Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur

AVIS DE SOUTENANCE

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Mme: ZOUBIDA SEKKATE

Discipline : Sciences de l'Ingénieur

Spécialité : Génie mécanique

Sujet de la thèse : Development of micomechanical models for the characterization of the elastic and elastoplastic behavior of composite materials.

Formation Doctorale : Sciences de l'ingénieur, Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique.

Thèse présentée et soutenue le vendredi 18 décembre 2020 à 15h au Centre de conférences devant le jury composé de :

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Bilal HARRAS	PES	Faculté des Sciences et Techniques Fès	Président
Mohamed ICHCHOU	PES	Ecole Centrale de Lyon	Rapporteur
Redouane KOUDDANE	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées Oujda	Rapporteur
Ahmed EL KHALFI	PES	Faculté des Sciences et Techniques Fès	Rapporteur
Moulay Ali CHAABA	PES	Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Meknès	Examinateur
Jalil ABOUCHITA	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examinateur
Ahmed ABOUTAJEDDINE	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examinateur
Abbass SEDDOUKI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeur de thèse

Rachid MOUDRIK	AIRBUS- USA	Invité

Laboratoire d'accueil : Génie Mécanique.

Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques de l'Ingénieur

Titre de la thèse : Development of micomechanical models for the characterization of the elastic and elastoplastic behavior of composite materials.

Nom du candidat : Zoubida SEKKATE

Spécialité : Génie Mécanique

Résumé de la thèse

Les perpétuels défis pour répondre aux propriétés mécaniques requises des applications technologiques modernes font des matériaux composites une cible digne sur de nombreux marchés verticaux. L'avantage indéniable de ces matériaux est leurs capacités à être conçus selon les exigences techniques et économiques. En effet, leur légèreté et leur haute performance sont une véritable aubaine pour différentes industries. Cependant, leurs applications restent limitées à des domaines scientifiques de grande envergure; en raison de leur anisotropie qui représente un grand défi pour la modélisation de ces matériaux et l'analyse de leurs performances.

En conséquence, la réduction des tests expérimentaux laborieux et onéreux est impérative pour réduire les coûts et les ajustements de conception chronophages, ainsi que pour fournir plus d'accessibilité à ces matériaux de bon augure. À cet égard, l'industrie des composites a remplacé les tests physiques coûteux par des outils de simulation virtuelle basés sur l'analyse multi-échelle.

La pierre angulaire de la simulation multi-échelle est de comprendre comment les paramètres microscopiques influencent le comportement macroscopique des matériaux composites à travers les modèles micromécaniques. Bien que ces modèles analytiques fournissent des prévisions précises du comportement macroscopique, ils restent rudimentaires; étant donné qu'ils sont basés sur plusieurs hypothèses heuristiques et qu'ils ne sont applicables qu'à une classe spécifique de matériaux composites (e.g. les composites biphasiques avec une faible fraction volumique d'inclusions ...).

Dans cette thèse, notre objectif est de développer un modèle micromécanique permettant de mieux caractériser les comportements élastique et élastoplastique des composites multiphasiques renforcés par des inclusions. Une évaluation critique des différents modèles micromécaniques existants dans la littérature dans le cadre de l'élastoplasticité nous a permis de déterminer l'influence des modèles micromécaniques linéaires utilisés sur les résultats de simulation. Nous avons ainsi évalué l'efficacité et les limites des modèles micromécaniques linéaires les plus connus et deux modèles nouvellement développés. L'évaluation a conduit à la proposition et l'élaboration d'un nouveau modèle micromécanique basé sur la combinaison du modèle de la double inclusion généralisée et de la double inclusion explicite.

Pour montrer la précision et l'efficacité de cette formulation, un cadre d'exigence précédemment proposé pour développer des modèles micromécaniques efficaces a été vérifié. En outre, pour mieux mettre en évidence la performance des résultats de prédiction du modèle proposé, une comparaison avec les résultats numériques obtenus par la méthode des éléments finis a été effectuée pour un composite renforcé d'inclusions orientés aléatoirement. La nouvelle estimation a l'avantage de simuler explicitement les deux types d'interactions dans le composite (i.e. les interactions matrice-inclusion et inter-inclusions). En conséquence, notre modèle améliore les capacités prédictives des modèles micromécaniques les plus largement utilisés et réduit le temps nécessaire à l'intégration du modèle dans un logiciel de conception de matériaux.

En se basant sur une approximation à deux niveaux, notre modèle a ouvert une perspective importante pour des modèles non linéaires plus avancés. L'extension du modèle pour mieux simuler le comportement élastoplastique des matériaux composites a été proposée en utilisant la formulation incrémentale de Hill. Enfin, des simulations pour diverses propriétés des constituants ont mis en évidence les différentes capacités et niveaux de précision de notre modèle.

Mots clés :

Produits innovants, matériaux composites, homogénéisation, modèles micromécaniques, simulation virtuelle, domaine non linéaire, élastoplasticité