



Télécommunication - Compte-Rendu de TP
**Etude de chaines de transmission sur fréquence
porteuse**

Yessine JMAL et Priscilia GONTHIER
Groupe M

Département Sciences du Numérique - Première année
2021-2022

Table des matières

1	Introduction	4
2	Utilisation de la chaine passe-bas équivalente pour le calcul et l'estimation du taux d'erreur binaire	4
2.1	Introduction	4
2.2	Implantation de la chaine sur fréquence porteuse	4
2.2.1	Tracés des signaux	5
2.2.2	Tracé de la densité spectrale de puissance	6
2.2.3	Implantation de la chaine sans bruit	6
2.2.4	Implantation de la chaine avec ajout du bruit	7
2.3	Implantation de la chaine passe-bas équivalente	7
2.3.1	Tracés des signaux	8
2.3.2	Tracé de la densité spectrale de puissance	9
2.3.3	Implantation de la chaine sans bruit	9
2.3.4	Implantation de la chaine passe-bas équivalente	10
2.3.5	Tracé des constellations	11
2.3.6	Comparaison des TEB des 2 chaines	13
3	Comparaison de modulations sur fréquence porteuse	13
3.1	Transmissions à étudier	13
3.2	Etude de chaque chaine de transmission	14
3.2.1	Modulation 4-ASK	14
3.2.2	Modulation QPSK	15
3.2.3	Modulation 8-PSK	16
3.2.4	Modulation 16-QAM	18
3.3	Comparaison des chaines de transmission	20
3.3.1	Efficacité en puissance	20
3.3.2	Efficacité spectrale	21

Table des figures

1	Chaine de transmission sur porteuse	4
2	Signal en phase et en quadrature de la chaine de propagation sur fréquence porteuse	5
3	Signal transmis sur fréquence porteuse	5
4	DSP du signal modulé sur fréquence porteuse	6
5	TEB en fonction du rapport signal sur bruit de la chaine en fréquence porteuse . .	7
6	Chaine de transmission passe bas équivalente	8
7	Signal en phase et en quadrature de la chaine de propagation équivalente	8
8	DSP du signal modulé sur fréquence porteuse	9
9	TEB en fonction du rapport signal sur bruit de la chaine en fréquence porteuse . .	10
10	Constellation en sortie du mapping	11
11	Constellation en sortie d'échantillonneur pour différentes valeurs du rapport signal sur bruit	12
12	TEB en fonction du rapport signal sur bruit des 2 chaines	13
13	Constellation 4-ASK après mapping	14
14	Constellation 4-ASK après échantillonneur	14
15	TEB en fonction du SNR pour le modulateur 4-ASK	15
16	Constellation QPSK après mapping	15
17	Constellation QPSK après échantillonneur	16
18	TEB en fonction du SNR pour le modulateur QPSK	16

19	Constellation 8-PSK après mapping	17
20	Constellation 8-PSK après échantillonneur	17
21	TEB en fonction du SNR pour le modulateur 8-PSK	18
22	Constellation 16-QAM après mapping	18
23	Constellation 16-QAM après échantillonneur	19
24	TEB en fonction du SNR pour le modulateur 16-QAM	19
25	TEB en fonction du SNR pour les différents modulateurs	20
26	DSP des différents modulateurs	21

1 Introduction

L'objectif du travail présenté dans ce rapport était d'étudier des chaînes de transmission sur fréquence porteuse. Nous avons tout d'abord implanté, en utilisant la modulation Qpsk, la chaîne sur fréquence porteuse, avant d'implanter la chaîne équivalente afin de les comparer. Puis nous avons comparé différentes modulation en utilisant la chaîne équivalente. Les code de l'étude de la chaîne équivalente sont dans freq_porteuse.m et ceux de la comparaison des modulateurs dans partie4.m.

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

2.1 Introduction

L'objectif de cette partie est de montrer que le taux d'erreur binaire est identique entre la chaîne de transmission sur fréquence porteuse et sa chaîne équivalente. On utilise ici la modulation Qpsk pour implanter les chaînes.

2.2 Implantation de la chaîne sur fréquence porteuse

On utilise une modulation Qpsk et on étudie la transmission sur une chaîne sans bruit afin de vérifier le fonctionnement de la chaîne de transmission.

On implante la chaîne de transmission QPSK sur fréquence porteuse, avec mapping de Gray, facteur de suréchantillonnage permettant de respecter la condition de Shannon, mise en forme en racine de cosinus surélevé, canal AWGN et récepteur optimal (critère de Nyquist respecté, filtrage adapté, instants optimaux d'échantillonnage, détecteur à seuil avec seuil optimaux). Le roll-off du filtre de mise en forme sera pris égal à 0.35, la fréquence porteuse $f_p = 2kHz$, la fréquence d'échantillonnage $F_e = 10kHz$ et le débit binaire $Rb = 2kbps$.

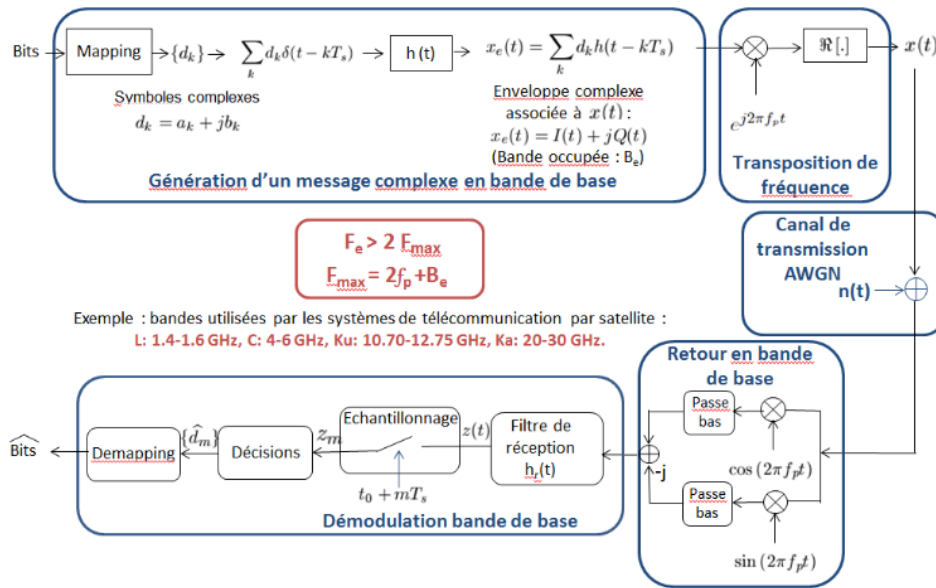


FIGURE 1 – Chaîne de transmission sur porteuse

2.2.1 Tracés des signaux

Nous avons en premier lieu tracé les signaux en phase et en quadrature ainsi que le signal transmis sur fréquence porteuse.

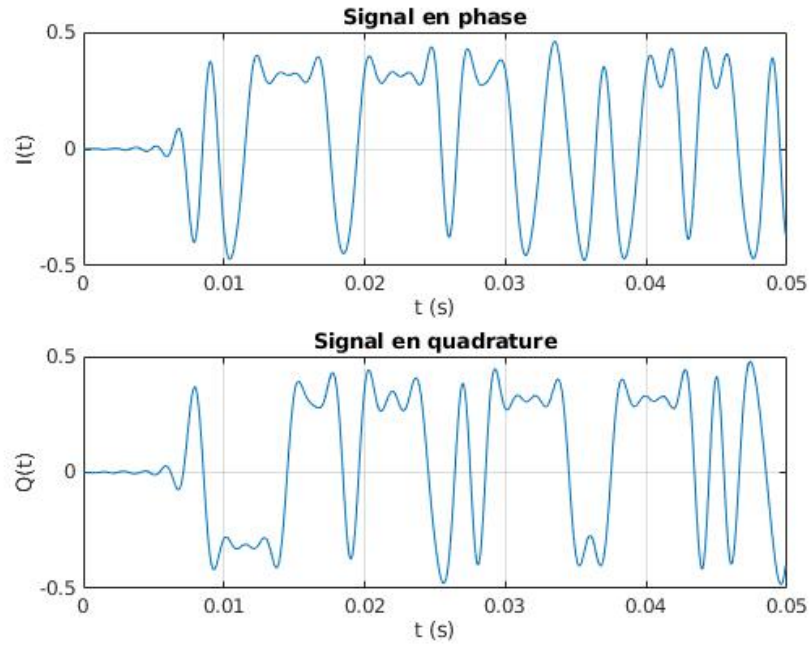


FIGURE 2 – Signal en phase et en quadrature de la chaîne de propagation sur fréquence porteuse

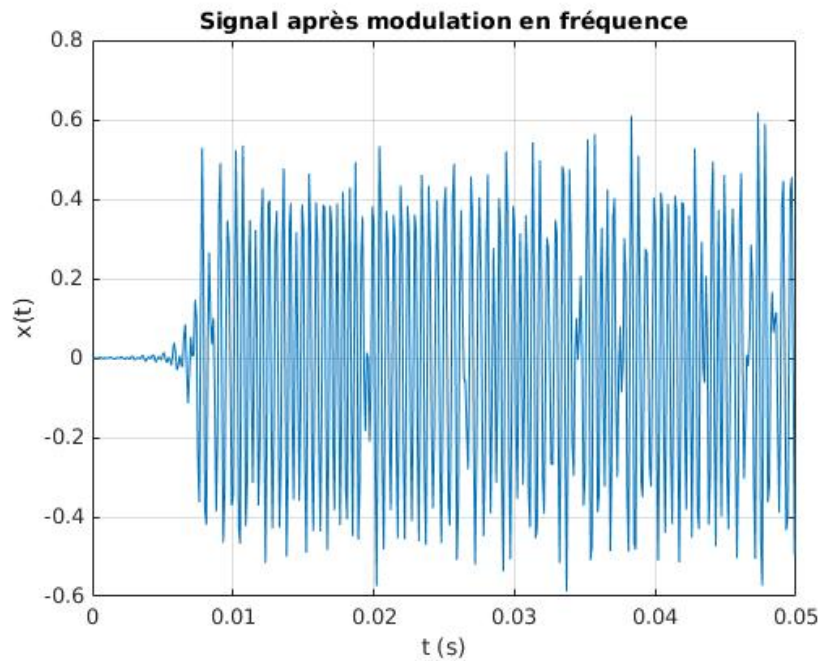


FIGURE 3 – Signal transmis sur fréquence porteuse

2.2.2 Tracé de la densité spectrale de puissance

Nous avons ensuite estimé puis tracé la DSP modulé sur fréquence porteuse.

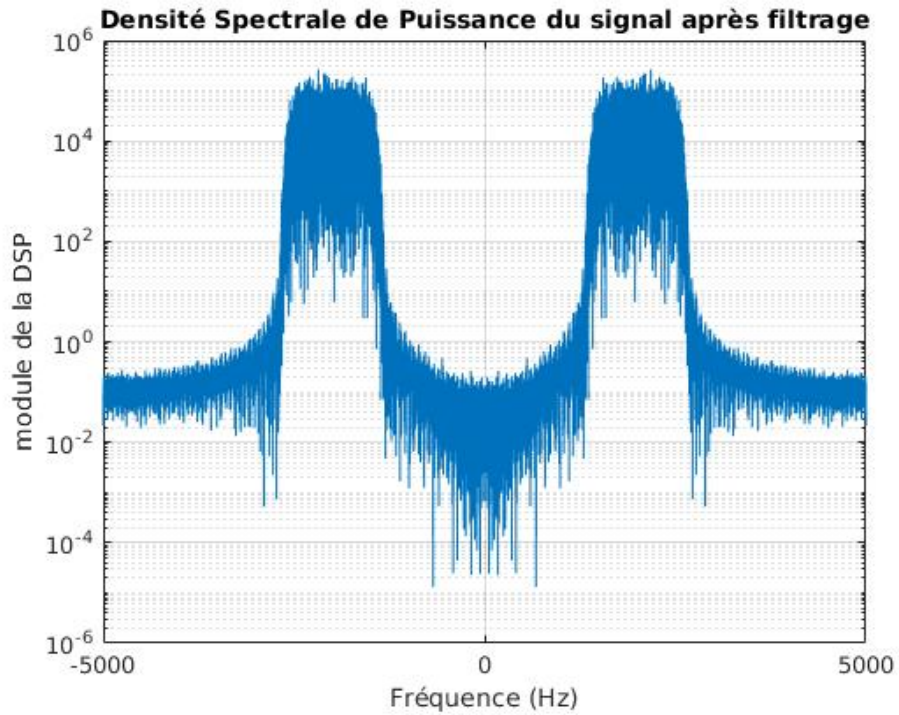


FIGURE 4 – DSP du signal modulé sur fréquence porteuse

Le tracé correspond bien à la théorie puisque nous obtenons 2 pics, un situé sur $-f_p$ et le second sur f_p .

2.2.3 Implantation de la chaine sans bruit

Nous obtenons bien un TEB nul avec une chaine sans bruit, ce qui valide l'implantation de notre chaine.

2.2.4 Implantation de la chaine avec ajout du bruit

Nous avons fait varier le rapport signal sur bruit E_b/N_0 entre 0 à 6 dB.

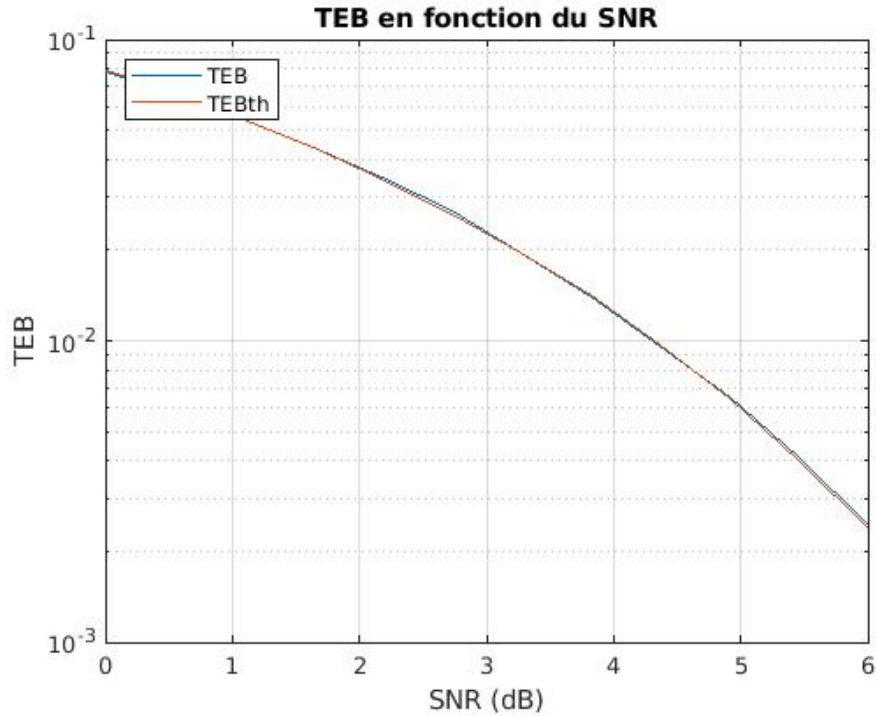


FIGURE 5 – TEB en fonction du rapport signal sur bruit de la chaine en fréquence porteuse

La courbe du TEB de la chaine se superpose à celle du TEB théorique. Nous pouvons donc valider le fonctionnement de la chaine sur fréquence porteuse.

2.3 Implantation de la chaine passe-bas équivalente

On implante ici la chaine de transmission passe-bas équivalente à la chaine de transmission précédente. Cette fois-ci il n'y a pas de transposition en fréquence, mais le bruit ajouté est complexe.

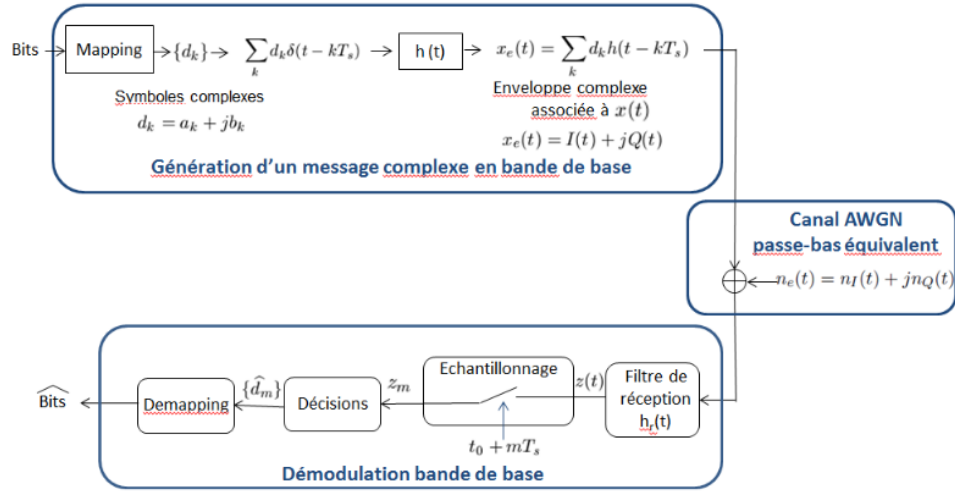


FIGURE 6 – Chaîne de transmission passe bas équivalente

2.3.1 Tracés des signaux

Nous avons comme pour la chaîne sur fréquence porteuse tracé les signaux en phase et en quadrature.

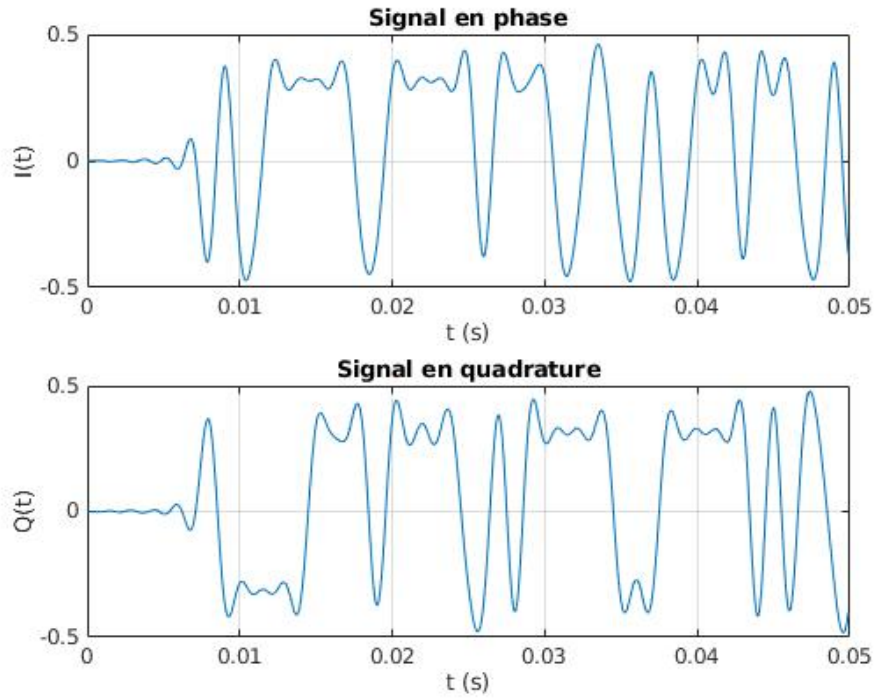


FIGURE 7 – Signal en phase et en quadrature de la chaîne de propagation équivalente

Nous pouvons remarquer que les signaux sont identiques à ceux de la chaîne en fréquence porteuse.

2.3.2 Tracé de la densité spectrale de puissance

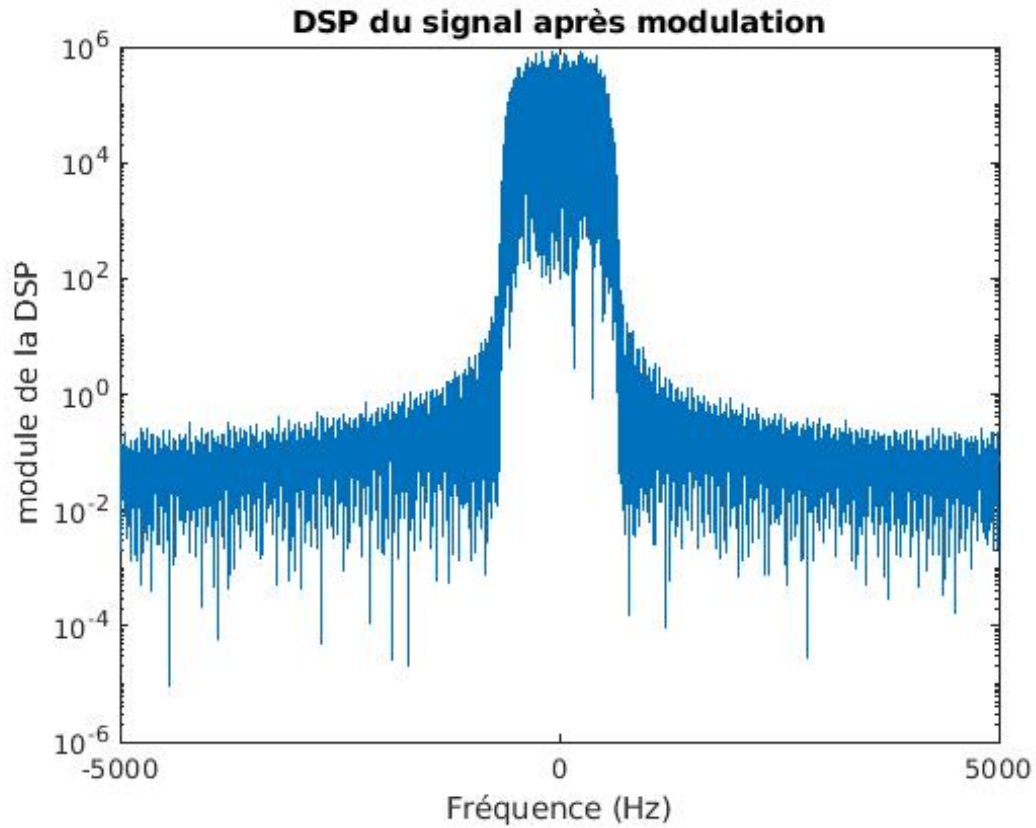


FIGURE 8 – DSP du signal modulé sur fréquence porteuse

La DSP est centrée en 0, contrairement à celle de la chaîne en fréquence porteuse, ce qui est normal puisqu'il n'y a pas eu de transposition en fréquence. Elle correspond à la DSP que l'on doit trouver théoriquement.

2.3.3 Implantation de la chaîne sans bruit

Nous obtenons bien un TEB nul avec une chaîne sans bruit, comme précédemment ce qui valide l'implantation de notre chaîne.

2.3.4 Implantation de la chaine passe-bas équivalente

Nous avons comme précédemment fait varier le rapport signal sur bruit E_b/N_0 entre 0 à 6 dB.

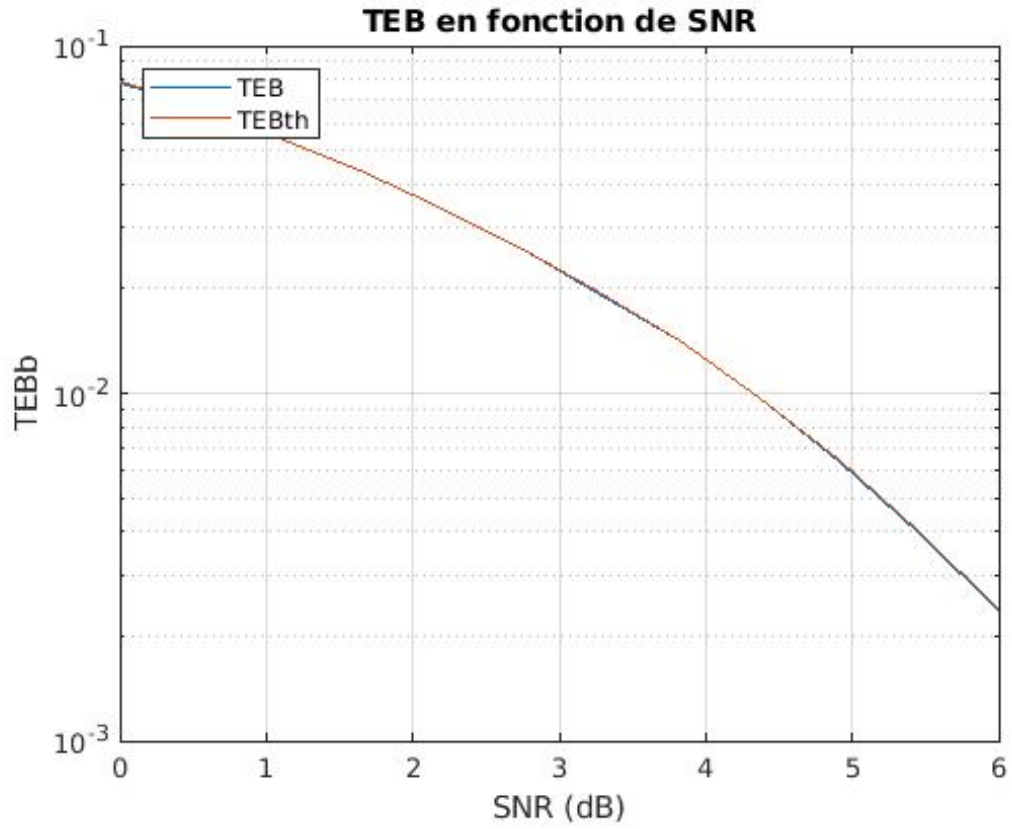


FIGURE 9 – TEB en fonction du rapport signal sur bruit de la chaine en fréquence porteuse

La courbe du TEB de la chaine se superpose à celle du TEB théorique. Nous pouvons donc valider le fonctionnement de la chaine sur fréquence porteuse.

2.3.5 Tracé des constellations

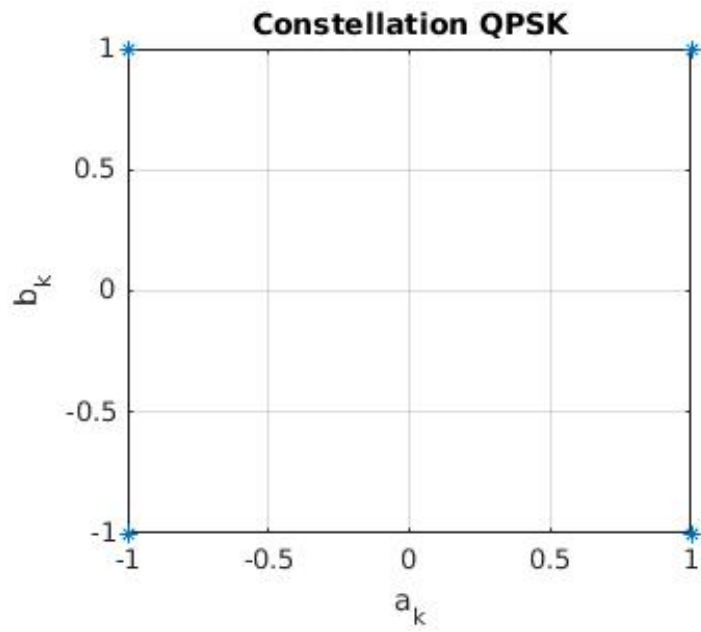


FIGURE 10 – Constellation en sortie du mapping

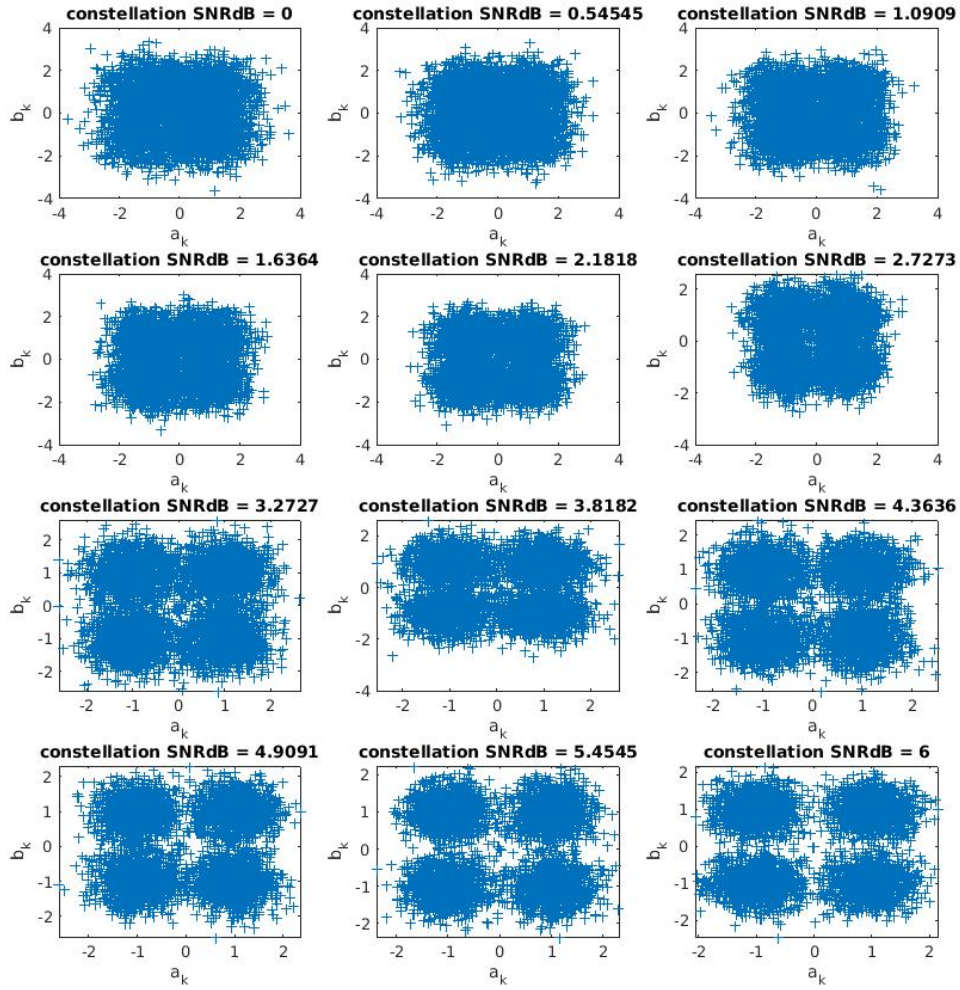


FIGURE 11 – Constellation en sortie d'échantillonneur pour différentes valeurs du rapport signal sur bruit

On remarque que plus le rapport est élevé, plus on arrive à distinguer les différents groupes et donc moins il y aura d'erreur lors de la décision. Cela est cohérent avec le tracé du TEB où il diminue quand le SNR augmente.

2.3.6 Comparaison des TEB des 2 chaines

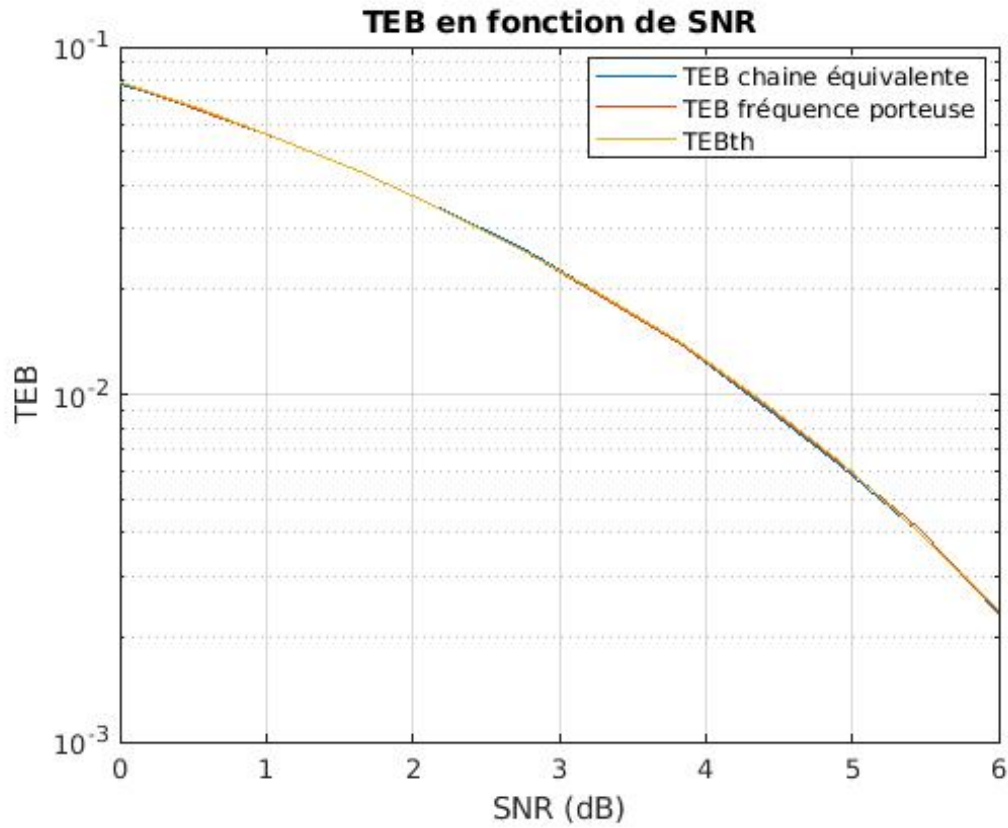


FIGURE 12 – TEB en fonction du rapport signal sur bruit des 2 chaines

On remarque que les TEB sont superposés, la chaine passe-bas équivalente est bine équivalente à la chaine sur fréquence porteuse.

3 Comparaison de modulations sur fréquence porteuse

3.1 Transmissions à étudier

Nous allons étudier les quatres chaines de transmission définies dans le tableau 1

Modulation :	4-ASK	QPSK	8-PSK	16-QAM
Filtre d'émission :	SRRCF, $\alpha = 0,5$	SRRCF, $\alpha = 0,5$	SRRCF, $\alpha = 0,5$	SRRCF, $\alpha = 0,5$
Filtre de réception :	SRRCF, $\alpha = 0,5$	SRRCF, $\alpha = 0,5$	SRRCF, $\alpha = 0,5$	SRRCF, $\alpha = 0,5$
Débit binaire :	48 kbps	48 kbps	48 kbps	48 kbps
TEB :	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}

TABLE 1 – Chaines de transmission à étudier

3.2 Etude de chaque chaine de transmission

3.2.1 Modulation 4-ASK

1. Constellations

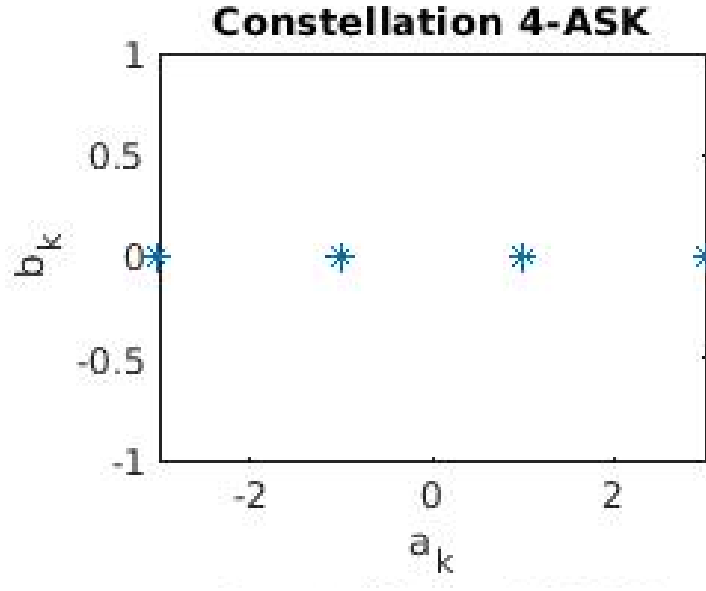


FIGURE 13 – Constellation 4-ASK après mapping

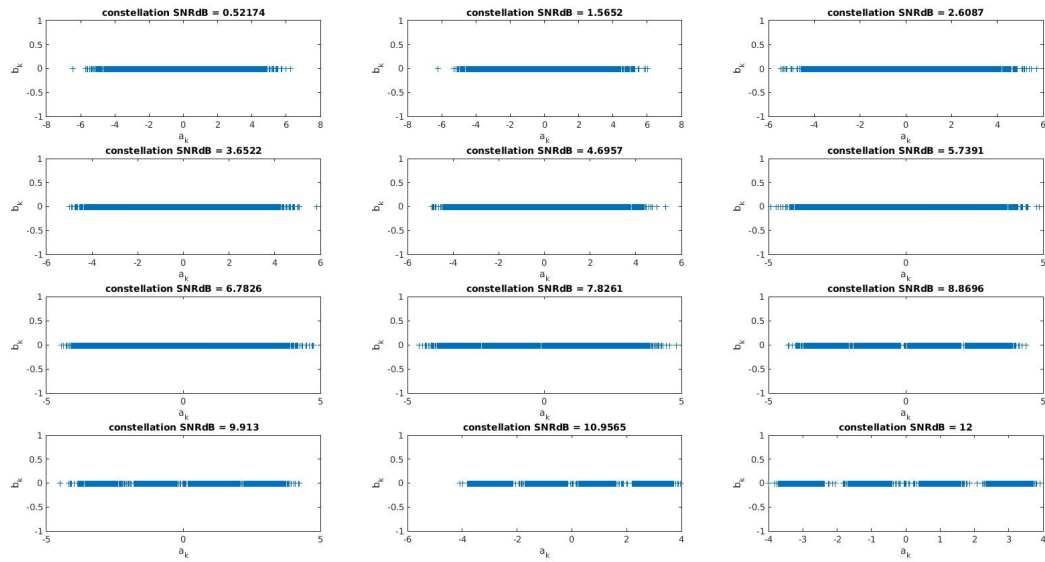


FIGURE 14 – Constellation 4-ASK après échantillonneur

2. TEB en fonction du SNR

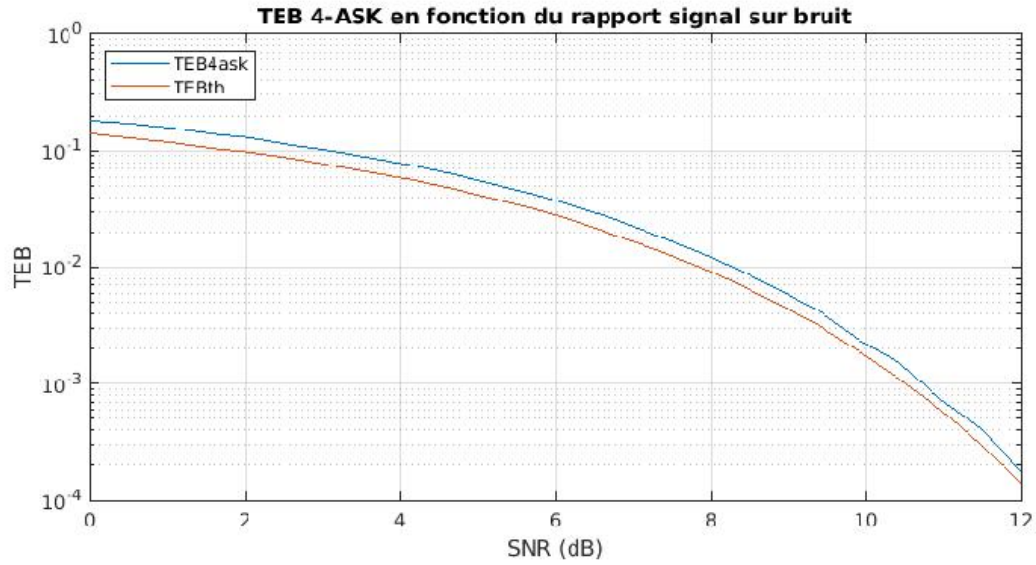


FIGURE 15 – TEB en fonction du SNR pour le modulateur 4-ASK

Pour ce modulateur les courbes ne se superposent pas. Nous pensons que cela est dû au fait que nous n'avons pas utilisé le mapping de Gray pour ce modulateur. Il est donc normal que le TEB soit un peu plus élevé. Nous avons essayé d'implanter ce modulateur en utilisant un mapping de Gray, mais n'avons pas réussi à debugger les erreurs, nous avons donc préféré laisser le mapping tel quel.

3.2.2 Modulation QPSK

1. Constellations

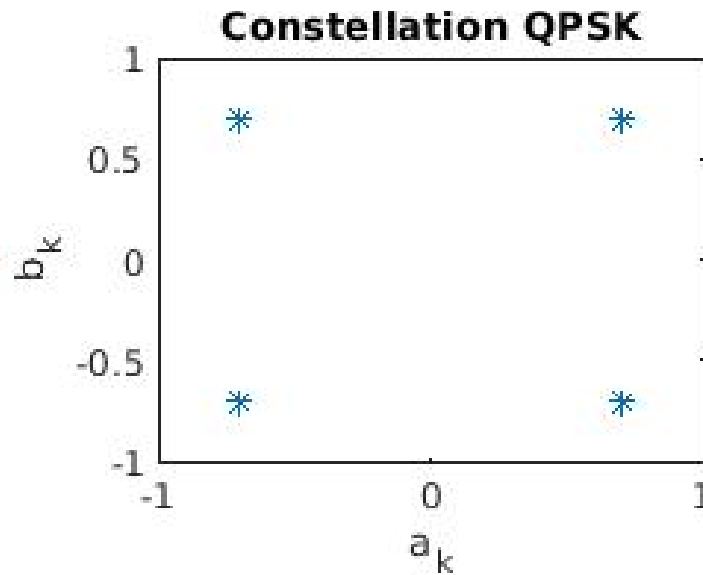


FIGURE 16 – Constellation QPSK après mapping

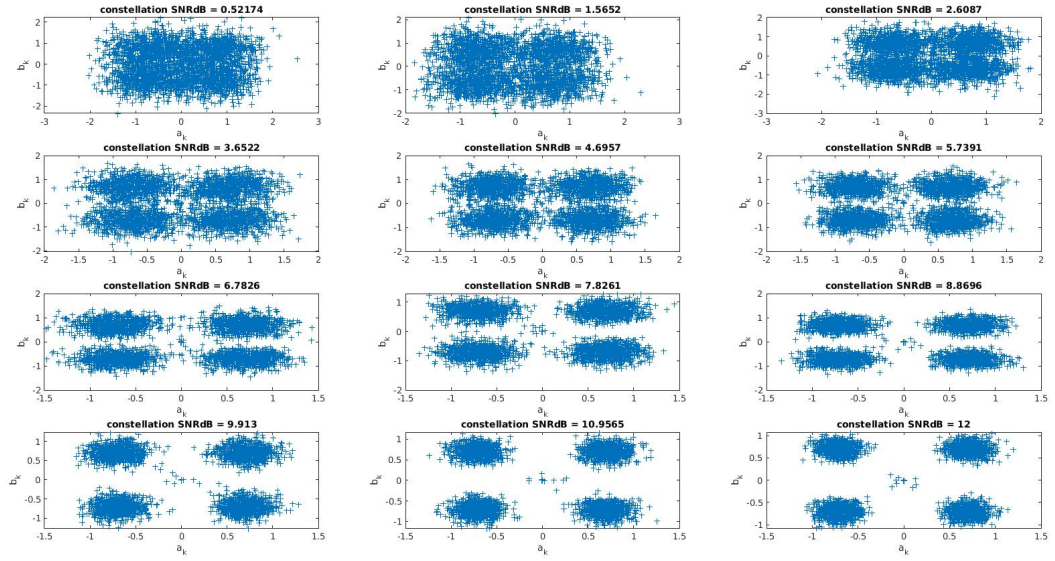


FIGURE 17 – Constellation QPSK après échantillonneur

2. TEB en fonction du SNR

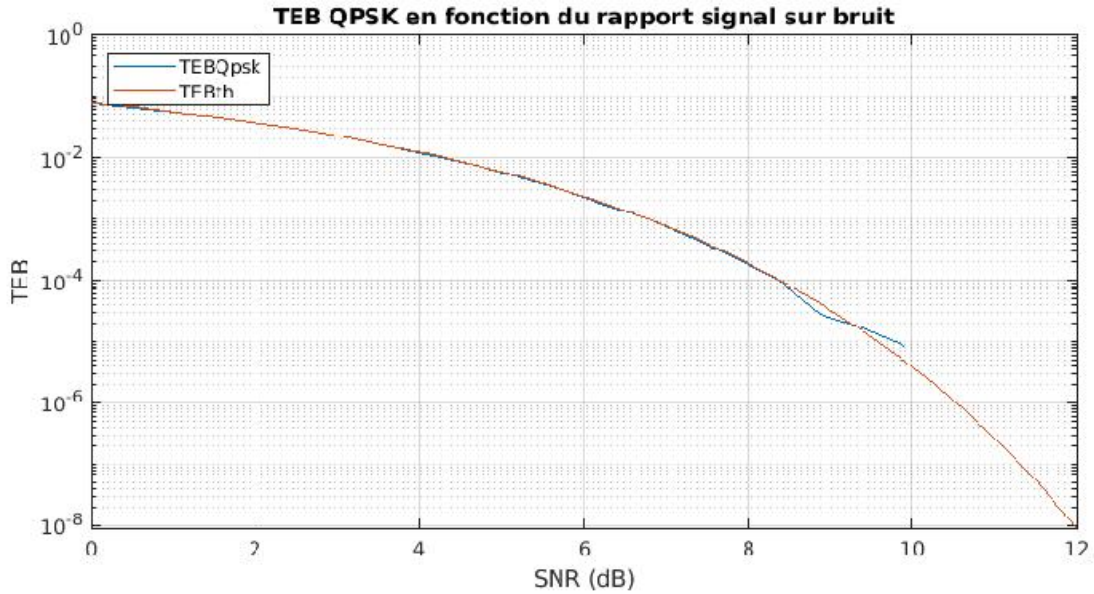


FIGURE 18 – TEB en fonction du SNR pour le modulateur QPSK

3.2.3 Modulation 8-PSK

1. Constellations

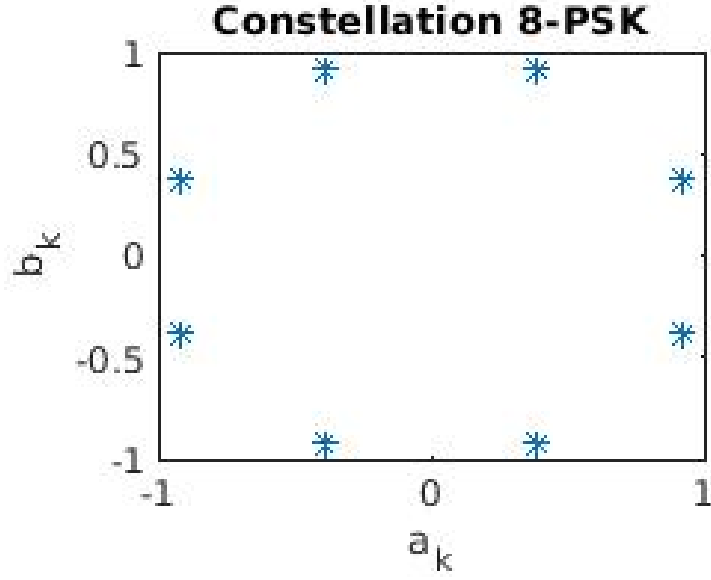


FIGURE 19 – Constellation 8-PSK après mapping

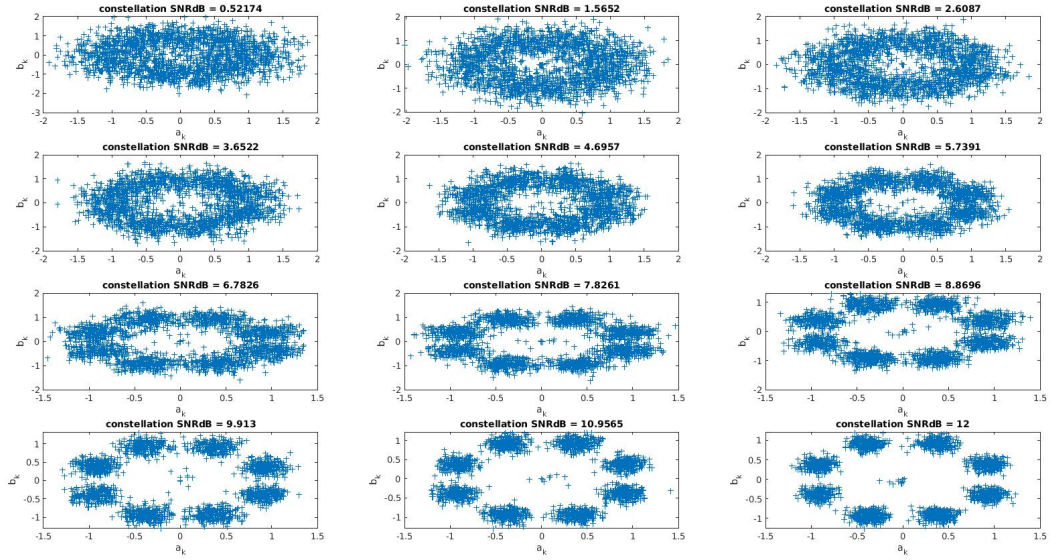


FIGURE 20 – Constellation 8-PSK après échantillonneur

2. TEB en fonction du SNR

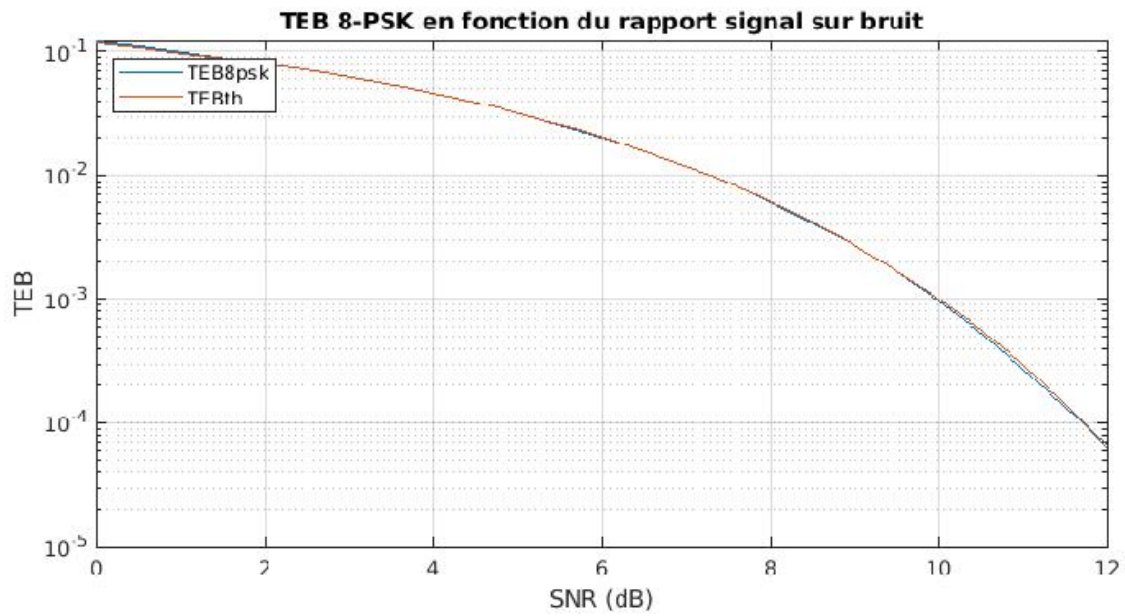


FIGURE 21 – TEB en fonction du SNR pour le modulateur 8-PSK

3.2.4 Modulation 16-QAM

1. Constellations

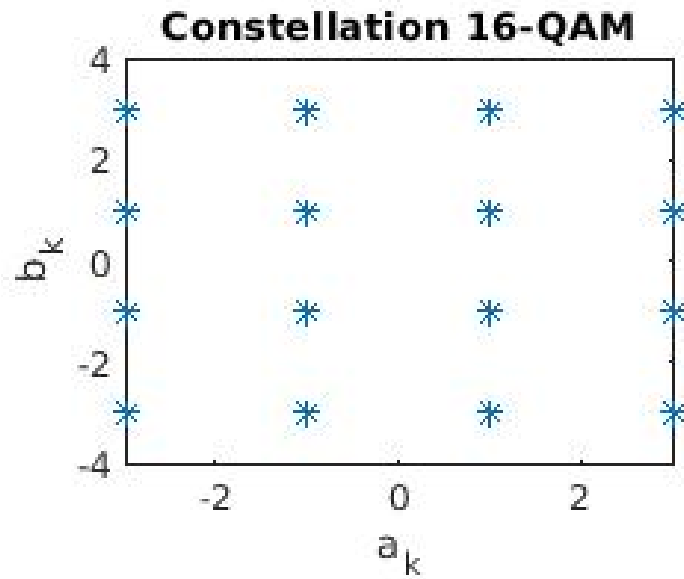


FIGURE 22 – Constellation 16-QAM après mapping

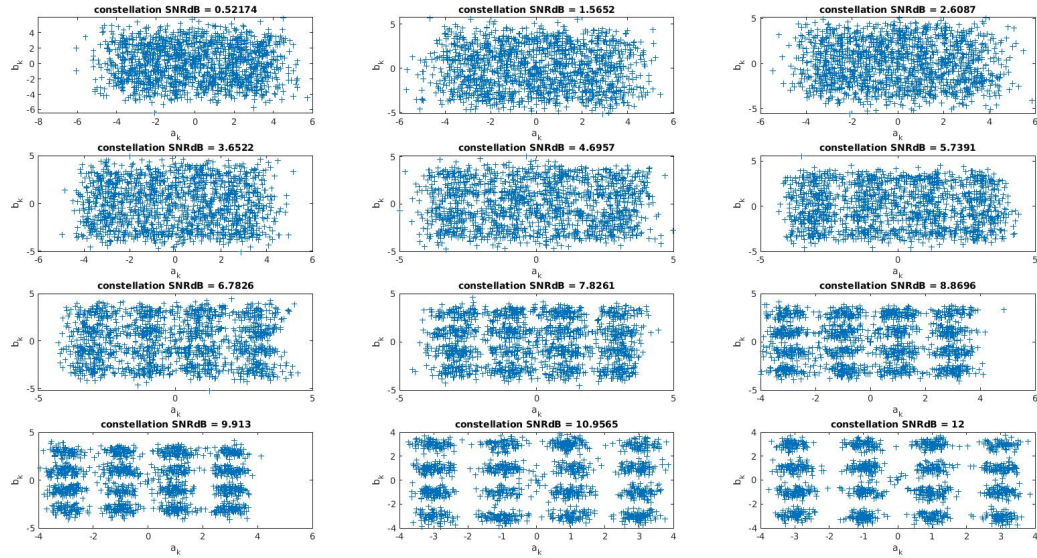


FIGURE 23 – Constellation 16-QAM après échantillonneur

2. TEB en fonction du SNR

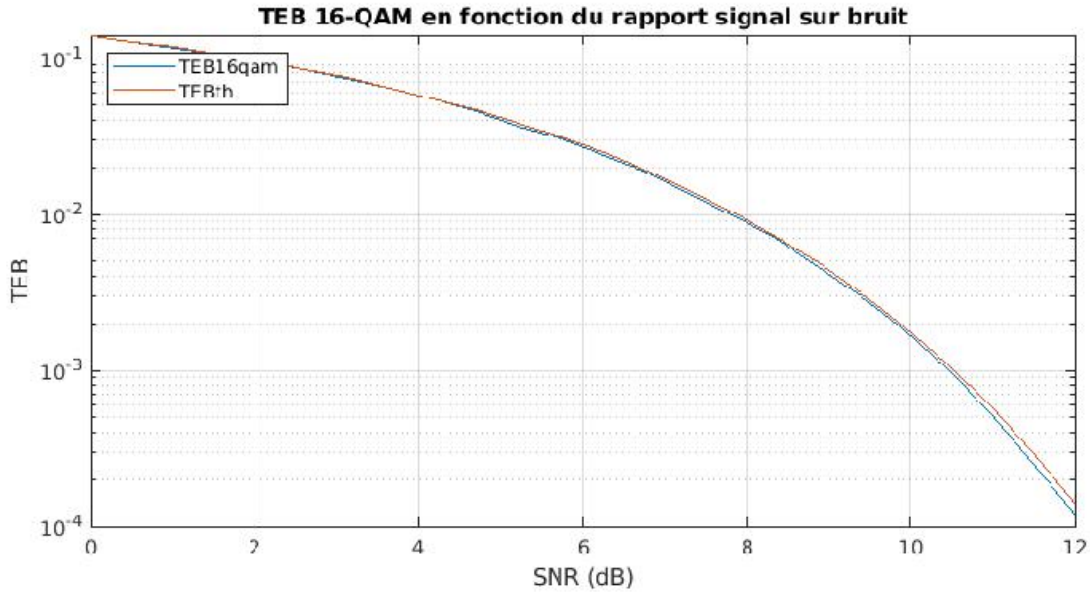


FIGURE 24 – TEB en fonction du SNR pour le modulateur 16-QAM

On remarque que pour tous les modulateurs plus le rapport est élevé, plus on arrive à distinguer les différents groupes et donc moins il y aura d'erreur lors de la décision. Cela est cohérent avec le tracé du TEB où il diminue quand le SNR augmente. Les courbes sont bien superposées aux courbes théoriques, on peut donc valider le fonctionnement des différentes chaines de propagation.

3.3 Comparaison des chaines de transmission

3.3.1 Efficacité en puissance

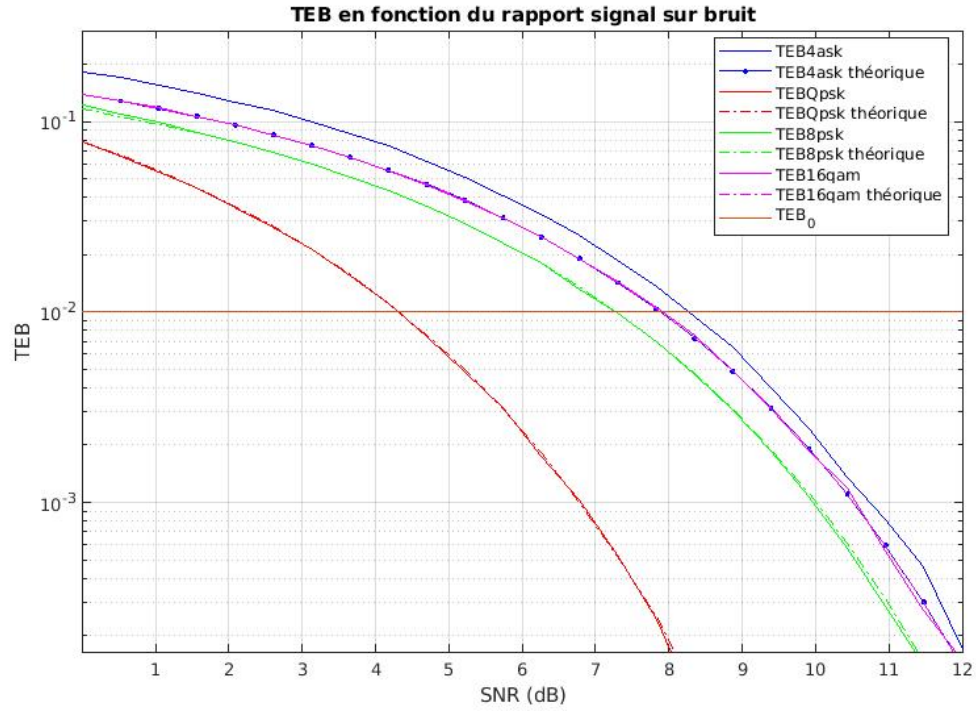


FIGURE 25 – TEB en fonction du SNR pour les différents modulateurs

Nous pouvons remarquer que la transmission avec le plus faible taux d'erreur binaire est le QPSK. Ensuite suivi du 8-PSK, puis du 16-QAM et du 4-ASK qui sont superposés. Le modulateur qui a la meilleure efficacité en puissance est donc le modulateur QPSK.

3.3.2 Efficacité spectrale

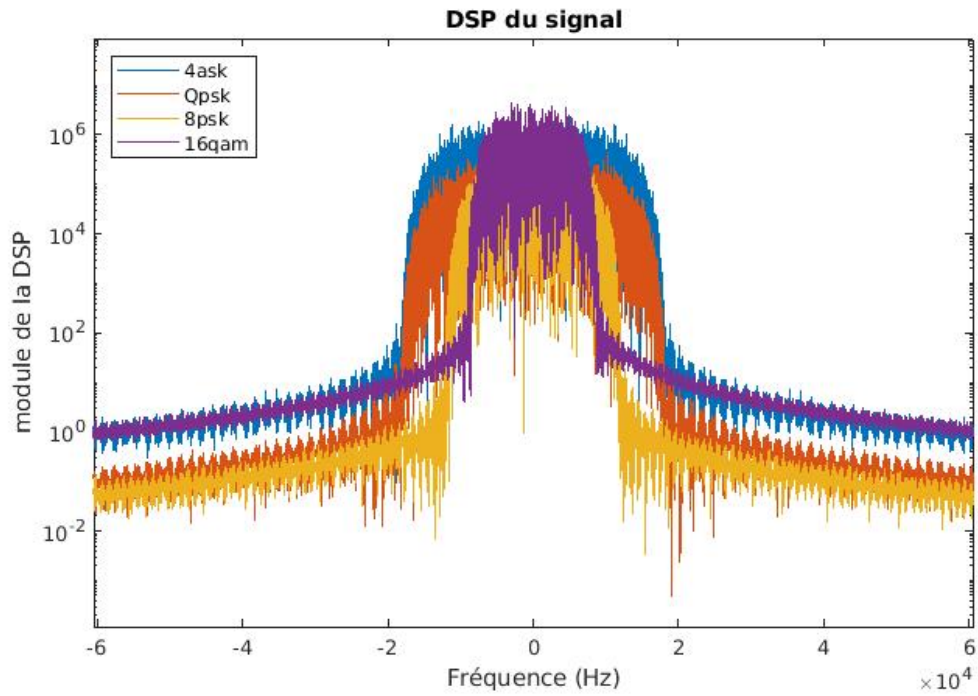


FIGURE 26 – DSP des différents modulateurs

Nous en déduisons d'après la courbe 26 que le modulateur avec la meilleur efficacité spectrale est le 16-QAM, puis vient le 8-PSK, suivi du QPSK et enfin du 4-ASK.