



جامعة محمد الخامس بالرباط  
Université Mohammed V de Rabat

**École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes**  
**Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur**

## **AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT**

**Monsieur Mohamed BAL-GHAOUI**

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Sciences de l'ingénieur

**Spécialité : Génie Électrique**

**Le Mardi 22 octobre 2024 à 15h00 au Grand Amphi à l'ENSAM de Rabat**

**Intitulé de la thèse**

**Intelligence Artificielle pour la Détection/Diagnostic du  
Cancer à partir de l'Image Échographique**

**Président :**

Pr. Brahim Benaji, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Directeur de thèse :**

Pr. Abdennaser Bourouhou, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Co-Directeur de thèse :**

Pr. Moulay Hachem El Yousfi, MCH, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Rapporteurs :**

Pr. Rachid Oulad Haj Thami, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Benayad NSIRI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Abderrahim Bajit, MCH, ENSA, Université Ibn Tofail, Kénitra

**Examineurs :**

Pr. Abdelillah Jilbab, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Mohamed HILAL, MCH, ISSS, Université Hassan I, Settat

**Résumé :** Le présent travail de recherche porte sur l'exploitation de l'intelligence artificielle (IA) pour l'imagerie échographique. Principalement, le travail se focalise sur l'utilisation de l'apprentissage profond et par transfert dans le but d'une détection/diagnostic précoce du cancer à partir de l'imagerie échographique. Cette thèse procure en ce sens une vision centrée sur l'imagerie médicale, échographique en particulier, et l'apport de l'IA à faciliter l'analyse et l'automatisation des tâches chronophages d'interprétation tout en minimisant l'erreur humaine.

D'abord, une première revue de la littérature a été réalisée et a permis de se situer parmi les différentes approches et algorithmes, précisément d'apprentissage profond pour l'analyse des images échographiques. Cette phase a permis le développement d'une première architecture neuronale convolutive (CNN) pour le diagnostic du cancer du sein, et de valider sa robustesse via l'exploitation de la variabilité des images échographiques provenant de différents appareils, principalement entre jeux de données.

Ensuite, une expérimentation a été réalisée sur le fait que certaines maladies partagent les mêmes caractéristiques pathologiques. Dans ce cadre, l'étude des nodules thyroïdiens et des lésions du cancer du sein a été menée. En exploitant ces contraintes « intermaladies », trois conclusions ont été tirées : 1) Un modèle conçu exclusivement pour le diagnostic du cancer du sein peut également être exploité pour le nodule thyroïdien et vice-versa. 2) Ces caractéristiques « inter-maladies » permettent une augmentation prometteuse des données de la maladie principale ; 3) L'apprentissage par transfert a également montré son application inédite, et ces résultats ont été estimés comparables au modèle CNN développé.

Finalement, dans le cadre de l'apprentissage par transfert, l'impact des modèles pré-entraînés a été exploré tout au long de cette thèse. Ces modèles constituant l'état de l'art, ont été évalués, et par conséquent, nos résultats ont démontré leur importance dans l'analyse des images échographiques. Deux principaux aspects ont été évoqués en ce sens : 1) l'efficacité des modèles pré-entraînés d'atteindre de meilleurs résultats comparables à ceux des modèles construits de zéro « from scratch ». Dans ce contexte, ces modèles utilisés comme des bases dans la partie encodeur du modèle U-Net ont démontré leur supériorité par rapport au modèle U-Net natif pour la tâche de segmentation ; 2) l'intérêt d'optimiser de plus en plus les couches à ajuster pour une utilisation optimale de ces modèles.

**Mots-clés :** Apprentissage Profond, Apprentissage par Transféré, Classification, Intelligence Artificielle, Image Echographique, Segmentation, Traitement d'image.

**Abstract:** The present research focuses on using artificial intelligence (AI) for ultrasound imaging. Primarily, the work concentrates on the use of deep learning and transfer learning for the early detection/diagnosis of cancer from ultrasound imaging. In this sense, this thesis provides a vision centered on medical imaging, particularly

ultrasound, and the contribution of AI to facilitate the analysis and automation of time-consuming interpretation tasks while minimizing human error.

First, an initial literature review allowed us to position ourselves among the various approaches and algorithms, specifically deep learning for ultrasound image analysis. This phase enabled the development of the first convolutional neural network (CNN) architecture for breast cancer diagnosis and validated its robustness by leveraging the variability of ultrasound images from different devices, primarily between datasets.

Next, an experiment was conducted based on the fact that certain diseases share the same pathological characteristics. In this context, the study of thyroid nodules and breast cancer lesions was carried out. By exploiting these "inter-disease" constraints, three conclusions were drawn: 1) A model designed exclusively for breast cancer diagnosis can also be used for thyroid nodules and vice versa; 2) These "inter-disease" characteristics allow a promising increase in the data for the primary disease; 3) Transfer learning also demonstrated its novel application, and these results were found to be comparable to the developed CNN model.

Finally, within the framework of transfer learning, the impact of pre-trained models was explored throughout this thesis. These state-of-the-art models were evaluated, and consequently, our results demonstrated their importance in the analysis of ultrasound images. Two main aspects were highlighted in this context: 1) The effectiveness of pre-trained models in achieving better results comparable to those of models built from scratch. In this context, these models, used as bases in the encoder part of the U-Net model, demonstrated their superiority over the native U-Net model for the segmentation task; 2) The interest in increasingly optimizing the layers to adjust for optimal use of these models.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Deep Learning, Classification, Image Processing, Segmentation, Transfer Learning, Ultrasound Imaging