Utilisation des Enchères dans les Réseaux Radio Cognitifs pour l'Accès Dynamique au Spectre

Asma Amraoui, Badr Benmammar, Fethi Tarik Bendimerad

▶ **To cite this version:**

Asma Amraoui, Badr Benmammar, Fethi Tarik Bendimerad. Utilisation des Enchères dans les Réseaux Radio Cognitifs pour l'Accès Dynamique au Spectre. Première Conférence Nationale sur les Télécommunications "CNT'2012", Nov 2012, Guelma, Algeria. hal-00734367

HAL Id: hal-00734367
https://inria.hal.science/hal-00734367

Submitted on 21 Sep 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Utilisation des Enchères dans les Réseaux Radio Cognitifs pour l'Accès Dynamique au Spectre

Asma Amraoui, Badr Benmammar, Fethi Tarik Bendimerad
Laboratoire de Télécommunications Tlemcen
Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen, Algérie
{amraoui.asma,badr.benmammar,ftbendimerad}@gmail.com

***Résumé*— L'objectif principal de la Radio Cognitive (RC) est d'améliorer l'utilisation du spectre sans fil. Pour gérer intelligemment les ressources RCs, la coopération peut être considérée comme une attitude adoptée par les agents qui décident de travailler ensemble. Dans ce papier, nous présentons une approche qui utilise la théorie des ventes aux enchères pour l'accès dynamique au spectre.**

Mots-clés : radio cognitive; théorie des enchères; accès dynamique au spectre

I. INTRODUCTION

Nous assistons actuellement à la multiplication des normes et des standards de télécommunication vu les progrès récents dans ce domaine. Le nombre croissant de standards normalisés permet d'élargir l'éventail des offres et des services disponibles pour chaque consommateur, d'ailleurs, la plupart des radiofréquences disponibles ont déjà été allouées.

Une étude réalisée par la Federal Communications Commission (FCC) a montré que certaines bandes de fréquence sont d'ores et déjà surchargés aux heures de pointe. Cependant, l'utilisation du spectre de fréquence 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 RC 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.

Les réseaux RC doivent pouvoir coexister pour rendre les systèmes de la RC pratiques, ce qui peut générer des interférences aux autres utilisateurs. Afin de traiter ce problème, l'idée de la coopération entre les utilisateurs pour détecter et partager le spectre sans causer d'interférences est mise en place.

Dans ce papier, nous commençons par définir la RC et ses différentes fonctions, ensuite nous donnons un aperçu sur les différentes approches existantes pour l'accès dynamique au spectre de radiofréquence. Nous proposons une approche qui utilise la théorie des enchères pour résoudre le problème de l'encombrement du spectre.

II. RADIO COGNITIVE

A. *Definition*

L'idée de la radio cognitive a été présentée officiellement par Joseph Mitola à un séminaire à KTH, l'Institut royal de technologie, en 1998, publié plus tard dans un article de Mitola et Gerald Q. Maguire, Jr en 1999 [1].

La RC est une forme de communication sans fil dans laquelle un émetteur/récepteur peut 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 RC, repris dans la norme IEEE 802.22 et IEE 802.16h [2] nécessite une gestion alternative du spectre qui est la suivante : un utilisateur dit secondaire pourra à tout moment accéder à des bandes de fréquence qu'il trouve libres, c'est-à-dire, non occupées par l'utilisateur dit primaire possédant une licence sur cette bande. L'utilisateur secondaire (SU pour Secondary User) devra les céder une fois le service terminé ou une fois qu'un utilisateur primaire (PU pour Primary User) aura montré des velléités de connexion.

B. *Fonctions de la RC*

Les principales fonctions de la RC sont les suivantes [3]:

1) *Détection du spectre :*

C'est la fonctionnalité de base, elle consiste à détecter le spectre non utilisé et le partager sans interférence avec d'autres utilisateurs. 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 SU en vertu de la contrainte d'interférence.

2) Gestion du spectre:

Capter les meilleures fréquences disponibles pour répondre aux besoins de communication des utilisateurs. Les RCs devraient décider de la meilleure bande de fréquence 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 RCs. Ces fonctions de gestion peuvent être classées comme suit:

a) Analyse du spectre : les résultats obtenus de la détection du spectre sont analysés pour estimer sa qualité. Cette qualité est caractérisée par le rapport signal/bruit, la durée moyenne et la corrélation de la disponibilité des espaces blancs du spectre. Cependant, les informations sur cette qualité 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 RC pour l'analyse du spectre.

b) Décision sur le spectre : un modèle de décision est nécessaire pour l'accès au spectre. La complexité de ce modèle dépend des paramètres considérés lors de l'analyse du spectre.

Le modèle de décision devient plus complexe quand un SU a des objectifs multiples. Par exemple, un SU peut avoir l'intention de maximiser son rendement tout en minimisant les perturbations causées à l'usager primaire. Les méthodes d'optimisation stochastique seront un outil intéressant pour modéliser et résoudre le problème d'accès au spectre dans un environnement RC.

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

Dans un environnement coopératif, les RCs coopèrent les unes avec les autres pour prendre une décision pour accéder au spectre et maximiser une fonction objectif commune en tenant compte des contraintes. Dans un tel scénario, un contrôleur central peut coordonner la gestion du spectre.

Dans un environnement multi utilisateur distribué, pour un accès non-coopératif au spectre, chaque utilisateur parvient 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 SU pour prendre la décision sur l'accès au spectre de manière autonome

3) Mobilité du spectre :

C'est le processus qui permet à l'utilisateur de la RC de changer sa fréquence de fonctionnement. Les réseaux RC utilisent 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.

III. ACCÈS DYNAMIQUE AU SPECTRE

La croissance explosive des services sans fil ces dernières années illustre la demande croissante des communications, ainsi le spectre devient plus encombré. Nous savons que l'allocation du spectre statique est un problème majeur dans les réseaux sans fil. Généralement, ces allocations conduisent à une utilisation inefficace du spectre et elles créent ce que l'on appelle des trous ou des espaces blancs dans le spectre. Pour résoudre le problème de l'encombrement, les réseaux RC utilisent l'accès dynamique au spectre.

La communication coopérative est connue comme un moyen pour surmonter les limites des systèmes sans fil [4]. Cependant, puisque les utilisateurs ont généralement une connaissance limitée de leur environnement, nous prétendons que le comportement coopératif peut leur fournir les informations nécessaires pour résoudre les problèmes globaux.

Nous avons trouvé un grand nombre de travaux proposés relatifs à l'accès au spectre, ceux utilisant les ventes aux enchères, un grand nombre d'approches utilisent la théorie des jeux, mais les approches utilisant les chaines de Markov sont moins nombreuses. Cependant, quelques recherches ont été faites dans ce domaine en utilisant les Systèmes Multi Agents.

TABLE I. AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES TECHNIQUES D'ACCES AU SPECTRE

Technique	Avantages	Inconvénients
Théorie des Enchères	- Simplicité - Equitables et transparentes	- Parfois coûteuse
Théorie des jeux	- Lecture aisée des issues des stratégies - Modélise le comportement d'un agent face à des situations de choix	- Coût important - Ne permet pas de faire un choix rationnel
Modèles de Markov	- Modélisation des processus	- Ne prennent pas en compte les états caches - Ne peut pas prendre en charge un très grand nombre d'états
Systèmes Multi Agents	- Modularité - Rapidité - Fiabilité et flexibilité	- Coût élevé - Manque de support logiciel - Manque de méthodes

Pour que l'allocation des licences soit efficace, il faut que l'utilisation du spectre le soit aussi. C'est dans ce cadre que nous avons cité les avantages et les inconvénients de chacune

des méthodes d'accès au spectre qu'on a présenté précédemment.

La théorie des enchères connue par sa simplicité permet de faciliter l'allocation des ressources rares (les BF libres). Les systèmes à base d'enchères reposent sur des règles simples, transparentes et bien définies qui s'appliquent à tous les utilisateurs de la même manière.

La théorie des jeux permet de prévoir et de déterminer la procédure d'enchères la plus pertinente. Elle a été largement utilisée pour le partage du spectre et demeure un terrain de recherche pour la gestion efficace du spectre dans le cadre de la RC.

Une chaine de Markov est une suite de variables aléatoires qui permet de modéliser l'évolution dynamique d'un système aléatoire. La propriété fondamentale des chaines de Markov est que son évolution future ne dépend du passé qu'au travers de sa valeur actuelle. Autrement, dans le cas de la RC, cette méthode ne se contente pas du résultat seulement comme les autres méthodes mais permet également de modéliser l'interaction entre les utilisateurs (PU et SU).

Les SMA sont extensibles et adaptatifs, ce qui permet d'ajouter ou d'enlever un agent du système sans causer de problèmes. Dans les réseaux sans fil, on peut modéliser les nœuds RC comme étant des agents où à chaque fois qu'ils changent de zones (handover) le SMA change. Les SMA sont connus aussi par leur rapidité car les agents peuvent travailler en parallèle pour résoudre leur problème.

IV. ENCHÈRES ET RADIO COGNITIVE

A. Travaux relatifs

En général, une vente aux enchères est constituée de plusieurs intervenants, la Table 3 décrit la différence entre des enchères classiques et ce qui correspond à chaque intervenant lorsqu'on applique cette méthode pour la négociation dans les réseaux RC.

TABLE II. DIFFERENCE ENTRE DES ENCHERES CLASSIQUE ET DANS LES RESEAUX RC

Enchères classiques	**Enchères dans les réseaux RC**
Objets à vendre	Bandes de fréquence libres
Enchérisseurs	Utilisateurs secondaires (SU)
Vendeurs	Utilisateurs primaires (PU)
Commissaire-priseur	Régulateur

Les enchères sont basées sur le concept de vente et d'achat des biens ou de services. Le but principal de l'utilisation des enchères dans les réseaux RC est de fournir une motivation aux SUs pour maximiser leur utilisation du spectre et aux PUs afin de maximiser leur gain. Afin d'utiliser pleinement le spectre, l'allocation dynamique du spectre utilisant les enchères est devenue une approche prometteuse qui permet aux utilisateurs secondaires de louer des bandes inutilisées par les utilisateurs primaires.

En général, les solutions proposées par les différents auteurs qui travaillent sur la théorie des enchères pour l'accès dynamique au spectre se basent sur une architecture avec infrastructure [5].

Dans [6], les auteurs proposent un mécanisme pour un partage efficace et équitable des ressources spectrales où il faut un coordinateur pour gérer le bon fonctionnement et modélisent l'accès au spectre dans les réseaux RC tels des enchères répétées.

Dans les solutions basées sur les enchères, chaque canal est assigné à un seul réseau, c'est à dire qu'il n'y a pas la notion de SU et de PU dans le même canal. Dans la littérature, deux possibilités s'offrent:

- Soit le régulateur alloue les canaux aux utilisateurs primaires, ces derniers allouent indépendamment les portions inutilisées de leur canal aux SU [7].

- Soit le régulateur alloue le droit d'être SU ou PU dans le canal [8].

La méthode de payement est souvent un problème majeur lorsqu'on veut appliquer les enchères dans les réseaux de télécommunication, c'est pour cela que certains chercheurs essayent de trouver des solutions adéquates. Par exemple les auteurs de [9] utilisent les enchères à second prix pour résoudre le problème d'allocation du spectre et développent une approche qui introduit la notion d'argent fictif pour le payement en temps réel. Une autre approche intéressante aussi est proposée dans [10] où les auteurs pensent qu'il n'y a pas de notion d'argent pour réaliser les enchères mais le prix à payer n'est d'autre que le temps d'attente.

Cependant, quelques recherches ont été faites par [11] et proposent une approche classique basée sur les enchères, ensuite ils font une extension de leur approche à un scenario qui suppose qu'il y a des bandes libres gratuites. C'est-à-dire que le SU aura le choix entre payer et avoir une bonne QoS ou bien accéder aux bandes de fréquence gratuitement et risquer de rencontrer des interférences avec les utilisateurs (si plusieurs SU opèrent en même temps sur ses bandes).

Une autre façon d'utiliser les ventes aux enchères est proposée dans [12], où les auteurs ont prouvé que dans certains scénarios le spectre est utilisé efficacement lorsque plusieurs SU gagnent l'accès à un seul canal, c'est ce qui distingue leur méthode avec les enchères traditionnelles où un seul utilisateur peut gagner.

B. Topologie du réseau proposé

Il faut savoir aussi qu'une bonne partie des chercheurs modélisent la vente aux enchères comme étant un réseau avec infrastructure, autrement un régulateur est nécessaire pour diriger la vente.

Dans ce papier, nous proposons d'utiliser une architecture de réseau sans infrastructure ou ce que l'on appelle généralement « un réseau ad hoc », car ce type de réseau se distingue des autres formes de réseaux par sa capacité à s'organiser de manière autonome sans infrastructure fixe. Un réseau ad hoc n'est constitué que d'un nombre variable d'entités qui communiquent entre elles de façon directe.
En d'autres termes, la communication se fera directement entre les PUs et les SUs. La figure 1 illustre la topologie du réseau que nous utilisons:

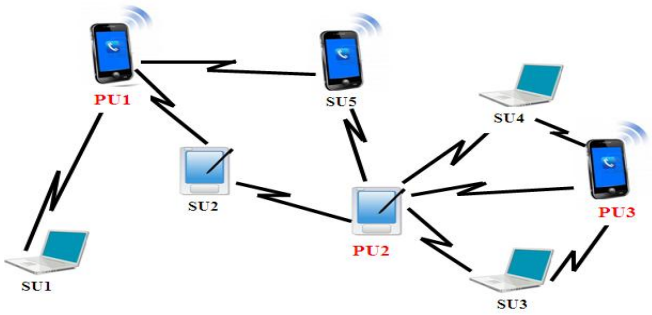

Figure 1 : Topologie du réseau (mode ad hoc)

C. Scénario

Dans un premier temps, nous avons porté notre attention sur un type particulier de négociation « un à plusieurs » c'est-à-dire qu'il y a un seul PU qui partage son spectre et plusieurs SU qui ont besoin de BF libres pour assurer la qualité de leur application. La figure 2 illustre le cas de figure qu'on va traiter dans la suite du papier.

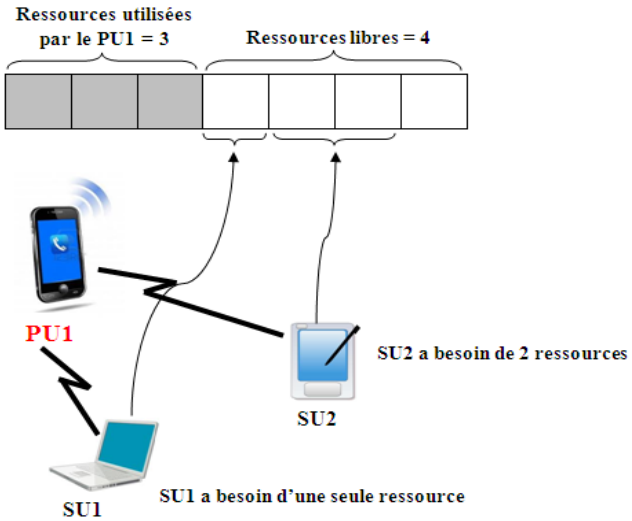

Figure 2 : Scénario proposé

Pour être plus précis, nous avons choisi les enchères à enveloppes scellées (au premier prix)[1]. En effet, ce type d'enchère se déroule en deux étapes : la soumission des offres, suivie de la détermination du gagnant après examen de ces offres. Communément, sauf exceptions (deux offres égales), l'enchère se déroule en un seul tour, les participants ne peuvent proposer qu'une seule offre.

D. Algorithme proposé

Pour résoudre le problème de l'allocation du spectre, nous proposons d'utiliser la programmation dynamique qui est une technique algorithmique pour optimiser des sommes de fonctions monotones croissantes sous contrainte. Cette technique s'applique à des problèmes d'optimisation dont la fonction objectif se décrit comme « la somme de fonctions monotones croissantes des ressources ». Dans notre cas, l'algorithme proposé attribue les canaux aux utilisateurs les plus offrants.

Dans ce qui suit, nous allons noter :
n : le nombre de SU.

m : le nombre de canaux libres coté PU.

W : tableau de taille n, W [i] est le nombre de canaux demandés par SU_i.

C : tableau de taille n, C [i] représente le prix proposé pour W [i] par SU_i.

La fonction monotone croissante à optimiser est : $\mathrm{Max}\sum_{i=0}^{n-1} C[i]$

La contrainte est : $\sum_{i=0}^{n-1} W[i] \leq m$

On a ensuite proposé et implémenté l'algorithme suivant coté PU.

[1] L'initiateur commence l'enchère et chaque participant soumet une offre sous enveloppe ou électroniquement, dans un tour unique, sans savoir les offres des autres. Le participant qui a fait la plus grande offre gagne l'objet et paye le montant de son offre.

```
function COUT(W, C, m)
    n ← C.length
  for j = 0 to m do
      tab[0][j] ← 0
  end for
  for i = 1 to n do
      for j = 0 to m do
          if j ≤ W[i − 1] then
              tab[i][j] ← tab[i − 1][j]
          else
              tab[i][j] ← max(tab[i − 1][j], C[i − 1] + tab[i − 1][j − W[i − 1]]
          end if
      end for
  end for
  return tab[n][m]
end function
```

Figure 3 : Algorithme proposé

E. Résultats

La Figure 4 montre l'impact de la moyenne des canaux demandés sur le nombre de SU satisfaits, pour se faire, on fixe le nombre de canaux libre coté PU à 10. On suppose également que l'écart type entre les demandes des SUs en termes de canaux est <=2. Autrement, les SU sont un peu homogènes en termes de demandes de canaux, dans notre exemple, il n'y a jamais plus de deux canaux de différence entre deux SU en termes de besoins.

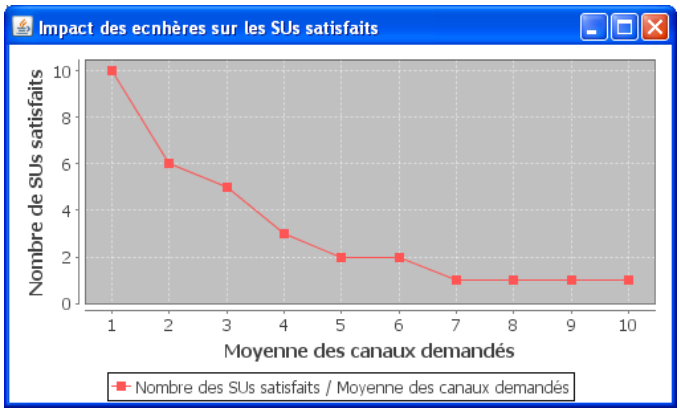

Figure 4 : Impact de la moyenne des canaux demandés sur le nombre de SU satisfaits

Constat 1: On remarque dans la figure 6 que s'il y a beaucoup de besoin en termes de QoS pour les SUs alors le PU peut satisfaire peu de SU, par contre si les demandes en termes de QoS sont moins importante pour les SUs alors dans ce cas il y a plus de SUs qui seront satisfaits.

La Figure 5 montre l'impact du nombre de canaux disponibles coté PU sur le nombre de SU satisfaits, pour se faire, on fixe le nombre de SU à 10, on suppose également que chaque SU demande un seul canal.

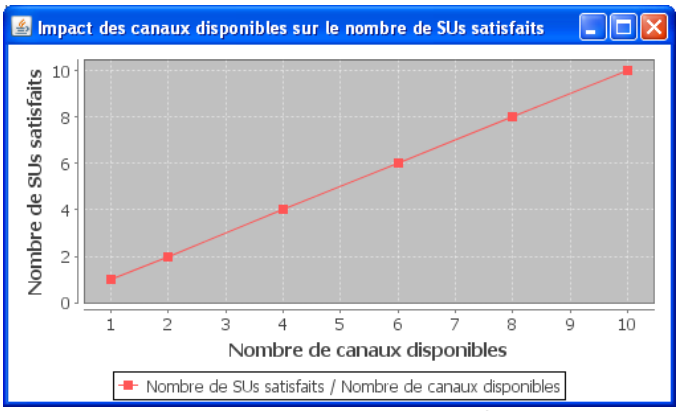

Figure 5 : Impact du nombre de canaux disponibles coté PU sur le nombre de SU satisfaits

Constat 2: Le graphe montre que plus il y a de canaux libres coté PU, plus il y a de SUs satisfaits.

La figure 6 montre l'impact des enchères sur les gains obtenus par le PU. La ligne rouge représente le gain obtenu par le PU en utilisant les enchères, la ligne bleu montre le même gain mais sans les enchères. Dans ce dernier cas, le PU satisfait la première demande reçue en fonction de ses canaux libres.
Le jeu de données qu'on a utilisé est: n = 3, C = {40, 120,260} et W = {3, 2,1}.

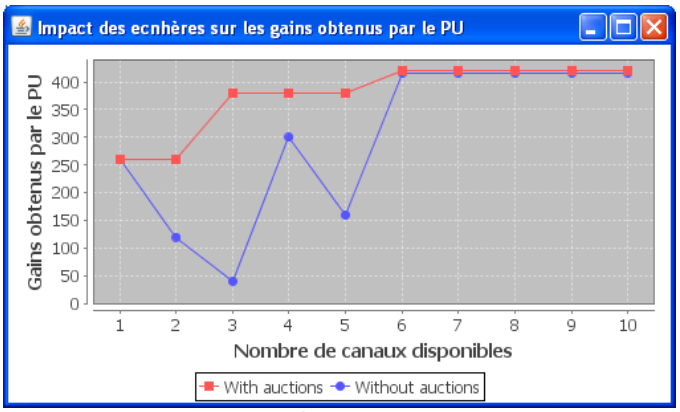

Figure 6: Impact des enchères sur les gains obtenus par le PU

Constat 3 : A partir de 6 canaux libres coté PU, on remarque que sans ou avec les enchères, le gain obtenu est le même, car les 3 SUs demandent en général 6 canaux. Par contre, avec moins de 6 canaux libres cotés PU, le gain obtenu avec les enchères est nettement supérieur, sauf pour m=1, dans ce cas, le gain obtenu est le même.

La figure 7 montre l'impact des enchères sur le nombre de SU satisfaits. Dans le cas sans enchères, le PU satisfait la première demande reçue en fonction de ses canaux libres.
Le jeu de données qu'on a utilisé est : n=5, C={10,20,40,120,260} et W = {7,5,3,2,1}.

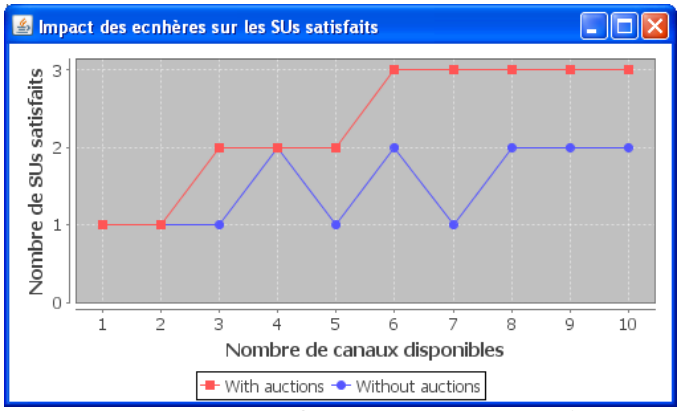

Figure 7: Impact des enchères sur le nombre de SUs satisfaits

Constat 4 : Avec la technique des enchères, on remarque que le nombre de SU satisfaits est toujours supérieur par rapport à celui obtenu sans les enchères sauf pour 3 cas où il y a une égalité en terme de nombre, sans et avec enchère, il s'agit des valeurs 1, 2 et 4 pour le m.

V. CONCLUSION

Dans le cadre de la RC, la négociation est une des solutions les plus simples pour faire face à l'encombrement causé par le manque de ressources disponibles pour les SU. Nous pensons pourvoir élargir notre vision sur la négociation en traitant le cas où il y a plusieurs PU (négociation plusieurs à plusieurs). Dans la littérature, nous avons trouvé un grand nombre de travaux proposés relatifs à l'accès au spectre, ceux utilisant seulement les ventes aux enchères, un grand nombre d'approches utilisent la théorie des jeux, cependant, quelques recherches ont été faites dans ce domaine en utilisant les systèmes multi agents [13]. Par la suite, nous allons combiner la théorie des enchères avec les systèmes multi agents pour résoudre le problème de l'encombrement du spectre. Notre approche a prouvé qu'il est préférable d'utiliser les enchères pour résoudre le problème de l'encombrement du spectre car tous les utilisateurs sont gagnants. Les SU gagnent en satisfaisant leur besoin et le PU gagne en termes de prix.

Le résultat serait le même avec l'utilisation d'un autre type d'enchère qui se fait en un seul tour tel que « les enchères de Vickrey » ou ce qu'on appelle aussi enchères à enveloppe scellée au second prix (lorsque l'agent remporte l'enchère, il remporte le produit mais au prix de la seconde mise). La seule chose qui diffère avec le type d'enchère qu'on a utilisé « enchères à enveloppe scellée au premier prix » est que les gains du PU en termes de prix vont diminuer mais rien ne changera dans le fonctionnement global de notre scénario, c'est-à-dire qu'on aura le même nombre de SU satisfaits. Dans nos futurs travaux, nous pensons pouvoir améliorer la fiabilité du lien sans fil et garantir une bonne qualité de service aux terminaux RC mobiles [14] [15] [19] en intégrant les Systèmes Multi Agents [16] [17] [18].

REFERENCES

[1] J. Mitola and G. Maguire "Cognitive radio: Making software radios more personal'', IEEE Personal Communications, August 1999.

[2] David GRANDBLAISE. "Partage distribué et dynamique de spectre entre cellules par l'utilisation de jetons crédits". Comité National Français de Radioélectricité Scientifique. 2006.

[3] E. hossain, D. Niyan, Zhu Han, "Dynamic Spectrum Access and management in cognitive radio networks", Cambridge University Press 2009.

[4] UsamaMir, LeilaMerghem-Boulahia, and Dominique Gaïti. "COMAS: A CooperativeMultiagent Architecture for Spectrum Sharing". EURASIP Journal onWireless Communications and Networking,Volume 2010, Article ID 987691. 2010.

[5] Hung-Bin Chang, Kwang-Cheng Chen, Neeli .R. Prasad, Chih-Wei Su. "Auction Based Spectrum Management of Cognitive Radio Networks." *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, May 2010: 1923 - 1935 .

[6] Zhu Han, Rong Zheng, and H. Vincent Poor. "Repeated Auctions with learning for Spectrum Access in Cognitive Radio Networks." *Allerton Conference on Communication, Control, and Computing 2009.* 2009.

[7] Z. Ji, K.J. Ray Liu. "Belief-Assisted Pricing for Dynamic Spectrum Allocation in Wireless Networks with Selfish Users." *In Proc. of IEEE SECON.* 2006.

[8] Gaurav S. Kasbekar, Saswati Sarkar. "Spectrum Auction Framework for Access allocation in Cognitive Radio Networks." *MobiHoc.* 2009.

[9] Bin Chen, He-Kun Wu, Anh Tuan Hoang and Ying-Chang Liang. "Optimizing the second-price auction algorithm in a Dynamic Cognitive Radio Network." *Communication Systems, 2008. ICCS 2008. 11th IEEE Singapore International Conference on.* 2008.

[10] Guangen Wu, Pinyi Ren, and Chao Zhang. "A waiting-time Auction Based Dynamic Spectrum allocation in cognitive radio networks." *GLOBECOM.* 2011.

[11] Lin Chen, Stefano Iellamo, Marceau Coupechoux, Philippe Godlewski. "An auction Framework for Spectrum Allocation with Interference Constraint in Cognitive Radio Networks." *INFOCOM'10 Proceedings of the 29th conference on Information communications.* 2010.

[12] Yongle, W., Wang, B., Liu, K.J.R., and Clancy, T.C. "Collusion-resistant multi-winner spectrum auction for cognitive radio networks." *Proceedings of IEEE GLOBECOM.* 2008. 1-5.

[13] Asma Amraoui, Badr Benmammar, Fethi Tarik Bendimerad. "Accès Dynamique au Spectre dans le Contexte de la Radio Cognitive". 2ième édition de la conférence nationale de l'informatique (JEESI'12), (Avril 2012) - ESI, Oued-Smar (Alger), Algérie.

[14] B. Benmammar, A. Amraoui and W. Baghli. "Performance improvement of wireless link reliability in the context of cognitive radio." *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security* 12, no. 1 (January 2012): 15-22.

[15] Asma Amraoui, Fatima zohra Benidris, Badr Benmammar, Francine Krief and Fethi Tarik Bendimerad. "Toward cognitive radio resource management based on multi-agent systems for improvement of real-time application performance." *5th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS 2012).* Istanbul, Turkey, 2012.

[16] Z. Jrad, F. Krief and B. Benmammar. "An Intelligent User Interface for the Dynamic Negotiation of QoS". *Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Telecommunications. ICT'2003*. Papeete, Tahiti. February 2003, Print ISBN: 0-7803-7661-7.

[17] B. Benmammar, Z. Jrad and F. Krief. "QoS management in mobile IP networks using a terminal assistant". *Wiley/ACM International Journal of Network Management, Wiley InterScience Edition*, ISSN (printed): 1055-7148, ISSN (electronic): 1099-1190, Volume 19, Issue 1, Date: January/February 2009, Pages: 1-24.

[18] B. Benmammar, F. Krief, "La technologie agent et les réseaux sans fil", congrès DNAC, octobre 2003.

[19] A. Amraoui, W. Baghli and B. Benmammar, (2012) "Improving video conferencing application quality for a mobile terminal through cognitive radio", *14th IEEE International Conference on Communication Technology (ICCT 2012).* Chengdu, China, November 9th-11th. to appear.