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

## Madame Khadija ELGHOMARY

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Informatique

**Le Jeudi 02 Novembre 2023 à 10h00 au Grand Amphi à l'ENSIAS**

**Intitulé de la thèse**

## An Intelligent Trust Management System based on SIoT for Smart Education Context

**Président :**

Pr. Rachida AJHOUN, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

**Directeur de thèse :**

Pr. Driss BOUZIDI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

**Co-Encadrant de thèse :**

Pr. Najima DAOUDI, PES, ESI, Université Mohammed V de Rabat

**Rapporteurs :**

Pr. Abdelmalek BENZEKRI, PES, Université Toulouse 3 Paul Sabatier, France

Pr. Rachid Dehbi, PH, Faculté des Sciences-Ain Chock, Université Hassan II, Casablanca

Pr. Mohamed ERRADI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

**Examinateur :**

Pr. Abdellatif KOBBANE, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

UNIVERSITE MOHAMMED V - RABAT ★ ENSIAS

**Résumé:** Avec l'émergence de l'internet des objets (IoT) et de l'internet social des objets (SIoT), connectant des milliards d'objets intelligents (humains et appareils) pour atteindre des objectifs communs dans divers domaines, le système éducatif notamment l'enseignement en ligne, a connu une grande évolution, poussant la communauté scientifique à façonner des environnements d'apprentissage intelligents, disponibles et très engageants. Les systèmes d'éducation intelligents (Smart Education System (SE)) sont devenus un élément clé de l'éducation continue et durable, leur objectif est de fournir un environnement intelligent et hautement connecté permettant aux apprenants d'adopter et de bénéficier des avantages offerts par les technologies sociales et intelligentes pour acquérir des connaissances et des compétences, et de les valider avec leurs pairs selon leur rythme et sans contraintes spatio-temporelles.

Dans cette nouvelle ère de l'éducation en ligne, les MOOCs (Massive Open Online Courses), caractérisés par leur massivité, leur ouverture et leur disponibilité, et offrant un mode d'apprentissage plus flexible et transparent, peuvent tirer profit de nouveaux aspects des systèmes d'éducation intelligents, à savoir : l'ubiquité, le dynamisme, la sensibilité au contexte, la conscience sociale et les interactions dynamiques pour stimuler la collaboration et l'apprentissage entre pairs. Ainsi, grâce à cette connectivité accrue, un nouveau type d'interaction et de collaboration entre les apprenants et les appareils intelligents dont ils disposent, est devenue un élément inéluctable offrant de nouveaux moyens très puissants pour les systèmes d'apprentissage.

Toutefois, malgré les multiples avantages offerts par ces systèmes d'éducation intelligents, de nombreux défis restent à surmonter entre autres nous citons : la scalabilité, l'interopérabilité et la sécurité. Dans cette recherche nous nous focalisons sur ce dernier obstacle et plus particulièrement le besoin d'établir des relations de confiance entre les apprenants (ainsi que leurs appareils), pour créer un environnement d'apprentissage plus sécurisant et fiable favorisant l'adoption de méthodes d'apprentissage collaboratif. En effet, la présence et la dépendance à des technologies excessives et des applications IoT/ SIoT moins fiables, rendent ces environnements

plus hétérogènes, plus complexes à gérer et très hostiles, et qui peuvent entraîner des vulnérabilités dans les systèmes d'information et les infrastructures informatiques, poussant ainsi les apprenants à être plus hésitants à interagir et collaborer avec leurs pairs et décourageant ainsi leur motivation et leur engagement.

Dans cette thèse, nous proposons alors un nouveau système de gestion de la confiance basé sur l'intelligence artificielle (TMS4SE : Trust Management System for Smart Education), exploitant les caractéristiques dynamiques des systèmes SIoT pour prédire le comportement futur des apprenants et les objets qu'ils détiennent afin de détecter et contourner toute action malveillante de leur part et de garantir ainsi une collaboration digne de confiance.

Trois objectifs principaux ont donc été définis. Le premier est d'identifier les techniques de confiance pertinentes et appropriées dans les systèmes intelligents et collaboratifs tels que les contextes OSN, IoT et précisément SIoT ; Pour ce faire, nous avons exploré et analysé en profondeur les recherches récentes sur l'évaluation de la confiance dans ces systèmes. Le deuxième objectif est de développer un système de gestion de la confiance (TMS4SE) adapté aux contextes SE et considérant les métriques de confiance dynamiques et contextuelles des systèmes SIoT. Ce système de gestion de la confiance sera la base d'un système de recommandation des pairs (avec les objets dont ils disposent) permettant de faire des recommandations des entités fiables de manière intelligente. Ce deuxième objectif est atteint en concevant une architecture de confiance optimale et un modèle d'évaluation de la confiance dynamique nommé TEM4SE (Trust Evaluation Model for Smart Education) basé sur une approche d'apprentissage automatique. En outre, le troisième objectif concerne l'amélioration de la performance du modèle d'évaluation de la confiance basé sur l'apprentissage automatique (Machine Learning) et respectant la privacité des données de l'apprenant utilisées dans le processus d'évaluation de la confiance. Ce dernier objectif est atteint en proposant d'entraîner notre modèle de confiance directement sur les appareils des apprenants en utilisant la technique de l'apprentissage fédéré (Federated Learning).

L'évaluation de notre approche pour mesurer la confiance a révélé que l'utilisation des données et des propriétés dynamiques de confiance des systèmes SIoT était très encourageante et a donné des résultats plus précis et prometteurs.

**Mots-clés:** Collaboration; Education Intelligente; Intelligence Artificielle; MOOCs; Recommandation des pairs; SIoT; Système de Gestion de Confiance.

**Abstract:**
With the emergence of the Internet of Things (IoT) and Social Internet of Things (SIoT), connecting billions of smart objects (humans and devices) to achieve common goals in various fields, the education system especially online education, has witnessed a great evolution, leading the scientific community to design smart, available and highly engaging learning environments. Smart Education Systems (SE) have become a key element of continuous and sustainable education, their objective is to provide an intelligent and highly connected environment, allowing learners to adopt and benefit from the advantages offered by social and intelligent technologies to acquire knowledge and skills, and to validate them with their peers at their own pace and with no spatiotemporal constraints.

In this new era of online education, MOOCs (Massive Open Online Courses), characterized by their massiveness, openness, and availability, and offering a more flexible and transparent way of learning can benefit from new aspects of smart education systems, namely: ubiquity, dynamism, context awareness, social awareness, and dynamic interactions to stimulate peer collaboration and social learning. Thus, with this increased connectivity, a new type of interaction and collaboration between learners and the smart devices they own has become an unavoidable element offering new and powerful ways for learning systems.

However, despite the multiple benefits afforded by these intelligent educational systems, many challenges remain, among which we cite: scalability, interoperability, and security. In this research, we focus on the latter issue and specifically on the need to establish trusting relationships between learners (as well as their devices) to create a secure and more reliable learning environment that promotes the adoption of collaborative learning methods. Indeed, the

presence and reliance on excessive technologies and less reliable IoT/ SIoT applications make these environments more heterogeneous, more complex to manage, and very hostile, which can lead to vulnerabilities in information systems and IT infrastructures, thus pushing learners to be more hesitant to interact and collaborate with their peers and thus discouraging their motivation and engagement.

In this thesis, we then propose a new trust management system based on artificial intelligence (TMS4SE: Trust Management System for Smart Education), capitalizing on the dynamic characteristics of SIoT systems to predict the future behavior of learners with the objects they hold to detect and avoid any malicious action on their part and thus ensure a trustworthy collaboration.

Three main objectives have therefore been defined. The first is to identify relevant and appropriate trust techniques in intelligent and collaborative systems such as OSN, IoT, and precisely SIoT contexts; to do this, we have deeply explored and analyzed trust evaluation works in these systems. The second objective is to develop a trust management system (TMS4SE) adapted to SE contexts and consider dynamic and contextual trust metrics in SIoT systems. This TMS will be the basis for a peer recommendations system to intelligently suggest reliable entities intelligently. This second objective is achieved by designing an optimal trust architecture and a dynamic trust evaluation model named TEM4SE (Trust Evaluation Model for Smart Education) based on a Machine Learning (ML) approach. Furthermore, the third target concerns the improvement of the performance of the trust evaluation model based on ML and protecting the privacy of the learner's data used in the trust evaluation process. This last objective is realized by proposing to train our trust model directly on the learner's devices using the Federated Learning (FL) technique. Evaluation of our approach to trust measurement revealed that employing dynamic trust data and properties of SIoT systems was more encouraging and yielded more accurate and promising results.

**Keywords:** Artificial Intelligence; Collaboration; Intelligent Education; MOOCs; Peer Recommendation; SIoT; Trust Management System.