

# Effets des codes correcteurs d'erreurs sur les systèmes CDMA à taux multiples

*Houda Khedher, étudiante 2<sup>e</sup> cycle*

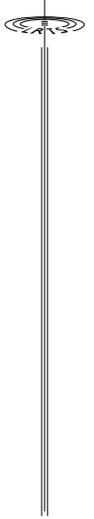
*Dr Paul Fortier, directeur de recherche*

*Abstract: In this project, we study the effects of error correcting codes on a CDMA-system. In Code Division Multiple Access, the bandwidth of the transmitted signal is spread over a much larger bandwidth than that of the baseband signal. This spectrum spreading may be performed by either the use of pseudo random sequences (PN) or error correcting codes or a combination of these two techniques. In this context, we propose to apply a combination of pseudo random sequences and convolutional codes in a multi-rate CDMA system to obtain constant information rates. The use of multi-rate CDMA provides a multi-processing gain and could be used to improve the system capacity.*

*Résumé: Ce projet de recherche consiste à étudier les effets de l'application des codes correcteurs d'erreurs dans un système de communication à spectre étalé CDMA à taux multiples (Code Division Multiple Access). En effet, dans un système CDMA, le signal transmis est étalé sur une largeur de bande beaucoup plus large que celle en bande de base. Cet étalement spectral peut être assuré soit par l'utilisation de séquences pseudo-aléatoires (PN) soit par des codes correcteurs d'erreurs ou bien par la combinaison des deux techniques. C'est dans ce contexte que nous proposons d'appliquer une combinaison de séquences pseudo-aléatoires et de codes convolutionnels à un système CDMA à taux multiples pour obtenir des taux d'information constants. L'utilisation de taux multiples offre à notre système un gain d'étalement variable (multi-processing gain) et une augmentation du nombre d'utilisateurs partageant simultanément le même canal de communication.*

Une technique permettant d'augmenter la capacité des systèmes de communications est l'accès multiple par division de codes CDMA (Code Division Multiple Access) qui consiste à étaler en fréquence les spectres des signaux de tous les usagers et à assigner à chacun d'eux un code propre lui permettant de récupérer un message particulier.

L'accès multiple par division de codes est une technologie d'étalement de spectre pour laquelle le signal transmis dans le canal occupe une largeur de bande beaucoup plus grande que



la largeur de bande du signal en bande de base. L'étalement est assuré par un signal pseudo-aléatoire appelé code d'étalement. Etant connu par le récepteur, ce code indépendant de l'information permet de récupérer le signal d'origine.

Une fois étalé, le signal est rendu difficilement intercepté par les autres usagers qui seront perçus par le récepteur comme étant du bruit.

En se basant sur l'étalement spectral, un système CDMA permet non seulement d'améliorer la capacité d'un système de communication, ce qui se traduit par une augmentation du nombre d'usagers, mais permet aussi une bonne gestion de la bande de fréquences disponible.

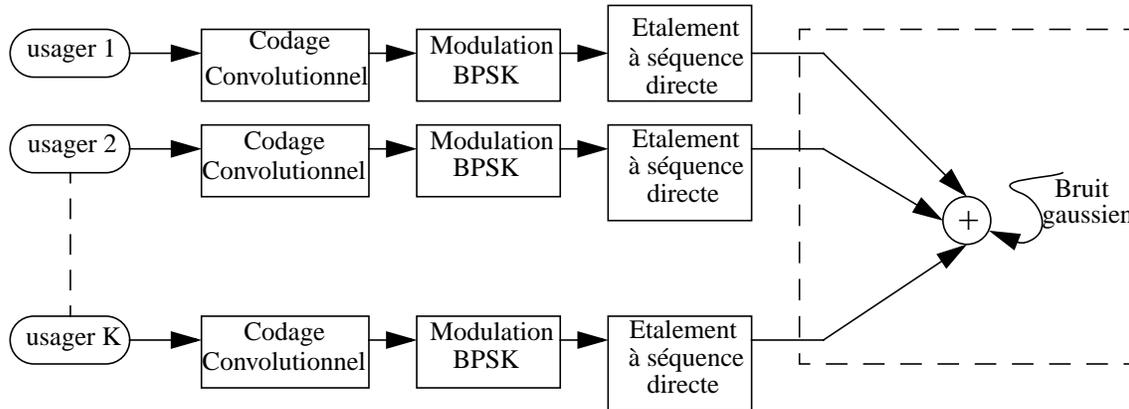
Cependant, l'avènement fulgurant des systèmes de communications numériques a contribué au développement des systèmes de communications personnelles et des systèmes radio-mobiles cellulaires tels que la téléphonie sans fil. Ceci s'est traduit par une augmentation massive du nombre d'usagers qui, ayant des taux de transmission différents, doivent partager les mêmes ressources d'un tel système dans le but d'accéder au même réseau pour divers services. D'où le recours à instaurer une technique d'accès multiples plus performante, soit la technique CDMA à taux multiples.

La technique CDMA à taux multiples offre plusieurs niveaux de services où est assigné à chacun un taux de transmission. Les usagers qui n'ont pas besoin d'un taux de transmission aussi élevé que les applications images ou de données, peuvent transmettre dans la même largeur de bande mais à un taux binaire plus lent. Ce qui permet d'une part de réduire les coûts et d'autre part d'utiliser plus efficacement le spectre disponible.

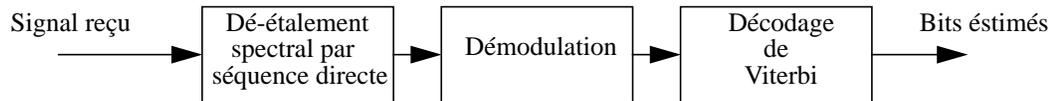
Ainsi, le grand nombre et la diversité des usagers qui peuvent accéder à un système CDMA à taux multiples nécessitent la protection de l'information contre le bruit et toute perturbation qui peut survenir. Pour cela, il est indispensable d'employer un procédé de codage correcteur d'erreurs tel que le codage convolutionnel.

C'est dans ce contexte que nous avons élaboré ce travail qui a pour objet l'application du codage convolutionnel à un système CDMA à taux multiples. Le système que nous proposons tel qu'illustré à la figure 1, est un système CDMA par séquence directe à taux multiples, à gain d'étalement variable; la durée d'un chip est constante et on varie la durée des bits de don-

nées. C'est un système asynchrone, dans lequel on a utilisé des séquences bipolaires de Gold et ceci vu leurs bonnes propriétés d'intercorrélacion.



**Figure 2** Schéma synoptique du système CDMA à taux multiples codé à l'émission.

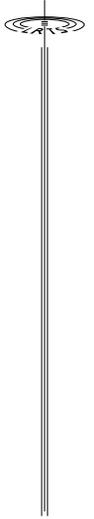


**Figure 3** Schéma synoptique du système CDMA à taux multiples codé à la réception.

Dans notre travail, l'emphase a été mise sur l'évaluation des performances d'un système CDMA à taux multiples codé. Pour cela, on a procédé à faire des simulations qui consistent à estimer la probabilité d'erreurs en fonction du nombre d'utilisateurs simultanés pouvant accéder au système. Les résultats de ces simulations sont comparés à la borne supérieure analytique de la probabilité d'erreurs donnée par l'équation (1).

$$P_B \leq \frac{Q(\sqrt{d_f SNIR})}{[1 - 2\exp(-R \cdot SNIR)]^2} \quad (5)$$

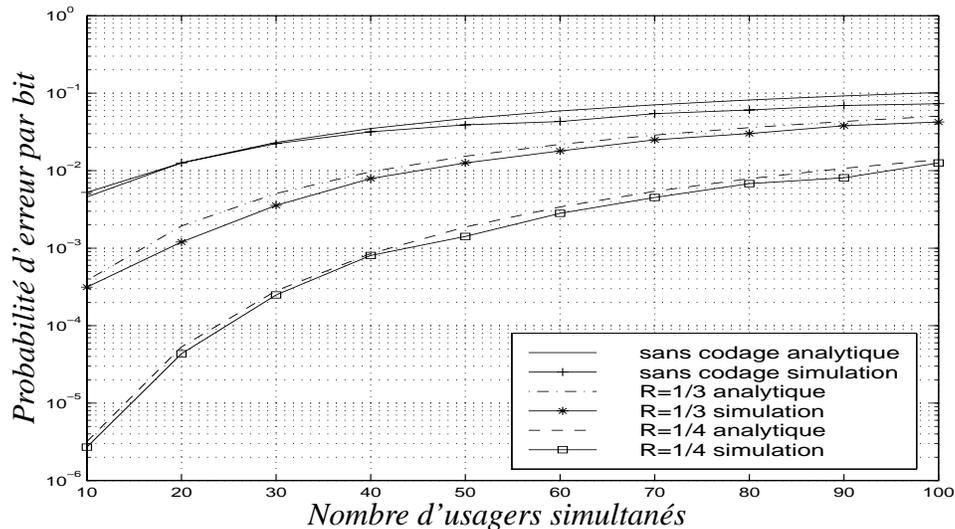
Où  $d_f$  est la distance libre maximale du code,  $R$  étant le taux de codage et avec  $SNIR$  est donné par l'équation (2) déjà développée par [ 1].



$$SNIR = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{K_i} \frac{1}{6N_i^2 N_j} \cdot (r_{ik}) + \frac{1}{SNR}} \quad (6)$$

où on désigne par  $N_j$  la longueur de la séquence de code de l'utilisateur de référence et par  $N_i$  la longueur de la séquence de code des utilisateurs interférents présents dans le système.  $r_{ik}$  étant le paramètre d'interférence moyenne défini dans [ 1].

On peut citer à titre d'exemple la figure 3 qui traite le cas où l'utilisateur de référence possède une séquence de code de période 255 et les interférents ont tous des séquences de période 127. Pour une probabilité d'erreurs de  $10^{-3}$ , 18 utilisateurs émettent simultanément à un taux de codage égal à 1/3 et 44 utilisateurs simultanés à un taux de codage égal à 1/4. Ceci prouve bien que la capacité d'un tel système est inversement proportionnelle au taux de codage; plus le taux de codage est faible plus le nombre d'utilisateurs pouvant accéder au système augmente.



**Figure 4** L'utilisateur désiré ayant un taux de transmission de 50 Mbits/s émet avec des utilisateurs de 100 Mbits/s.

## Référence

- [8] ERIC HAMELIN, "Etude des performances d'un système CDMA à taux multiples", thèse de M.Sc., Faculté des Sciences et de Génie, Université Laval, septembre 1997.