



## AVIS DE SOUTENANCE THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Mme : YASMINA EL MORABIT**

Spécialité : Informatique

**Sujet de la thèse :** Intelligence artificielle appliquée aux réseaux Radio Cognitifs

**Formation Doctorale :** Sciences de l'Ingénieur, Sciences physiques, Mathématiques et Informatique.

**Thèse présentée et soutenue le vendredi 14 juin 2019 à 09h30 au Centre des Conférences devant le jury  
composé de :**

Nom Prénom	Titre	Etablissement	
Mohamed SABBANE	PES	Faculté des Sciences, Meknès	Président
Mohammed RAHMOUN	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Oujda	Rapporteur
My Driss EL OUADGHIRI	PES	Faculté des Sciences, Meknès	Rapporteur
Azeddine ZAHY	PH	Faculté des Sciences et Techniques, Fès	Rapporteur
Hassane QJIAA	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	Examineur
Farid ABDI	PE	Faculté des Sciences et Techniques, Fès	Examineur
Mohamed OUZARF	PES	Faculté des Sciences et Techniques, Fès	Examineur
Fatiha MRABTI	PH	Faculté des Sciences et Techniques, Fès	Directrice de thèse

El Hossein ABARKAN	Ex-Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques, Fès	Invité
--------------------	--	--------

Laboratoire d'accueil : Signaux, Systèmes et Composants

Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès



**Titre de la thèse :** Intelligence artificielle appliquée aux réseaux Radio Cognitifs

**Nom du candidat :** Yasmina EL MORABIT

**Spécialité :** Informatique

### Résumé de la thèse

La radio cognitive apparaît comme une solution naturelle aux problèmes de pénurie spectrale résultant de la grande popularité des communications sans fil et de l'évolution des technologies radio. Un dispositif radio cognitif est un agent intelligent capable de s'adapter à son contexte opérationnel pour respecter le cadre de régulation contrôlant l'accès au spectre, satisfaire les besoins de l'utilisateur en termes de qualité de service et assurer une gestion optimisée des ressources disponibles (radios, réseaux et matérielles). Ce paradigme est directement lié au développement de l'intelligence artificielle.

Le concept de la radio cognitive nécessite des capacités intelligentes d'observation, d'apprentissage et de décision. Dans ce contexte nous nous sommes intéressés à l'intégration de certaines techniques de l'intelligence artificielle au système de gestion dans un réseau radio cognitif pour améliorer le processus de prise de décision et par conséquent améliorer l'efficacité spectrale.

Nous avons mené une étude de l'état de l'art d'un certain nombre d'algorithmes de l'intelligence artificielle pour l'apprentissage et la prise de décision tels que : les Algorithmes computationnelles (les réseaux de neurones, les machines à vecteurs support, la théorie des jeux, les chaînes de Markov), les Algorithmes méta-heuristiques (les algorithmes génétiques, l'évolution différentielle, le recuit simulé, la recherche tabou), les Algorithmes de l'intelligence en essaim (colonie de fourmi, colonie des abeilles artificielles, essaim de chat, exploration bactérienne) et Algorithmes basé sur les connaissances (la logique floue, les systèmes à base de cas, les systèmes à base de règles, les systèmes ontologiques)

Ensuite, nous nous sommes intéressés à étudier et analyser la possibilité d'appliquer ces algorithmes dans les réseaux radio cognitifs. Nous avons entamé le problème de l'allocation dynamique du spectre et l'optimisation de la qualité de service de l'utilisateur secondaire. Nous avons opté pour les algorithmes génétiques, car les algorithmes méta-heuristiques sont considérés comme d'excellents candidats pour résoudre les problèmes de l'optimisation multi-objectifs. Les algorithmes génétiques se distinguent des autres par le fait qu'ils utilisent le codage des paramètres (non les paramètres eux-mêmes), les valeurs de la fonction étudiée (pas autre connaissance auxiliaire) et des règles de transition probabilistes (non déterministes).

En premier lieu, nous avons testé les performances de l'algorithme dans un réseau cellulaire en termes de l'optimisation. Le but était d'optimiser la consommation énergétique totale du réseau en désactivant certaines pico cellules à faible charge de trafic. Les résultats ont montré que jusqu'à 10,87% d'énergie supplémentaire par rapport à la consommation totale énergétique du réseau a été minimisée. Ce qui a montré



que les algorithmes génétiques se prêtent également bien à la recherche d'optima multiples.

En deuxième lieu, nous avons implémenté l'algorithme dans un réseau cognitif. L'objectif était d'obtenir les configurations radio optimales pour adapter les utilisateurs secondaires au meilleur espace possible du spectre et satisfaire la qualité de service exigée. Nous avons analysé l'impact du nombre de gènes du chromosome sur la convergence de la solution, dont les résultats ont montré une bonne convergence en augmentant le nombre de gènes. Nous avons aussi analysé l'impact de la taille des ressources disponible sur l'amélioration de l'efficacité spectrale, ce qui a donné une bonne convergence dans le cas d'une taille assez importante.

Dans ce même contexte, nous avons combiné l'algorithme génétique avec les modèles ON/OFF pour considérer l'activité des utilisateurs primaires sur les canaux dans la prise de décision. Les modèles considérés sont, chaîne de Markov à temps continu, chaîne de Markov à temps discret, processus de Bernoulli et le modèle Exponentiel. L'historique des utilisations des canaux maintenus par chaque modèle sont utilisés comme vecteur de détection dans l'algorithme génétique pour calculer l'indice d'opportunité de l'utilisateur cognitif. Ce paramètre est ajouté comme nouveau gène à la même structure chromosomique proposé dans l'étude précédente. Ceci, a permis d'allouer à l'utilisateur secondaire le canal optimal en termes de faible activités primaires et avec la qualité requise dans le cas du modèle « chaîne de Markov à temps continu ».

Nous nous sommes ensuite intéressés à introduire les approches intelligentes dans toutes les étapes du cycle cognitif (détection de spectre, partage de spectre, l'allocation de spectre et le handoff spectral) en proposant une stratégie de gestion de spectre. L'objectif était de mettre en place un système de gestion cognitif autonome et implémentable dans un milieu sans fil. Nous avons traité la phase de détection et la phase de partage conjointement en adoptant la théorie des jeux coopératifs. Nous avons développé l'allocation de spectre en utilisant la théorie des enchères. Enfin, nous avons considérée l'approche hybride proactive-réactive handoff pour adresser la mobilité spectrale. La stratégie proposée a fourni une cohérence entre toutes les étapes du cycle. Aussi, le système a pu maximiser les débits de transmission et atteindre un délai moyen du handoff plus au moins faible.

**Mots-clés :** *Radio Cognitive, Réseaux Radio Cognitifs, Gestion du Spectre, Détection du Spectre, Allocation du Spectre, Partage du Spectre, Mobilité du Spectre, Intelligence Artificielle, Optimisation, Algorithmes Intelligents.*