

**Pôle des Etudes Doctorales**  
**Centre des Etudes Doctorales Sciences et Techniques et Sciences Médicales**

## **AVIS DE SOUTENANCE DE THESE DE DOCTORAT**

**Monsieur SAYYOURI Adil**  
**Présentera ses travaux de recherche en vue de l'obtention du Doctorat**



**Formation Doctorale : Sciences et Techniques de l'Ingénieur**  
**Discipline : Génie électrique et industriel**  
**Spécialité : Génie électrique et informatique embarqué**

**Le 11/07/2026 à 10H00 à la Salle Visioconférence de l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Tanger, UAE**

**Sous le thème**

**Approches basées sur les transformées en moments et l'optimisation métaheuristique pour l'analyse, la sécurisation et l'implémentation embarquée des signaux numériques**

**Devant le jury composé de :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Etablissement</b>	<b>Qualité</b>
<b>Pr. SARSRI Driss</b>	<b>ENSA de Tanger, UAE</b>	<b>Président</b>
<b>Pr. AYRIR Wiam</b>	<b>ENSA de Kénitra, UIT</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>Pr. CHALH Zakaria</b>	<b>EST de Meknès, UMI</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>Pr. EL MAMOUNI Anass</b>	<b>ENSA de Tanger, UAE</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>Pr. SAYYOURI Mhamed</b>	<b>ENSA de Fès, USMBA</b>	<b>Examineur</b>
<b>Pr. BEN SAID AMRANI Nabil</b>	<b>ENSA de Tanger, UAE</b>	<b>Examineur</b>
<b>Pr. CHERKAOUI Abdeljabbar</b>	<b>ENSA de Tanger, UAE</b>	<b>Directeur</b>

*Structure de recherche : Laboratoire des Technologies Innovantes (LTI) ; ENSA de Tanger*

## Résumé



Les recherches exposées dans cette thèse se concentrent sur le développement théorique, l'optimisation avancée et les applications pratiques des moments orthogonaux de Meixner dans le domaine du traitement des signaux et des images, avec un intérêt particulier pour la reconstruction fidèle, la segmentation et la sécurisation des images médicales. Cette thèse apporte des contributions significatives réparties en cinq axes majeurs. Le premier axe porte sur l'étude des fondements théoriques des principales transformées orthogonales utilisées dans l'analyse des signaux. Le deuxième axe s'intéresse à l'exploitation optimisée des moments de Meixner à l'aide d'algorithmes d'optimisation métaheuristiques.

Une approche fondée sur l'algorithme d'optimisation arithmétique est proposée pour la sélection optimale des paramètres des moments de Meixner, améliorant ainsi la reconstruction des signaux 1D, des images 2D et des données 3D, tandis qu'une seconde approche basée sur l'algorithme d'optimisation par la lumière polaire est utilisée pour la segmentation optimale des images médicales. Le troisième axe vise à améliorer les performances globales des algorithmes métaheuristiques à travers l'intégration de la théorie du chaos. Dans ce cadre, une nouvelle version améliorée du Parrot Optimizer, appelée Chaotic Parrot Optimizer, est développée en exploitant plusieurs cartes chaotiques afin de renforcer la diversification de la recherche, d'accélérer la convergence et de limiter le risque de piégeage dans les optima locaux.

Le quatrième axe a conduit au développement d'une nouvelle transformée entière réversible de Meixner, notée IRMT, ainsi que de son extension quaternionique QIRMT, permettant une reconstruction exacte et cohérente de données 1D, 2D et 3D. Sur cette base, une application originale de protection des images médicales est proposée à travers un schéma de zéro-tatouage robuste, réversible et sécurisé, combinant la QIRMT, un système chaotique hybride et la transformation d'Arnold généralisée. Enfin, le cinquième axe est consacré à l'implémentation embarquée de l'approche proposée sur une architecture matérielle hybride combinant un Raspberry Pi 5 pour l'exécution de la QIRMT et une carte FPGA pour le déploiement du schéma de zéro-watermarking. Cette architecture a été conçue pour démontrer la faisabilité pratique de l'approche développée dans un contexte embarqué caractérisé par des exigences de rapidité, de faible consommation énergétique et de traitement en temps réel.

**Mots clés :** Analyse du signal, moments orthogonaux discrets, optimisation, méta-heuristiques, systèmes chaotiques, reconstruction, segmentation, zéro-watermarking, implémentation, cartes embarquées, Raspberry Pi, FPGA.