# Résumé :

L'avancement des métamatériaux électromagnétiques, entamé il y a trois décennies, a connu une rapide transformation vers les systèmes mécaniques sous forme de matériaux cellulaires possédant des propriétés spécifiques qui n'existent pas dans les matériaux naturels.

Dans ce mémoire, nous avons étudié différentes techniques de conception et de réalisation, notamment l'impression 3D et l'utilisation de matériaux composites, afin d'obtenir des structures mécaniques métamatériaux pour des équipements sportifs. L'étude s'est concentrée sur l'obtention de valeurs inhabituelles pour des paramètres mécaniques courants tels que la densité, le coefficient de Poisson, la compressibilité et le module d'élasticité. Ces paramètres ont été confirmés par des essais mécaniques.

Ce mémoire démontre que l'utilisation de métamatériaux dans la conception d'équipements sportifs, tels que les semelles et les protège-tibias, présente un potentiel prometteur. Les conceptions développées et les modèles réalisés ont montré des améliorations significatives par rapport aux matériaux traditionnels.

**Mots clés :** métamatériau mécanique, structure géométrique, matériel sportif, conception, réalisation, essais mécaniques.

**Abstract:**

The advancement of electromagnetic metamaterials, which started three decades ago, has undergone a rapid transformation into mechanical systems manifested as cellular materials with distinct properties not found in any natural material.

In this work, we have investigated various techniques for design and production, with a particular focus on 3D printing and the utilization of composite materials, aiming to achieve mechanical metamaterial structures for sports equipment. The study primarily concentrates on attaining unconventional values for familiar mechanical parameters such as density, Poisson's ratio, compressibility, and modulus of elasticity. To validate these parameters, mechanical tests were conducted.

This work has successfully showcased the promising potential of incorporating metamaterials in the design of sports equipment, such as soles and shin guards. The developed designs and fabricated models have demonstrated significant enhancements compared to traditional materials.

**Keywords:** mechanical metamaterial, geometric structure, sports equipment, design, production, mechanical tests.

ملخص:

**شهد تقدم المواد الخارقة الكهرومغناطيسية، الذي بدأ قبل ثلاثة عقود، تحولًا سريعًا إلى أنظمة ميكانيكية في شكل مواد خلوية بخصائص محددة لا توجد في أي مادة طبيعية.**

**درسنا في هذه المذكرة التقنيات المختلفة للتصميم والإنتاج، ولا سيما الطباعة ثلاثية الأبعاد واستخدام المواد المركبة للحصول على هياكل المواد الخارقة الميكانيكية في مجال المعدات الرياضية. ركزت الدراسة على الحصول على قيم غير معتادة للمعلمات الميكانيكية المألوفة مثل الكثافة ونسبة بواسون أو قابلية الانضغاط ومعامل المرونة، وقد أكدنا هذه المعلمات بإجراء اختبارات ميكانيكية.**

**أثبتت هذه المذكرة أن استخدام المواد الخارقة في تصميم المعدات الرياضية، مثل النعال وواقيات الساق، له إمكانات واعدة. أظهرت التصميمات والنماذج المصنوعة تحسينات كبيرة على المواد التقليدية.**

الكلمات المفتاحية**: المواد الميكانيكية الخارقة، الهيكل الهندسي، المعدات الرياضية، التصميم، الإنتاج، الاختبارات الميكانيكية**.