

Soutenance de thèse : **mercredi 18 décembre à 14h, dans l'amphithéâtre Gaston Berger de l'INSA Lyon.**

Cette thèse s'intitule 'Utilisation des technologies de fabrication additive pour la réadaptation fonctionnelle'.

Ces travaux ont été réalisés au sein des laboratoires MATEIS, IMP et LAMCOS, en collaboration avec l'ONG Handicap International dans le cadre de la Chaire 'Innovation for Humanity'.

La thèse sera soutenue en français devant le jury composé de :

Véronique Michaud	Professeure	EPFL	Rapporteure
Cédric Samuel	Maître Assistant	IMT Nord Europe	Rapporteur
David Mitton	Directeur de Recherche	Univ. Gustave Eiffel	Examineur
Nicolas Tardif	Maître de conférence	INSA Lyon	Invité
Thomas Elguedj	Professeur	INSA Lyon	Co-directeur de thèse
Jannick Duchet-Rumeau	Professeure	INSA Lyon	Co-directrice de thèse
Jérôme Chevalier	Professeur	INSA Lyon	Directeur de thèse

Résumé:

Depuis 2016, l'ONG Handicap International utilise l'impression 3D (dépôt de fil fondu) pour fabriquer des prothèses et orthèses dans les pays à faibles revenus. Bien que les résultats initiaux soient prometteurs, l'importation de filaments en PolyPropylène (PP) depuis l'Europe engendre des difficultés logistiques et des coûts élevés. L'objectif de cette thèse est donc de recycler des déchets plastiques en filaments d'impression 3D afin de produire localement des orthèses au Togo (pays d'étude). L'ensemble du cycle de vie de l'orthèse est étudié, de la fabrication à l'utilisation pendant la marche, tout en prenant en compte les problématiques de durabilité en climat tropical. Une étude préliminaire a d'abord été réalisée pour identifier le polymère le plus adapté selon plusieurs critères : l'existence d'une filière de recyclage, l'imprimabilité du matériau et ses propriétés mécaniques. Des essais mécaniques sur orthèses imprimées ont notamment mis en évidence le potentiel du PP, qui offre un

bon équilibre entre confort et maintien de l'orthèse. Ensuite, l'imprimabilité et les propriétés du PP recyclé ont été analysées, en se concentrant plus particulièrement sur les mélanges PP-PEHD issus du recyclage industriel. L'effet de la contamination en PEHD sur la compatibilité, l'imprimabilité et les propriétés du mélange a été étudié. La présence de PEHD améliore la stabilité de la matière lors de l'impression, et les conditions du procédé favorisent la compatibilisation *in situ*, générant des morphologies fines et des propriétés mécaniques satisfaisantes. Des mélanges recyclés composés de 70% de PP et 30% de PEHD, provenant de déchets post-consommation (emballages) et post-industriels (chutes de plaques orthopédiques), ont ensuite été transformés en filaments et imprimés en orthèses grâce à une optimisation des paramètres des procédés. La durabilité des orthèses a été analysée par des essais de vieillissement accéléré reproduisant les conditions climatiques du Togo. L'effet de la composition du PP (vierge, stabilisé aux UV, recyclé à partir de déchets post-consommation) et du procédé de mise en œuvre (impression 3D, injection et thermoformage) sur les mécanismes de dégradation a été étudié. Les résultats montrent que le PP recyclé est sensible à la thermo- et photo-oxydation en raison de la présence d'impuretés et de l'absence de stabilisants, nécessitant l'ajout d'additifs lors du recyclage pour éviter la fragilisation du matériau. L'impression 3D s'est quant à elle révélée prometteuse pour améliorer la résistance au vieillissement, car elle limite les dégradations thermiques lors du procédé. Enfin, une étude biomécanique a été menée pour comprendre les mécanismes de la marche, permettant ainsi la conception d'un banc de marche instrumenté avec de la stéréo-corrélation d'images. Les orthèses ont été testées par des essais de rupture, mettant en évidence l'effet du procédé (thermoformage *versus* impression 3D) et du matériau (PP vierge *versus* recyclé) sur les propriétés de résistance maximale de l'orthèse. Les orthèses imprimées en 3D et recyclées présentent une rupture fragile, soulignant ainsi l'importance de travailler avec des matériaux de qualité (sans impuretés) et d'optimiser les paramètres d'impression 3D. Pour conclure, le projet explore des perspectives d'application en contexte humanitaire, en mettant en avant le potentiel de l'impression 3D à partir de granulés. Cette technique émergente pourrait simplifier le processus de fabrication et réduire significativement les coûts.