

L'EcoRadio Intelligente

JACQUES PALICOT¹,

¹ IETR/SUPELEC

Avenue de la Boulaie CS 47601 , 35576 Cesson-Sévigné Cedex, France

¹ Jacques.palicot@supelec.fr

Résumé - L'EcoRadio Intelligente (ERI) est une radio intelligente (RI) qui prend en compte le développement durable (en particulier l'efficacité énergétique) comme une contrainte additionnelle dans le processus de décision du cycle intelligent. L'ERI consiste à : « décroître le niveau des ondes électromagnétiques en envoyant le signal adéquat dans la direction désirée, avec la puissance suffisante, quand cela est nécessaire, tout en conservant la même qualité de service ». Il s'agit du concept d'« ondes utiles ». Pour cela la RI, grâce à ses capteurs qui permettent d'avoir une vision locale de l'environnement, permettra de répondre efficacement à ce concept d'« ondes utiles ».

Abstract -Green Cognitive Radio (GCR) is a Cognitive Radio (CR) with intelligence-enhanced functionalities, which is aware of sustainable development (SD) for energy efficiency and takes it as an additional crucial constraint in the decision making process of the holistic cognitive cycle. Basically, we proposed an intelligent solution based on a CR approach, keeping in mind the following key objective: "We would like to decrease the electromagnetic level by sending the right signal in the right direction with the right power, only when it is necessary, for achieving the same QoS by taking advantage of advanced intelligence". This is the essential concept of Useful Radio Waves.

1 Introduction

Il y a quelques dizaines d'années, le développement durable (DD) n'était la préoccupation que de quelques groupes écologistes. Maintenant, depuis l'assemblée générale des Nations Unis de décembre 1987 et la résolution 42/187 [1], ce problème est devenu une préoccupation de la société. La commission Brundtland a défini le DD comme étant un développement qui : *"meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs"*. Depuis, plusieurs conférences organisées sous l'égide des Nations Unis ont confirmé l'importance du DD (de Rio de Janeiro-1992 à Copenhague-2009). L'un des problèmes le plus important que doit prendre en compte le DD est le changement climatique et l'émission de CO₂...

Même s'il est clair que les principaux contributeurs en émission de CO₂ sont la production d'électricité, le transport et l'industrie, les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) y contribuent pour une part non négligeable. En effet, actuellement, 3 % de l'énergie mondiale sont consommés par les TIC, ce qui est à l'origine de 2 % des émissions de CO₂ (ce qui est comparable à l'émission de CO₂ de l'aviation civile mondiale !). Réduire le niveau d'émission des ondes électromagnétiques est un autre aspect du DD pour les radios communications. Cette réduction offrira une meilleure coexistence entre tous les systèmes et réduira le niveau d'exposition des utilisateurs. Le premier papier relatif à l'écoradio (sous l'angle de la réduction du niveau des ondes électromagnétiques), grâce au concept de radio intelligente, a été présenté lors d'une assemblée générale de l'URSI [2].

Mais, à cette époque, ce type de préoccupation n'était pas à l'ordre du jour.

L'écoradio¹ est souvent limité à l'aspect efficacité énergétique, mais nous l'envisageons, dans cet article, dans un sens plus large. Dans [3], les différentes implications du DD dans le domaine des radiocommunications ont été décrites. Ces implications vont de l'émission de CO₂ (à cause de la consommation électrique) au recyclage des équipements et des ondes transmises, en passant par la pollution électromagnétique (avec les conséquences de l'exposition aux ondes des utilisateurs). D'un point de vue théorique, le gain en efficacité spectrale, quelque soit la manière d'obtenir ce gain, pourrait être utilisé pour diminuer la puissance des ondes transmises. Cependant, d'un point de vue pratique, l'ensemble des acteurs des télécommunications préfère utiliser ce gain pour accroître le débit transmis (donc le nombre d'utilisateurs) à puissance constante plutôt que de diminuer la puissance à débit constant. Par conséquent, notre approche pourrait sembler en contradiction avec les considérations économiques des acteurs des télécommunications. Or, il n'en est rien, car d'une part diminuer la facture énergétique est devenu une préoccupation majeure de ces différents acteurs et d'autre part l'ERI consiste à : « décroître le niveau des ondes électromagnétiques en envoyant le signal adéquat dans la direction désirée, avec la puissance suffisante, quand cela est nécessaire, tout en conservant la même qualité de service ». Il s'agit du concept d'« ondes

¹ Le concept anglais de Green Radio pourrait être traduit radio verte. Mais le terme technique Green a récemment été étudié et la traduction éco a été adoptée au journal officiel, c'est pour cela que nous utilisons la formulation écoradio.

utiles». Pour cela la RI, grâce à ses capteurs qui permettent d'avoir une vision locale de l'environnement, permettra de répondre efficacement à ce concept d'« ondes utiles ». Cela devrait éviter la pollution de certaines bandes, comme la bande de radioastronomie (voir Figure 1). En effet, l'écoute passive dans cette bande est très perturbée par le niveau de plus en plus élevé des ondes des signaux de radiocommunications.

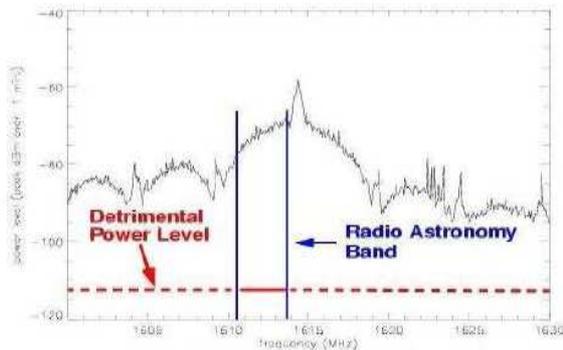


Figure 1 : Pollution de la bande de radio astronomie par les signaux de radiocommunications [4].

Comme déjà expliqué précédemment, nous souhaitons obtenir cet éco-comportement dans un sens le plus large possible (diminution de la consommation d'énergie pour réduire l'empreinte carbone, équilibre entre l'efficacité énergétique et l'efficacité spectrale, contrôle de la pollution électromagnétique, impact sur les personnes, cycle de vie des équipements, etc.). Nous avons déjà identifié qu'une intelligence répartie dans le réseau est une condition nécessaire. Par conséquent nous proposons d'utiliser la Radio Intelligente comme une technologie potentielle pour atteindre l'objectif. Cette solution pourrait être implémentée soit côté terminal mobile soit côté station de base, partout dans le réseau radio hétérogène.

2 La radio intelligente

Après avoir, en 1995, proposé le nouveau concept de radio logicielle (RL) ou *SoftWare Radio* en anglais [5], Joe Mitola lors de son travail de thèse s'est intéressé à l'utilisation du spectre. Il a constaté que celui-ci était très mal utilisé, en grande partie sous-utilisé. Il en a déduit qu'une gestion locale, intelligente du spectre permettrait d'augmenter considérablement son taux d'utilisation. Mitola a compris qu'il fallait mettre de l'intelligence à la fois dans le réseau et dans les équipements pour être au plus près des besoins et de la ressource donc au final pour augmenter l'efficacité spectrale : c'est la raison pour laquelle il a proposé la RI (*Cognitive Radio* en anglais) [6], [7]. Il a montré que celle-ci serait plus efficace si elle était associée à la technologie RL."

Suivant la description de la Figure 2, un système RI pourra adapter son comportement (fonctionnement) à son environnement grâce à :

- ses capacités d'analyse à travers ses capteurs. La notion de capteurs est, dans notre vision, très large. Elle correspond à tout moyen de fournir de l'information au

moteur intelligent qui prendra les décisions. Cette information proviendra de capteurs physiques réels, d'algorithmes de traitement du signal, d'échanges d'information avec les différents nœuds d'un réseau, etc.

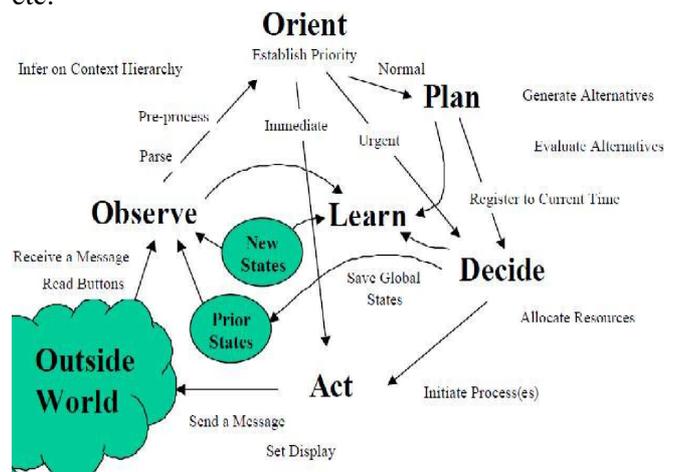


Figure 2 : Le cycle intelligent de J Mitola [6]

- son intelligence qui lui permet de prendre les décisions adéquates (basées sur de l'apprentissage et/ou des bases de connaissance). La connaissance utilisée par la prise de décision est, comme l'information fournie par les capteurs, une notion très large, cela va des paramètres fournis par les capteurs aux considérations technico-économiques, en passant par les règles d'utilisation du spectre. Dans le contexte de cet article, une contrainte particulière est associée à cette fonction de prise de décision. Il s'agit de la contrainte DD, sous les déclinaisons contraintes de consommation minimale, non pollution électromagnétique...

- ses capacités d'auto reconfiguration (offertes par la technologie support : la RL) pour modifier son fonctionnement.

Un schéma simplifié représentant ce fonctionnement est donné sur la Figure 3.

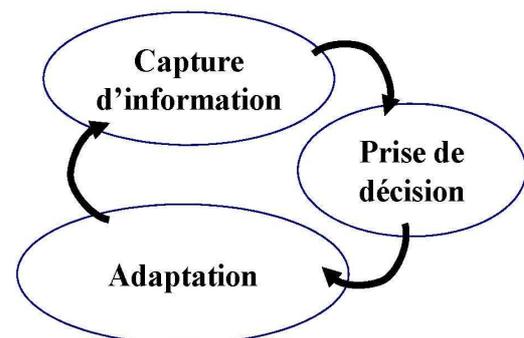


Figure 3 : Cycle intelligent simplifié en trois étapes

Le mot capteur doit être pris au sens large [8]. Il s'agit de tout moyen donnant de l'information de toute nature pouvant être mise à profit dans le cycle intelligent pour optimiser le lien radio afin d'améliorer le service rendu.

Ces différents moyens vont des capteurs au sens classique du terme (microphone, etc.) aux capteurs appelés intelligents dans la littérature et fournissant une information qui résulte d'un traitement évolué (par exemple la réponse impulsionnelle d'un canal).

On peut faire la liste de ces capteurs en fonction de l'environnement considéré comme dans le tableau 1.

tableau 1 : classement des capteurs en fonction de l'environnement

Capteurs	Environnement
<ul style="list-style-type: none"> • occupation spectrale, trous ou blancs dans le spectre, • rapport signal à bruit, réponse impulsionnelle du canal, • direction d'arrivée des signaux, etc... 	Electromagnétique
<ul style="list-style-type: none"> • nombre et positions des Hot Spot, stations de base, utilisateurs, • standards utilisables à proximité, opérateurs et services à proximité, • charge sur un lien radio, etc. 	Réseau
<ul style="list-style-type: none"> • niveau de batterie, consommation énergétique, • taux d'utilisation des circuits (FPGA), de la ressource de calcul, • taux d'occupation de la mémoire, • température du matériel, etc. 	Matériel
<ul style="list-style-type: none"> • micro,caméra, appareil photo, identification de l'usager, • position spatiale, vitesse, heure, intérieur/extérieur, • préférences, profil de l'utilisateur, • détection, reconnaissance de visage, reconnaissance de voix, etc. 	Utilisateur

3 L'EcoRadio intelligente

L'EcoRadio intelligente (ERI) est une RI qui prend en compte le DD comme une contrainte supplémentaire dans la fonction de prise de décision du cycle intelligent. Dans cette section, pour différentes implications du DD dans le domaine des radiocommunications, nous montrons comment la RI peut être une solution efficace. D'un point de vue théorique, le gain en efficacité spectrale, quelque soit la manière d'obtenir ce gain, pourrait être utilisé pour diminuer la puissance des ondes transmises. Cependant, d'un point de vue pratique, l'ensemble des acteurs des télécommunications préfère utiliser ce gain pour accroître le débit transmis (donc le nombre d'utilisateurs) à puissance constante plutôt que de diminuer la puissance à débit constant. Par conséquent, notre approche pourrait sembler en contradiction avec les considérations économiques des acteurs des télécommunications. Or, il n'en est rien, car d'une part diminuer la facture énergétique est devenu une préoccupation majeure de ces différents acteurs et d'autre part nos propositions, consistent à : « décroître le niveau des ondes électromagnétiques en envoyant le signal adéquat dans la direction désirée, avec la puissance suffisante, quand cela est nécessaire, tout en conservant la même qualité de service ». Il s'agit du concept d'« ondes utiles ». Pour cela la RI, grâce à ses capteurs qui permettent d'avoir une vision locale de l'environnement, permettra de répondre efficacement à ce concept d'« ondes utiles ».

3.1 Diminution de la puissance transmise grâce à des gains de communications numériques.

Le terminal, ou la station de base peut déterminer en temps réel la qualité du lien radio. Par exemple, après avoir vérifié que le rapport signal sur bruit est correct, ainsi que la réponse impulsionnelle du canal, l'émetteur et le récepteur peuvent décider d'utiliser un code de canal pour diminuer la puissance transmise (voir flèche horizontale de la Figure 4 b)). Ce type de comportement

peut être étendu à tout type de gain (MIMO, beamforming...)

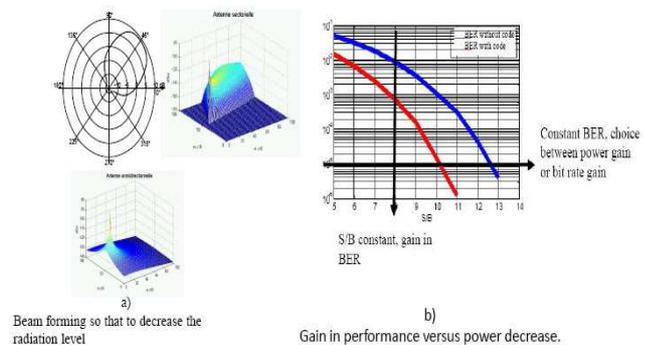


Figure 4 : Gain de communications numériques versus puissance transmise a) Beamforming, b) codage canal

3.2 Optimisation de l'amplificateur de puissance

Amplifier des modulations multiporteuses implique de prendre un recul important (IBO) pour éviter les dégradations du signal, ce qui entraîne une très faible efficacité énergétique. En utilisant le capteur PAPR, il est possible d'utiliser un algorithme de diminution du PAPR de manière à amplifier avec un IBO choisi pour un rendement énergétique satisfaisant (Figure 5) [9].

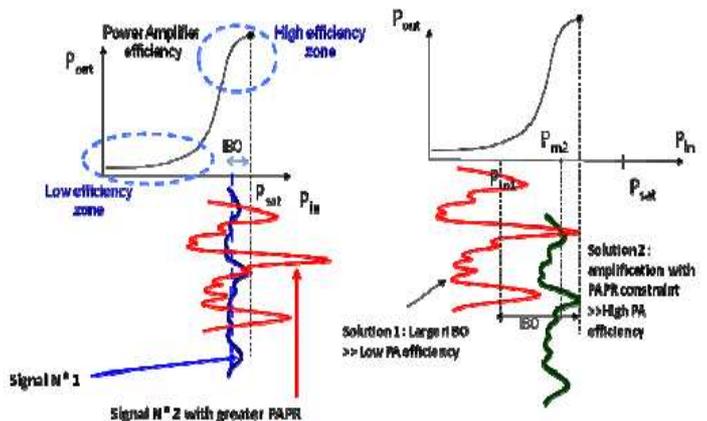


Figure 5 : Optimisation du HPA grâce au capteur PAPR

3.3 Optimisation de la ressource spectrale

La RI a été initialement proposée pour l'optimisation de l'usage du spectre. Par conséquent l'utilisation de la RI pour ces aspects des écoradios est évident. C'est ce qui est appelé par Honggang Zhang « *Green Spectrum* » dans [10].

3.4 Recyclage des équipements

Ce problème est clairement un problème industriel. Mais, d'un point de vue des équipementiers, la technologie radio logicielle devrait accroître la durée de vie des équipements et diminuer le nombre d'équipements grâce aux possibilités de reconfiguration et d'adaptation à différents services. Cela devrait éviter la situation de la Figure 6. Cela est très théorique car aujourd'hui la politique des opérateurs (un terminal gratuit pour un abonnement), ne va pas dans ce sens.



Figure 6 : recyclage des terminaux mobiles et des chargeurs

3.5 Diminution du niveau d'exposition

Comme cela est décrit dans [2], il est possible grâce aux capteurs de la RI de former un lobe d'émission directif en direction de la station de base et par conséquent de diminuer le niveau de radiation dans la tête de l'utilisateur (Figure 7).

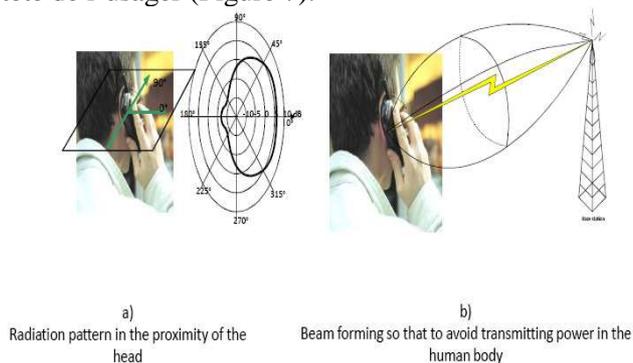


Figure 7 : Diminution du niveau d'exposition

3.6 Architecture de réseaux

La Figure 8 illustre comment grâce au capteur de reconnaissance de standard [11], il est possible d'utiliser à l'intérieur d'un bâtiment un standard à faible puissance (ou mieux, une liaison filaire) puis une connexion directe du toit vers la station de base au lieu d'avoir des connexions directes du terminal vers la

station de base à forte puissance. C'est exactement ce type de solutions qui est proposé pour le *backhaul* des futurs réseaux *femtocells* dans [12] et [13].

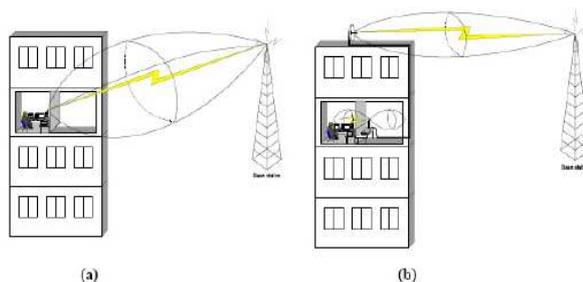


Figure 8 : Architecture de réseaux pour une puissance optimale

4 Conclusion

Dans cet article, le concept d'Ecoradio Intelligent a été présenté. Celui-ci utilise la radio intelligente comme technologie. Un certain nombre de capteurs ont été identifiés. C'est principalement, la fonction « prise de décision » du cycle intelligent qui est concernée. En effet, grâce à l'information fournie par les capteurs adéquats, la fonction « prise de décision » doit, sous les contraintes de DD (consommation, pollution,...), fournir les décisions adéquates à l'équipement afin d'être plus écoradio. Les scénarios proposés ici seront prochainement mis en œuvre dans le cadre de projets afin de valider ce concept d'Ecoradio Intelligent.

5 Remerciements

« *This work has been supported by Motorola Foundation* ».

6 Bibliographie

- [1] United Nations. 1987. "Report of the World Commission on Environment and Development." General Assembly Resolution 42/187, 11 December 1987. Retrieved 2007-04-12.
- [2] J. Palicot, C. Roland, "On The Use Of Cognitive Radio For Decreasing The Electromagnetic Radiations," URSI 05, XXVIII General Assembly, New Delhi, India, October 23-29, 2005.
- [3] J. Palicot, "Cognitive Radio: An Enabling Technology for the Green Radio Communications Concept," IWCMC'09, Germany June 09. <http://www.nrao.edu/index.php/learn/radioastronomy/interference>
- [4] J. Mitola, "The software Radio Architecture", IEEE Communications Magazine, May 95, pp. 26-38.
- [5] J. Mitola, Cognitive Radio, Ph.D. dissertation, Royal Inst. of Tech, Sweden, May 2000
- [6] J. Mitola III and GQ Maguire Jr. Cognitive radio: making software radios more personal. IEEE personal communications, 6(4):13-18, 1999.
- [7] J. Palicot, C. Moy, R. Hachemani, " Multilayer sensors for the sensorial radio bubble "Physical Communications, vol 2, issue 1-2, pp151-165, Elsevier, 2009.
- [8] Palicot J, Louet Y, Mrour M, *Peak to Average Power Ratio sensor for Green Cognitive Radio* ; Personal Indoor and Mobile Radio Communications, Istanbul : Turquie (2010).
- [9] Honggang ZHANG, "Cognitive Radio for Green Communications and Green Spectrum", COMNETS 08 Co-located with CHINACOM 08, August 25-27, 2008, Hangzhou, China.
- [10] Hachemani R, Palicot J, Moy C, "A New Standard Recognition Sensor for Cognitive Radio Terminal", EUSIPCO'07, Poznan, Poland
- [11] Doron Ezri, "Optimizing the Cellular Network for Minimal Emission from Mobile", Green Cellular Next Generation Wireless Green Networks Workshop, 5-6 November 2009, SUPELEC, France
- [12] Peter Briggs, Rajesh Chundury, Jonathan Olsson, "Carrier Internet for Mobile Backhaul", IEEE Communications Magazine, October 2010, Vol 48, N°10, pp 94-100.