



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Avis de Soutenance

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Monsieur HAMZA AIT BENAÏSSA

Discipline : Sciences de l'Ingénieur
Spécialité : Génie Mécanique

Sujet de la thèse

Etude et amélioration de la chaîne de conception pour la fabrication additive de matériaux absorbant les chocs, résistant à la fatigue et à la propagation de fissure: applications à la mécatronique.

Formation Doctorale " Sciences de l'Ingénieur, Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique "

Thèse présentée et soutenue le **samedi 17 octobre 2026 à 09h** à l'Ecole Supérieure de Technologies de Fès de Fès, devant le jury composé de :

NOM ET PRÉNOM	TITRE	ETABLISSEMENT	
ABDELMAJID SAKA	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Président
NOREDDINE LAGHZAË	PES	Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Rabat	Rapporteur
LARBI LASRI	PES	Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Meknès	Rapporteur
ABDELOUAHHAB JABRI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
Abdellah EL BARKANY	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examineur
ISMAIL SOSSEY-ALAOUI	MCH	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Examineur
Nabil MOUJIBI	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Directeur de Thèse
Hamid ZAGHAR	MCH	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Co-Directeur de Thèse

Laboratoire de recherche : Génie Mécanique
Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Résumé de la thèse

La technologie de fabrication additive par dépôt de filament fondu (FDM) représente une avancée majeure dans les modèles de production industrielle, en permettant une liberté de conception sans précédent, une diminution notable des déchets de matière et une plus grande flexibilité dans la personnalisation des pièces. Depuis ses débuts dans les années 1980, cette technologie a émergé comme un pilier incontournable de l'industrie 4.0, avec des applications diversifiées dans des domaines tels que l'aéronautique, le secteur médical, l'automobile et la construction, et un marché estimé à plus de 88 milliards de dollars d'ici 2030. Cette thèse vise à améliorer les performances mécaniques des pièces fabriquées par FDM, qui se distinguent par leur forte anisotropie et hétérogénéité causées par la nature stratifiée du processus et les variations des paramètres d'impression, tels que l'angle de dépôt, la densité de remplissage et l'épaisseur des couches.

En associant des expérimentations rigoureuses, en conformité avec les normes ASTM, à des méthodes numériques de avancées, cette étude présente une approche novatrice intégrant l'homogénéisation numérique et l'algorithme K-means pour élaborer des modèles géométrie-matériau. Ce cadre permettra ensuite de développer une prédiction globale. Cette méthodologie permet de catégoriser les profils mésostructuraux, de créer des volumes élémentaires représentatifs (RVE) optimisés à partir de 120 échantillons, et de prédire de manière précise les constantes orthotropiques (modules d'élasticité E_1 , E_2 , E_3 , modules de cisaillement G_{12} , G_{23} , G_{13} , et coefficients de Poisson ν_{12} , ν_{23} , ν_{13}) avec une précision inférieure à 5 %. Les résultats soulignent les variations quadratiques des caractéristiques mécaniques selon les paramètres d'impression, mettant en lumière l'importance cruciale de l'angle de dépôt et de la densité de remplissage sur la rigidité, la résistance à la traction et la précision dimensionnelle.

Initialement utilisée sur des échantillons en PLA, cette méthodologie, adaptable à différents matériaux FDM, dépasse les limites des modèles idéalisés en prenant en compte les effets mésoscopiques (vides entre les couches, orientation des filaments). Elle facilite l'optimisation des paramètres d'impression grâce à l'analyse par éléments finis, assurant ainsi la qualité supérieure des composants tout en diminuant les coûts et les délais de production. Cette étude participe à l'amélioration d'une chaîne de conception plus solide, fiable et pérenne, répondant aux exigences de performance et de personnalisation de l'industrie, et s'inscrivant parfaitement dans la dynamique de l'industrie 4.0, en collaboration avec l'intelligence artificielle et les contraintes environnementales.



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Mots clés : Fabrication additive, FDM, Homogénéisation, Classification des données, K-means algorithme, Paramètres d'impression, Densité de remplissage, Angle de dépôt, Constantes effectives orthotrope, Anisotropie / Orthotropie, PLA.