

TS217 TP

Communications numériques multi-porteuses

Les système OFDM

Maxime PETERLIN - maxime.peterlin@enseirb-matmeca.fr
Gabriel VERMEULEN - gabriel@vermeulen.email

ENSEIRB-MATMECA, Bordeaux

27 mars 2015

Contents

1	Introduction	2
2	Hypothèses et paramètres de simulation	2
3	Formalisme mathématique	2
4	Implémentation et validation de la chaîne de communication	3
5	Implémentation d'un égaliseur par forçage à zero	3
6	Performances de la chaîne de communication	4
6.1	Avec $CP \geq L$	4
6.2	Avec $CP \leq L$	4
7	Conclusion	4

1 Introduction

L'objectif de ce TP de communications numériques est de mettre en œuvre avec MATLAB le codage OFDM dans le cadre d'un canal Rayleigh. Nous allons ainsi simuler une chaîne de communication CP-OFDM (préfixes cycliques OFDP) et tester ses performances.

2 Hypothèses et paramètres de simulation

- La modulation numérique est de type BPSK (symboles iid)
- Le temps symbole T_s est égale à $0.05 \mu s$
- Le nombre de sous-porteuses totales N est égale à 128
- Le nombre de sous-porteuses utilisées N_u est égale à 128
- Les symboles OFDM sont modulés et démodulés en utilisant respectivement les algorithmes IFFT et FFT
- Une trame OFDM contient $N_t = 500$ symboles OFDM
- Le canal de propagation est tel que $h_l(p) = \sum_{k=0}^{L-1} h_l[k] \delta[p-k]$, où les $h_l[k]$ sont iid et $h_l[k] \sim N_C(0, \frac{1}{L})$. On supposera que la réponse impulsionnelle (RI) du canal est invariante sur la durée d'une trame OFDM et que $L \ll N$
- La durée du préfixe cyclique est égale à $T_{CP} \geq LT_s$
- Le bruit $n_l[p] \sim N_C(0, \sigma_{n_l}^2)$
- Les échantillons du signal OFDM, du canal et du bruit sont supposés décorrélés et indépendants

3 Formalisme mathématique

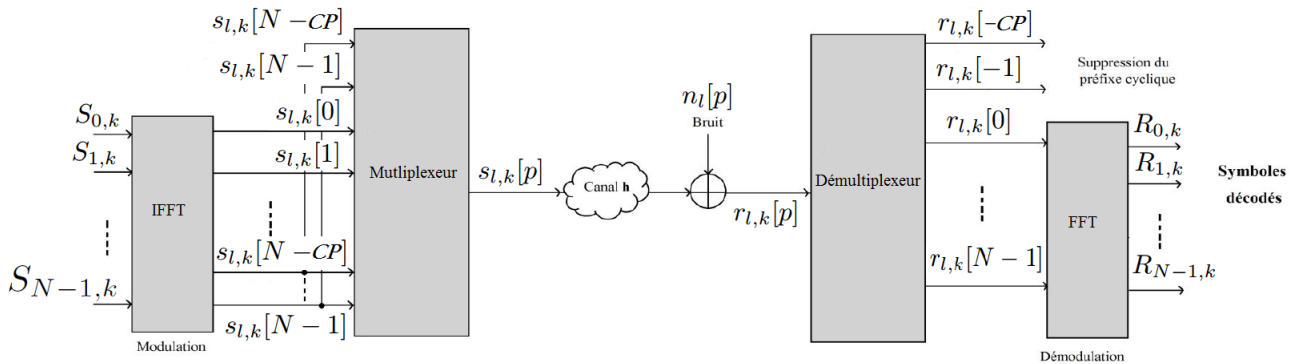


Figure 1: Chaîne de communication

Les N symboles OFDM sont notés $S_{i,k}$ avec $i \in [0, N-1]$. Les symboles sont d'abord modulés avec une transformée de Fourier inverse. On ajoute ensuite au début de la séquence les CP derniers échantillons, ce

qui correspond aux préfixes cycliques. On obtient donc après multiplexage le signal suivant :

$$s_{l,k}[p] = \sum_{k=0}^{L-1} S_{l,k} \cdot e^{\frac{j2\pi(n-CP)k}{L}} \quad \text{avec} \quad n \in [0, \dots, N + D - 1]$$

Ce signal passe ensuite par le canal $h_l[p]$ et on y ajoute le bruit $n_l[p]$, tous deux définis précédemment. On obtient ainsi le signal $r_{l,k}[p]$.

$$r_k = H_1 s_{k-\frac{1}{k}} + H_2 s_k + n_k = H_{cir} s_k + n_k$$

$$H_{cir} = \begin{pmatrix} h_0 & 0 & \dots & 0 & h_{L-1} & \dots & h_1 \\ \vdots & \ddots & & & & \ddots & \vdots \\ \vdots & & \ddots & & & & \ddots \\ h_{L-1} & & & \ddots & & & h_{L-1} \\ 0 & \ddots & & & \ddots & & 0 \\ \vdots & & \ddots & & & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & h_{L-1} & \dots & \dots & h_0 \end{pmatrix} \quad S_k = \begin{pmatrix} S_{l,k}[0] \\ S_{l,k}[1] \\ \vdots \\ \vdots \\ S_{l,k}[N-1] \end{pmatrix}$$

Après démultiplexage, chaque terme subit une transformée de Fourier permettant la démodulation et on supprime les préfixes cycliques. On obtient donc les symboles émis :

$$R_k[u] = H_d(u, u) S_k[u] + N_k[u] \quad \text{où} \quad H_d = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} h_n e^{-\frac{j2\pi n u}{N}} \quad (TF \text{ du canal}).$$

4 Implémentation et validation de la chaîne de communication

La chaîne de communication implémenté sous MATLAB est testée en vérifiant que le TEB est nul lorsqu'il n'y a pas de canal et pas bruit.

La courbe du TEB en fonction du bruit nous permet également d'avoir une confirmation du bon fonctionnement de notre chaîne de communication.

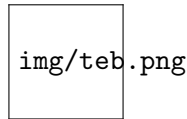


Figure 2: TEB en fonction du SNR

On remarque que plus le rapport signal sur bruit est important, moins le taux d'erreur binaire est élevé.

5 Implémentation d'un égaliseur par forçage à zero

Le test de l'égaliseur se fait avec $L = 16$ et $\sigma_{n_l}^2$.

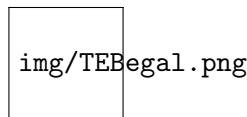


Figure 3: TEB en fonction du SNR

6 Performances de la chaîne de communication

6.1 Avec $CP \geq L$

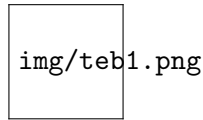


Figure 4: TEB en fonction du SNR pour la même sous-porteuse

6.2 Avec $CP < L$

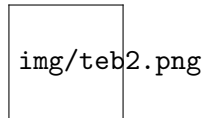


Figure 5: TEB en fonction du SNR pour la même sous-porteuse

7 Conclusion

Ce TP nous aura permis de mettre en œuvre et de tester les performances d'une modulation CP-OFDM. On retiendra que l'avantage des préfixes cycliques est de rendre la convolution du canal circulaire éliminant ainsi l'IES. Les performances de cette modulation sont meilleures qu'une modulation OFDM classique seulement si la condition $CP \geq L$ est vérifiée.