

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 Mounir EL MEJJATTI

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

Le samedi 5 octobre 2024 à 14h00 au Grand Amphi à l'ENSIAS

Intitulé de la thèse

Design of a Novel Microstrip Antenna for Underground Applications with Frequency Insensitivity to Soil Permittivity Variations

Président :

Pr. Mohamed ESSAAIDI, PES, Ecole Marocaine des Sciences de l'ingénieur

Directeur de thèse :

Pr. Ahmed HABBANI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Rapporteurs :

Pr. Ali EL MOUSSATI, PES, ENSA, Université Mohammed Premier, Oujda

Pr. Adnane ADDAIM, PES, EMI, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Jamal EL ABBADI, PES, EMI, Université Mohammed V de Rabat

Examineurs :

Pr. Saud ALTHUNIBAT, Full Professor, Al-Hussein Bin Talal University, Jordan

Pr. Driss BENHADDUO, Associate Professor, Alfaisal University, Kingdom of Saudi Arabia

Pr. Hammadi NAIT CHARIF, Associate Professor, Bournemouth University, United Kingdom



Résumé: Les réseaux de capteurs sans fil souterrains (WUSN) sont perçus comme une extension naturelle des réseaux de capteurs sans fil (WSN). Actuellement, ils trouvent des applications dans divers domaines, tels que l'agriculture, l'écologie, l'exploration pétrolière et gazière, l'ingénierie civile et le secteur minier. Ces réseaux adoptent diverses technologies de communication pour répondre aux exigences spécifiques de chaque domaine. Toutefois, les WUSN présentent des particularités uniques en raison de l'environnement dense et atténuant qui entoure les transmetteurs. Parmi les défis majeurs figurent l'autonomie des batteries, l'architecture de distribution des nœuds, le choix des équipements, et l'influence des conditions environnementales extrêmes. En particulier, les systèmes de transmission électromagnétique sont fréquemment utilisés malgré les difficultés liées à la propagation des ondes, incluant les phénomènes d'évanouissement, de réflexion, de trajets multiples, et l'interaction spécifique avec les propriétés diélectriques du milieu de propagation. Dans ce contexte, notre recherche s'est focalisée sur l'évaluation de l'impact de divers paramètres influençant la permittivité du sol sur les performances de l'antenne enfouie, tels que la fréquence de résonance, la largeur de bande et la directivité. Nous avons, suite à cette analyse, développé un modèle de prédiction de ces paramètres d'antenne en fonction des variables influents. Ensuite, nous avons présenté deux solutions pour minimiser le décalage de fréquence dû aux variations du contenu en eau volumique (VWC) : la première repose sur une technique d'auto-ajustement innovante basée sur le couplage inductif, qui a démontré une fluctuation inférieure à 0.1% par rapport à la valeur initiale. La seconde solution concerne la conception d'une nouvelle antenne microruban résistive aux variations de la permittivité diélectrique du sol. Ce design innovant, intégrant de la ferrite dans le substrat, a prouvé sa capacité à maintenir une bande d'opération très stable, même lorsque la teneur en eau varie de 0 à 50%.

Mots-clés: Agriculture de precision; agritech; analyse par régression; antenne enfouie; communication souterraine; ferrite; IoT; sol; WSN; WUSN.

Abstract: A Wireless Underground Sensor Network (WUSN) is a natural extension of a Wireless Sensor Network (WSN). They are currently deployed in various fields including agriculture, ecology, oil and gas exploration, civil engineering, and mining. These networks adopt different communication technologies to meet the specific requirements of each area. However, unlike air, WUSN has unique characteristics due to the dense and attenuating environment surrounding the transmitters. Major challenges include battery life, node distribution architecture, equipment selection, and the impact of extreme environmental conditions. Particularly, electromagnetic (EM) transmission systems are widely used despite difficulties in wave propagation, including attenuation, reflection, multipath fading, and specific interactions with the propagation medium's dielectric properties. In this context, our research focused on evaluating the impact of various parameters affecting soil permittivity on the performance of



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

buried antennas, such as resonance frequency, bandwidth, and directivity. Following this analysis, we developed a predictive model for these antenna parameters based on soil characteristics. Additionally, we introduced two solutions to minimize frequency shift due to variations in Volumetric Water Content (VWC): the first is based on an innovative self-adjusting technique using inductive coupling, which showed less than 0.1% fluctuation from the initial value. The second one involves designing a new microstrip antenna resistant to variations in soil dielectric permittivity. This innovative design, incorporating ferrite into the substrate, has proven its ability to maintain a very stable operational bandwidth, even when the water content varied from 0 to 50%.

Keywords: Agriculture of precision; Agritech; buried antenna; ferrite; IoT; regression analysis; soil; underground communication; WSN; WUSN.