



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 et Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

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

**Monsieur Zakaryae KHOMSI**

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

**Spécialité** : Génie Electrique

**Le Vendredi 28 février 2025 à 15h30 au Grand Amphi de l'ENSAM de Rabat**

**Intitulé de la thèse**

### **ANALYSE ET TRAITEMENT D'IMAGES THERMOGRAPHIQUES PAR LES TECHNIQUES DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA) POUR LE DIAGNOSTIC PRÉCOCE DU CANCER DU SEIN**

**Président :**

Pr. Samir BELFKIH, PES, Université Mohammed V de Rabat

**Directeur de thèse :**

Pr. Larbi BELLARBI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Rapporteurs :**

Pr. Hamid OUADI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Najib AL IDRISSI, PES, Université Mohammed VI des Sciences de la Santé, Casablanca

Pr. Mohammed BOULMALF, PES, Université internationale de Rabat

**Examineurs :**

Pr. Soumia ZITI, PES, FSR, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Atman JBARI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Wajih RHALEM, MCH, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Résumé :** L'imagerie médicale est un moyen clé dans le diagnostic précoce du cancer du sein (CS), où l'identification précise de la localisation et la taille d'une tumeur est essentielle pour définir le traitement approprié. La thermographie, qui est une technique d'imagerie non invasive et sans rayonnement, offre un potentiel prometteur pour le diagnostic du CS, en détectant les gradients anormaux de température associés aux éventuelles tumeurs. Malgré les progrès remarquables de l'imagerie thermique, l'interprétation des images thermiques pose un réel défi, en raison des variations subtiles des profils thermiques, qui changent d'un individu à l'autre, ce qui rend le diagnostic précis des tumeurs relativement difficile.

L'intelligence artificielle (IA) offre une excellente opportunité pour exploiter les images thermiques en automatisant le processus de prédiction, ce qui permet de développer des solutions innovantes pour diagnostiquer le CS à un stade précoce et offrir, ainsi, la possibilité d'une guérison.

Pour mettre en application notre méthode, nous avons généré une base de données originale d'images thermiques, à partir d'un modèle numérique 3D du sein, en utilisant la méthode des éléments finis (MEF), disponible sur le logiciel COMSOL Multiphysics. Des simulations successives sont menées, en incorporant différentes localisations et tailles de la tumeur, servant à générer les données d'apprentissage pour les modèles d'IA. Une analyse initiale des données thermiques a été effectuée pour comprendre l'influence des différents paramètres thermo-physiques de la tumeur sur les profils de température en surface du sein. Ensuite, nous avons appliqué les techniques d'apprentissage automatique (ML) et d'apprentissage profond (DL) pour estimer la taille et la localisation des tumeurs à partir des images thermiques. Enfin, pour expérimenter notre méthode, nous avons réalisé un prototype expérimental utilisant un fantôme des seins comportant des tumeurs artificielles sur lesquels nous appliquons un réseau de microbiocapteurs de température.

Les résultats obtenus avec ce travail de recherche montrent que notre approche contribuera sûrement et efficacement à l'amélioration de la qualité du diagnostic précoce du CS, avec une technique simple, accessible et adaptée à la télémédecine.

**Mots clés :** Cancer du sein, deep learning, détection précoce, imagerie thermique, intelligence artificielle, modélisation numérique, traitement d'image.

**Abstract:** Medical imaging is a key tool in the early diagnosis of breast cancer (BC), where accurate identification of the location and size of a tumor is essential to define the appropriate treatment. Thermography, which is a non-invasive and radiation-free imaging technique, offers promising potential



for the diagnosis of BC, by detecting abnormal temperature gradients associated with possible tumors. Despite the remarkable progress in thermal imaging, the interpretation of thermal images is challenging due to the subtle variations in thermal profiles, which change from one individual to another, making accurate diagnosis of tumors relatively difficult. Artificial intelligence (AI) offers an excellent opportunity to exploit thermal images by automating the prediction process, which allows the development of innovative solutions to diagnose BC at an early stage and thus offers the possibility of a cure.

To implement our method, we generated an original database of thermal images, from a 3D numerical model of the breast, using the finite element method (FEM), available on the COMSOL Multiphysics software. Successive simulations are conducted, incorporating different locations and sizes of the tumor, used to generate the training data for the AI models. An initial analysis of the thermal data was performed to understand the influence of the different thermo-physical parameters of the tumor on the surface temperature profiles of the breast. Then, we applied machine learning (ML) and deep learning (DL) techniques to estimate the size and location of the tumors from the thermal images. Finally, to experiment with our method, we realized an experimental prototype using a breast phantom, comprising artificial tumors on which we applied a network of thermal micro-biosensors.

The results obtained from this research work show that our approach will surely and effectively contribute to improving the quality of early diagnosis of BC with a simple and accessible technique adapted to telemedicine.

**Keywords:** Artificial intelligence, breast cancer, deep learning, early detection, image processing, numerical modeling, thermal imaging.