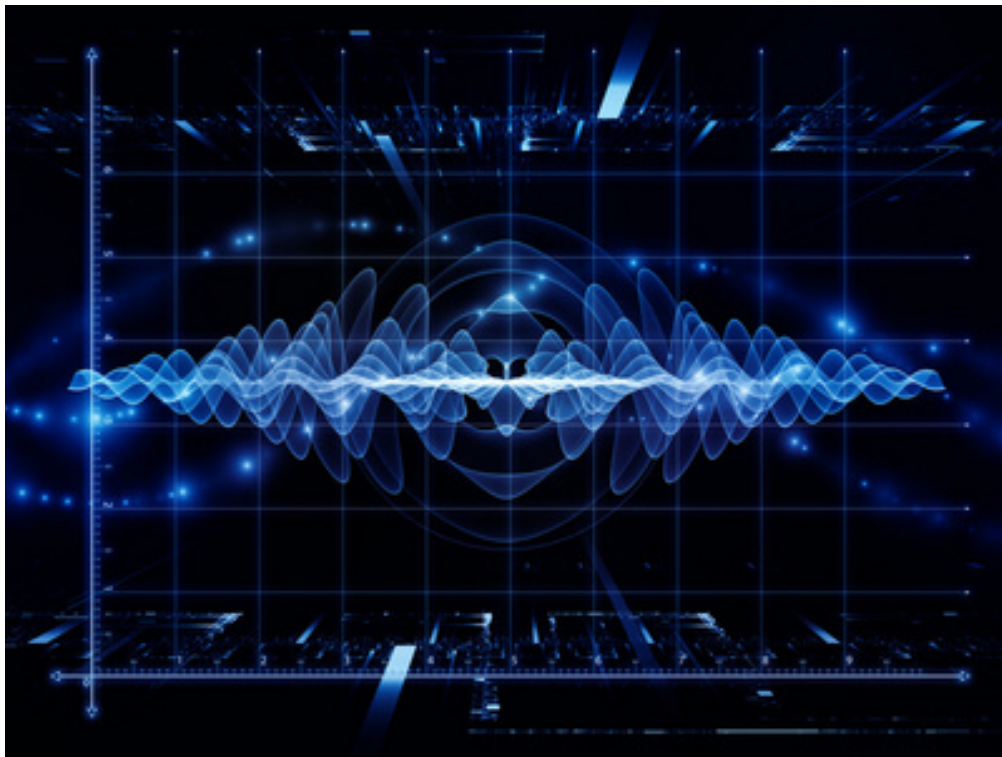

Égalisation Canal



Saïd AIT FASKA
Noe BORUCHOWITCH

2021-2022

Table des matières

1	Introduction	3
2	Égalisation Temporelle	4
2.1	Transmission sur canal sélectif en fréquence	4
2.2	Égaliseurs temporels a structure non contrainte	5
2.2.1	Égaliseur ZF	5
2.2.2	Égaliseur MMSE	6
2.3	Égaliseurs temporels a structure RIF	7
3	Égalisation fréquentielle	7
3.1	Transmission sur canal sélectif en fréquences	7
3.1.1	Égaliseur ZF	7
3.1.2	Égaliseur MMSE	8
3.2	Implantation de l'égalisation fréquentielle	8
3.3	Transmission multi-utilisateurs	10
4	Conclusion	11

1 Introduction

Si le canal est parfaitement connu, il est possible de rendre l'interférence entre symboles arbitrairement faible, ou même de l'éliminer complètement, en utilisant une paire de filtres d'émission et de réception ; . En pratique, cependant, on ne connaît que très rarement les caractéristiques exactes du canal, et tout au plus des valeurs moyennes. Par ailleurs, il subsiste des erreurs dans la correction de l'interférence entre symboles, en raison des imperfections sur l'implantation des filtres ainsi le canal peut ne pas être stationnaire, c'est-à-dire que ses caractéristiques varient au cours du temps. L'effet de ces différents facteurs est une interférence entre symboles (éventuellement résiduelle), qu'il faut compenser, à l'aide du principe d'égalisation.

Dans ce rapport on verra deux études d'égalisations dans deux domaines différentes : temporelle et fréquentielle.

2 Égalisation Temporelle

2.1 Transmission sur canal sélectif en fréquence

Dans cette partie on considère le modèle de transmission bande de base avec une modulation QPSK de $M=4$ ou BPSK de $M=2$. Ainsi différents canaux de Proakis sont utilisés dans la simulation pour voir les différentes performances de la transmission avec des canaux différents. Dans un premier lieu on obtient les symboles reçus dans la chaîne de transmission sans le bruit : On reçoit bien les symboles

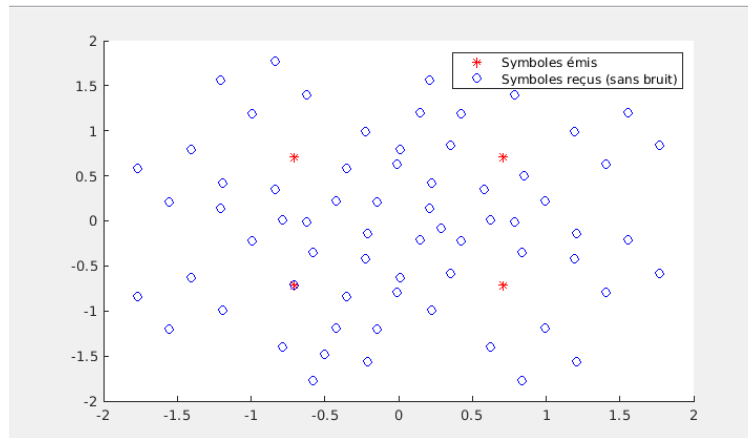


FIGURE 1 – Symboles reçus sans bruit- première canal

de la modulation QPSK transmises, sans bruit on a une perturbation (nuage) des constellations due à la présence de bruit dans le canal. Pour mieux comprendre l'impact du bruit, on peut voir les densités spectrales à l'émission et à la réception. On constate que le canal qu'on a implémenté est sélectif en

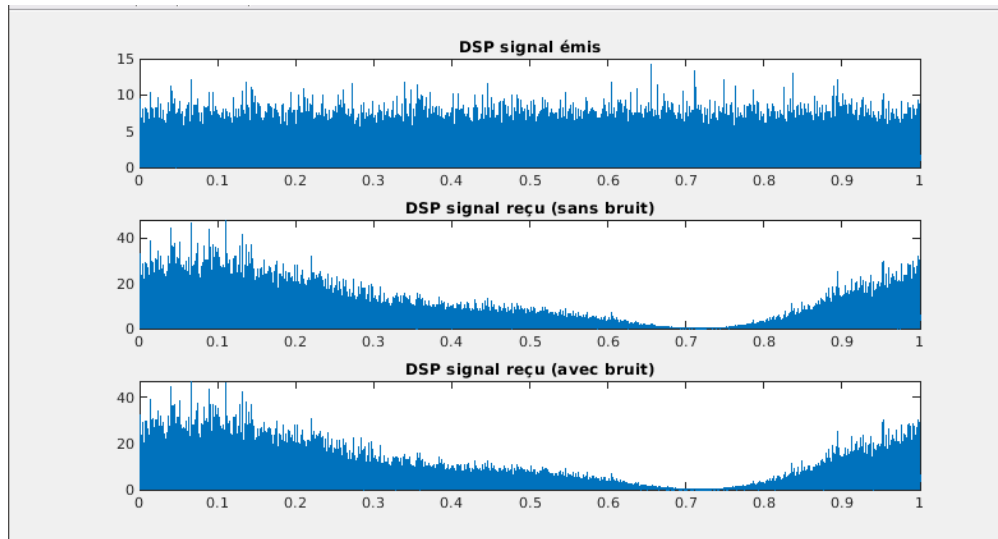


FIGURE 2 – DSP émission et réception - première canal

fréquence, c'est bien l'une des particularités des canaux de Proakis, en effet, aux environs des valeurs de 0.7, on a le pic de sélectivité. Pour voir cela, on a tracé la réponse fréquentielle du canal ci

dessous :

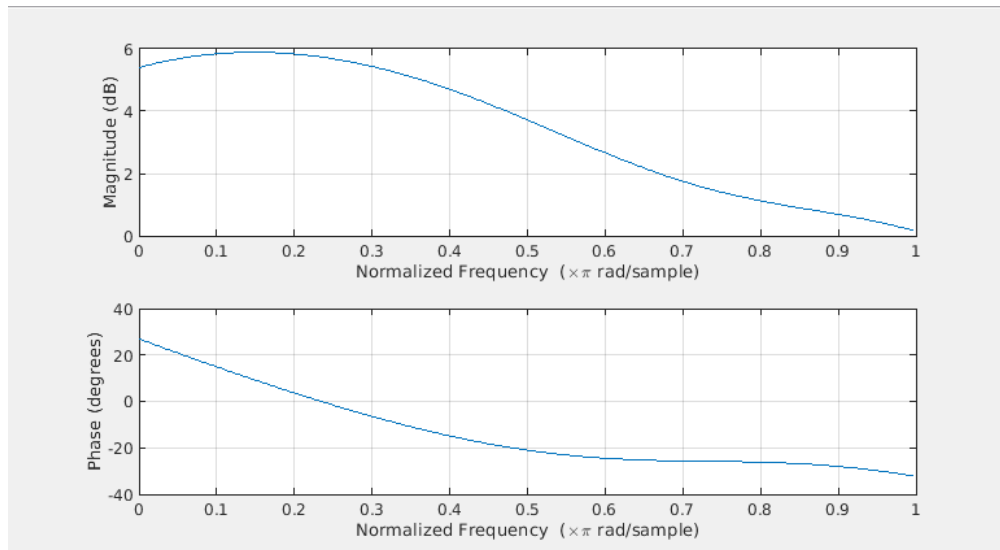


FIGURE 3 – Réponse fréquentielle canal - première canal

Pour remédier a cela on doit faire de l'égalisation Dans la sous-partie suivante on verra l'implantation de deux égaliseurs : ZF (zero forcing) et MMSE.

2.2 Égaliseurs temporels a structure non contrainte

2.2.1 Égaliseur ZF

le ZF (zeroforcing) qui consiste à diviser le signal reçu par la réponse fréquentielle du canal donc de compenser'ISI La reponse frequentielle de cet egaliseur est la suivante :

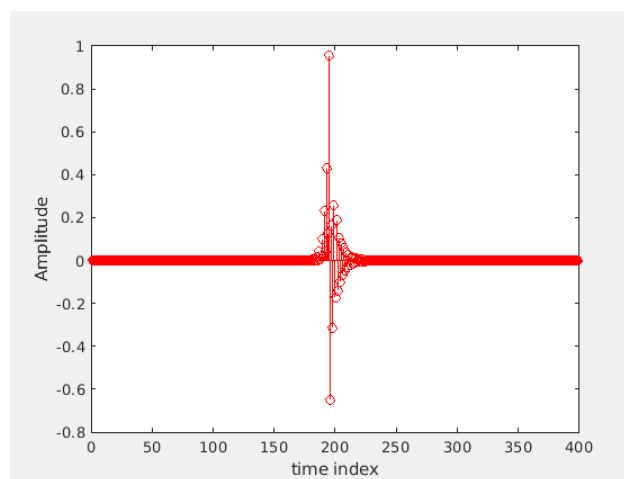


FIGURE 4 – réponse fréquentielle égaliseur ZF

Ainsi si on simule la probabilité d'erreur dans la transmission avec du bruit dans la chaîne on obtient que l'égaliseur ZF tient à inverser la réponse fréquentielle du canal utilise ,de plus on peut remarquer que l'égaliseur ZF a des performances correcte avec des canaux sélectifs en fréquences comme est le cas du canal utilise ici,cependant dans le cas contraire l'égaliseur va chercher a amplifier certaines fréquences et rendre l'égalisation difficile

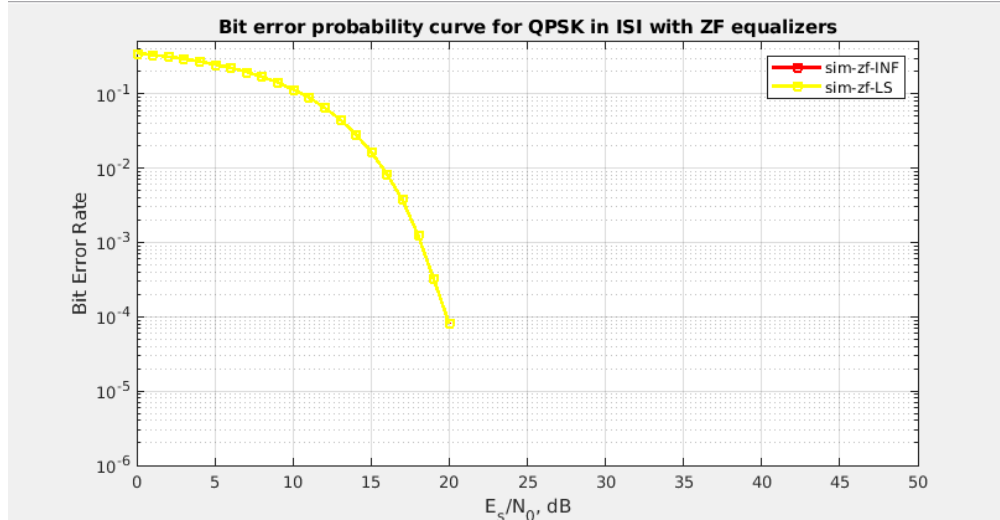


FIGURE 5 – performances égaliseur ZF

2.2.2 Égaliseur MMSE

Dans cette sous-partie on implémentera un égaliseur MMSE dont le but est de minimiser l'erreur quadratique moyenne entre la sortie de l'égaliseur et le symbole qu'on souhaite estimer On obtient donc les résultats de la figure suivante :

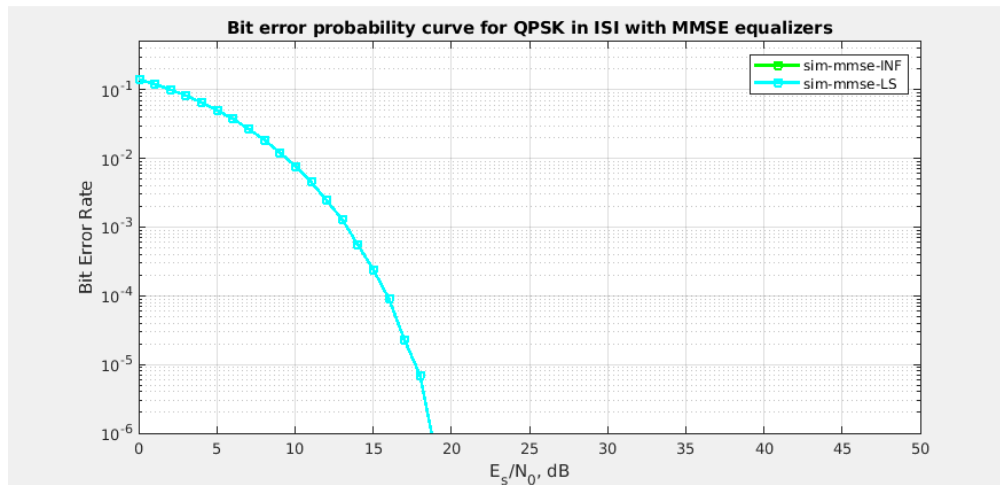


FIGURE 6 – performances égaliseur MMSE

On peut remarque déjà que l'égaliseur MMSE est plus performant que l'égaliseur ZF car cet égaliseur tient compte du bruit introduit par le canal , contrairement a l'égaliseur ZF /

De plus on peut tenir compte de la complexité de calcul de la fonction d'égalisation par le filtre MMSE est très faible par rapport au ZF qui utilise de calcul matriciel et des inverses de matrices dont la complexité est relativement élevée

Pour optimiser nos égaliseurs utilisée dans cette partie on peut implémenter les mêmes égaliseurs mais a réponse impulsionnelle finie dont la fonction de transfert se présentant sous forme d'une fraction.

2.3 Égaliseurs temporels a structure RIF

Avec les égaliseurs de type réponse finie RIF on obtient les résultats suivants :

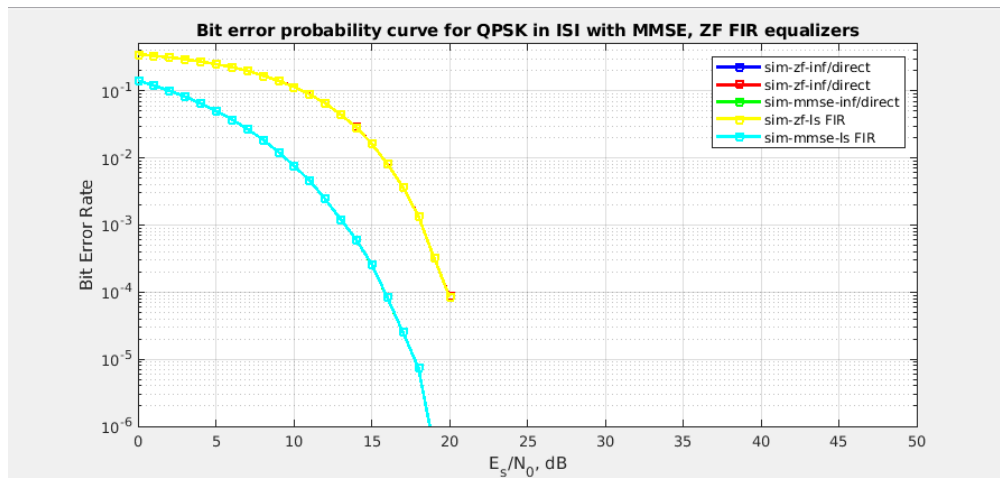


FIGURE 7 – performances égaliseur MMSE,ZF RIF

On a toujours l'égaliseur MMSE plus performant que le ZF même avec une réponse impulsionnelle finie , cela est du a que dans l'égaliseur MMSE on calcul l'erreur quadratique de chaque symbole en tenant compte du bruit introduit dans le canal et dans l'égaliseur ZF on tient pas compte de ce bruit , de plus L'égaliseur ZF minimise la distorsion maximale entre les symboles à la sortie de l'égaliseur, ainsi il est important de noter que cet égaliseur n'élimine pas l'ISI. L'inconvénient principal d'un tel égaliseur est quand $C(k)$ est tout près de zéro, le filtre réciproque $H(k)$ sera très grand, ce qui amplifiera nettement le bruit ou les erreurs d'approximations, contrairement a l'égaliser MMSE

3 Égalisation fréquentielle

Après avoir abordé l'égalisation temporelle, nous allons désormais étudier l'impact de l'égalisation fréquentielle sur la transmission. A l'instar du cas précédent, nous travaillons sur un canal sélectif en fréquences avec une modulation M-QAM de type mapping de Gray. Les égaliseurs considérés ici seront de type ZF et MMSE.

3.1 Transmission sur canal sélectif en fréquences

3.1.1 Égaliseur ZF

Considérons dans un premier temps un égaliseur ZF (Zero Forcing). Sa forme fréquentielle est donnée par :

$$W_{zf}[k] = \frac{H^*[k]}{|H[k]|^2}$$

Ce qui revient, dans notre cas, à diviser le signal par la réponse fréquentielle du canal. Sa réponse fréquentielle est donnée ci-dessous.

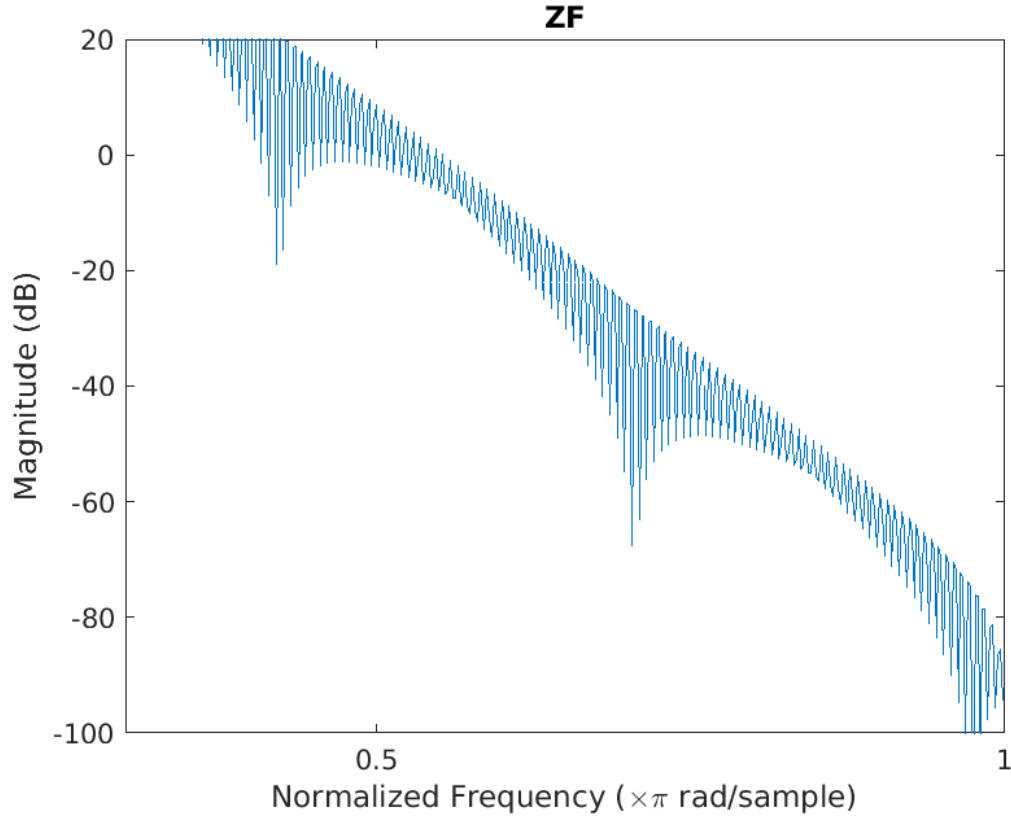


FIGURE 8 – Réponse en fréquence de l'égaliseur ZF.

3.1.2 Égaliseur MMSE

Nous considérons également l'égaliseur MMSE. Sa forme fréquentielle est donnée par :

$$W_{mmse}[k] = \frac{H^*[k]}{|H[k]|^2 + (E_s/N_0)^{-1}}$$

Sa réponse fréquentielle est donnée ci-dessous.

3.2 Implantation de l'égalisation fréquentielle

Après avoir implanté les deux égaliseurs, nous pouvons désormais les étudier. Nous devons d'abord implanter le préfixe cyclique sur la chaîne de transmission. Celui-ci est implanté sur 8 porteuses. Le

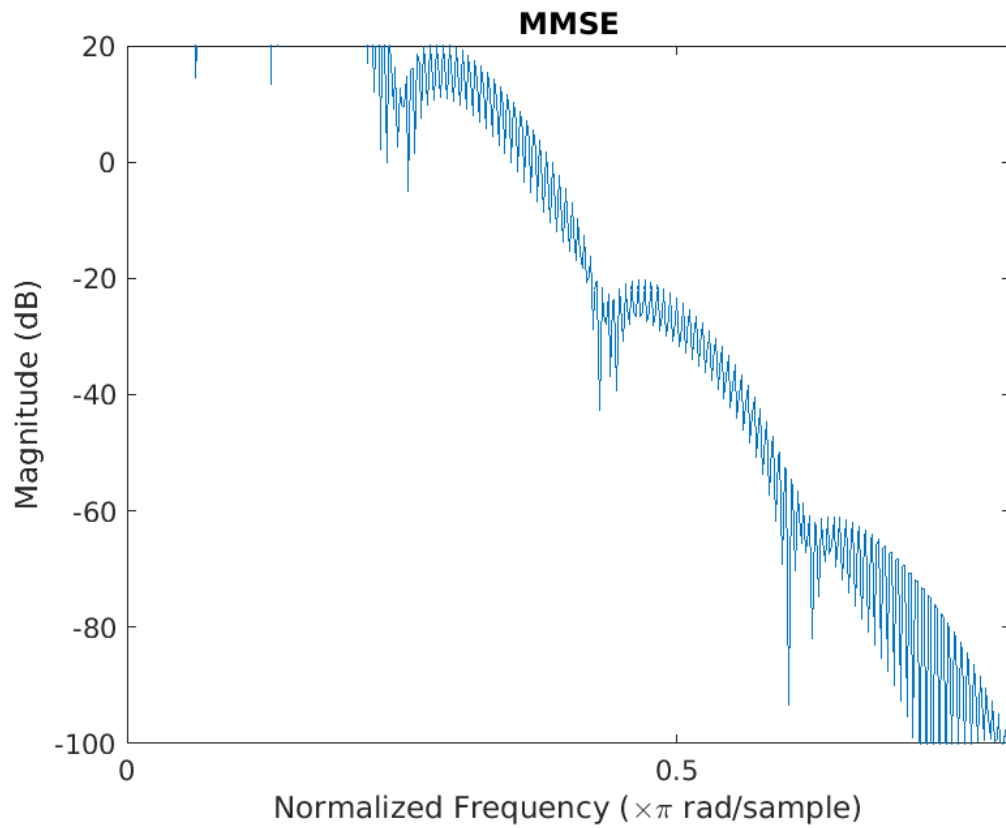


FIGURE 9 – Réponse en fréquence de l'égaliseur MMSE.

canal considéré est de la forme :

$$h(t) = 0.227x(t) + 0.46(x - T_s) + 0.688(x - 2T_s) + 0.46(x - 3T_s) + 0.227x(t - 4T_s)$$

On obtient les courbes de TEB suivantes :

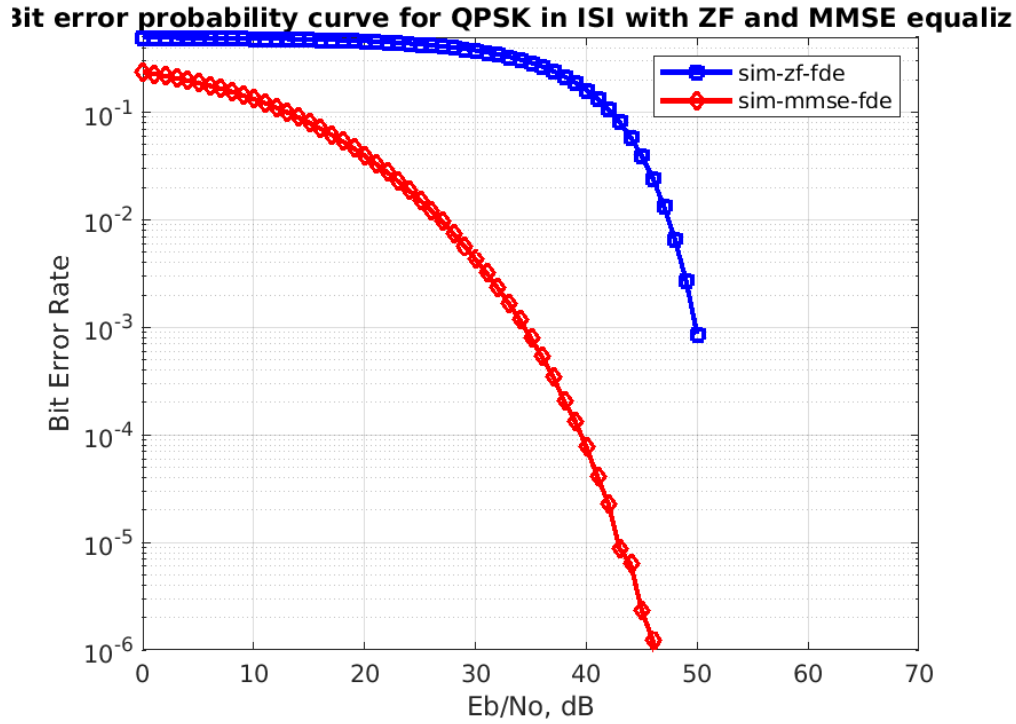


FIGURE 10 – Taux d’erreur binaire pour les égaliseurs ZF et MMSE.

On constate que l’égaliseur MMSE impose un TEB bien plus pas, et ce à des SNR plus faibles que l’égaliseur ZF qui n’est véritablement efficace qu’en absence de bruit (SNR supérieur à 30 décibels).

3.3 Transmission multi-utilisateurs

Nous allons désormais étudier le cas où la transmission gère deux utilisateurs. Celle-ci se fait sur un système SC-FDMA. Nous considérerons ici une modulation QPSK. Deux canaux sont utilisés, un par utilisateur. Le canal du premier utilisateur est donné par :

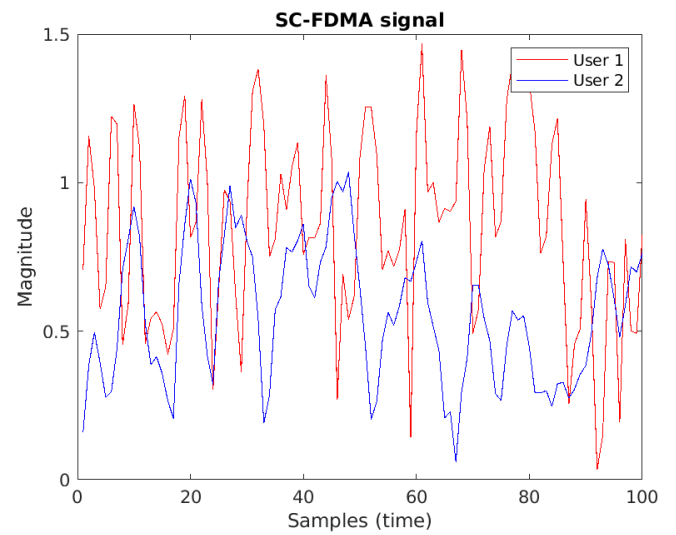
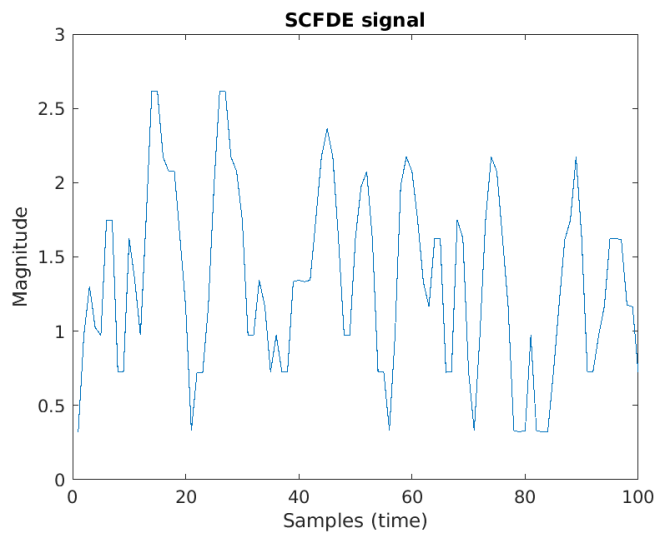
$$h_1(t) = x(t) - 0.9x(t - T_s)$$

Quant au deuxième, $h_2(t)$, on réutilise le canal de Proakis utilisé pour l’égalisation fréquentielle précédemment :

$$h_2(t) = 0.227x(t) + 0.46(x - T_s) + 0.688(x - 2T_s) + 0.46(x - 3T_s) + 0.227x(t - 4T_s)$$

La transmission se fait sur $N = 1024$ porteuses. On alloue les 512 premières porteuses au premier utilisateur, et les 512 autres au deuxième (mapping localisé). La taille du préfixe cyclique est maintenue à 8 porteuses. Le SNR est arbitrairement fixé à 10 décibels, et on retient un égaliseur de type MMSE pour le bloc récepteur.

On peut observer l’amplitude des signaux avant ajout de bruit, et le comparer au cas SCFDE précédemment étudié.



4 Conclusion

Ce travail nous a permis de comprendre les différents performances des techniques d'égalisation utilisées dans un canal imparfait , L'égalisation en utilisant un égaliseur type MMSE a des performances plus favorables que celle des autres égaliseurs vu la complexité dans cet égaliseur ainsi la méthode de calcul de la matrice a l'entrée du canal