



Rapport

Transmissions sur fréquence porteuse

Nihal BELMAKHFI et Héroïse LAFARGUE

Département Sciences du Numérique - Première année
Télécommunications
2021-2022

Table des matières

1	Introduction	3
2	Utilisation de la chaine passe-bas equivalente pour le calcul et l'estimation du taux d'erreur binaire	3
2.1	Implantation de la chaine sur frequence porteuse	3
2.2	Implantation de la chaine passe-bas equivalente	5
3	Comparaison de modulations sur fréquence porteuse	8
3.1	Implantation sous Matlab	8
3.1.1	Etude de chaque chaine de transmission	8
3.2	Comparaison des chaines de transmission	11
4	Conclusion	12

Table des figures

1	Figure du signal généré sur les voies de phase	3
2	Densité spectrale de puissance du signal modulé sur fréquence porteuse	4
3	Taux d'erreur binaire obtenu avec bruit en fonction de E_b/N_0	4
4	Comparaison entre le TEB simulé et le TEB théorique de la chaine étudiée	5
5	Signaux	5
6	Densité spectrale de puissance	6
7	Taux d'erreur binaire obtenu avec bruit pour la chaine passe-bas equivalente	6
8	Constellation en sortie du mapping et en sortie de l'échantillonneur	7
9	Comparaison des TEB des deux chaines	7
10	Constellations en sortie du mapping	8
11	Constellation en sortie de l'échantillonneur pour $E_b/N_0 = 1$	9
12	Constellation en sortie de l'échantillonneur pour $E_b/N_0 = 3$	9
13	Constellation en sortie de l'échantillonneur pour $E_b/N_0 = 6$	10
14	Taux d'erreur binaire pour les 4 modulations	10
15	Comparaison des TEB théoriques pour les modulations ASK, PSK et QAM	11
16	Comparaison des DSP pour les modulations ASK, PSK et QAM	12

1 Introduction

Dans cette séquence nous étudions la transmission sur fréquence porteuse.

2 Utilisation de la chaine passe-bas equivalente pour le calcul et l'estimation du taux d'erreur binaire

2.1 Implantation de la chaine sur fréquence porteuse

1. Sur la figure 1, nous avons tracé les signaux générés sur les voies en phase et en quadrature ainsi que le signal transmis sur fréquence porteuse.

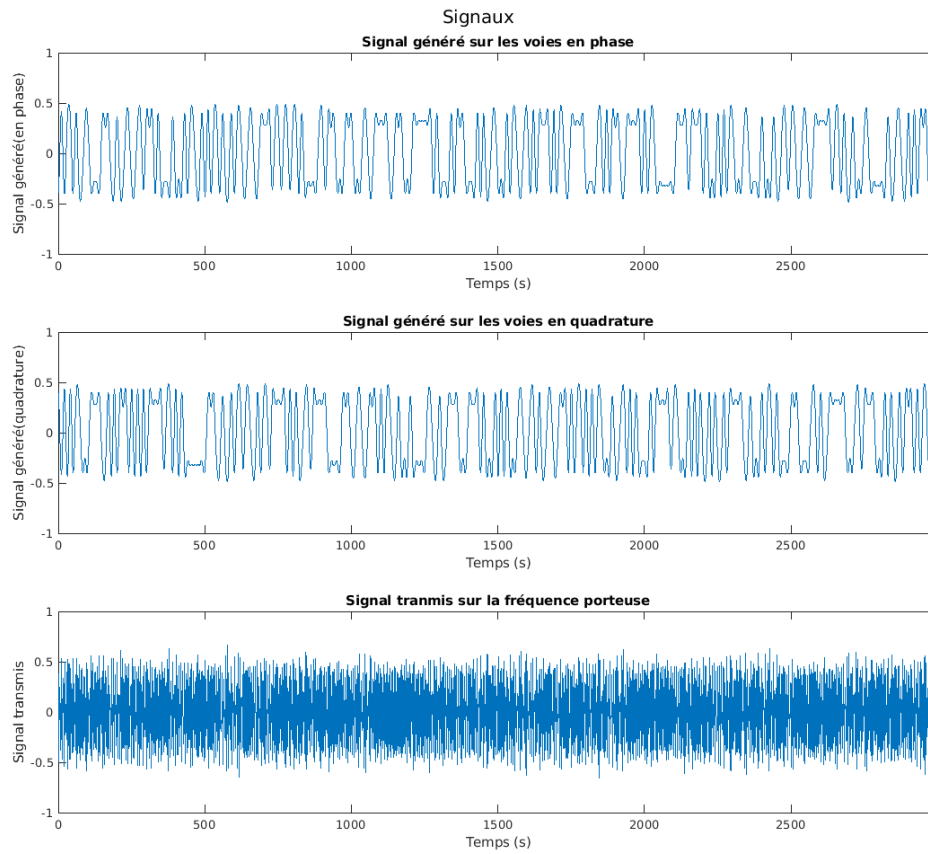


FIGURE 1 – Figure du signal généré sur les voies de phase

2. Estimation et tracé sur la figure 2 de la densité spectrale de puissance du signal modulé sur fréquence porteuse.

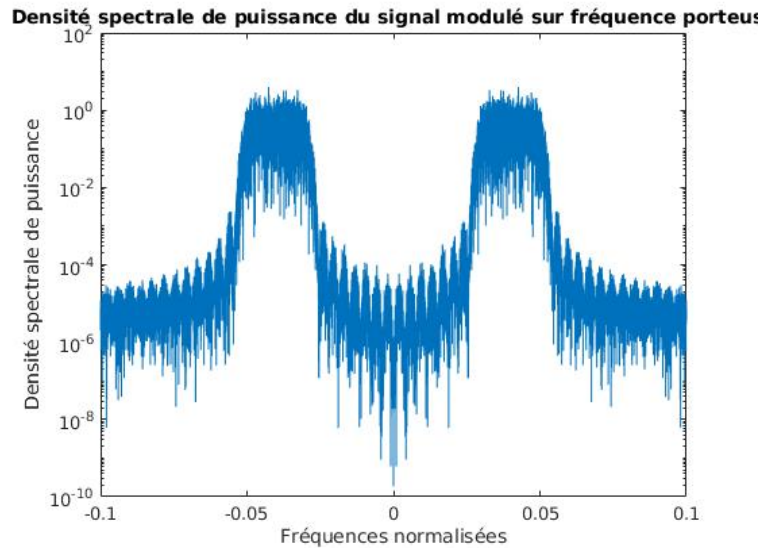


FIGURE 2 – Densité spectrale de puissance du signal modulé sur fréquence porteuse

Le tracé observé montre que le signal est transmis sur une fonction porteuse puisqu'il est centré autour des fréquences f_p et f_p , ce qui est bien attendu dans l'étude théorique.

3. Implantation de la chaîne complète sans bruit, et on trouve bien que le TEB est nul.

4. Ajout du bruit et tracé du taux d'erreur binaire obtenu en fonction du rapport signal à bruit en décibel sur la figure 3.

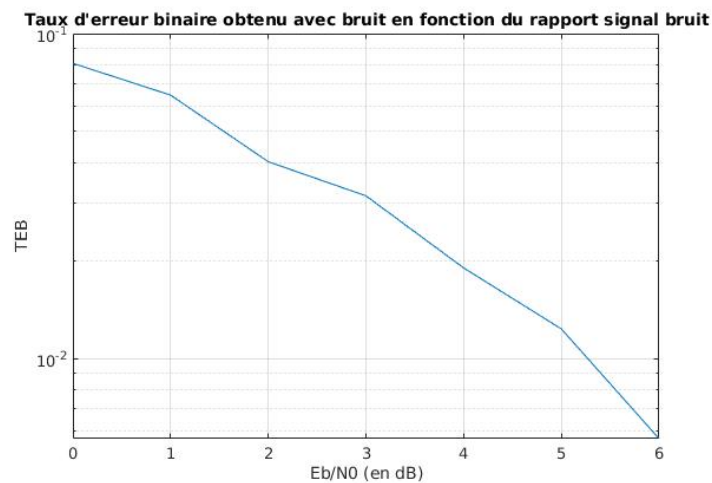


FIGURE 3 – Taux d'erreur binaire obtenu avec bruit en fonction de E_b/N_0

5. Nous avons tracé le TEB simulé et le TEB théorique de la chaîne étudiée sur la figure 4.

En comparant les TEB théorique et simulé, on trouve que l'écart entre les deux courbes est bien faible, ainsi on conclut le bon fonctionnement de notre chaîne de transmission.

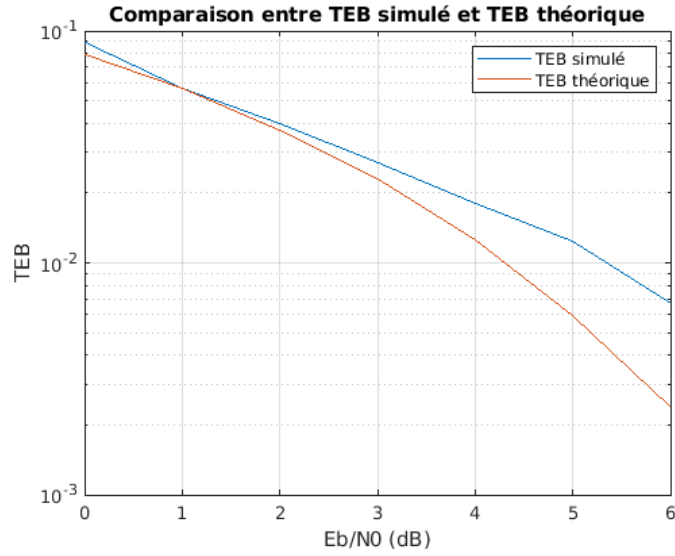


FIGURE 4 – Comparaison entre le TEB simulé et le TEB théorique de la chaine étudiée

2.2 Implantation de la chaine passe-bas équivalente

1. Sur la figure 5, traçage des signaux générés sur les voies en phase et en quadrature.

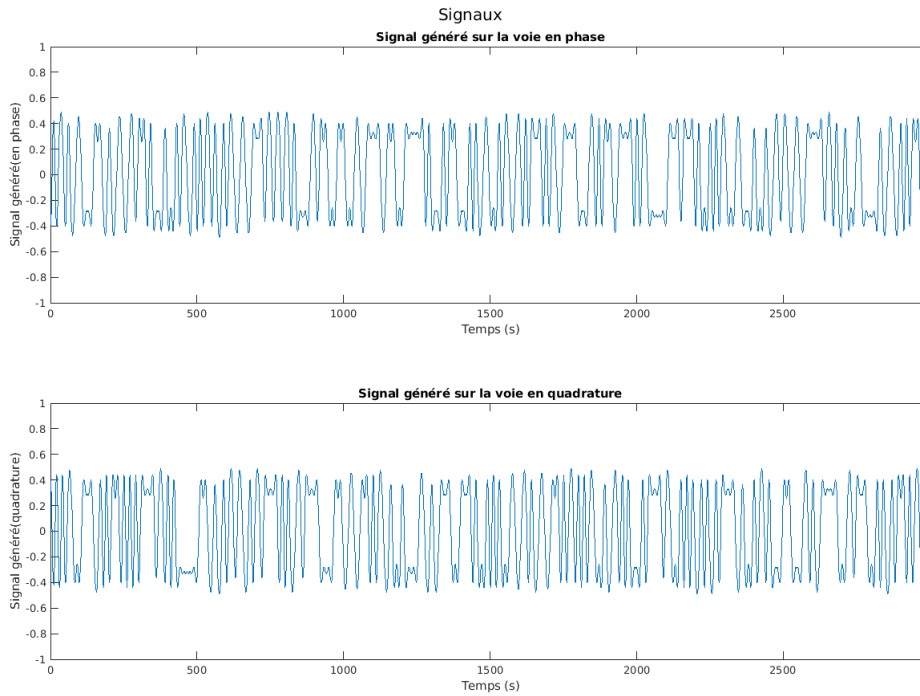


FIGURE 5 – Signaux

2. Estimation et tracé sur la figure 6 de la densité spectrale de puissance de l'enveloppe complexe associée au signal modulé sur fréquence porteuse.

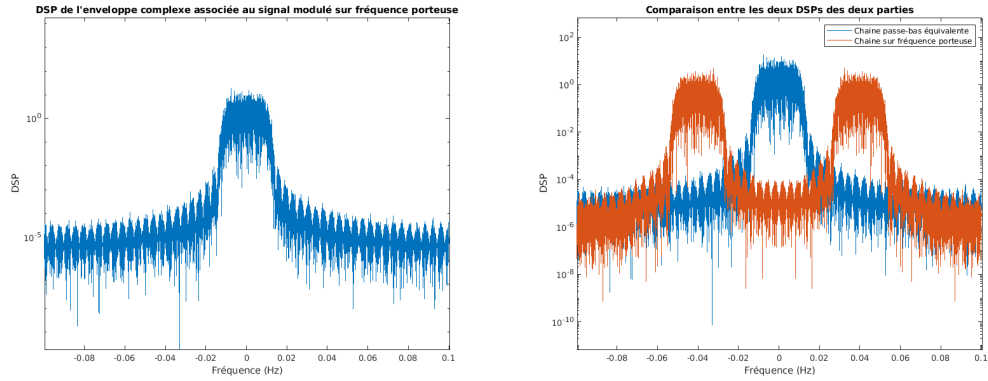


FIGURE 6 – Densité spectrale de puissance

Nous remarquons que la densité spectrale de puissance est centrée autour de la valeur 0, cela montre qu'il s'agit d'une transmission en bande de base et c'est bien ce qui était attendu en théorie. Contrairement à la densité spectrale de puissance sur fréquence porteuse qui doit être normalement centrée autour des fréquences f_p et f_p comme le montre la figure ci-dessus.

3. implémentation de la chaîne complète sans bruit et on obtient bien un TEB nul en utilisant les instants optimaux d'échantillonnage et un détecteur à seuil optimal.

4. Ajout du bruit et traçage sur la figure 7 le taux d'erreur binaire obtenu en fonction du rapport signal à bruit.

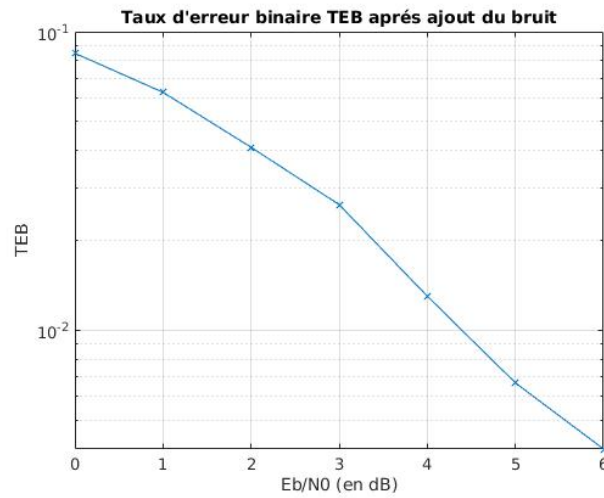


FIGURE 7 – Taux d'erreur binaire obtenu avec bruit pour la chaîne passe-bas équivalente

5. traçage sur la figure 8 des constellations en sortie du mapping et en sortie de l'échantillonneur pour une valeur de E_b/N_0 égale à 6dB.

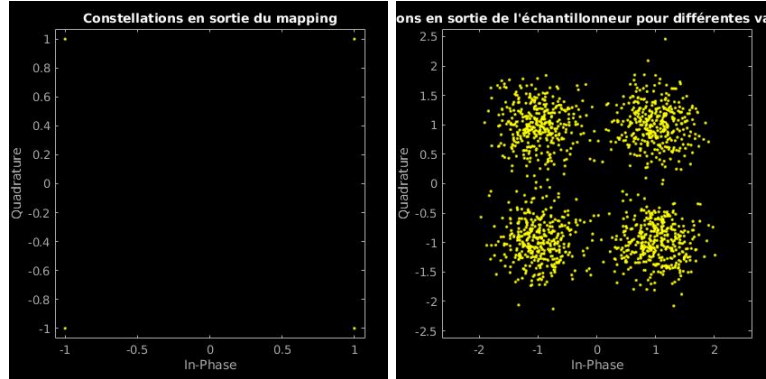


FIGURE 8 – Constellation en sortie du mapping et en sortie de l'échantillonneur

On remarque que les points dans la figure 8 se centrent autour des symboles d_k choisis, ce qui va nous permettre après en utilisant un détecteur à seuil optimal de trouver les bits envoyés.

6. Traçage sur la figure 9 du TEB obtenu avec la chaîne simulée sur fréquence porteuse et celui de la chaîne passe-bas équivalente.

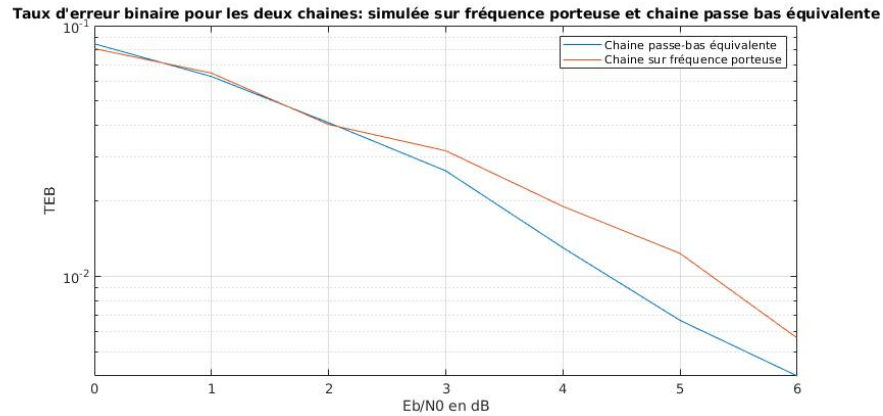


FIGURE 9 – Comparaison des TEB des deux chaînes

Comme le montre la figure 9, l'écart entre les deux taux d'erreur binaire est faible, ce qui permet de conclure que la chaîne sur fréquence porteuse est équivalente à la chaîne passe-bas équivalente.

3 Comparaison de modulations sur fréquence porteuse

3.1 Implantation sous Matlab

3.1.1 Etude de chaque chaine de transmission

1. Implantation de la chaîne complète sans bruit pour vérifier que TEB est nul.
2. Ajout du bruit et traçage sur la figure 10 des constellations en sortie du mapping pour différentes valeurs de E_b/N_0 .

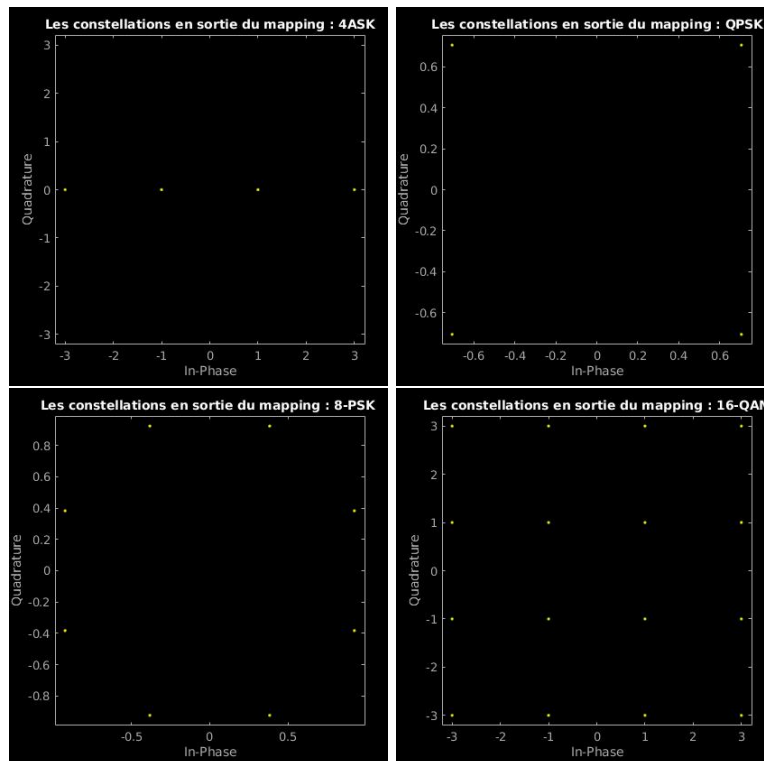


FIGURE 10 – Constellations en sortie du mapping

On ajoute du bruit et on trace sur la figure 10 les constellations en sortie du mapping.

Et sur les figures 11, 12 et 13, on trace les constellations en sortie de l'échantillonneur. On se contente d'afficher les constellations pour $E_b/N_0 = 1, 3$, et 6.

Pour tester pour des valeurs de E_b/N_0 allant de 0dB à 6dB il faut commenter le "if (i==6)" et son "end" aux lignes 436 et 445. Attention, beaucoup de figures vont s'afficher.

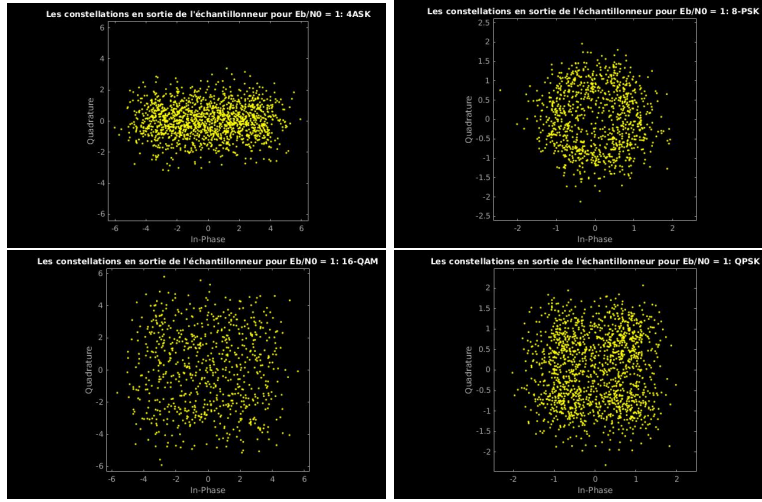


FIGURE 11 – Constellation en sortie de l'échantillonneur pour $E_b/N_0 = 1$

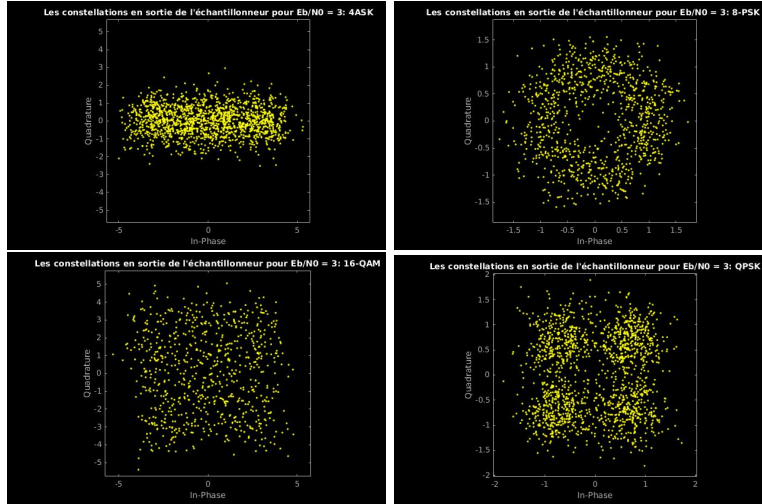


FIGURE 12 – Constellation en sortie de l'échantillonneur pour $E_b/N_0 = 3$

On remarque d'après les figures 11 et 12 et 13, lorsque le rapport signal à bruit diminue, les points s'écartent de plus en plus. On a du coup QPSK plus efficace en puissance, car en fait un détecteur à seuil optimisé détecte beaucoup mieux les bits reçus que pour les autres types de modulations.

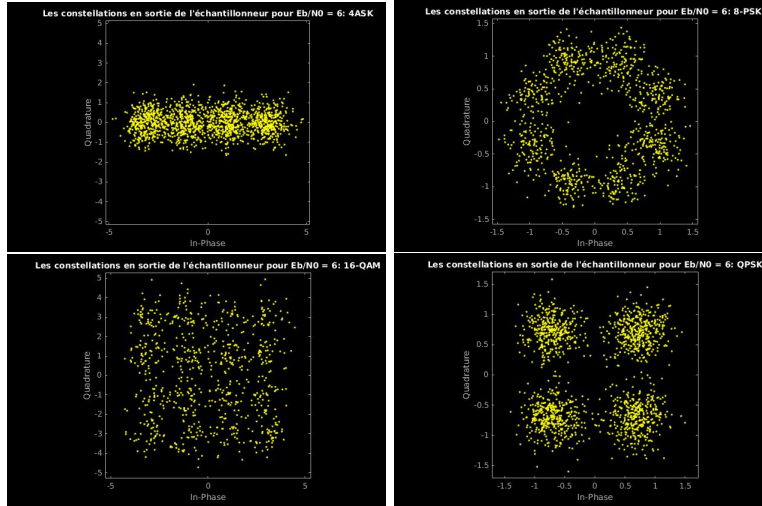


FIGURE 13 – Constellation en sortie de l'échantillonneur pour $E_b/N_0 = 6$

Sur la figure 14, on trace le taux d'erreur binaire obtenu et le TEB théorique en fonction du rapport signal à bruit par bit à l'entrée du récepteur (E_b/N_0) en décibels. On prend des valeurs de (E_b/N_0) dB allant de 0 à 6 dB.

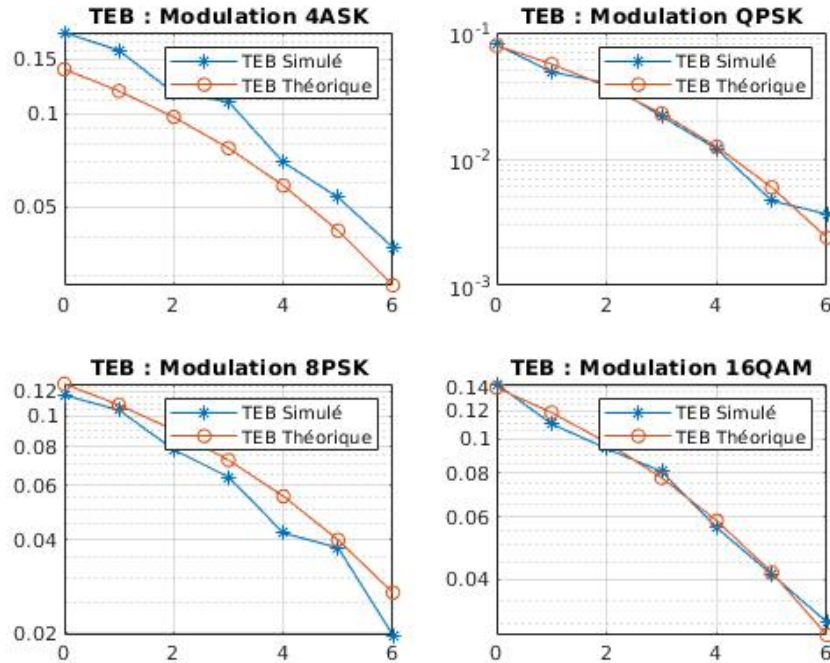


FIGURE 14 – Taux d'erreur binaire pour les 4 modulations

Puisque l'écart entre les TEBs théoriques et les TEBs simulés est très faible, cela valide le bon fonctionnement de notre chaîne de transmission.

3.2 Comparaison des chaînes de transmission

1. On compare les différentes chaînes de transmission en en termes d'efficacité en puissance en utilisant la figure 15.

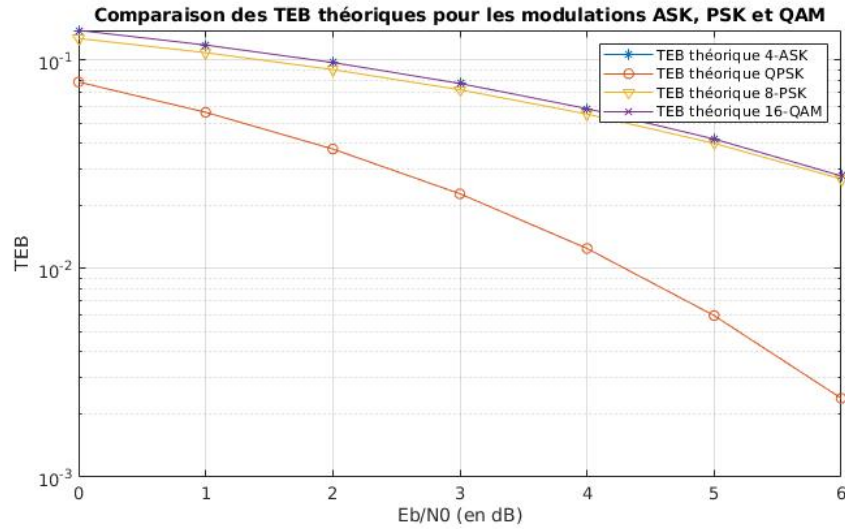


FIGURE 15 – Comparaison des TEB théoriques pour les modulations ASK, PSK et QAM

La modulation QPSK est la plus efficace en terme de puissance, suivi par la modulation 8-PSK, après par les deux autres modulations (4-ASK et 16-QAM).

2. Pour le même débit binaire, on trace les densités spectrales de puissance des signaux émis dans les différentes chaînes de transmission

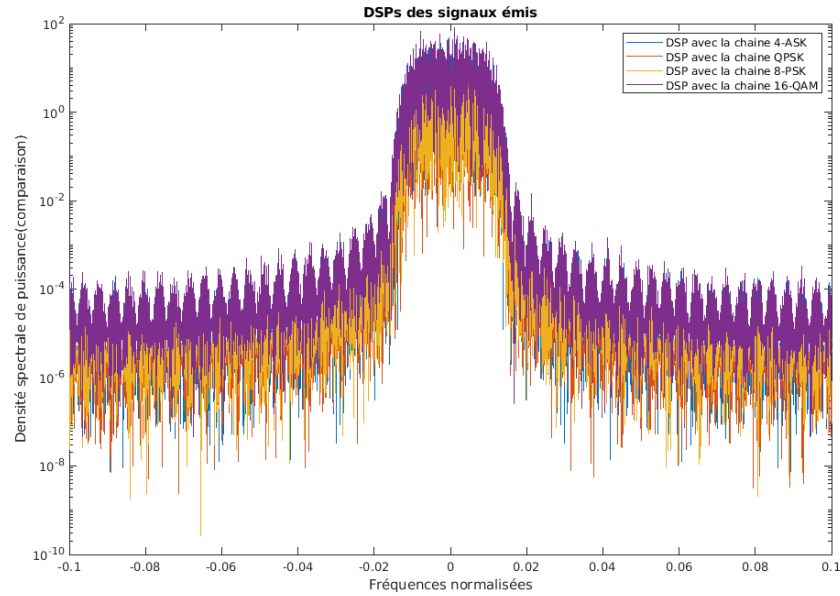


FIGURE 16 – Comparaison des DSP pour les modulations ASK, PSK et QAM

D'après la figure 16, on trouve que la modulation 16-QAM est plus efficace spectralement, en deuxième position la modulation 8-PSK, et en fin les modulations 4-ASK et QPSK.

4 Conclusion

On a remarqué au début que la chaîne sur fréquence porteuse est bien équivalente à celle passe bas équivalente en se basait sur la comparaison de leurs taux d'erreur binaire. Or, on a conclut par la suite que la modulation 16-QAM est plus efficace spectralement en comparant les densités spectrales de puissance, et que la modulation QPSK est plus efficace en term de puissance en comparant les taux d'erreur binaire.