

# Analyse Des Différents Types Des Fonctions De La Radio Cognitive

*RATSIRARSON S. A<sup>1</sup>, RAKOTONIRINA T<sup>2</sup>, RAVONIMANANTSOA N.M.V.<sup>3</sup>*

Laboratoire de Télécommunication, d'Automatique, de Signal et Images (L.TASI)

ESPA, Département Télécommunication

Université d'Antananarivo

BP 1500, Ankatso – Antananarivo 101 – Madagascar

<sup>1</sup>*shen.andriantsoa@yahoo.fr*, <sup>2</sup>*rakotefy@yahoo.fr*, <sup>3</sup>*ndaohialy@gmail.com*

## Résumé

La Radio cognitive est une forme de communication sans fil dans laquelle un émetteur/récepteur est capable de détecter intelligemment les canaux de communication qui sont en cours d'utilisation et ceux qui ne le sont pas, et peut se déplacer vers les canaux inutilisés. Ceci permet d'optimiser l'utilisation des fréquences radio disponibles du spectre tout en minimisant les interférences avec d'autres utilisateurs. Le principe de la Radio cognitive nécessite une gestion alternative du spectre qui est la suivante : un utilisateur secondaire pourra à tout moment accéder à des bandes de fréquence qu'il trouve libres, c'est-à-dire, non occupées par l'utilisateur primaire possédant une licence sur cette bande. L'utilisateur secondaire devra les céder une fois le service terminé ou une fois qu'un utilisateur primaire aura montré des vellétés de connexion.

**Mots clés :** Radio cognitive, gestion alternative du spectre, interférences

## Abstract

The cognitive Radio is a shape of wireless communication in which a transmitter/receiver is capable of detecting intelligently the communication channel which are in the course of use and those who are not him, and can move towards the unused channels. This allows to optimize the use of the available radio frequencies of the spectre while minimizing the interferences with other users. The principle of the cognitive Radio requires an alternative management of the spectre which is the following one: a secondary user can reach at any time frequency bands which he finds free, that is, not occupied by the primary user possessing a license (Bachelor's degree) on this band. The secondary user will have to give up them once the ended service or when a primary user will have shown the vague desires of connection.

**Keywords:** cognitive Radio, alternative management of the spectre, the interferences

## 1. Introduction

Certaines bandes et réseaux sont déjà surchargées aux heures de pointe. Pourtant, l'utilisation du spectre n'est pas uniforme : selon les heures de la journée, selon la position géographique, une bande fréquentielle peut être surchargée pendant qu'une autre reste inutilisée. L'idée a donc naturellement émergé de développer des outils permettant de mieux utiliser le spectre. La radio cognitive est le concept qui permet de répondre à ce défi ; mieux utiliser le spectre, c'est aussi augmenter les débits et rendre plus fiable la couche physique.

## 2. Etat de l'art

### 2.1 Définition de la radio cognitive

La cognition regroupe les divers processus mentaux allant de l'analyse perceptive de l'environnement à la commande motrice (en passant par la mémorisation, le raisonnement, les émotions, le langage...) [1].

Le terme radio cognitive est utilisé pour décrire un système ayant la capacité de détecter et de reconnaître son cadre d'utilisation, ceci afin de lui permettre d'ajuster ses paramètres de fonctionnement radio de façon dynamique et autonome et d'apprendre des résultats de ses actions et de son cadre environnemental d'exploitation [1].

La radio cognitive est une nouvelle technologie qui permet, à l'aide d'une radio logicielle, de définir ou de modifier les paramètres de fonctionnement de la fréquence radio d'un nœud réseau (téléphone

sans fil ou un point d'accès sans fil), comme par exemple, la gamme de fréquences, le type de modulation ou la puissance de sortie [1].

Cette capacité permet d'adapter chaque appareil aux conditions spectrales du moment et offre donc aux utilisateurs un accès plus souple, efficace et complet à cette ressource. Cette approche peut améliorer considérablement le débit des données et la portée des liaisons sans augmenter la bande passante ni la puissance de transmissions. La RC offre également une solution équilibrée au problème de l'encombrement du spectre en accordant d'abord l'usage prioritaire au propriétaire du spectre, puis en permettant à d'autres de se servir des portions inutilisées du spectre [1].

### 2.2 Radio logicielle (software radio)

La radio logicielle est une radio dans laquelle les fonctions typiques de l'interface radio généralement réalisées en matériel, telles que la fréquence porteuse, la largeur de bande du signal, la modulation et l'accès au réseau sont réalisés sous forme logicielle. La radio logicielle moderne intègre également l'implantation logicielle des procédés de cryptographie, codage correcteur d'erreur, codage source de la voix, de la vidéo ou des données [2].

Le concept de radio logicielle doit également être considéré comme une manière de rendre les usagers, les fournisseurs de services et les fabricants plus indépendants des normes. Ainsi, avec cette solution, les interfaces radio peuvent, en principe, être adaptées aux besoins

d'un service particulier pour un usager particulier dans un environnement donné à un instant donné [2].

On distingue plusieurs niveaux d'avancement dans le domaine : la radio logicielle est le but ultime intégrant toute les fonctionnalités en logiciel, mais elle impose des phases intermédiaires combinant anciennes et nouvelles techniques, on parle alors de radio logicielle restreinte (software defined radio). Les contraintes de puissance de calcul, de consommation électrique, de coûts, etc imposent actuellement de passer par cette phase intermédiaire [2].

### ***2.3 Radio logicielle restreinte***

La radio logicielle restreinte est un système de communication radio qui peut s'adapter à n'importe quelle bande de fréquence et recevoir n'importe quelle modulation en utilisant le même matériel.

Les opportunités qu'offre le SDR lui permettent de résoudre des problèmes de la gestion dynamique du spectre. Les équipements SDR peuvent fonctionner dans des réseaux sans fil hétérogènes c'est-à-dire qu'un SDR idéal peut s'adapter automatiquement aux nouvelles fréquences et aux nouvelles modulations[3].

Le principe de la radio cognitive, repris dans la norme IEEE 802.22, nécessite une gestion alternative du spectre qui est la suivante : un mobile dit secondaire pourra à tout moment accéder à des bandes de fréquence qu'il juge libre, c'est-à-dire, non

occupées par l'utilisateur dit primaire possédant une licence sur cette bande. L'utilisateur secondaire devra les céder une fois le service terminé ou une fois qu'un utilisateur primaire aura montré des velléités de connexion.

Un Réseau Cognitif coordonne les transmissions suivant différentes bandes de fréquences et différentes technologies en exploitant les bandes disponibles à un instant donné et à un endroit donné. Il a besoin d'une station de base capable de travailler sur une large gamme de fréquences afin de reconnaître différents signaux présents dans le réseau et se reconfigurer intelligemment[3].

### ***2.4 Relation entre radio cognitive et radio logicielle restreinte***

L'une des principales caractéristiques de la RC est la capacité d'adaptation où les paramètres de la radio (fréquence porteuse, puissance, modulation, bande passante) peuvent être modifiés en fonction de : l'environnement radio, la situation, les besoins de l'utilisateur, l'état du réseau, la géolocalisation,...etc[5].

La radio logicielle est capable d'offrir les fonctionnalités de flexibilité, de reconfigurabilité et de portabilité inhérentes à l'aspect d'adaptation de la radio cognitive. Par conséquent, cette dernière doit être mise en œuvre autour d'une radio logicielle. En d'autres termes, la radio logicielle est une "technologie habilitante" pour la radio cognitive[4].

## 2.5 Architecture de la radio cognitive

Les six composantes fonctionnelles de l'architecture d'une radio cognitive sont [4]:

- La perception sensorielle de l'utilisateur qui inclut l'interface haptique (du toucher), acoustique, la vidéo et les fonctions de détection et de la perception.
- Les capteurs de l'environnement local (emplacement, température, accéléromètre, etc.)
- Les applications système (les services médias indépendants comme un jeu en réseau).
- Les fonctions SDR (qui incluent la détection RF et les applications radio de la SDR).
- Les fonctions de la cognition (pour les systèmes de contrôle, de planification, d'apprentissage).
- Les fonctions locales effectrices (synthèse de la parole, du texte, des graphiques et des affiches multimédias).

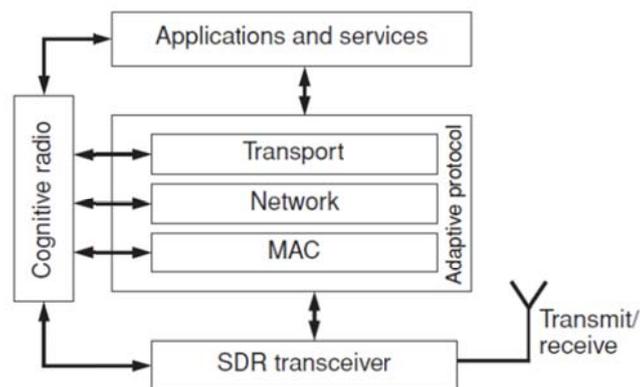
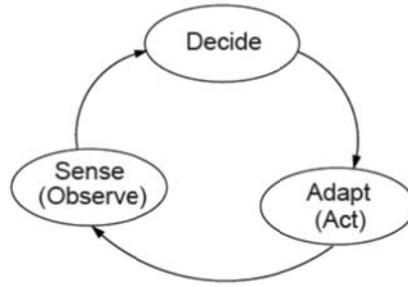


Figure 01: Protocoles utilisés en radio cognitive

## 2.6 Cycle de cognition

La composante cognitive de l'architecture de la radio cognitive comprend une organisation temporelle, des flux d'inférences et des états de contrôle. Ce cycle synthétise cette composante de manière évidente. Les

stimuli entrent dans la radio cognitive comme des interruptions sensorielles envoyées sur le cycle de la cognition pour une réponse. Une telle radio cognitive observe l'environnement, s'oriente, crée des plans, décide, et puis agit [1].

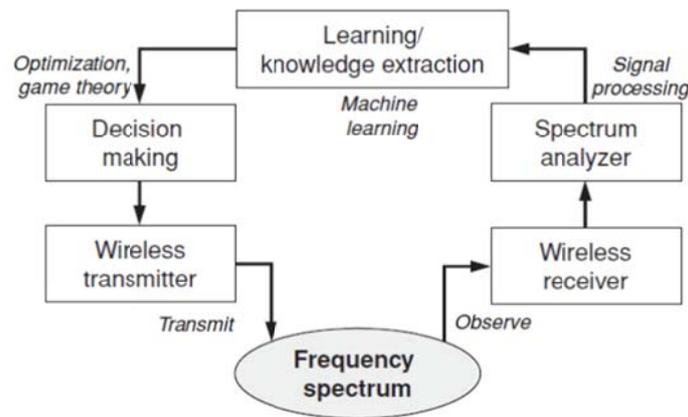


**Figure 02: Cycle de cognition**

### 2.7 Composantes de la radio cognitive

Les différentes composantes d'un émetteur/récepteur radio cognitive qui mettent

en œuvre ces fonctionnalités sont présentées dans la figure ci-dessous [6].



**Figure 03: Composantes de la radio cognitive**

- 1) Un émetteur/récepteur SDR sans fil est le composant majeur avec les fonctions du signal de transmission de données et de réception. En outre, un récepteur sans fil est également utilisé pour observer l'activité sur le spectre de fréquence (spectre de détection).
- 2) L'analyseur de spectre doit s'assurer que la transmission d'un utilisateur primaire n'est pas perturbée si un utilisateur secondaire décide d'accéder au spectre. Dans ce cas, diverses

techniques de traitement du signal peuvent être utilisées pour obtenir des informations sur l'utilisation du spectre.

- 3) L'apprentissage et l'extraction de connaissances utilisent les informations sur l'utilisation du spectre pour comprendre l'environnement ambiant RF (par exemple le comportement des utilisateurs sous licence). Une base de connaissances de l'environnement

d'accès au spectre est construite et entretenue, qui est ensuite utilisée pour optimiser et adapter les paramètres de transmission pour atteindre l'objectif désiré sous diverses contraintes. Les algorithmes d'apprentissage peuvent être appliqués pour l'apprentissage et l'extraction de connaissances.

- 4) Après que la connaissance de l'utilisation du spectre soit disponible, la décision sur l'accès au spectre doit être faite. La décision optimale dépend du milieu ambiant, elle dépend du comportement coopératif ou compétitif des utilisateurs secondaires. Différentes techniques peuvent être utilisées pour obtenir une solution optimale.

### **3. Fonctions de la radio cognitive**

Les principales fonctions de la radio cognitive sont les suivantes [5]:

#### ***3.1 Détection du spectre***

Détecter le spectre non utilisé et le partager sans interférence avec d'autres utilisateurs. La détection des utilisateurs primaires est la façon la plus efficace pour détecter les espaces blancs du spectre.

L'un des objectifs de la détection du spectre, en particulier pour la détection des interférences, est d'obtenir le statut du spectre (libre /occupé), de sorte que le spectre peut être consulté par un utilisateur secondaires en vertu de la contrainte d'interférence. Le défi réside dans

le fait de mesurer l'interférence au niveau du récepteur primaire causée par les transmissions d'utilisateurs secondaires.

#### ***3.2 Gestion du spectre***

Capter les meilleures fréquences disponibles pour répondre aux besoins de communication des utilisateurs.

Les radios cognitives devraient décider de la meilleure bande de spectre pour répondre aux exigences de qualité de service sur toutes les bandes de fréquences disponibles, donc les fonctions de gestion du spectre sont nécessaires pour les radios cognitives. Ces fonctions de gestion peuvent être classées comme suit:

##### ***3.2.1 Analyse du spectre***

Les résultats obtenus de la détection du spectre sont analysés pour estimer la qualité du spectre. Une des questions ici est de savoir comment mesurer la qualité du spectre qui peut être accédée par un utilisateur secondaire. Cette qualité peut être caractérisée par le rapport signal/bruit, la durée moyenne et la corrélation de la disponibilité des espaces blancs du spectre. Les informations sur cette qualité de spectre disponible à un utilisateur par radio cognitive peuvent être imprécises et bruyantes. Des algorithmes d'apprentissage de l'intelligence artificielle sont des techniques qui peuvent être employées par les utilisateurs de la radio cognitive pour l'analyse du spectre.

### 3.2.2 Décision sur le spectre

La complexité du modèle de décision pour l'accès au spectre dépend des paramètres considérés lors de l'analyse du spectre. Le modèle de décision devient plus complexe quand un utilisateur secondaire a des objectifs multiples. Par exemple, un utilisateur secondaire peut avoir l'intention de maximiser son rendement tout en minimisant les perturbations causées à l'utilisateur primaire. Les méthodes d'optimisation stochastique (le processus de décision de Markov) seront un outil intéressant pour modéliser et résoudre le problème d'accès au spectre dans un environnement radio cognitif [4].

### 3.2.3 Coopération dans un environnement multi utilisateurs

Lorsque plusieurs utilisateurs (à la fois primaires et secondaires) sont dans le système, leur préférence va influencer sur la décision du spectre d'accès. Ces utilisateurs peuvent être coopératifs ou non coopératifs

dans l'accès au spectre. Dans un environnement non-coopératif, chaque utilisateur a son propre objectif, tandis que dans un environnement coopératif, tous les utilisateurs peuvent collaborer pour atteindre un seul objectif. Par exemple, plusieurs utilisateurs secondaires peuvent entrer en compétition les uns avec les autres pour accéder au spectre radiode sorte que leur débit individuel soit maximisé. Au cours de cette concurrence entre les utilisateurs secondaires, tous veillent à ce que l'interférence causée à l'utilisateur primaire est maintenue en dessous de la limite de température de brouillage correspondante. Dans un environnement coopératif, les radios cognitives coopèrent les unes avec les autres pour prendre une décision pour accéder au spectre et de maximiser une fonction objectif commune en tenant compte des contraintes. Dans un tel scénario, un contrôleur central peut coordonner le spectre de gestion.

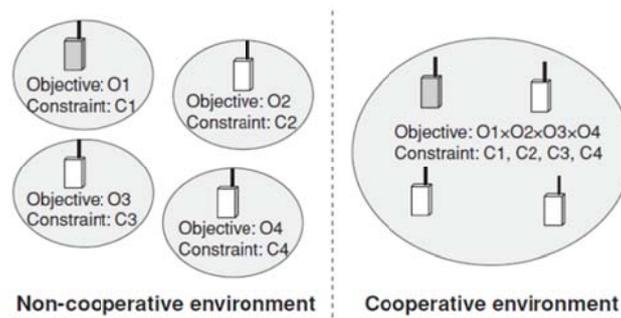


Figure 04: Accès au spectre coopératif et non coopératif

### 3.2.4 Mise en œuvre distribuée du contrôle d'accès au spectre

Dans un environnement multi utilisateur distribué, pour un accès non-coopératif au

spectre, chaque utilisateur peut parvenir à une décision optimale de façon indépendante en observant le comportement (historique / action) des autres utilisateurs

du système. Par conséquent, un algorithme distribué est nécessaire pour un utilisateur secondaire pour prendre la décision sur l'accès au spectre de manière autonome.

### ***3.3 Mobilité du spectre***

C'est le processus qui permet à l'utilisateur de la radio cognitive de changer sa fréquence de fonctionnement.

Les réseaux radio cognitifs essayent d'utiliser le spectre de manière dynamique en permettant à des terminaux radio de fonctionner dans la meilleure bande de fréquence disponible, de maintenir les exigences de communication transparentes au cours de la transition à une meilleure fréquence [6].

### ***4.1 Recherche des meilleures bandes de fréquence***

La radio cognitive doit garder une trace des bandes de fréquence disponibles de sorte que si nécessaire (par exemple, un utilisateur autorisé est détecté), il peut passer immédiatement à d'autres bandes de fréquences. Lors de la transmission par un utilisateur secondaire, l'état de la bande de fréquences doit être respecté.

### ***4.2 Auto-coexistence et synchronisation***

Quand un utilisateur secondaire effectue un transfert du spectre, deux questions doivent être prises en compte. Le canal cible ne doit pas être actuellement utilisé par un autre utilisateur secondaire (l'exigence d'auto-coexistence), et le récepteur de la liaison

secondaire correspondant doit être informé de la non-intervention du spectre (la demande de synchronisation) [3].

## **4. Conclusion et Perspectives**

D'un point de vue opérateur, une gestion optimisée du spectre s'impose pour pouvoir tirer le maximum de profit de la bande passante globale disponible.

La radio cognitive est un domaine technique aux frontières des télécommunications et de l'intelligence artificielle. Elle est, avant tout, un système radio qui met en place, en plus de sa fonction principale (la communication), un "cycle cognitif" qui lui permet de comprendre son contexte et d'agir en conséquence. Cela offre aux utilisateurs un débit et une QoS accrus, globalement une augmentation du confort dans leurs communications. Pour assurer ces fonctions, la radio cognitive doit pouvoir déterminer son emplacement géographique, repérer le brouillage, détecter l'occupation du spectre et recueillir de l'information sur la propagation, créant ainsi une sensibilisation à l'environnement radio.

## **5. Références**

- [1] Glisic S., «ADVANCED WIRELESS NETWORKS Cognitive, Cooperative and Opportunistic 4G Technology», Second Edition, University of Oulu, Finland
- [2] Mitola J., «Cognitive radio: An integrated agent architecture for

software defined radio», Ph.D. Dissertation, KTH, 2000.

- [3] Hossain E., Niyam D. and Zhu Han, «Dynamic Spectrum Access and management in cognitive radio networks», Cambridge University Press 2009.
- [4] Ngom I. et Diouf L., «La radio cognitive», université Lille 1 USTL, 2008
- [5] Haykin S., «Cognitive radio: Brain empowered wireless communications », IEEE journal on selected areas in communications, vol. 23 no. 2, February 2005.
- [6] Mitola J. and Maguire G., «Cognitive radio: Making software radios more personal», IEEE Personal Communications, Page(s): 13-18, August 1999.