



Rapport du bureau d'étude sur l'OFDM

Auteur :

MARTIN Nolann

professeur :

BOUCHERET Marie-Laure

Projet de deuxième année de SN

année : 2024-2025

Table des matières

1. Intro	3
2. Implantation de la chaine de transmission OFDM sans canal	3
2.1. Emission	3
2.2. Réception sans canal	5
3. Implantation de la chaine de transmission OFDM avec canal multi-trajets, sans bruit	5
3.1. Implantation sans intervalle de garde	5
3.2. Implantation avec intervalle de garde composé de zéros	7

1. Intro

Le but de ce projet est de réaliser une étude sur l'OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) et de mettre en place un système de communication numérique basé sur cette technologie.

Nous serons dans un contexte de canal sélectif en fréquence et nous serons la plupart du temps sur un canal sans bruit et sur un mapping BPSK, sauf sur la dernière partie où nous étudierons l'impact du bruit sur la transmission avec une modulation QPSK.

2. Implantation de la chaine de transmission OFDM sans canal

Dans cette partie nous implémentons Une chaine de transmission OFDM sans canal. Pour étudier le comportement nous n'activeront que certaines porteuses. Nous distingueront 3 cas :

2.1. Emission

2.1.1. Premier cas : 1 porteuse active

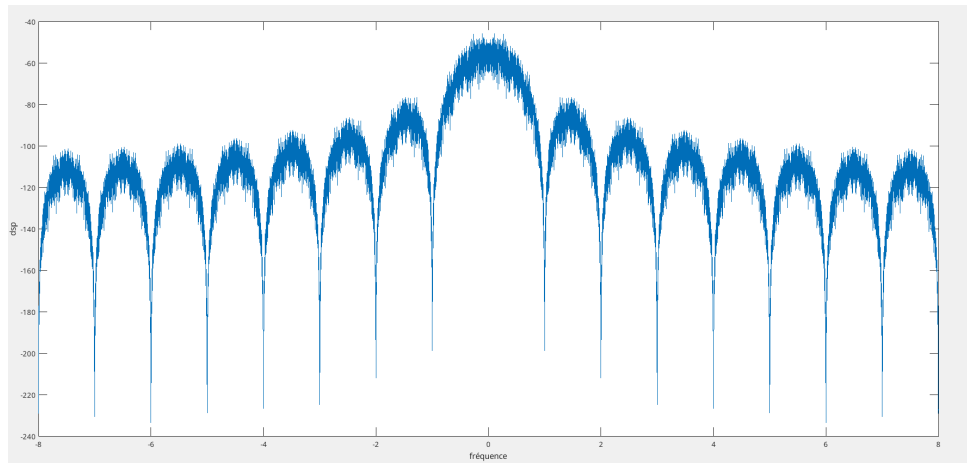


Fig. 3. – Porteuse 1 active seulement

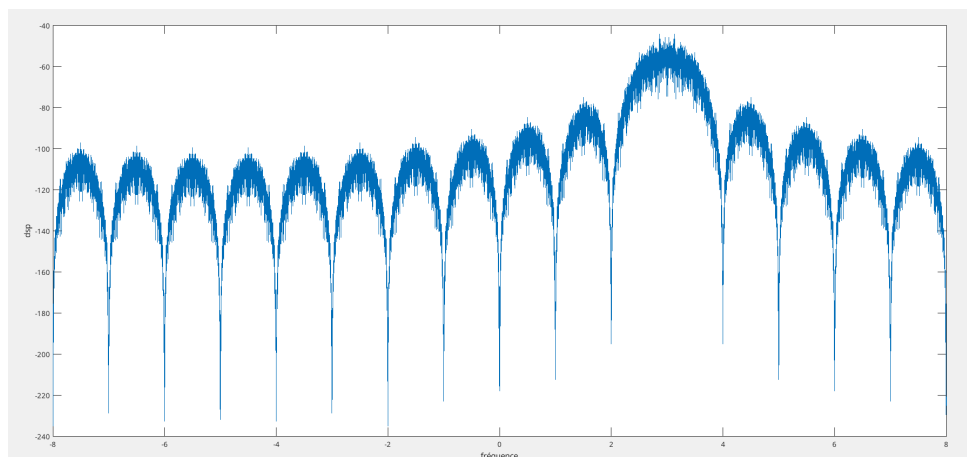


Fig. 4. – Porteuse 4 active seulement

Nous voyons que la porteuse active crée un « pic » sur notre DSP, ce qui est normal car nous avons une fréquence porteuse qui est active.

2.1.2. Deuxième cas : 2 porteuses actives.

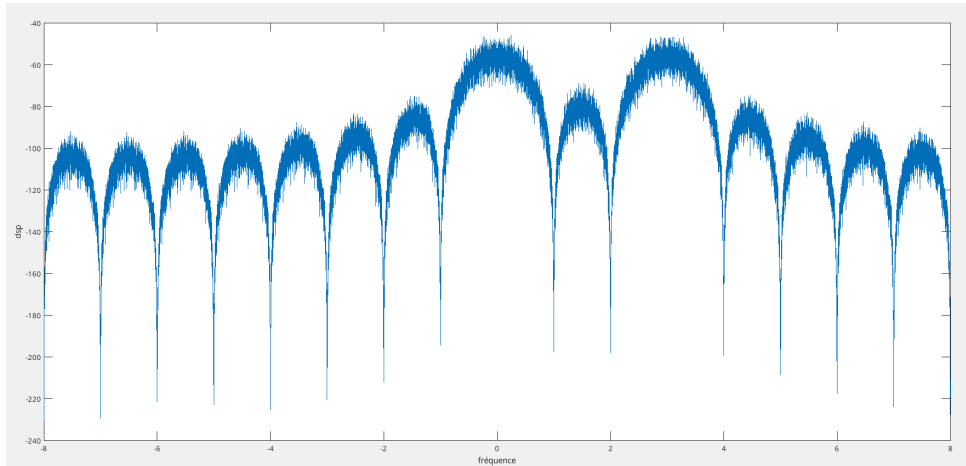


Fig. 5. – Porteuse 1 et 3 actives

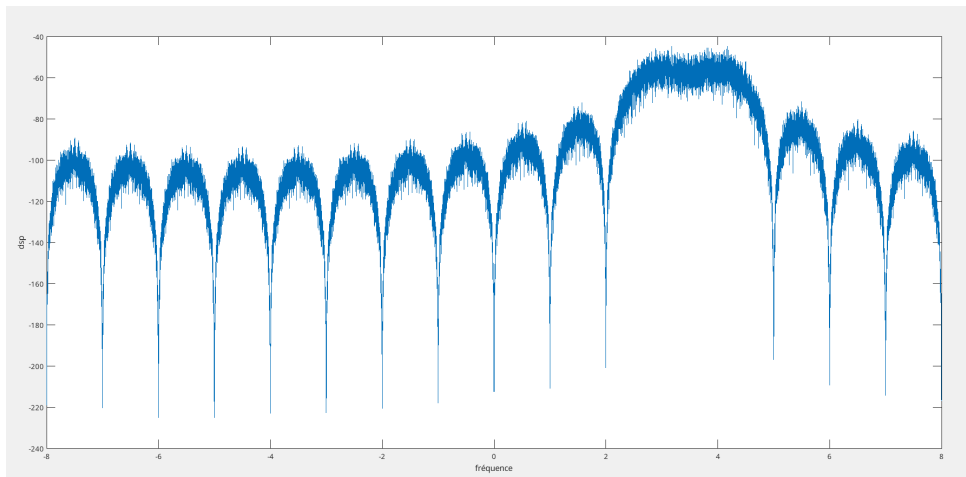


Fig. 6. – Porteuse 4 et 5 actives

Nous voyons que les deux porteuses actives créent un « pic » sur notre DSP, le placement des pics étant déterminé par le nombre et le placement des porteuses actives. De plus on peut voir que si les deux porteuses sont côte à côte, les « pics » se rejoignent pour former un seul « pic ».

2.1.3. troisième cas : 8 porteuses du milieu actives

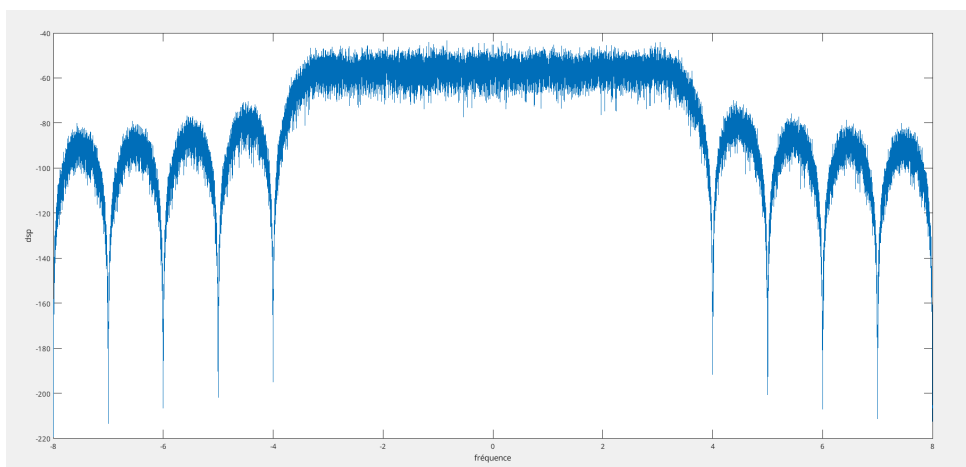


Fig. 7. – Porteuse

Nous voyons que les 8 porteuses du milieu étant actives, elles créent une sorte de palier du au fait qu'elles sont actives et que les autres porteuses sont inactives.

2.1.4. explication

Nous avons parler de pics et de palier, ce qui se cache dans ces termes est le fait que la densité spectrale de puissance est plus élevée à ces endroits là. Cela est du au fait que les porteuses actives vont créer des « pics » de puissance à ces endroits là. D'où le terme de pic.

2.2. Réception sans canal

Dans cette partie nous vérifions qu'à la réception notre TEB(Taux d'Erreur Binaire) sera nul. Pour cela les 16 porteuses seront actives.

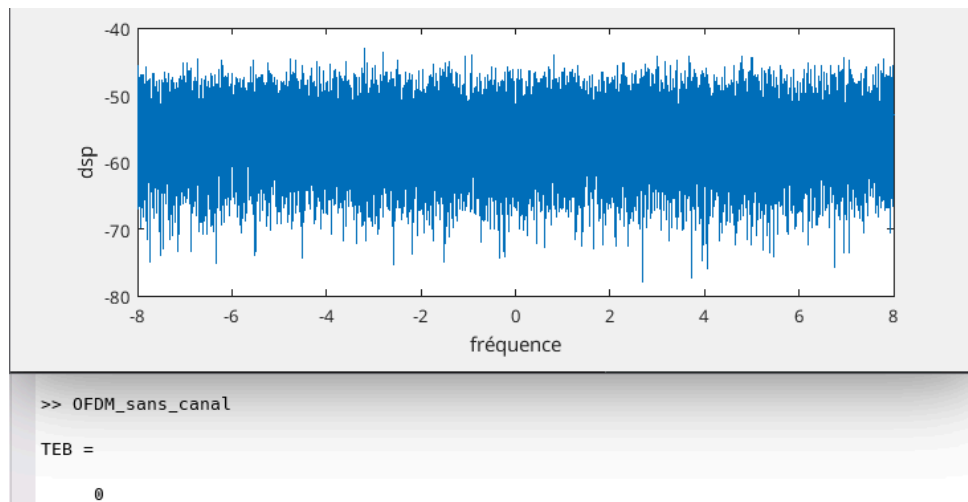


Fig. 8. – DSP des 16 porteuses actives et TEB

Nous vérifions bien que notre TEB est nul, ce qui est normal car nous n'avons pas de canal et que les 16 porteuses sont actives.

3. Implantation de la chaine de transmission OFDM avec canal multi-trajets, sans bruit

Dans cette partie nous étudierons l'impact d'un canal sans bruit dont le canal multi-trajet est de la forme suivante :

$$y(t) = 0.407x(t) + 0.815x(t - T_s) + 0.407x(t - 2T_s)$$

3.1. Implantation sans intervalle de garde

Nous pouvons voir que en ayant ce filtre la réponse impulsionnelle de notre filtre sera de la forme suivante :

$$h(t) = 0.404\delta(t) + 0.815\delta(t - T_s) + 0.407\delta(t - 2T_s)$$

Nous pouvons a présent tracer le module et la phase en fréquence du canal de propagation :

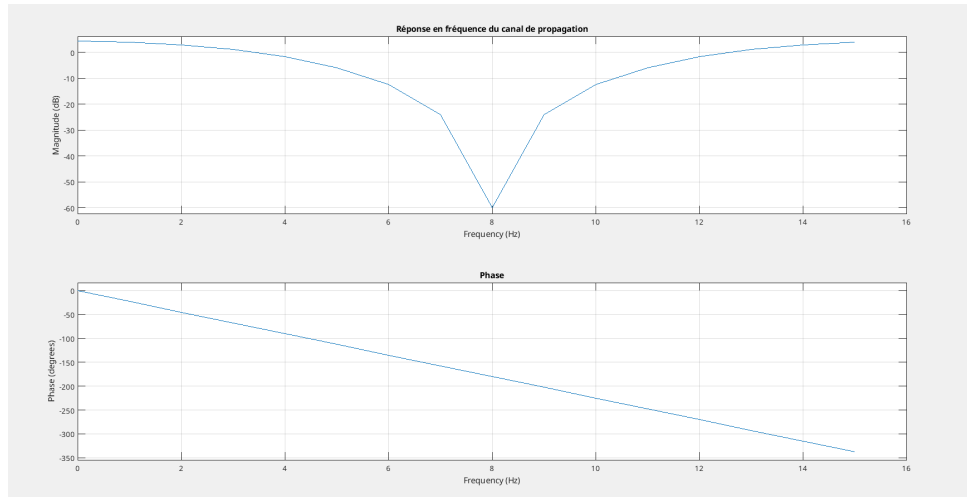


Fig. 9. – Module et phase du canal de propagation

Nous pouvons voir à partir de ces figures qu'il y a une atténuation du signal sur la porteuse 8. Ainsi nous pouvons observer l'effet qu'à ce canal sur notre densité spectrale de puissance :

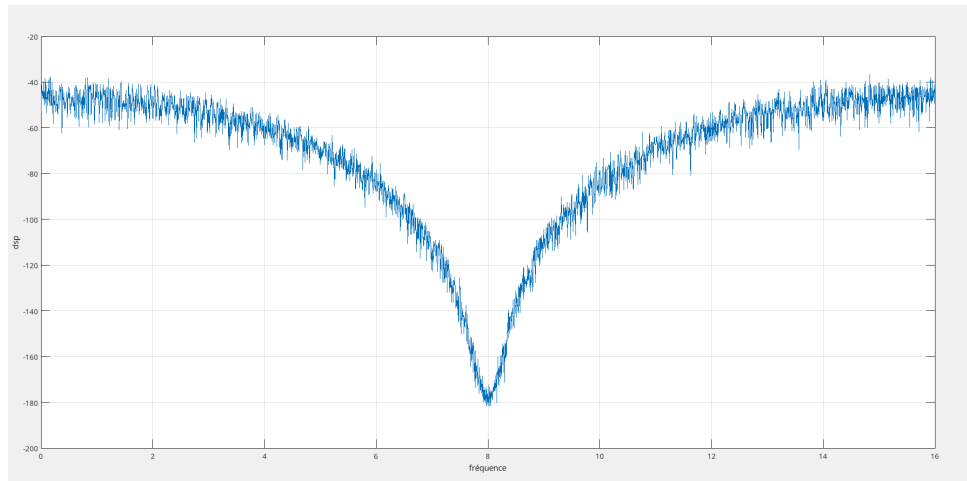


Fig. 10. – densité spectrale de puissance en sortie du canal

Nous pouvons constater que le canal a un effet sur notre DSP. En effet, la porteuse 8 est atténuée, ce qui correspond bien à nos attentes. En OFDM, nous utilisons un rectangle pour la mise en forme des symboles. Lorsqu'il traverse le canal de propagation, notre signal subit la réponse en fréquence de ce dernier, ce qui modifie sa mise en forme et entraîne l'atténuation observée.

Les constellations des symboles reçus peuvent être intéressantes à observer, nous pouvons donc tracer les constellations des porteuses 6 et 15 :

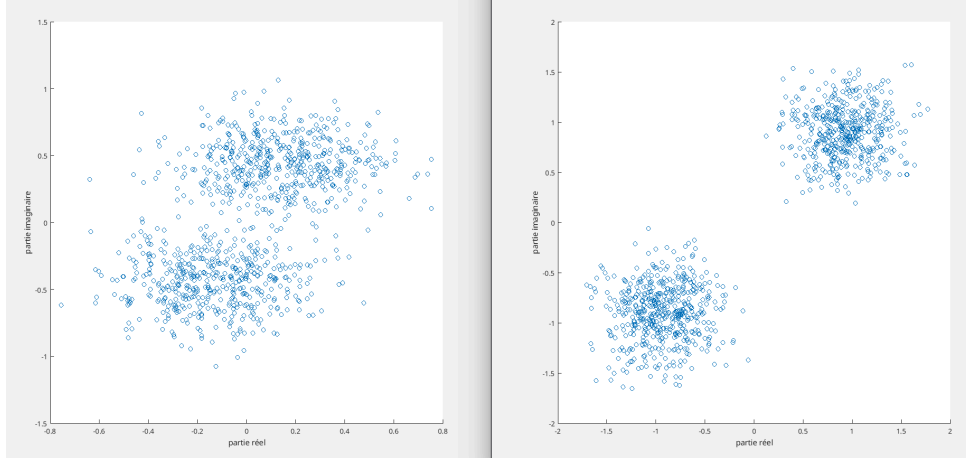


Fig. 11. – constellation de la porteuse 6 et 15

Nous pouvons voir que la constellation de la porteuse 6 est déformée, ce qui est normal car elle est atténuée. La constellation de la porteuse 15 est quant à elle inchangée ou quasiment. Nous voyons d'ailleurs une rotation induite par le canal.

Malheureusement, pour notre TEB, il n'est plus nul dans ce cas là, nous avons par exemple sur cette simulation un TEB de 0.3609, nous voyons ça car même si nous n'avons pas de bruit, le canal crée de l'interférence inter porteuses (ICI) en rompant l'orthogonalité et donc nous voyons apparaître un $TEB > 0$.

3.2. Implantation avec intervalle de garde composé de zéros

Dans cette partie, nous allons ajouter un intervalle de garde composé de zéros devant chaque symbole OFDM transmis avant passage dans le canal de propagation.