

**Nom et Prénom : SABER MOHAMMED**

**Date de soutenance : 22/01/2022**

**Directeur de Thèse : KHARRAZ AROUSSI HATIM**

**Sujet de Thèse :**

**IMPLEMENTATION D'ALGORITHMES INTELLIGENTS POUR LA GESTION DYNAMIQUE  
DU SPECTRE DANS LE CONTEXTE DE LA RADIO COGNITIVE**

**Résumé :**

Le spectre radioélectrique, indispensable aux communications sans fil, devient une ressource extrêmement rare avec la croissance explosive des liaisons hertziennes et autres connexions massives de multiples dispositifs. Des mesures montrent que le spectre radioélectrique est sous-utilisé en raison d'une méthode d'attribution statique et exclusive du spectre. Le contraste entre la rareté du spectre disponible et la sous-utilisation du spectre attribué appelle à un changement de paradigme d'utilisation : il faut que la politique actuelle d'attribution des bandes de fréquence évolue vers une gestion dynamique afin d'utiliser pleinement le spectre radioélectrique. La radio cognitive (RC) se présente comme la technique de base pour une gestion dynamique du spectre. Avec la RC, un utilisateur secondaire (US) sans licence peut accéder de manière opportuniste ou simultanée aux bandes de fréquence appartenant aux utilisateurs primaires (UP) ou sous licence. Selon le mode de coexistence choisi entre les utilisateurs primaires et les utilisateurs secondaires, deux modèles de base opèrent un accès dynamique au spectre : le modèle d'accès opportuniste au spectre et le modèle d'accès concurrent au spectre. Notre recherche fournit un certain nombre de contributions et d'améliorations conséquentes au domaine de la RC en termes de détection et de gestion dynamique du spectre, deux aspects importants pour déterminer correctement la disponibilité du spectre et développer ainsi les performances de la RC pour les communications sans fil. La littérature parle de différentes techniques de détection dont la détection d'énergie qui est la plus utilisée, elle est non seulement peu chronophage et simple à implémenter mais elle se dispense aussi de toute information propre aux signaux présents dans le spectre. Néanmoins, l'incertitude dans la mesure du bruit et l'impossibilité de différencier les utilisateurs primaires et secondaires représentent deux pierres d'achoppements.

Nous analysons tout d'abord la détection locale et la détection coopérative avec les canaux de Gauss et ceux de Rayleigh ; les simulations, sur une plate-forme MATLAB, vérifient les calculs préliminaires. Dans une seconde démonstration, nous proposons un modèle radio avec une architecture de type cognitive permettant de détecter efficacement la présence de tout utilisateur primaire sur une bande. Nous présentons une nouvelle technique de détection des signaux réels, sous différents types de modulations AM, FM, ASK et FSK, basée sur un détecteur d'énergie classique et des méthodes de l'intelligence artificielle. Dans une troisième démonstration, nous proposons un terminal radio permettant la gestion dynamique du spectre radioélectrique. Dans ce système, les utilisateurs sans licence peuvent accéder au spectre des utilisateurs autorisés si le spectre primaire est libre, ils peuvent aussi partager le spectre primaire à condition de respecter l'intégrité des services alloués aux UP. De cette manière, les US peuvent obtenir des possibilités de transmission sans spectre dédié. Enfin, nous démontrons comment la phase la plus importante dans la RC, la détection du spectre, peut être largement améliorée en introduisant la nouvelle technologie des surfaces intelligentes et reconfigurables aux environnements RC. Nous utilisons également les surfaces intelligentes et reconfigurables pour améliorer et contrôler efficacement l'accès dynamique des US au spectre.

**Mots clés :** Gestion dynamique du spectre ; Radio intelligente ; Détection du spectre, Détection d'énergie ; Apprentissage en profondeur ; Apprentissage automatique ; RNA ; SVM ; Courbes ROC ; théorie des jeux ; Surfaces intelligentes et reconfigurables (SIR).

**Abstract :**

Radio spectrum, essential for wireless communications, is becoming an extremely scarce resource with the explosive growth of wireless links and massive devices connection. Measurements show that radio spectrum is underutilized due to static and exclusive spectrum allocation method. The contrast between scarcity of available spectrum and underutilization of allocated spectrum calls for a shift in the utilization paradigm: Actual spectrum allocation policy needs to evolve to dynamic spectrum management in order to fully utilize the radio spectrum. Cognitive radio (CR) is proposed as main technique for dynamic spectrum management. With CR, an unlicensed user or secondary user (here: US, for utilisateur secondaire) is able to opportunistically or simultaneously access frequency bands owned by primary or licensed users (UP, utilisateur primaire). There are two basic dynamic spectrum access models: The opportunistic spectrum access model and the concurrent spectrum access model. Our research provides a number of significant contributions and improvements to the field of cognitive radio in terms of sensing and dynamic spectrum management, both of which are important for correctly determining spectrum availability and thus developing CR performance for wireless communications. Literature talks about different detection techniques among which, energy detection is the most used because of its time gain, its ease to implement and it does not require any specific information about signals present in spectrum. Yet, incertitude of the noise measurement and inability to distinguish primary users from secondary are two sticking.

We first analyze local and cooperative detection in Gaussian and Rayleigh channels; Results confirm numerical computing using MATLAB. In a second demonstration, we propose a spectrum sensing model with a cognitive-type architecture which efficiently detects the presence of any primary user on a band. We also present a new technique of signal detection, through different modulation types AM, FM, ASK and FSK, which is based on a classic energy detector and on methods from artificial intelligence. Into a third demonstration, we propose a radio terminal for dynamic radio spectrum management. In this system, unlicensed users can access spectrum of primary users if primary spectrum releases, they may even share primary spectrum provided that UP due services are under proper protection. By this way, secondary users may obtain transmission opportunities without dedicated spectrum. At last, we demonstrate how the most important stage into cognitive radio process, spectrum sensing, can greatly be improved by introducing the new technology of reconfigurable intelligent surfaces to CR. We also use reconfigurable intelligent surfaces to improve and effectively control the dynamic access of unlicensed users to spectrum.

**Keywords:** Dynamic spectrum management; Cognitive radio; Spectrum sensing, Energy detection; Deep learning; Machine learning; RNA; SVM; ROC curves; Game theory; Reconfigurable intelligent surfaces (RIS).