanique/structurelle et une modélisation de l'endommagement. L'expérimentation est difficile du fait de la complexité structurelle du matériau, de la manipulation délicate des échantillons ainsi que de la mise en place d'une corrélation fine, précise et efficace. La modélisation est confrontée à des problèmes liés à la complexité des propriétés mécaniques des matériaux (anisotropie, hyper élasticité, non linéarité,). Des essais préliminaires en statique et dynamique ont permis essentiellement de mieux cerner la problématique de la mesure et de la corrélation et d'identifier les lois de comportement existantes. Les perspectives concernent l'amélioration de la corrélation d'image, l'exploitation des mesures de champ et l'adaptation des lois de comportement.

6) *Nouveau modèle cinématique de la main*

Les possibilités de simulation en préhension et manipulation d'objets sont à l'heure actuelle très restreintes. Des modèles numériques sont nécessaires pour visualiser un opérateur en activité et analyser des mouvements de saisie et d'atteinte. Ce travail entre dans un aspect

plus global de développement de modèles biomécaniques en ergonomie. Ainsi les objectifs déclarés concernent l'analyse des modes naturels des postures de la main en vue de les reproduire par un mannequin numérique et le développement d'un modèle cinématique de la main susceptible de reproduire ces postures de manière réaliste.

A partir d'une analyse du modèle numérique MAN3D, un nouveau modèle est développé permettant de s'affranchir de certaines limitations du modèle existant. A partir de mesures cinématiques un modèle numérique à 25 DDL plus réaliste a vu le jour. De nombreuses perspectives sont avancées : caractériser les déterminants de l'attitude de la main, mise en évidence des classes d'attitude et quantification des classes de couplage, recherche des relations entre l'évolution de l'attitude et les paramètres caractérisant l'objet et/ou la tâche et enfin génération pour la main de commandes paramétrées d'exécution de gestes.

Conclusion :

Les travaux présentés à ce séminaire représentent une assise pour des développements futurs. De ce fait les perspectives sont nombreuses et des actions transversales peuvent être envisagées entre les différentes thématiques. Des approches globales peuvent avoir besoin d'informations locales et vice versa. Ces informations peuvent être traduites en termes de conditions de chargement, de conditions aux limites, de champs cinématiques, de propriétés mécaniques, de transposition de protocole d'expérimentation, de techniques d'analyse et de corrélation, Tout ceci présage un futur scientifique prometteur dans le domaine de la mécanique du vivant à Lyon.

**Séminaire organisé et compte rendu réalisé par
Benyebka Bou-Saïd
LaMCoS (INSA Lyon)
Villeurbanne le 23 Juin 2004**