



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **16 novembre 2022**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur ALLARD Valentin**

Titre de la thèse : « *Prédiction du chargement à rupture de vertèbres métastatiques par simulation numérique : validations inter-laboratoires* »



Résumé

Les cancers les plus fréquents (sein et prostate) peuvent engendrer des métastases osseuses, c'est-à-dire des tumeurs secondaires dans l'os en raison de la migration de cellules cancéreuses à partir d'une tumeur primaire. Les métastases osseuses peuvent induire des fractures pathologiques (10 à 30 % de tous les patients atteints de cancer). Le SINS (Spinal Instability Neoplastic Score), le score clinique usuel pour prédire l'instabilité rachidienne en cas de lésions métastatiques, est subjectif et manque de précision quant à son score médian (7-12). Certains modèles par éléments finis ont été proposés pour surmonter cette limitation. Les modèles avec compression d'une seule vertèbre sont efficaces et précis, même pour les défauts lytiques, mais les évaluations ont été réalisées sur un seul jeu de données et aucune validation croisée n'ont été proposées. Cependant, l'utilisation de l'analyse par éléments finis pour un usage clinique nécessite un processus bien défini tant pour la construction des modèles que pour leur validation. L'objectif de cette étude était de développer un modèle par éléments finis de vertèbres avec des lésions métastatiques, de valider ce modèle en comparant les résultats avec différentes expériences et d'autres modèles de la littérature à travers des collaborations inter-laboratoires (validations croisées). Dans une première partie, nous avons développé un modèle pour évaluer le chargement à rupture d'un corps vertébral avec des plateaux vertébraux sans défauts ni tumeurs. Cette partie contenait une étude de convergence sur le maillage et le pas de matériau, une estimation des performances sur un jeu de données en compression uni axiale (352 ± 937 N), une validation croisée sur un jeu de données en compression antérieure (523 ± 482 N) et enfin une estimation de l'influence de l'opérateur (intra-opérateur : 66 ± 96 N ; inter-opérateur expert : 64 ± 69 N). Dans une deuxième partie, nous avons adapté le modèle précédemment validé pour évaluer le chargement à rupture d'un corps vertébral sans plateaux vertébraux avec des défauts percés (adaptation et estimation des performances) (78 ± 1512 N) et des métastases réelles (validation croisée) (656 ± 1683 N). Cette partie a surtout permis de valider la modélisation de lésions (sauf les lésions blastiques qui sont surestimées) ayant la même relation densité-propriétés mécaniques que l'os sans tumeurs. Dans une troisième partie, nous avons proposé, comme preuve de concept, l'application du modèle à l'évaluation de l'instabilité vertébrale et du risque de fracture en utilisant deux méthodes trouvées dans la littérature.

RÉSUMÉ

Mots-clés : modèle éléments finis, vertèbre humaine, métastase, validation croisée, résistance osseuse, risque de fracture