

Titre de la thèse	Expérimentations sur pièces anatomiques pour l'évaluation de modèles numériques : cas des métastases osseuses
Titre en anglais	Experiment on ex-vivo anatomical segments for numeric model evaluation: bone metastasis cases
Lieu de travail principal	LBMC Univ Eiffel-UCBL UMR_T 9406, Lyon, www.lbmc.ifsttar.fr Lyos INSERM-UCBL, UMR1033, Lyon, www.lyos.fr
Encadrants	David Mitton, david.mitton@univ-eiffel.fr Hélène Follet, helene.follet@inserm.fr Cyrille Confavreux, cyrille.confavreux@chu-lyon.fr François Bermond, francois.bermond@univ-eiffel.fr Valentin Allard, valentin.allard@univ-lyon1.fr

Description du projet :

Les cancers les plus fréquents (cancer du sein, des poumons et de la prostate) peuvent conduire à des métastases osseuses, c'est-à-dire à des tumeurs qui migrent du site du cancer principal vers les os. Les métastases osseuses sont responsables de complications sous forme de douleurs sévères nécessitant une radiothérapie. Actuellement, le score de SINS est utilisé pour prédire la stabilité de la colonne vertébrale chez des patients avec métastases. Ce score prédit correctement les cas extrêmes, mais est insatisfaisant pour les modes intermédiaires (scores 7-12) (Fox et al. 2017). Les modèles numériques ont donc commencé à se développer afin de simuler les cas intermédiaires (Bailey et al. 2019).

Une approche basée sur la simulation par éléments finis intègre la géométrie tridimensionnelle de la structure osseuse, les propriétés des matériaux (os cortical/ spongieux et métastase) composant cette structure et des conditions de chargement. Les modèles sont généralement validés à l'aide d'expérimentations sur vertèbres isolées (par ex. Stadelmann et al. 2020), mais très rarement confrontés au comportement de blocs vertébraux (par ex. Groenen et al. 2018).

De plus, il manque encore des données en termes de déformation, permettant de valider les réponses des modèles numériques, en particulier pour le comportement local (par ex. à proximité de la métastase).

Le Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC UMR_T 9406 Univ Eiffel-UCBL) et le LYOS (UMR 1033 INSERM-UCBL) ont réalisé des expérimentations préliminaires sur blocs vertébraux avec lésions (Figure 1).

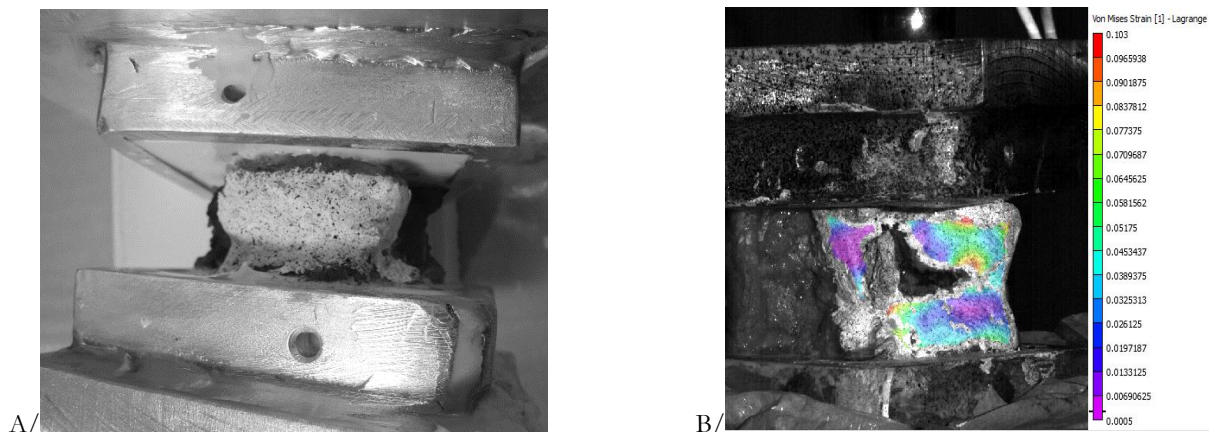


Figure 1 : A/ Exemple d'un bloc vertébral préparé pour une expérimentation en compression. B/ Exemple du champ de déformation obtenu par stéréocorrélation sur un bloc vertébral, dans lequel une lésion a été induite mécaniquement, puis qui a été soumis à un chargement de compression.

Objectif du Master : Dans ce contexte, l'objectif est de mettre en œuvre des expérimentations sur pièces anatomiques (avec défauts représentatifs de métastases) pour valider des modèles numériques d'estimation de la résistance d'os métastatiques.

Méthodologie :

Pour atteindre cet objectif, le projet comportera les étapes suivantes :

1 – Recherche bibliographique et prise en main des outils et méthodes

Proposer un protocole expérimental sur la base des travaux antérieurs

2 – Expérimentations sur blocs vertébraux avec défauts

La mesure de déformation locale sur une vertèbre peut être réalisée par stéréocorrélation d'images. Cette méthode est cependant limitée par l'écoulement de liquides, lors de la compression d'un bloc vertébral, en particulier lorsque l'on impose un chargement à la rupture. Une méthodologie expérimentale devra être développée afin d'apporter des données de validation de modèles en éléments finis représentant une vertèbre avec des défauts de types « métastases ». Les défauts seront réalisés par des chirurgiens pour simuler la tumeur.

Des pré-tests pourront être réalisés sur des vertèbres imprimées en 3D.

Les expérimentations seront conduites sur la plate-forme de biomécanique expérimentale du LBMC, en lien avec l'équipe support du LBMC, l'équipe d'encadrement du stage et des chirurgiens.

3 – Analyse des données

Les données acquises seront analysées en termes d'effort de rupture, de champ de déformation, puis seront confrontées aux données issues de modélisations en éléments finis développées par ailleurs par un doctorant.

5 – Rédaction et synthèse

La synthèse du travail réalisé fera l'objet d'un mémoire de stage.

Résultats attendus :

Ce projet s'appuie sur un consortium d'experts (biomécaniciens, radiologue, rhumatologue, chirurgien orthopédiste). Le projet de stage proposé se focalise sur la mise en place d'un protocole expérimental pour évaluer le comportement d'un segment rachidien soumis à une compression jusqu'à la rupture.

Ce projet permettra de contribuer à l'amélioration de la prédiction du risque de fracture de patients ayant des métastases osseuses, à partir de simulations numériques. L'amélioration de la prédiction du risque de fracture est une **demande des cliniciens** pour les aider dans la **prise en charge des patients**.

Prérequis : formation de niveau Master en mécanique/ matériaux, avec une spécialisation en biomécanique.

Mots-clefs : Vertèbres, métastases, expérimentation *ex vivo*

References :

- Bailey, S., Hackney, D., Vashishth, D., Alkalay, R.N., 2019. The effects of metastatic lesion on the structural determinants of bone: Current clinical and experimental approaches. Bone 115159. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2019.115159>
- Fox, S., Spiess, M., Hnenny, L., Fourney, Daryl.R., 2017. Spinal Instability Neoplastic Score (SINS): Reliability Among Spine Fellows and Resident Physicians in Orthopedic Surgery and Neurosurgery. Global Spine Journal 7, 744–748. <https://doi.org/10.1177/2192568217697691>
- Groenen, K.H.J., Bitter, T., van Veluwen, T.C.G., van der Linden, Y.M., Verdonschot, N., Tanck, E., Janssen, D., 2018a. Case-specific non-linear finite element models to predict failure behavior in two functional spinal units. J. Orthop. Res. 36, 3208–3218. <https://doi.org/10.1002/jor.24117>
- Stadelmann, M.A., Schenk, D.E., Maquer, G., Lenherr, C., Buck, F.M., Bosshardt, D.D., Hoppe, S., Theumann, N., Alkalay, R.N., Zysset, P.K., 2020. Conventional finite element models estimate the strength of metastatic human vertebrae despite alterations of the bone's tissue and structure. Bone 141, 115598. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2020.115598>