



## AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

*Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que*

Mr **EL ALAMI Abdelmajid**  
Soutiendra : le Samedi 10/06/2023 à 10H00  
Lieu : **FSDM – Centre Visioconférence**

*Une thèse intitulée :*

**Contributions à la reconnaissance des images couleur par les moments  
orthogonaux discrets quaternion et les réseaux de neurones profonds  
quaternion**

*En vue d'obtenir le Doctorat*

*FD : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication  
Spécialité : Informatique*

*Devant le jury composé comme suit :*

| Nom et prénom            | Etablissement  | Grade | Qualité                   |
|--------------------------|--|-------|---------------------------|
| Pr BOUMHIDI Jaouad       | Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès                                       | PES   | Président                 |
| Pr CHERKAOUI Abdeljabbar | Ecole Nationale des Sciences Appliquées,<br>Tanger                             | PES   | Rapporteur &<br>Examineur |
| Pr SEBBANE Mohamed       | Faculté des Sciences, Meknès   | PES   | Rapporteur &<br>Examineur |
| Pr EL ALAMI Rachid       | Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès                                       | PH    | Rapporteur &<br>Examineur |
| Pr BERRAHOU Aissam       | Ecole Nationale Supérieure d'Informatique<br>et d'Analyse des Systèmes , Rabat | PH    | Examineur                 |
| Pr EL AFFAR Anass        | Faculté polydisciplinaire, Taza  | PH    | Examineur                 |
| Pr QJIDAA Hassan         | Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès                                       | PES   | Directeur de<br>thèse     |
| Pr MESBAH Abderrahim     | Ecole Nationale Supérieure d'Informatique<br>et d'Analyse des Systèmes , Rabat | PH    | Co-directeur<br>de thèse  |



## Résumé :

La reconnaissance des images et des visages couleur est l'un des sujets de recherche les plus actuels. De nombreuses méthodes basées sur l'apprentissage profond ont été développées pour améliorer la reconnaissance faciale et la classification des images couleur. Cependant, ces méthodes souffrent de la complexité de calcul et de temps élevé pour entraîner les modèles des réseaux de neurones profonds et convolutifs. Dans le but de réduire la complexité de calcul et d'améliorer le taux de reconnaissance, nous avons proposé, dans cette thèse, deux nouvelles architectures basées sur les réseaux de neurones quaternion et les moments quaternion orthogonaux discrets.

La première architecture nommée : Quaternion Discrets Orthogonal Moments Neural Network (QDOMNN) basée sur l'extraction des moments quaternion orthogonaux discrets de Hahn et Tchebichef à partir de la représentation quaternion (QR) des trois canaux de l'image RVB, ces moments quaternion sont ensuite introduites dans un réseau de neurones profond quaternion (QDNN) comme couche d'entrée. La représentation quaternion de l'image couleur préserve la corrélation entre les trois canaux (matrices) de l'image et permet de les traiter comme une seule matrice. Les moments quaternions peuvent représenter efficacement les images couleur dans des ordres inférieurs. Cela permet de diminuer énormément le nombre de paramètres à apprendre dans l'architecture proposée. L'architecture QDOMNN proposée est évaluée sur un ensemble de bases de données faciales telles que Faces94, Faces95, Faces96, Grimace, GT et FEI sous différentes variations comme l'apparence, l'éclairage, l'expression faciale, translation, mise en échelle, etc. Nous avons obtenu 100% de précision de classification sur Faces94, Grimace et GT, 91,93% sur FEI, plus de 94,72% sur Faces95 et plus de 98,01% sur Faces96. Ces résultats montrent une supériorité en comparaison avec d'autres méthodes de la littérature et une robustesse contre les conditions de bruit.

La deuxième architecture nommée : Quaternion Moments Convolutional Neural Network (QMCNN), utilise les moments quaternion orthogonaux discrets de Hahn, Tchebichef et Racah comme première couche dans le réseau de neurones convolutifs quaternion (QCNN). L'utilisation des moments quaternion, qui sont capable d'extraire des caractéristiques pertinentes à partir des images couleur dans des ordres inférieurs, conduit à une réduction énorme du coût de calcul et à l'accélération du processus de la classification. L'architecture QMCNN proposée est évaluée sur une série de bases de données des images couleur à savoir Coil-100, ETH-80 et Aloi, sous certains facteurs tels que la rotation, couleurs d'illumination, angle d'illumination, angle de vue, etc. Nous avons obtenu une précision de reconnaissance allant de 98.57% jusqu'à 100% dans Coil-100, de 92.92% à 97.84% dans ETH-80 et de 93.18% à 100% dans Aloi selon les différentes splits utilisées. L'architecture QMCNN est évaluée aussi sur des bases de données relatives à la reconnaissance des visages couleur telles que Faces95, Faces96 et FEI. Nous avons obtenu une amélioration de 4,86% de taux de reconnaissance par rapport à QDOMNN dans Faces95, de 1,26% dans Faces96 et de 3,07% dans FEI. Ces résultats montrent une amélioration importante en termes de taux de reconnaissance par rapport à QDOMNN et aux autres méthodes de l'état de l'art. De plus, la robustesse dans différentes conditions de bruit et la réduction du temps de calcul sont également démontrées.

**Mots clés :** Représentation quaternion, Moments quaternion orthogonaux discrets, Réseau de neurones profond quaternion, Réseau de neurones convolutif quaternion, Conditions de bruit, Reconnaissance faciale couleur, Classification des images couleur, Complexité de calcul.



## CONTRIBUTIONS TO THE RECOGNITION OF COLOR IMAGES BY QUATERNION DISCRETE ORTHOGONAL MOMENTS AND QUATERNION DEEP NEURAL NETWORKS

### Abstract:

Color image and face recognition is one of the most current research topics. Many deep learning-based methods have been developed to improve face recognition and color image classification. However, these methods suffer from very high computational time to train models of deep and convolutional neural networks. In order to reduce the computational complexity and improve the recognition rate, we have proposed, in this thesis, two new architectures based on quaternion neural networks and discrete orthogonal quaternion moments.

The first architecture called: Quaternion Discrete Orthogonal Moments Neural Network (QDOMNN) based on the extraction of the discrete orthogonal quaternion moments of Hahn and Tchebichef from the quaternion representation (QR) of the three channels of RGB image, these quaternion moments are then fed into a quaternion deep neural network (QDNN) as an input layer. The quaternion representation of the color image preserves the correlation between the three channels (matrices) of the image and allows them to be treated as a single matrix. Quaternion moments can efficiently represent color images in lower orders. This makes it possible to enormously reduce the number of parameters to be learned in the proposed architecture. The proposed QDOMNN architecture is evaluated on a set of facial databases such as Faces94, Faces95, Faces96, Grimace, GT and FEI under different variations like appearance, lighting, facial expression, translation, scaling, etc. we obtain 100% as classification accuracy on Faces94, Grimace and GT, 91.93% on FEI, more than 94.72% on Faces95 and more than 98.01% on Faces96. These results show the outperformance of our architecture compared to other methods in the literature and robustness against noise conditions.

The second architecture called: Quaternion Moments Convolutional Neural Network (QMCNN), uses the discrete orthogonal quaternion moments of Hahn, Tchebichef and Racah as the first layer in the quaternion convolutional neural network (QCNN). The use of quaternion moments, which are able to extract relevant features from color images in lower orders, allows to reduce enormously the computational cost and to accelerate the classification process. The proposed QMCNN architecture is evaluated on a series of color image databases namely Coil-100, ETH-80 and Aloi, under some factors such as rotation, illumination color, illumination direction, view angle, etc. We obtained a recognition accuracy ranging from 98.57% up to 100% in Coil-100, from 92.92% to 97.84% in ETH-80 and from 93.18% to 100% in Aloi according to the different splits used. The QMCNN architecture is also evaluated on color face recognition databases such as Faces95, Faces96 and FEI. We obtained a 4.86% improvement in recognition rate compared to QDOMNN in Faces95, 1.26% in Faces96 and 3.07% in FEI. These results show a significant improvement in terms of recognition rate compared to QDOMNN and other state-of-the-art methods. Moreover, the robustness under different noise conditions and the reduction of the computation time are also demonstrated.

**Keywords:** Quaternion representation, Quaternion discrete orthogonal moments, Quaternion deep neural network, Quaternion convolutional neural network, Noise conditions, Color face recognition, Color image classification, Computational complexity.