

La modélisation biomécanique humaine: vers la médecine personnalisée

P. Vezin, D. Mitton, Y. Lafon and B. Frechede

LBMC UMR_T 9406 - IFSTTAR/UCBL

Laboratoire de Biomécanique & Mécanique des Chocs



IFSTTAR



UNIVERSITÉ DE LYON



Lyon 1

■ Médecine personnalisée

- Nombreux efforts de recherche pour développer la médecine personnalisée et la “clinique virtuelle”
- Besoin de modèles humains « patient-spécifique » ... que ce soit pour :
 - La chirurgie assistée;
 - La planification;
 - L'aide au diagnostic;
 - ...

■ Modélisations biomécaniques humaines

- Créer un modèle humain associé à un seul cas clinique spécifique est un processus long et coûteux si il doit être créé à partir de zéro.
- Souvent, les modèles sont représentatifs d'une population moyenne, voire de quelques catégories types.

- **Modélisations biomécaniques humaines**

- Or, il est important de respecter la réalité anatomique de la personne représentée.

Il est possible d'obtenir un outil prédictif patient-spécifique à partir de ces modèles moyens à partir de **méthodes avancées de déformations géométriques**.

Celles-ci nécessitent des **acquisitions d'imagerie pour le patient**

- Une **véritable personnalisation de modèle ne doit pas seulement être géométrique** : les **propriétés matérielles** sont également à adapter autant que possible au patient.

Dans un processus d'utilisation en routine clinique, il est indispensable de **développer des méthodes *in vivo* et *non invasives*** de mesure et de détermination de ces propriétés matérielles, basés sur le traitement et l'analyse des acquisitions de **différentes modalités d'imagerie** (radiographie, IRM, ultrasons, ...).

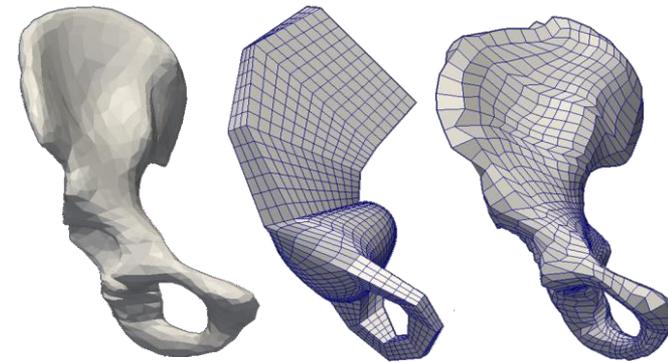
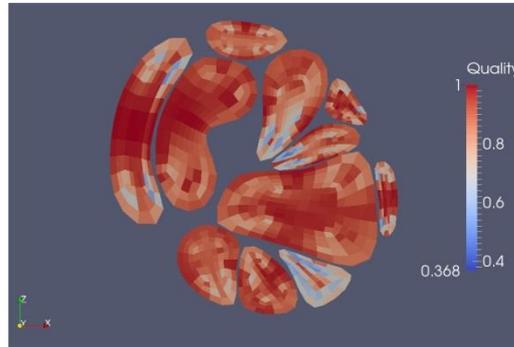
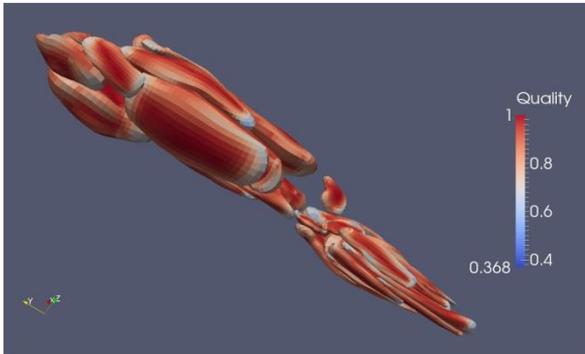
Exemples d'approches de personnalisation géométrique et mécanique de modèles numériques humains

▪ Modélisation musculo-squelettique

- Extraction et reconstruction automatique/semi automatique des géométries à partir d'IRM



- Génération de maillages

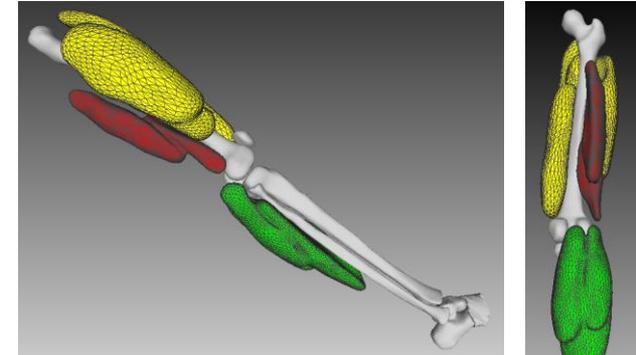


■ Modélisation musculo-squelettique

- Génération de maillages : reconstruction aponévrose
- des fibres musculaires : modèle « actif »

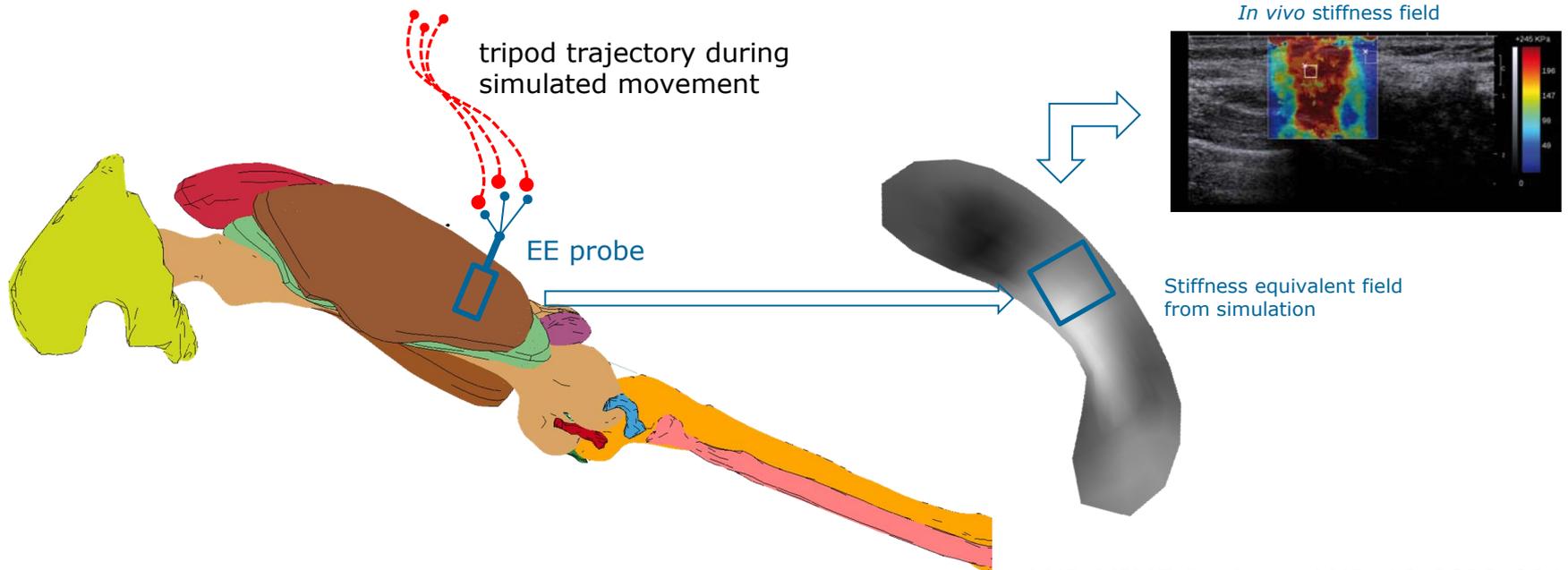
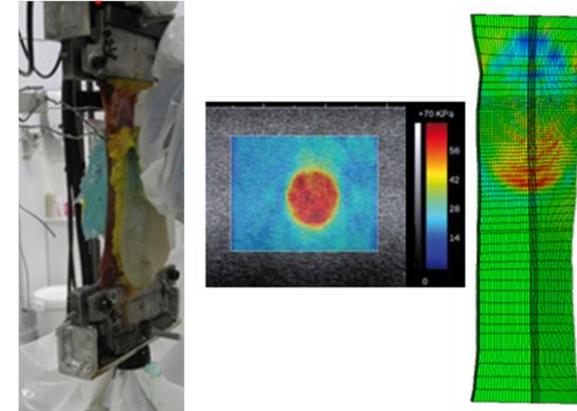
LS-DYNA keyword deck by LS-PrePost

Assembly 1
FEM Parts
Geom Parts
Part 1



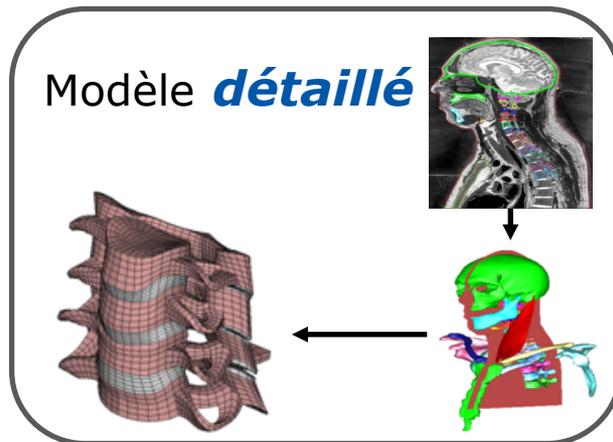
▪ Modélisation musculo-squelettique

- Identification propriétés matérielles
- Validation in vivo du modèle



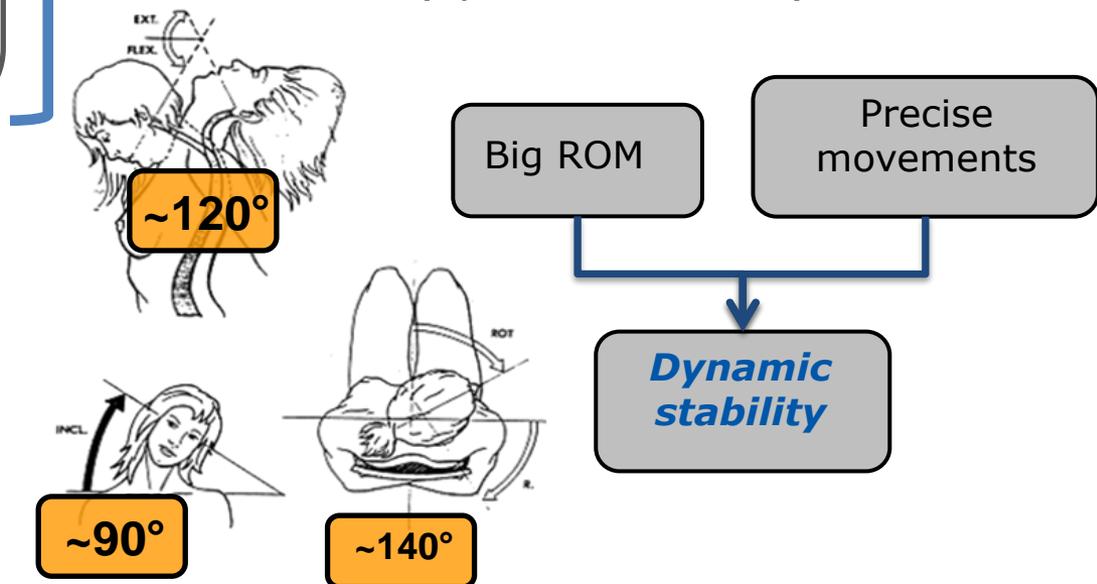
Modélisation du cou

- Paramètres cliniques « patient spécifique » d'évaluation



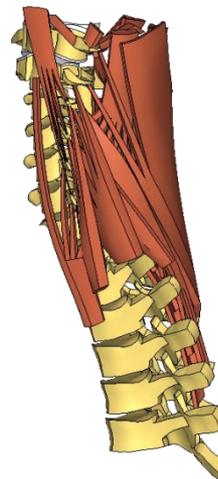
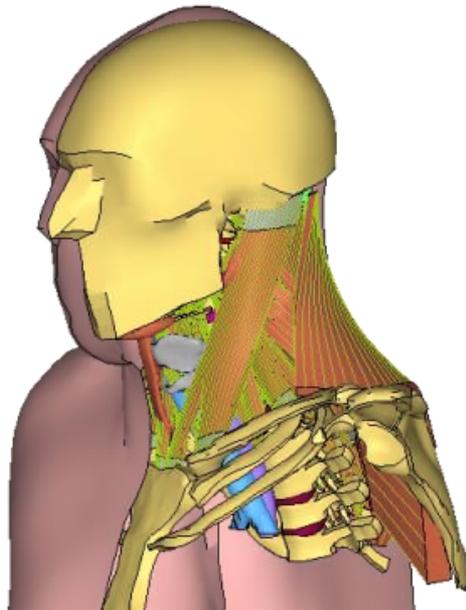
Simulations:

- Evaluations objectives
- Paramètres biomécaniques
- Prédictives (après validation!)



▪ Modélisation du cou

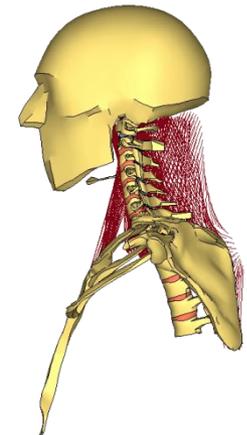
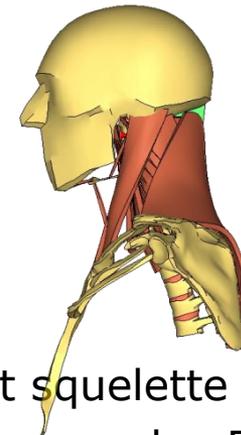
- Les muscles contrôlent la stabilité dynamique



modèle EF **3D** musculaire

+

Modèle de muscle **actif**



- **Distribution** 3D des déformations/contraintes
- **Interactions complexes** entre muscles et squelette
- Définition de patterns d'activation musculaires: muscles ET taches spécifiques

- **Intérêt de ce type de modélisation**

- **Enjeux amont :**

- Comprendre les liens entre posture, stabilité dynamique, (cinématique, distribution des efforts), fonction musculaire

- **Enjeux applicatifs :**

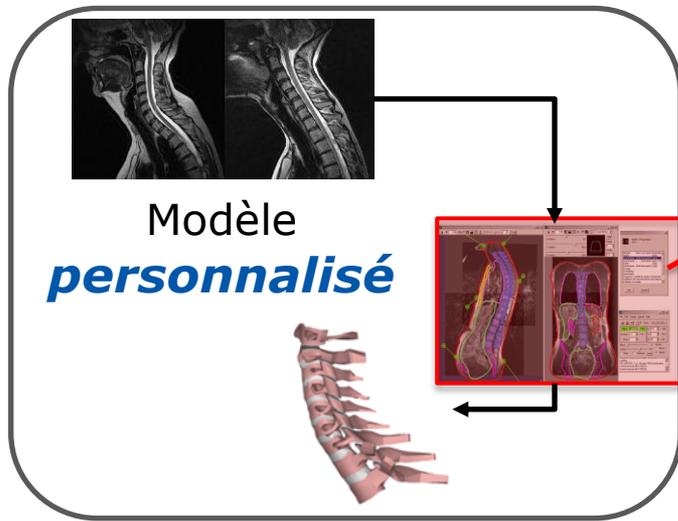
- Evaluation du risque
 - Conception d'implants et prothèses
 - Evaluation prédictive douleurs/pathologies, efficacité musculaire, ...

▪ **Personnalisation des modèles**

Outils :

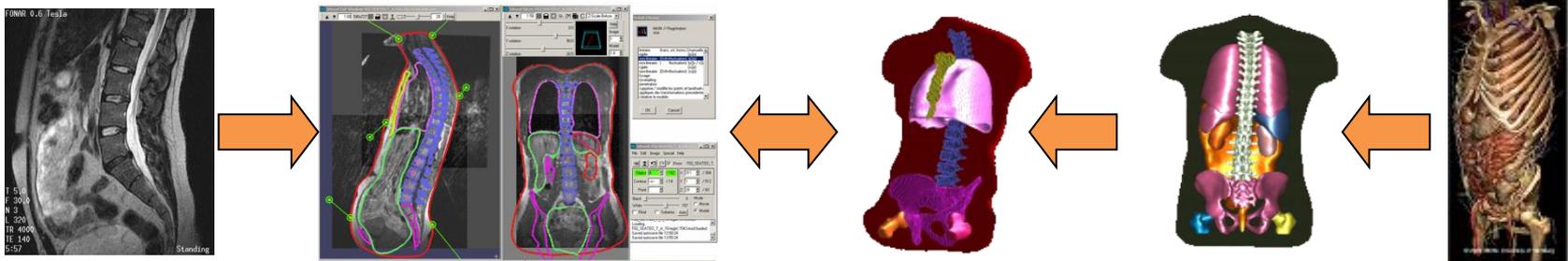
- Reconstruction
- Positionnement
- Déformation

À partir d'imagerie médicale

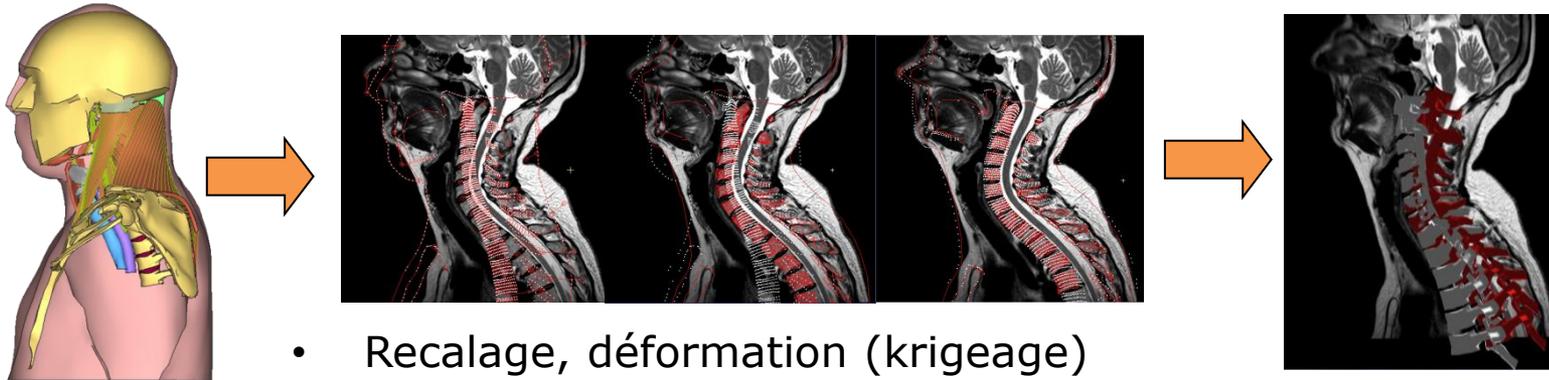


Toolbox de déformation

(*action Marie Curie VUDEGFEM*) : caractérisation géométrique de l'abdomen

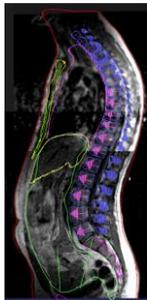


▪ Personnalisation des modèles

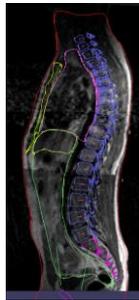


Objectif: simulation et validation personnalisée de postures

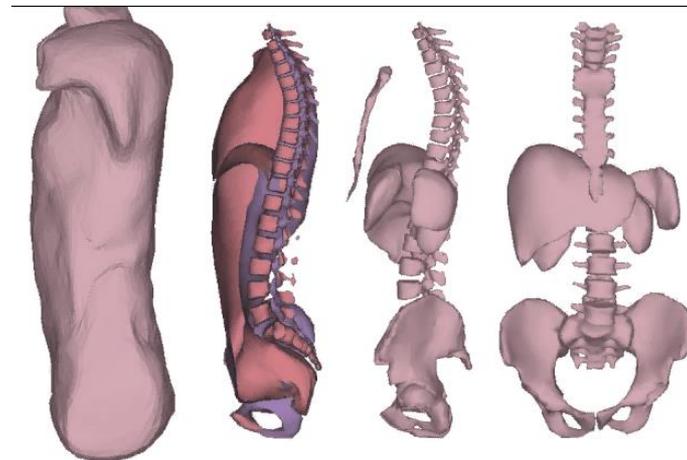
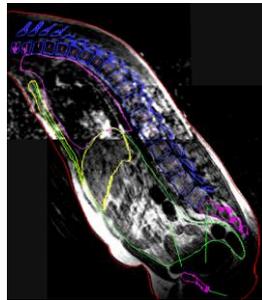
debout



couché



penché

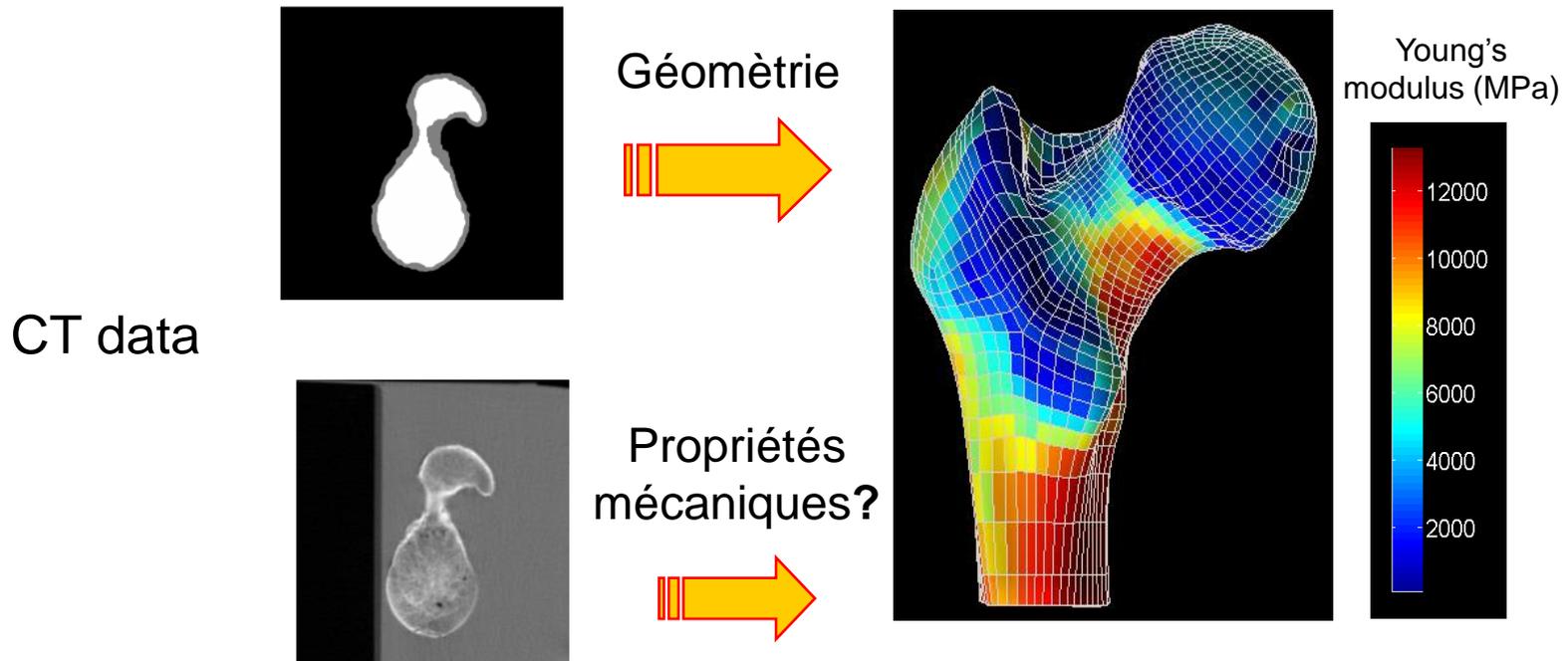


IRM posturale

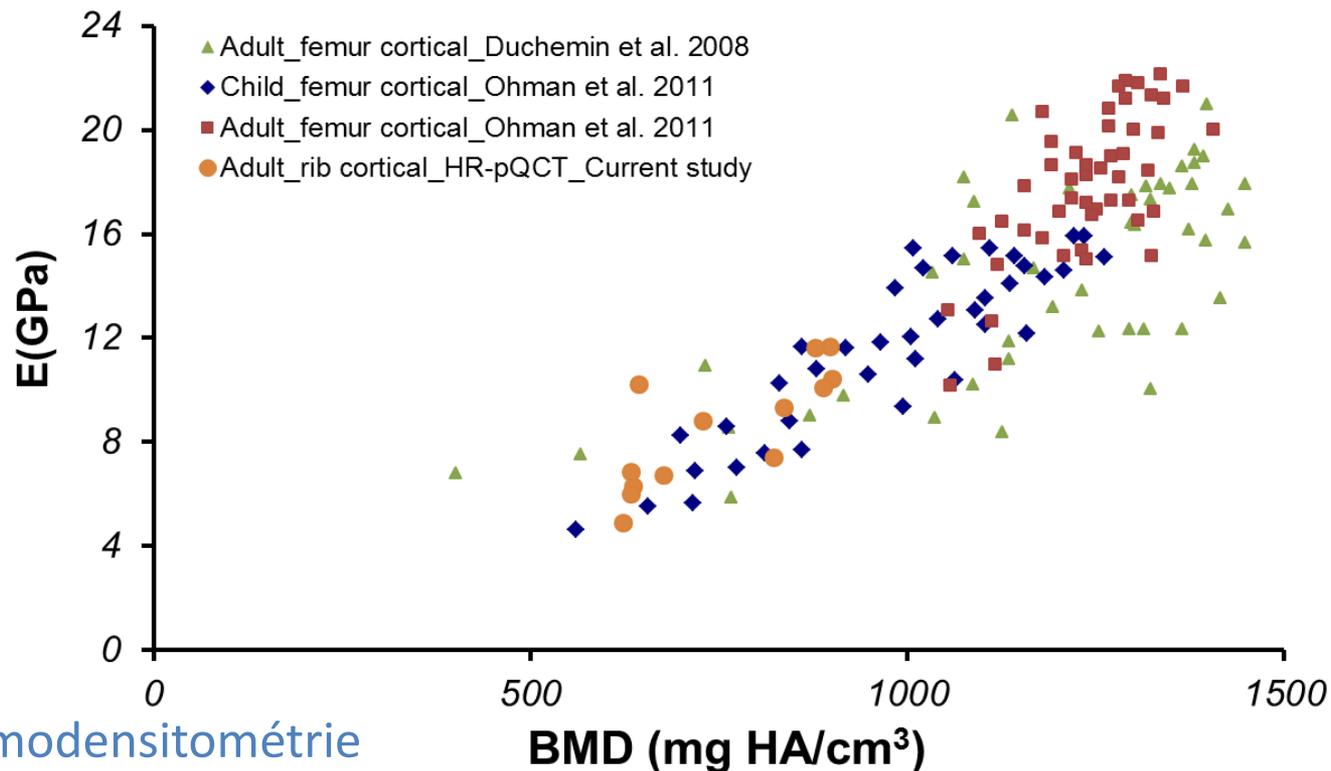
▪ Personnalisation des modèles

- Importance de personnaliser les propriétés des matériaux
- Principale verrou scientifique : acquérir ses données sur le patient :

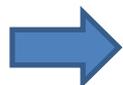
= > **Méthodes in vivo et non invasives** principalement basées sur l'extraction des données biomécaniques à partir de modalités d'imagerie : Scan, IRM, Echographe, ...



Propriétés mécaniques issues de l'imagerie : Relation module d'élasticité - densité

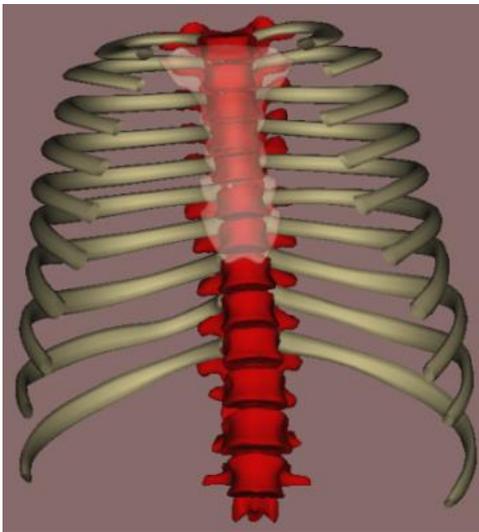


Tomodensitométrie

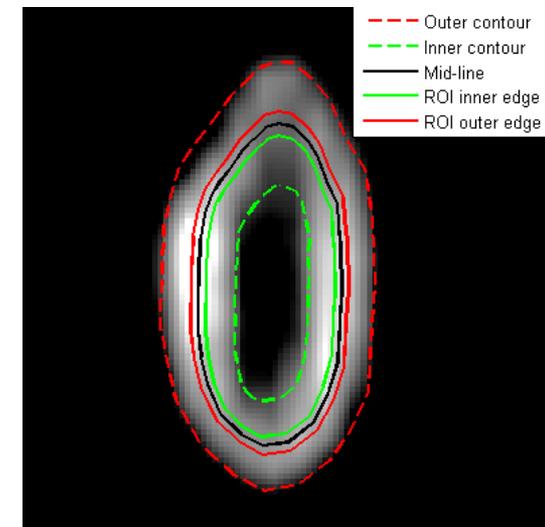
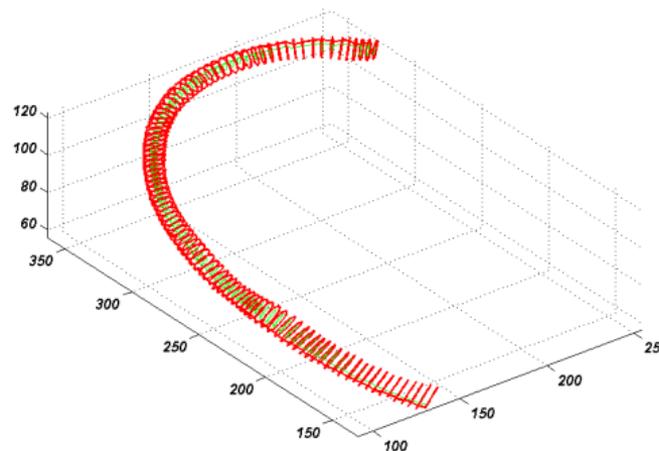


Relation pour côtes, fémur, adultes, enfants...*ex vivo*

Propriétés mécaniques issues de l'imagerie : Propriétés mécaniques in vivo



Tomodensitométrie



28 enfants (14 garçons, et 14 filles) de 1 à 18 ans
Scanner thoracique sur prescription médicale + calibration

▪ Personnalisation des modèles : perspectives

- Modèles patient spécifique outil indispensable pour la médecine personnalisée
- Reste plusieurs verrous scientifiques à lever
- Développer un modèle à partir d'une page blanche pour chaque individu reste couteux et long
- Méthodologies pour générer automatiquement (*routine clinique*) le modèle du patient à partir de « quelques mesures pertinentes »...
 - Une modalité d'imagerie ciblée et des méthodes de déformation géométriques
 - des examen in vivo non invasifs pour obtenir une estimation suffisamment précise des propriétés mécaniques des tissus (fonction de l'acte envisagé).

Laboratoire de **B**iomécanique et **M**écanique des **C**hocs LBMC, UMR_T 9406

Unité Mixte de Recherche
entre
l'Ifsttar et l'Université Lyon 1

*Directeur : Philippe Vezin, DR Ifsttar
Philippe.vezin@ifsttar.fr*

Ifsttar - Centre de Bron
Domaine Scientifique de la Doua
IUT Lyon 1 - Villeurbanne
Faculté de Médecine Charles Mérieux Lyon-Sud