

Titre du stage master	Estimation de l'effort de rupture de fémurs avec métastases à l'aide des modèles biomécaniques personnalisés : suivi de patients
Titre en anglais	Assessment of the failure strength of femurs with metastases using subject-specific biomechanical models: patients follow-up
Lieu de travail	LBMC Univ Eiffel-UCBL UMR_T 9406, Lyon, <a href="https://lbmc.univ-gustave-eiffel.fr">https://lbmc.univ-gustave-eiffel.fr</a> LYOS INSERM-UCBL, UMR1033, Lyon, <a href="http://www.lyos.fr">www.lyos.fr</a>
Responsables	Aurélie Levillain, <a href="mailto:aurelie.levillain@univ-lyon1.fr">aurelie.levillain@univ-lyon1.fr</a> Hélène Follet, <a href="mailto:helene.follet@inserm.fr">helene.follet@inserm.fr</a> Jean-Baptiste Pialat (radiologue) Thomas Grenier, <a href="mailto:thomas.grenier@insa-lyon.fr">thomas.grenier@insa-lyon.fr</a> David Mitton, <a href="mailto:david.mitton@univ-eiffel.fr">david.mitton@univ-eiffel.fr</a>
Cliniciens partenaires	Cyrille Confavreux (oncologue-rhumatologue) Etienne Massardier (chirurgien orthopédique) Frédéric Rongieras (chirurgien orthopédiste)
Equipe encadrante	Marc Gardegaront Emile Saillard François Bermond

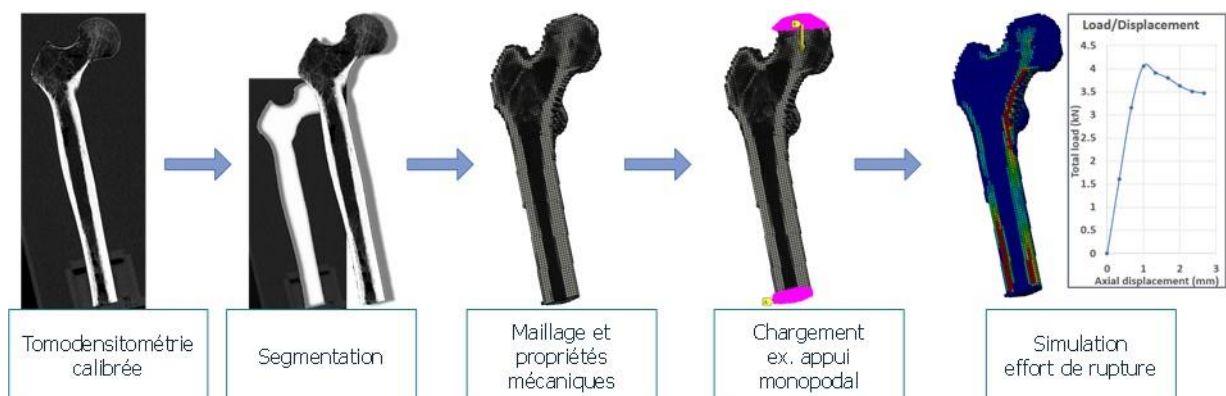
### Description du projet :

Des cancers tels que celui du poumon ou du sein peuvent conduire à des tumeurs dans l'os, appelées métastases. Les métastases osseuses sont responsables de complications sous forme de douleurs sévères nécessitant une radiothérapie et peuvent être à l'origine de fractures pathologiques des os longs et des vertèbres avec fréquemment des compressions de la moelle épinière. Ces événements osseux engendrent une altération de la qualité de vie et un impact médico-économique considérable. On estime que 50% des patients atteints de métastases osseuses présenteront une complication osseuse. Aujourd'hui, la plupart des patients ayant une métastase osseuse à risque fracturaire bénéficient d'un scanner centré sur la lésion pour mieux caractériser son étendue et sa position, mais cet examen reste qualitatif.

Des travaux de modélisation par la méthode des éléments finis, basés sur une imagerie scanner, ont été développés entre le LYOS INSERM U1033 et le LBMC UMR\_T9406, afin d'apporter des données quantitatives aux cliniciens. La méthode mise en place a été évaluée sur des données expérimentales *ex vivo* provenant de différents laboratoires internationaux, dont le LYOS et le LBMC (Gardegaront et al. 2023).

En parallèle, des images scanner obtenues selon un protocole clinique multi-centrique en France, ont été collectées. En collaboration avec CREATIS, la segmentation des os a été automatisée afin de supprimer la variabilité inter-opérateurs. Les prédictions de résistance à la rupture ont été effectuées pour des images de patients (Saillard et al. 2023) permettant de faire une étape supplémentaire vers l'application clinique.

Une équipe européenne dispose de données d'imagerie dans le cadre du suivi de 100 patients pour évaluer l'occurrence de fractures pendant 6 mois (Sas et al. 2022). Cette base de données offre une possibilité de validation inter-laboratoires *in vivo* indispensable.



Représentation schématique des différentes étapes de la simulation de la charge à rupture, à partir d'images tomodensitométriques (Lyos, LBMC)

**Objectifs du stage :** Dans ce contexte, les objectifs de ce stage sont 1/ d'appliquer la méthode de simulation numérique développée à Lyon (par le LYOS, le LBMC et CREATIS) sur des images scanner de patients 2/ de comparer le risque de fracture obtenu numériquement avec l'occurrence ou non de fracture.

**Sujet de stage :** Pour atteindre ces objectifs, le stage se déroulera de la façon suivante :

- A partir des images scanner (format DICOM), reconstruire en 3D les fémurs droit et gauche de chaque patient, puis créer le maillage associé
- Appliquer la méthodologie développée à Lyon pour simuler la résistance à la rupture de chaque fémur
- Analyser les efforts de rupture simulés au regard du poids du patient et comparativement pour les fémurs gauches et droits.
- Etudier la sensibilité de l'effort de rupture à l'augmentation de la taille de la métastase, par simulation numérique

Ce projet sera mené en partenariat entre trois laboratoires (LYOS (INSERM-UCBL), LBMC (Univ Eiffel-UCBL)) et CREATIS (CNRS, INSERM, INSA, UCBL, UJM) et les Hospices Civils de Lyon, avec une équipe encadrante constituée de biomécaniciens et de cliniciens (oncologue-rhumatologue, radiologue et chirurgiens orthopédistes). Ce projet sera conduit dans le cadre d'une coopération européenne, avec un possible séjour aux Pays-Bas.

**Résultats attendus :** Ce projet permettra de contribuer à l'application de méthodes numériques pour la prédiction de la résistance d'os avec métastases, sur des données de patients pour lesquels un suivi longitudinal a été effectué. Ce stage constituera une étape essentielle dans la validation de ces modèles biomécaniques personnalisés, pour aider les cliniciens dans la prise en charge des patients.

**Durée :** 4-6 mois, **Lieu :** Lyon

**Profil des candidats :** Les candidats auront une formation en mécanique des solides et en simulation numérique, avec une bonne connaissance du langage python souhaitée.

**Références :**

Gardegaront M, Sas A, Brizard D, Levillain A, Bermond F, Confavreux C.B, Pialat J-B, van Lenthe G.H, Follet H, Mitton D. Inter-laboratory replicability and sensitivity study of a finite element model to quantify femoral failure load: case of metastases, JMBBM, 2023, in preparation

Saillard E, Gardegaront M, Bermond F, Mitton D, Pialat J-B, Confavreux C, Grenier T, Follet H. Finite Element Models with Automatic CT Bone Segmentation for Failure Load Computation, IEEE, 2023, submitted

Sas A, Tanck E, Wafa H, van der Linden Y, Sermon A, van Lenthe G.H. Fracture risk assessment and evaluation of femoroplasty in metastatic proximal femurs. An in vivo CT-based finite element study, Journal of Orthopaedic Research, 2022, p. 1-10