

**UNIVERSITE BOURGOGNE FRANCHE-COMTE**

Ecole Doctorale Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

**Thèse préparée à l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard**

**AVIS DE SOUTENANCE**

**Madame Michele BODO**

Candidate au DOCTORAT Mécanique, Génie mécanique, Ingénierie

**de l'Université Bourgogne Franche-Comté**

Soutiendra sa thèse

**Le 6 novembre 2017 à 13h15**

**à Amphithéâtre P228 - SEVENANS**

SUR LE SUJET SUIVANT :

**« Etude de la réponse biomécanique du thorax soumis à des sollicitations dynamiques dans les contextes civil et militaire par la méthode des éléments finis »**

Le jury est composé de :

**Monsieur Jean Marie CROLET, professeur des universités  
Université de Franche-Comté**

**Monsieur Sebastien ROTH, maître de conférences, HDR  
Université de technologie de Belfort-Montbéliard**

**Monsieur Julien PAVIER, Docteur  
NEXTER Munitions de Bourges**

**Madame Sylvie RONEL, professeur des universités  
IUT Lyon 1 (site de Villeurbanne Gratte-ciel)**

**Monsieur Sébastien LAPORTE, professeur des universités  
ENSAM - Arts et Métiers ParisTech, Rapporteur**

**Monsieur Michel ARRIGONI, Enseignant-Chercheur HDR  
Ecole nationale supérieure de techniques avancées Bretagne, Rapporteur**

L'étude des seuils de tolérance du corps humain aux impacts requiert des expérimentations sur des sujets humains vivants ou post-mortem, ce qui soulève naturellement des questions d'éthique. Pour pallier à ces limitations, le développement des outils numériques a conduit, au fil des dernières années à la mise en place des mannequins numériques plus ou moins capables de reproduire fidèlement le comportement mécanique du corps humain lorsqu'ils sont soumis à divers types de sollicitations. C'est dans ce contexte que le modèle de mannequin numérique HUByx (Hermaphrodite Biomechanics yx-model) a été développé au sein du département de recherche COMM du laboratoire ICB à l'UTBM.

Ce travail de thèse a pour but la validation et l'amélioration de la biofidélité de la partie thoracique du modèle HUByx, et vise à comprendre les mécanismes de lésions et à rechercher des critères de prédiction des lésions thoraciques à travers la reconstruction numérique des chargements violents dans des contextes civils et militaires. Des simulations numériques ont été réalisées dans le cadres des études de chutes libres de personnes, des impacts balistiques non-pénétrants de projectiles non létaux et dans le cadre du phénomène de l'explosion. De bonnes corrélations ont été obtenues entre les résultats numériques et expérimentaux, contribuant ainsi à renforcer la capacité du modèle HUByx à répondre de manière biofidèle aux différentes sollicitations auxquelles il est soumis.

Mots-clés : Biomécanique d'impacts, éléments finis, blessures thoraciques, critère visqueux, reconstruction d'accident, chutes libres, balistique, explosion.

#### ABSTRACT

The study of human tolerance thresholds to impacts requires experiments on living or post mortem human subjects, which naturally raises ethical questions. To overcome these limitations, the development of numerical tools has led over the last few years to the implementation of numerical models more or less capable to accurately reproduce the mechanical behavior of the human body when subjected to various types of stresses. It is in this context that the numerical model HUByx (Hermaphrodite Biomechanics yx-model) has been developed within the research department COMM of the ICB lab at UTBM.

This PhD work aims at validating and improving the biofidelity of the thoracic part of the HUByx model and also aims to understand the mechanisms of lesions and to seek criteria for the thoracic injury prediction through the numerical reconstruction of violent loadings in civil and military contexts. Numerical simulations were carried out in the framework of human free falls studies, non-penetrating ballistic impacts of non-lethal projectiles and finally in the context of explosion phenomenon. Good correlations were obtained between the numerical and experimental results, thus contributing to reinforce the capacity of the HUByx model to respond in a biofidelic manner to the different stresses to which it is subjected.

Keywords : Impact biomechanics, finite elements, thoracic injuries, viscous criterion, accident reconstruction, free falls, ballistics, explosion.