



Etudes de chaines de transmission sur fréquence porteuse

Oussakel Rachida et Hallopeau Rémi

Département Sciences du Numérique - Première année
2021 - 2022

Table des matières

1	Introduction	4
2	Utilisation de la chaîne passe-bas équivalente pour le calcul et l'estimation du taux d'erreur binaire	4
2.1	Introduction	4
2.2	Implantation de la chaîne sur fréquence porteuse	4
2.3	Implantation de la chaîne passe-bas équivalente	7
3	Comparaison de modulations sur fréquence porteuse	11
3.1	Introduction	11
3.2	Étude de chaque chaîne de transmission	11
3.3	Comparaison des chaînes de transmission	20
4	Conclusion	20
5	Références	20
6	Annexes éventuelles	20

Table des figures

1	Signaux générés sur les voies en phase et en quadrature	5
2	Signal transmis sur fréquence porteuse	5
3	Densité spectrale de puissance du signal transmis sur fréquence porteuse	6
4	Taux d'erreur binaire obtenu en fonction du rapport signal à bruit par bit	6
5	TEB simulé et TEB théorique de la chaîne étudiée	7
6	Signaux générés sur les voies en phase et en quadrature	8
7	Densité spectrale de puissance du signal transmis sur fréquence porteuse	8
8	Taux d'erreur binaire obtenu en fonction du rapport signal à bruit par bit	9
9	Constellations en sortie du mapping	9
10	Constellations en sortie de l'échantillonnage	10
11	TEB simulé et TEB théorique de la chaîne étudiée	10
12	TEB de la chaîne fréquence porteuse, TEB de la chaîne passe-bas et TEB théorique	11
13	TEB de la chaîne en modulation ASK	11
14	TEB des chaînes en modulation QSPK, QSK et QAM	11
15	Constellations en sortie du mapping de la chaîne 4-ASK	12
16	Constellations en sortie du mapping de la chaîne 8-PSK	12
17	Constellations en sortie du mapping de la chaîne 16-QAM	13
18	Constellations en sortie du mapping de la chaîne QPSK	13
19	Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 4-ASK avec $\frac{E_b}{N_0} = 6$. . .	14
20	Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 8-PSK avec $\frac{E_b}{N_0} = 5$. . .	14
21	Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 16-QAM avec $\frac{E_b}{N_0} = 5$. .	15
22	Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne QPSK avec $\frac{E_b}{N_0} = 5$. . .	15
23	Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 4-ASK avec $\frac{E_b}{N_0} = 2$. . .	16
24	Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 8-PSK avec $\frac{E_b}{N_0} = 1$. . .	16
25	Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 16-QAM avec $\frac{E_b}{N_0} = 1$. .	17
26	Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne QPSK avec $\frac{E_b}{N_0} = 1$. . .	17
27	Comparaison du TEB simulé de la chaîne 4-ASK et du TEB théorique	18
28	Comparaison du TEB simulé de la chaîne 8-PSK et du TEB théorique	18
29	Comparaison du TEB simulé de la chaîne 16-QAM et du TEB théorique	19
30	Comparaison du TEB simulé de la chaîne QPSK et du TEB théorique	19

31	Comparaison des TEB simulés des 4 chaînes	20
----	---	----

1 Introduction

Les objectifs de ce travail sont les suivants :

- Être capable d'implanter une chaîne de transmission sur fréquence porteuse de type PSK ou QAM et d'explicitier le rôle des différents éléments la composant,
- Être capable de déterminer puis d'implanter la chaîne de transmission passe-bas équivalente à une chaîne de transmission sur fréquence porteuse de type PSK ou QAM,
- Être capable d'expliquer les observations réalisées, les résultats obtenus sur la chaîne implantée (surporteuse ou passe-bas équivalente) en vous appuyant sur l'étude théorique de cette même chaîne,
- Être capable de comparer, en termes d'efficacité spectrale et d'efficacité en puissance, plusieurs chaînes de transmission sur fréquence porteuse en utilisant une implantation de type chaîne passe-bas équivalente

Afin de réduire les temps de simulation et de réutiliser les calculs réalisés en bande de base, on définit une chaîne passe-bas équivalente associée à la chaîne de transmission sur fréquence porteuse à étudier.

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 obtenu pour une transmission est identique que l'on implante la chaîne de transmission sur fréquence porteuse ou bien la chaîne passe-bas équivalente. L'étude sera réalisée pour une transmission QPSK.

2.2 Implantation de la chaîne sur fréquence porteuse

On implantera, dans un premier temps, la chaîne de transmission QPSK sur fréquence porteuse. Le roll-off du filtre de mise en forme sera pris égal 0.35, la fréquence porteuse $f_p = 2$ kHz, la fréquence d'échantillonnage $F_e = 10$ kHz et le débit binaire $R_b = 2$ kbps. Le canal de transmission ne fait qu'ajouter un bruit blanc et gaussien au signal en sortie du modulateur. Ce bruit sera ici réel et généré sur la bande F_e , grâce à la fonction `randn` de matlab, avec plusieurs puissances différentes, notées σ_n^2 , que l'on calculera, en fonction des rapports signal à bruit par bit souhaités à l'entrée du récepteur $\frac{E_b}{N_0}$, de la manière suivante :

$$\sigma_n^2 = \frac{P_r N_s}{2 \log 2(M) \frac{E_b}{N_0}}$$

où M représente l'ordre de la modulation, N_s le facteur de sur échantillonnage et P_r la puissance du signal reçu.

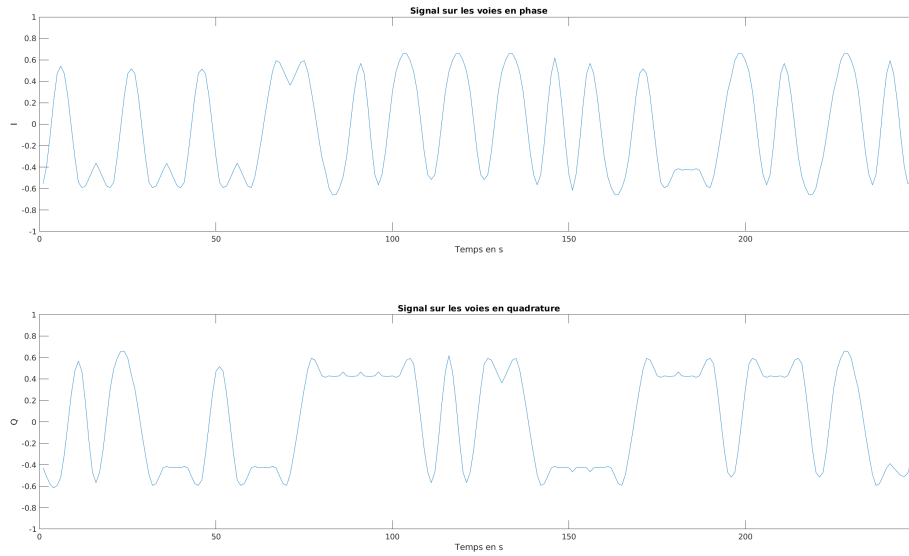


FIGURE 1 – Signaux générés sur les voies en phase et en quadrature

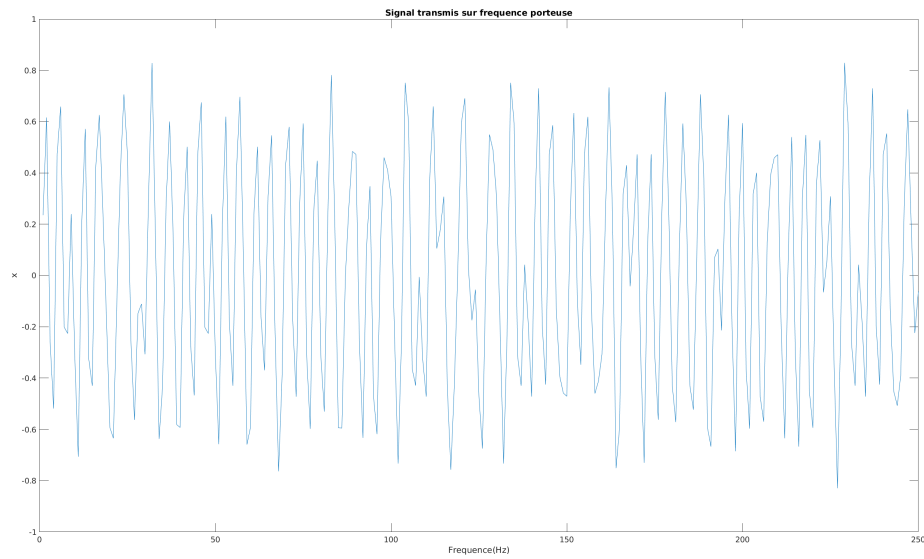


FIGURE 2 – Signal transmis sur fréquence porteuse

On retrouve une DSP du signal transmis sur fréquence porteuse centrée en 0, avec 2 pics distincts situés aux fréquences $-f_p$ et f_p :

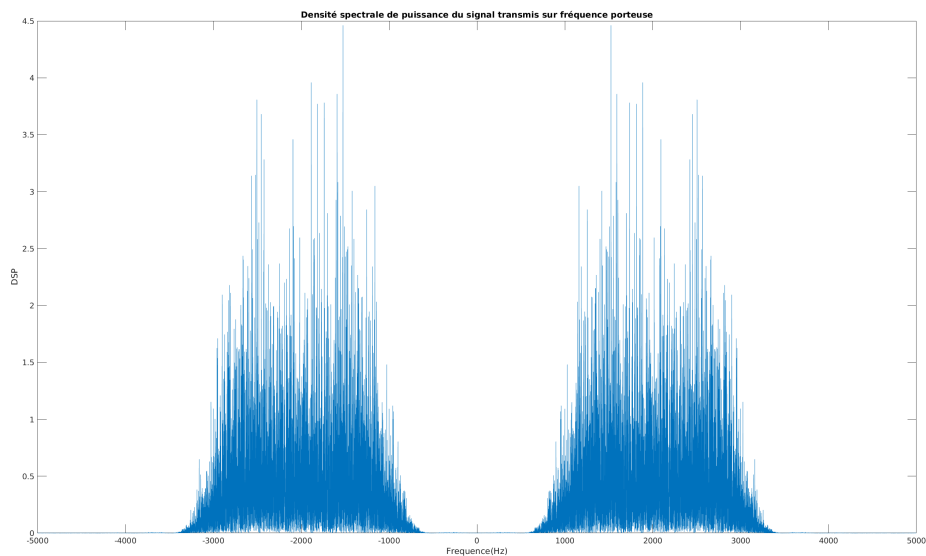


FIGURE 3 – Densité spectrale de puissance du signal transmis sur fréquence porteuse

Après avoir implanté la chaîne complète sans bruit, on calcule le TEB et on retrouve bel et bien un TEB nul.

On ajoute désormais le bruit :

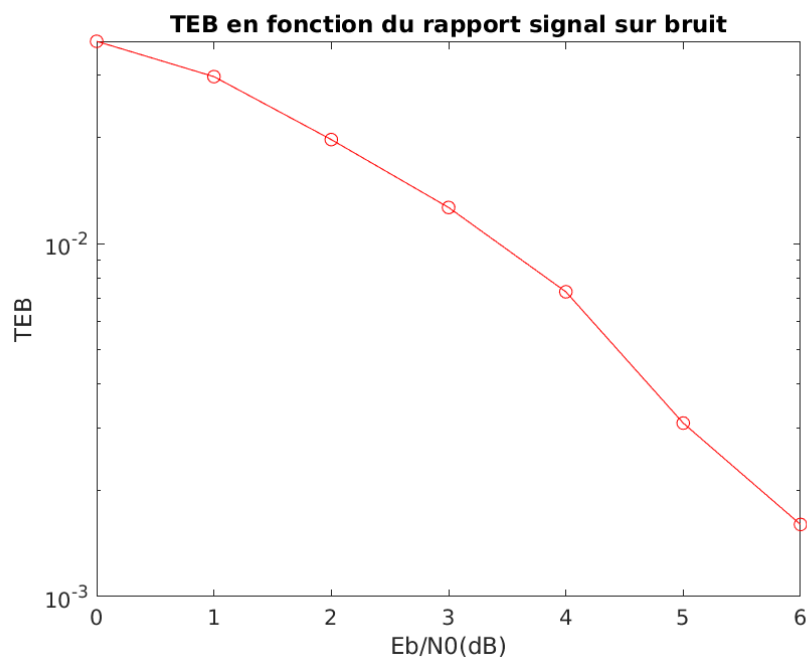


FIGURE 4 – Taux d'erreur binaire obtenu en fonction du rapport signal à bruit par bit

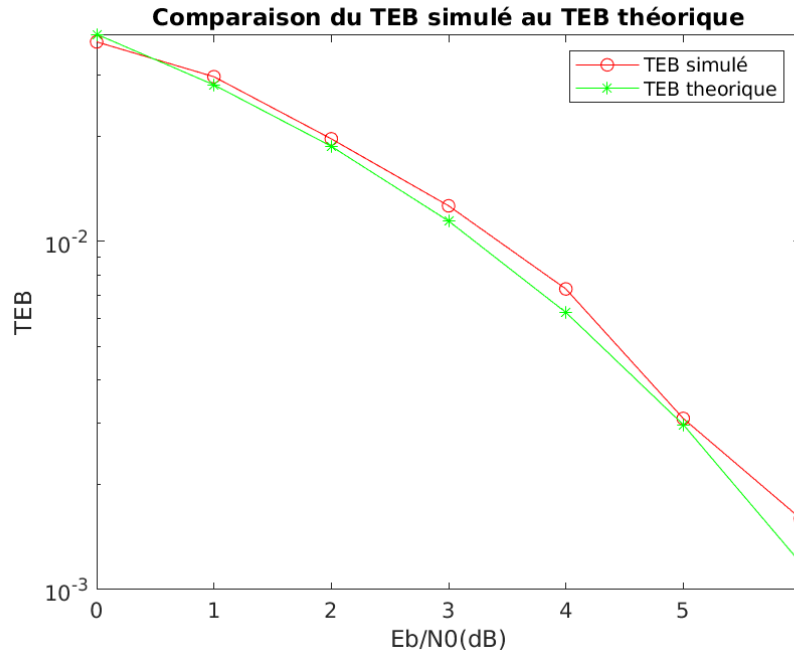


FIGURE 5 – TEB simulé et TEB théorique de la chaîne étudiée

Le TEB de la chaîne de référence et le TEB théorique coïncident, ceci valide le bon fonctionnement de notre chaîne de transmission.

2.3 Implantation de la chaîne passe-bas équivalente

On implante, dans un deuxième temps, la chaîne de transmission passe-bas équivalente à la chaîne de transmission sur fréquence porteuse réalisée précédemment. Le bruit, introduit par le canal passe-bas équivalent au canal de propagation, est cette fois un bruit complexe.

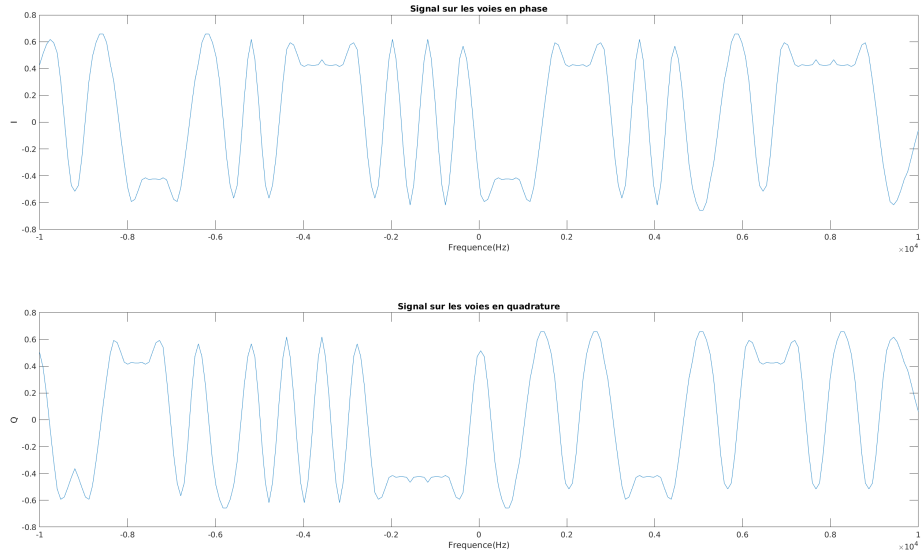


FIGURE 6 – Signaux générés sur les voies en phase et en quadrature

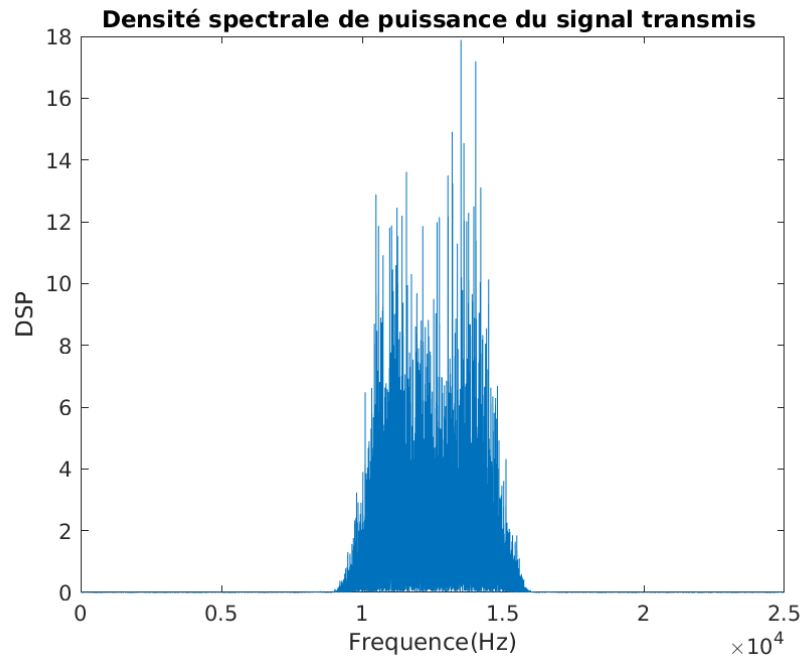


FIGURE 7 – Densité spectrale de puissance du signal transmis sur fréquence porteuse

Contrairement à la DSP du signal transmis sur fréquence porteuse, cette DSP ne présente qu'un seul pique à la fréquence F_e .

Après avoir implanté la chaîne complète sans bruit, on calcule le TEB et on retrouve bel et bien un TEB nul.

On ajoute désormais le bruit :

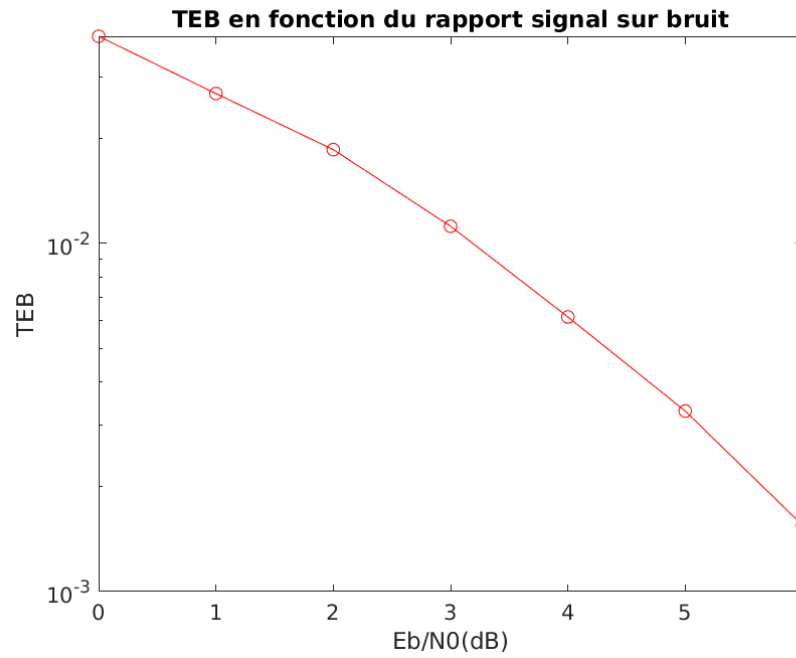


FIGURE 8 – Taux d’erreur binaire obtenu en fonction du rapport signal à bruit par bit

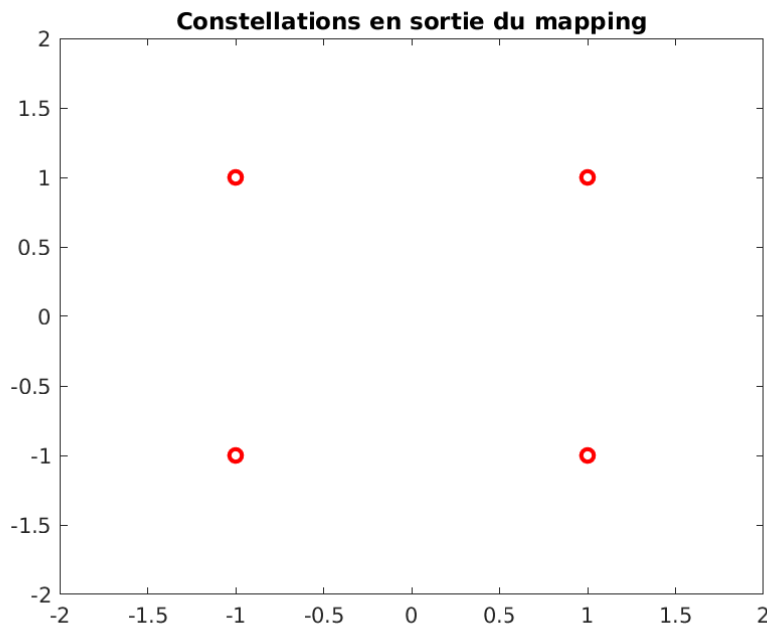


FIGURE 9 – Constellations en sortie du mapping

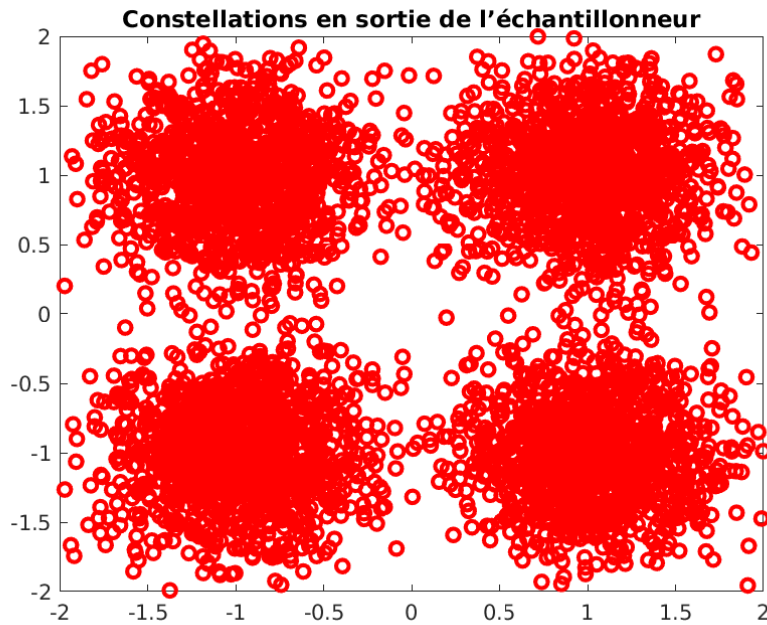


FIGURE 10 – Constellations en sortie de l'échantillonneur

Les différences observées entre ces deux constellations s'expliquent par la présence de bruit ajouté après l'échantillonnage, chaque constellation est donc bruitée autour de sa valeur.

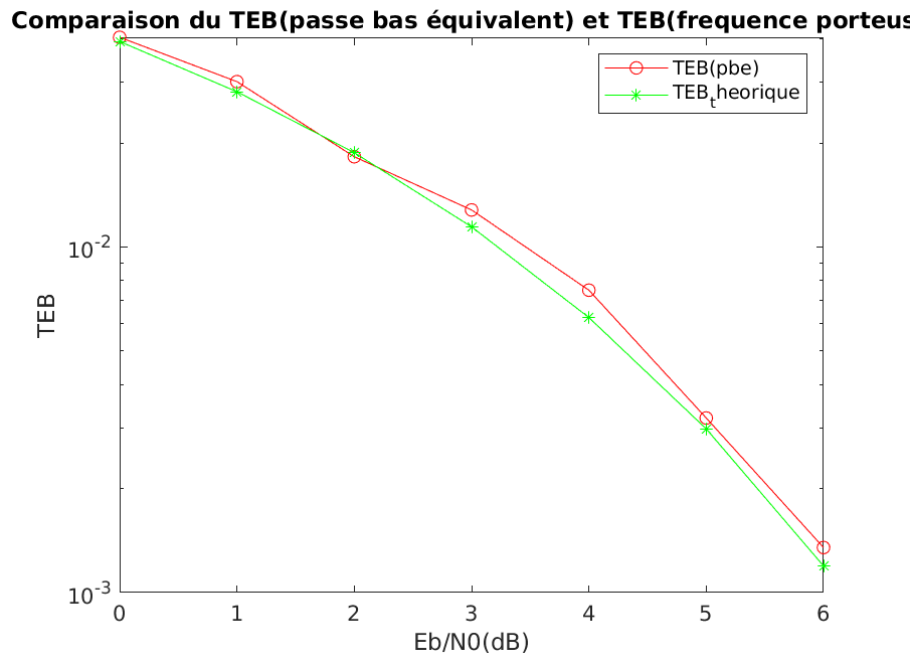


FIGURE 11 – TEB simulé et TEB théorique de la chaine étudiée

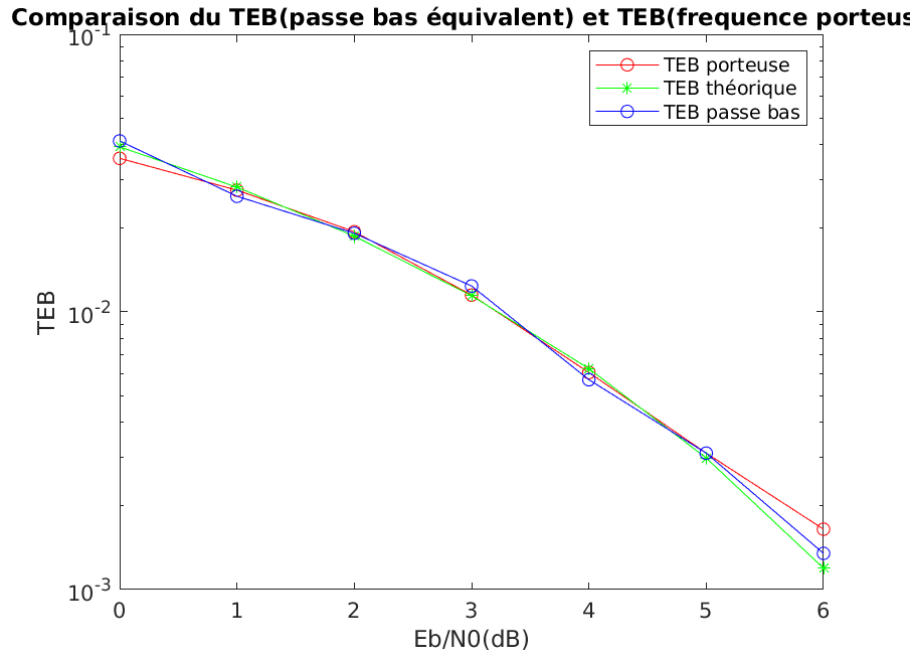


FIGURE 12 – TEB de la chaîne fréquence porteuse, TEB de la chaîne passe-bas et TEB théorique

Les TEB de la chaîne fréquence porteuse et de la chaîne passe-bas obtenus sont bien les mêmes, ce qui est conforme avec ce qu'on attendait.

3 Comparaison de modulations sur fréquence porteuse

3.1 Introduction

Dans cette partie, on considérera 4 chaînes de transmission différentes. Il s'agira d'implanter, d'analyser et de comparer les chaînes passe-bas équivalentes associées aux chaînes de transmissions proposées dans l'étude théorique.

3.2 Étude de chaque chaîne de transmission

Nous avons implanté chacune des 4 chaînes complètes sans bruit, on retrouve un TEB nul pour chacune d'elles :

TEB_ASK 0

FIGURE 13 – TEB de le chaine en modulation ASK

TEB_PSK 0
TEB_QAM 0
TEB_QPSK 0

FIGURE 14 – TEB des chaines en modulation QSPK, QSK et QAM

Puis on ajoute un bruit à chacune d'elles, puis nous avons tracé les constellations en sortie du mapping et en sortie de l'échantillonneur pour différentes valeurs de $\frac{E_b}{N_0}$.

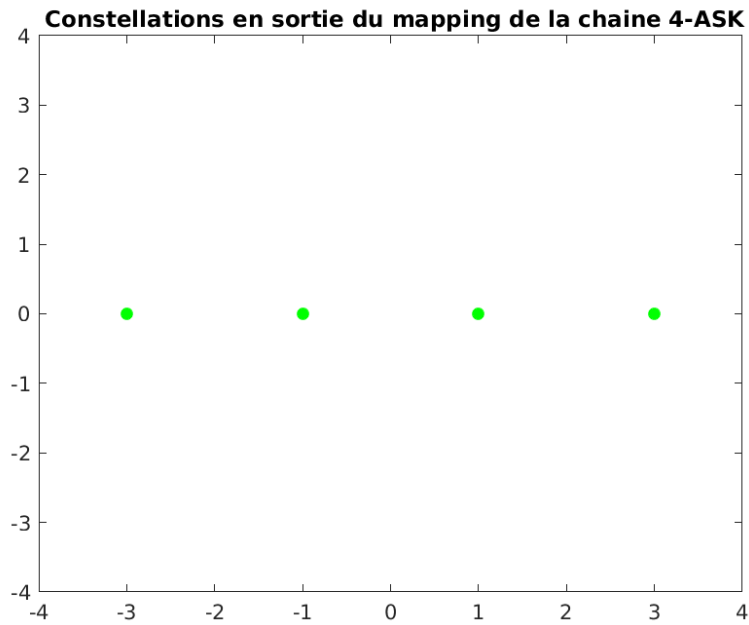


FIGURE 15 – Constellations en sortie du mapping de la chaîne 4-ASK

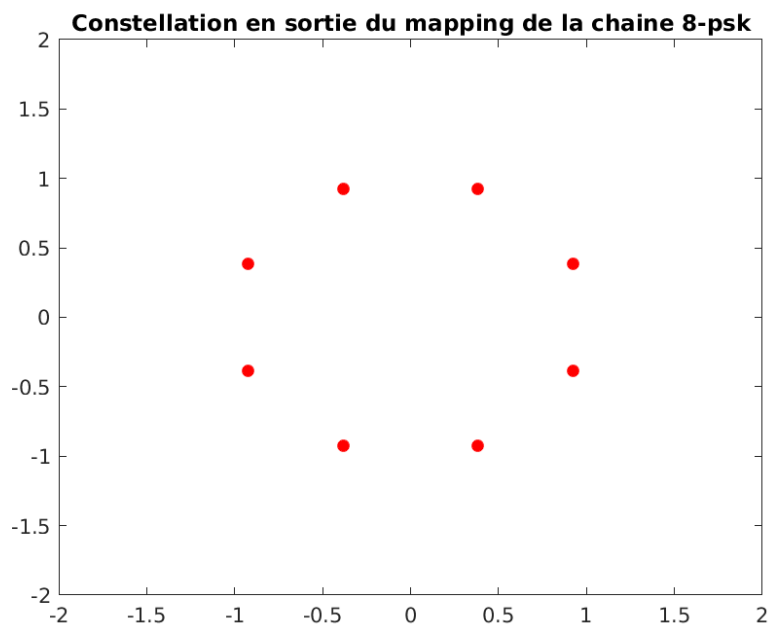


FIGURE 16 – Constellations en sortie du mapping de la chaîne 8-PSK

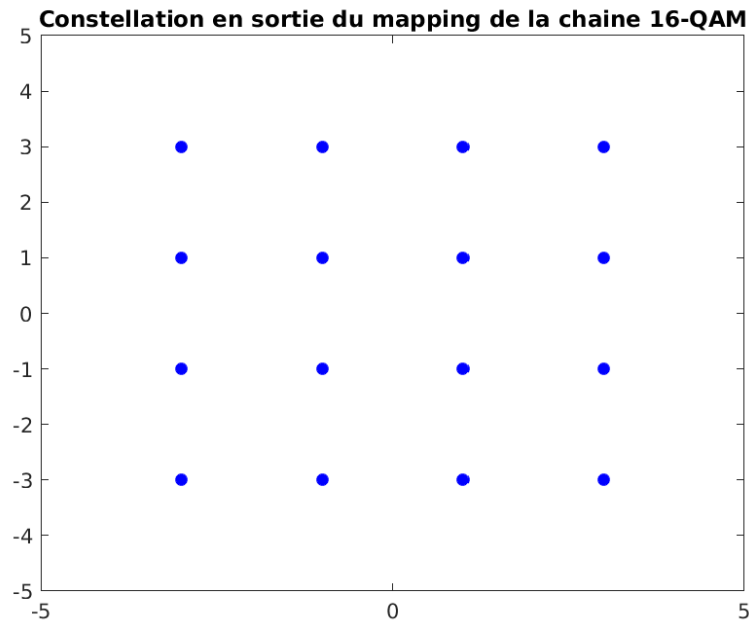


FIGURE 17 – Constellations en sortie du mapping de la chaîne 16-QAM

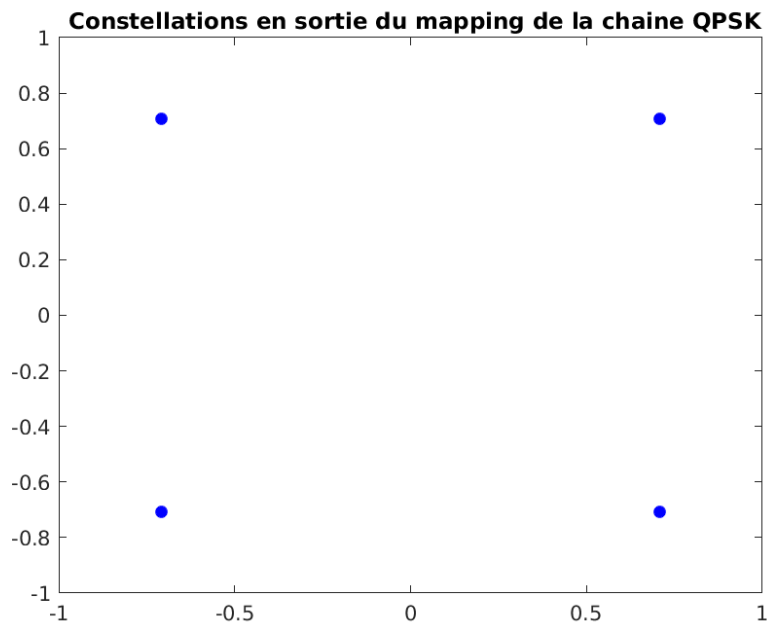


FIGURE 18 – Constellations en sortie du mapping de la chaîne QPSK

Les tracés des constellations en sortie du mapping montrent que le nombre de constellations correspondent au nombre de symboles présents, en fonction du mapping d'amplitude ou de phase.

Après avoir ajouté le bruit, on trace les constellations en sortie de l'échantillonneur pour différentes valeurs de $\frac{E_b}{N_0}$:

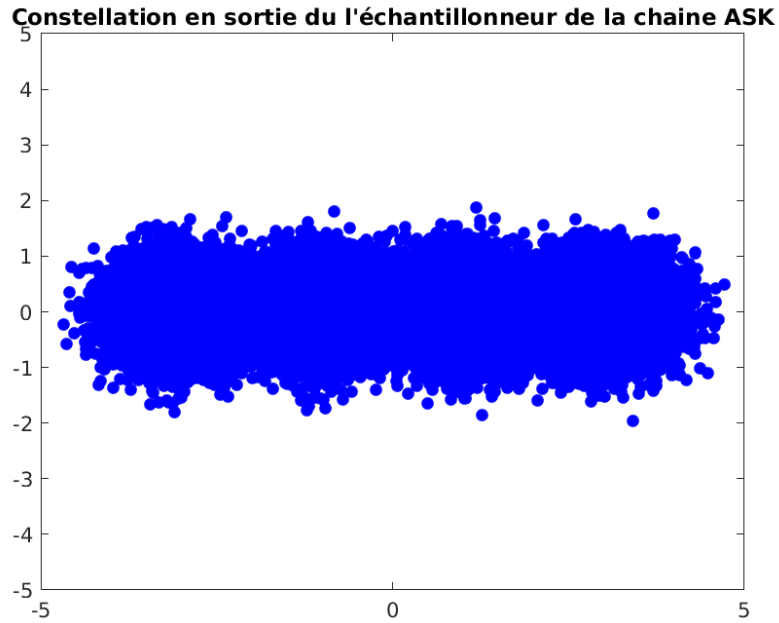


FIGURE 19 – Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 4-ASK avec $\frac{E_b}{N_0} = 6$

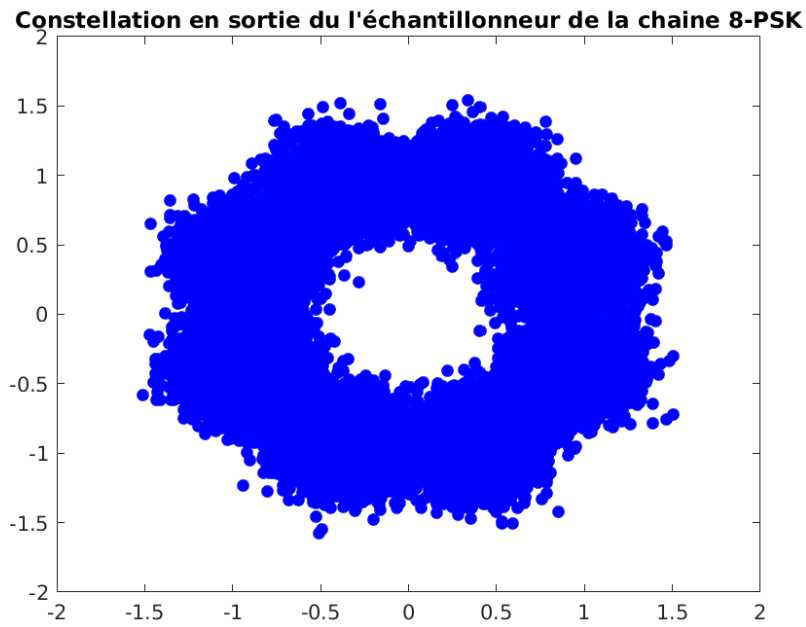


FIGURE 20 – Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 8-PSK avec $\frac{E_b}{N_0} = 5$

Constellation en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 16-QAM

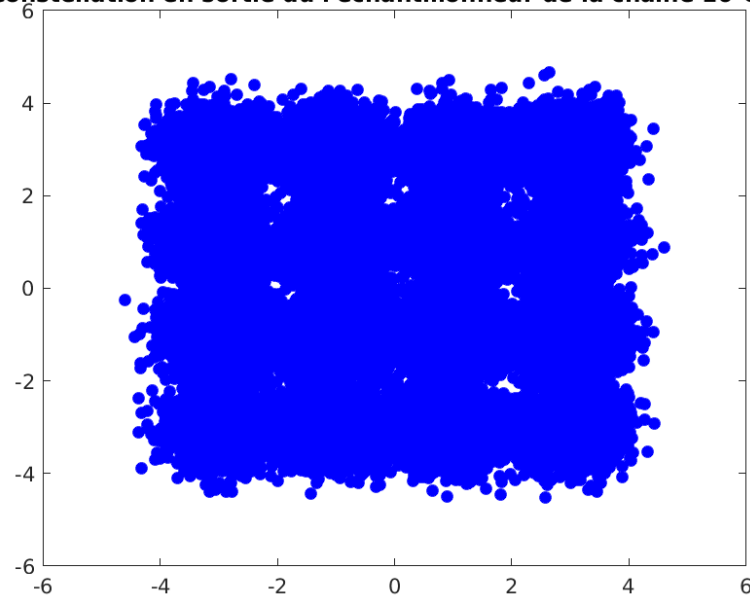


FIGURE 21 – Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 16-QAM avec $\frac{E_b}{N_0} = 5$

Constellation en sortie de l'échantillonneur de la chaîne QPSK

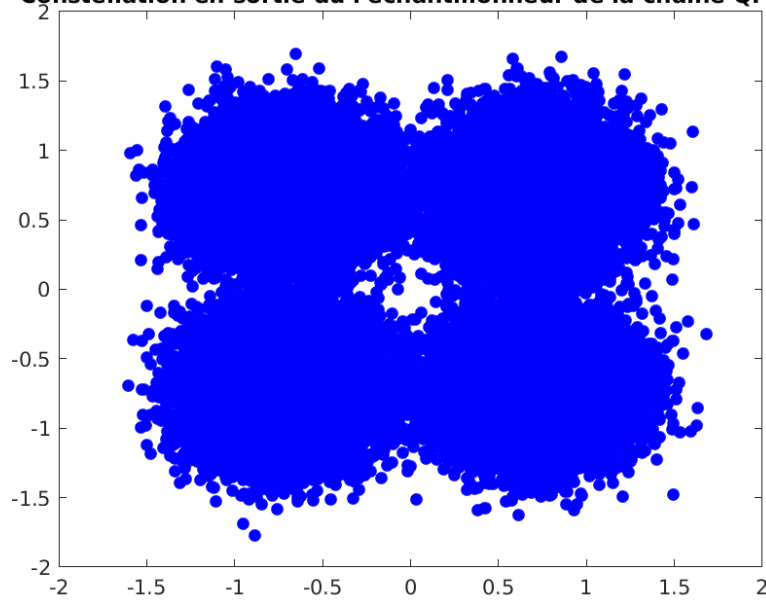


FIGURE 22 – Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne QPSK avec $\frac{E_b}{N_0} = 5$

On remarque que pour les 4 figures, pour un $\frac{E_b}{N_0}$ élevé, on arrive encore à distinguer chaque constellations, mais assez perturbée par le bruit.

Constellation en sortie du l'échantillonneur de la chaîne ASK

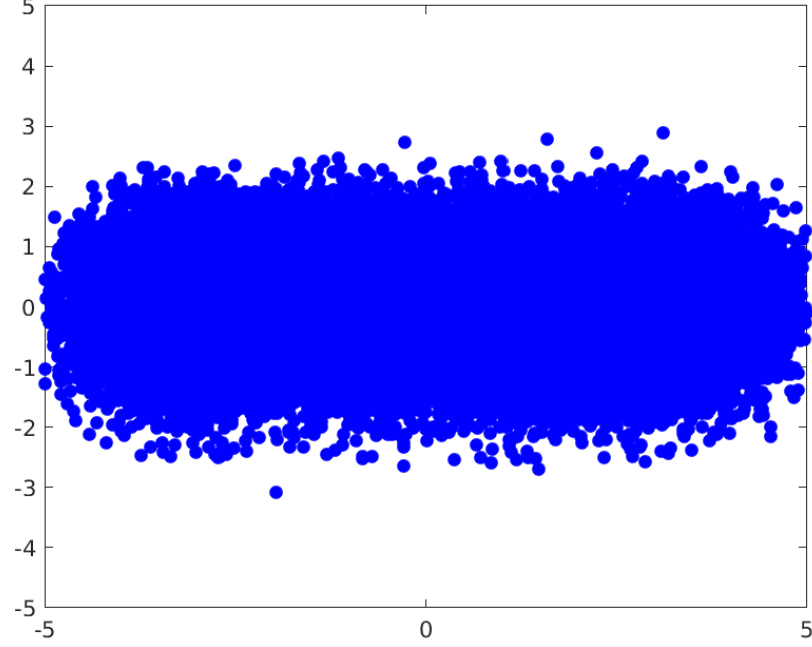


FIGURE 23 – Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 4-ASK avec $\frac{E_b}{N_0} = 2$

Constellation en sortie du l'échantillonneur de la chaîne 8-PSK

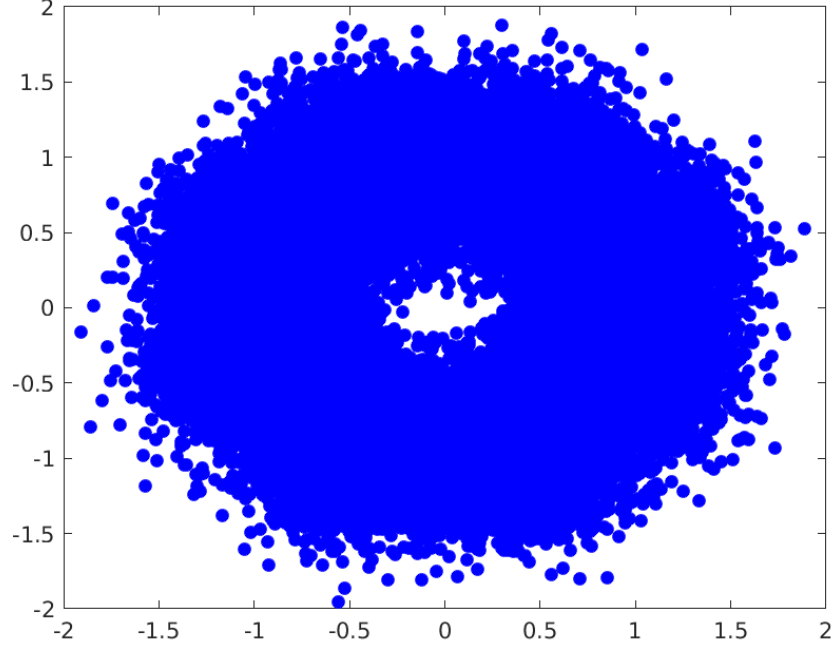


FIGURE 24 – Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 8-PSK avec $\frac{E_b}{N_0} = 1$

Constellation en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 16-QAM

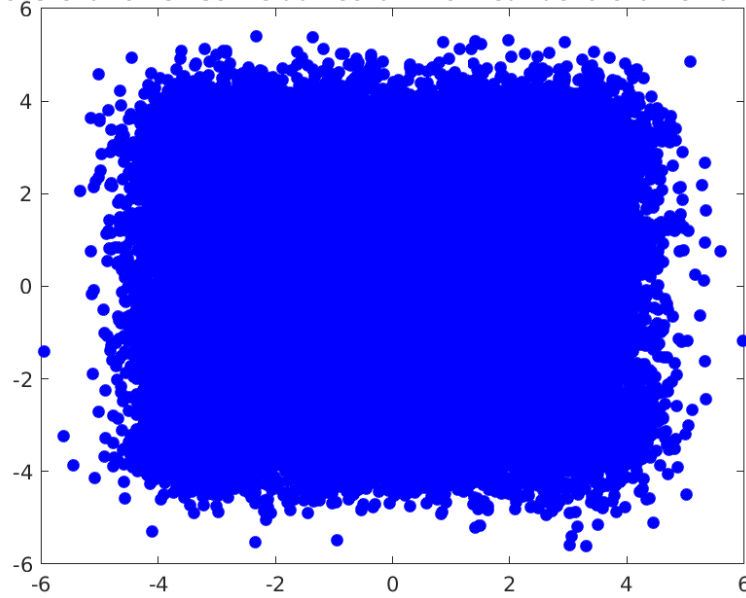


FIGURE 25 – Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne 16-QAM avec $\frac{E_b}{N_0} = 1$

Constellation en sortie de l'échantillonneur de la chaîne QPSK

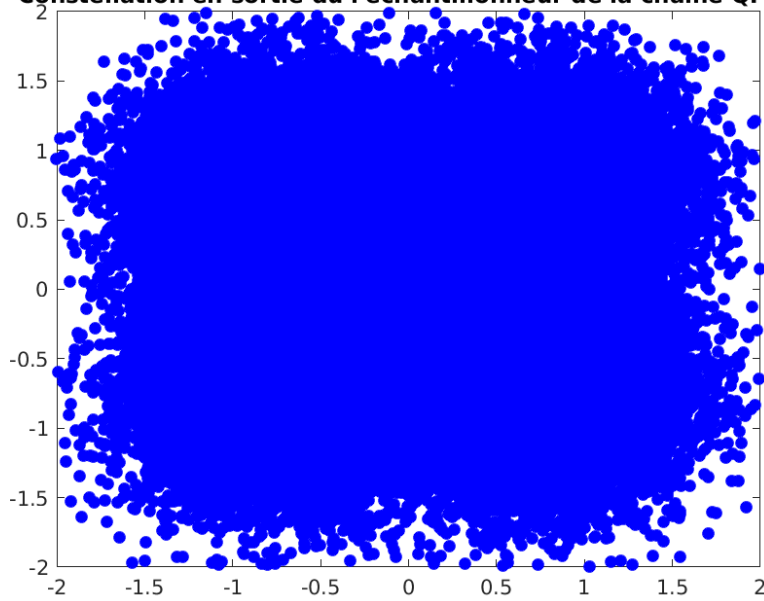


FIGURE 26 – Constellations en sortie de l'échantillonneur de la chaîne QPSK avec $\frac{E_b}{N_0} = 1$

On remarque que pour les 4 figures, pour un $\frac{E_b}{N_0}$ faible (donc un bruit élevé), on ne distingue plus du tout les constellations, le bruit est trop important.

On compare maintenant les TEB des différentes chaînes avec le TEB théorique équivalent :

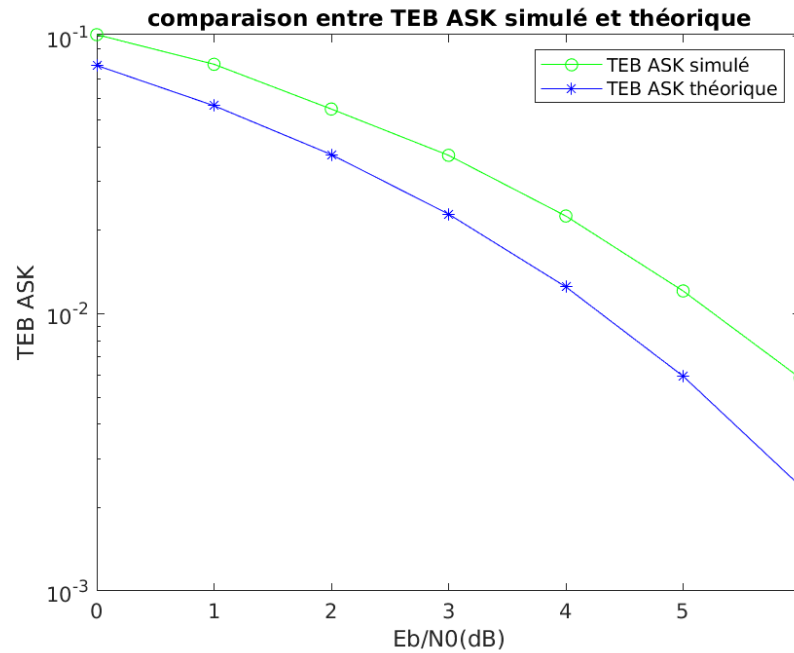


FIGURE 27 – Comparaison du TEB simulé de la chaîne 4-ASK et du TEB théorique

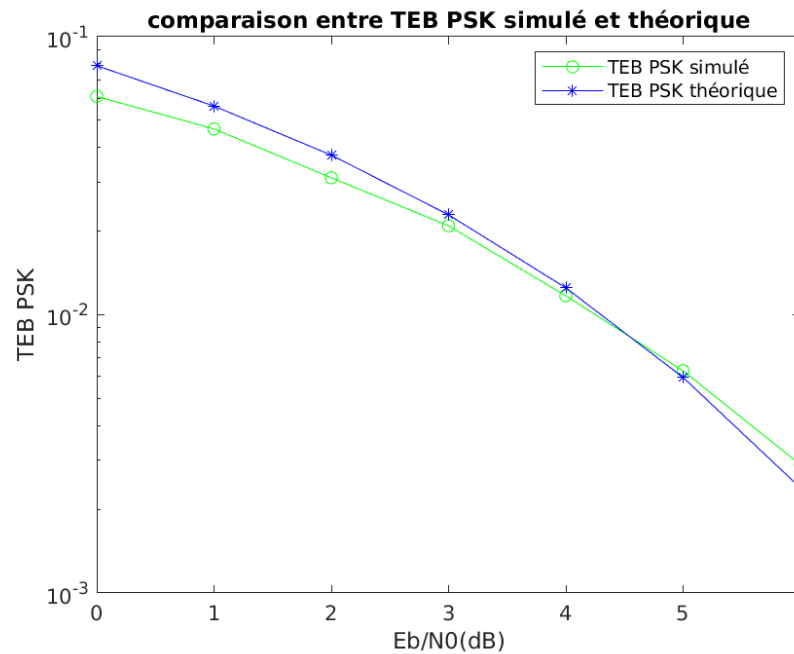


FIGURE 28 – Comparaison du TEB simulé de la chaîne 8-PSK et du TEB théorique

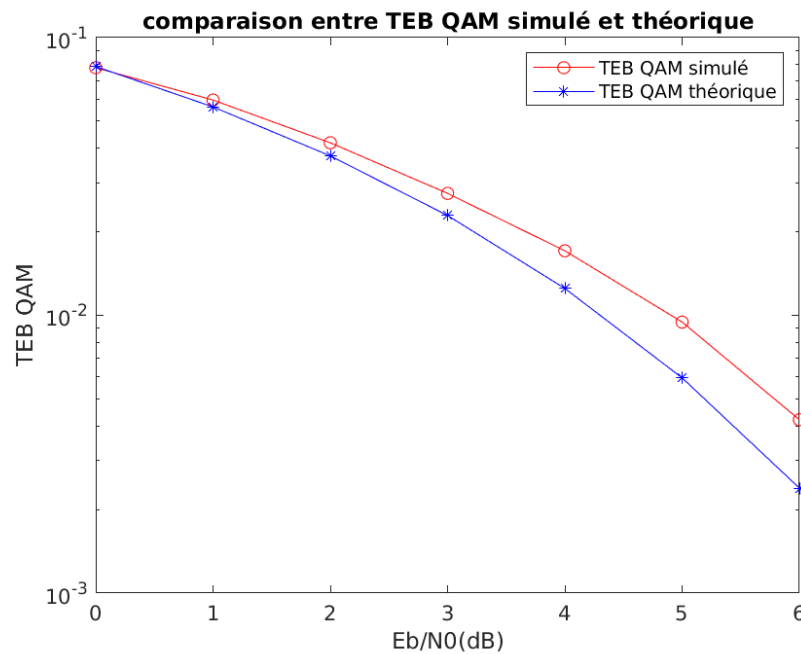


FIGURE 29 – Comparaison du TEB simulé de la chaîne 16-QAM et du TEB théorique

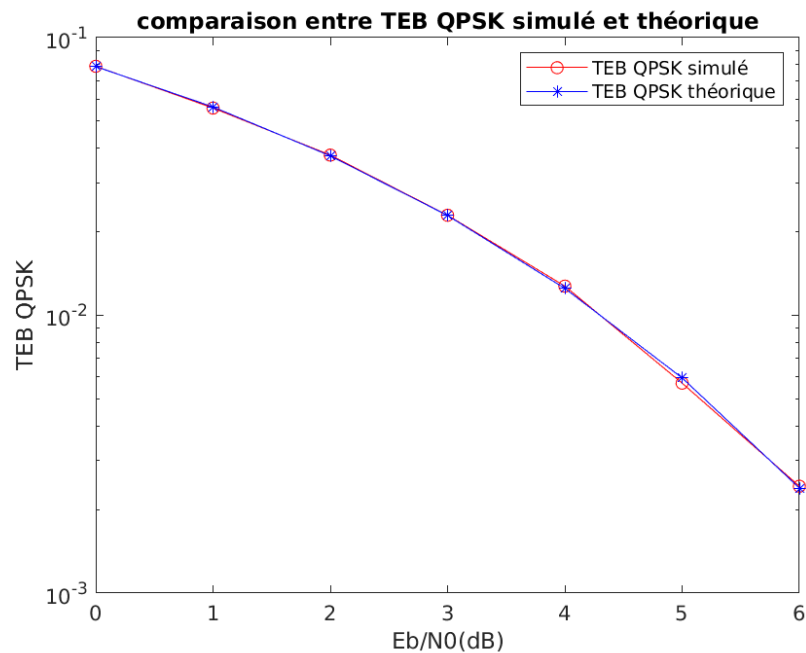


FIGURE 30 – Comparaison du TEB simulé de la chaîne QPSK et du TEB théorique

Pour chaque chaîne, le TEB simulé et théorique sont assez proche, même si le TEB théorique toujours plus faible, ce résultat est cohérent avec ce que l'on attendait.

3.3 Comparaison des chaînes de transmission

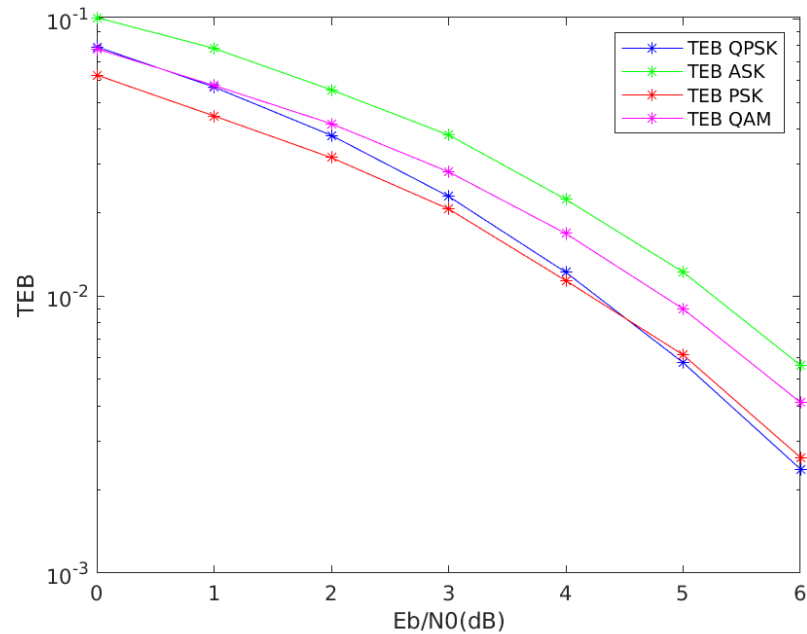


FIGURE 31 – Comparaison des TEB simulés des 4 chaînes

On trace les différents TEB des chaînes de transmission sur une même figure pour pouvoir les comparer et ainsi pouvoir comparer leur efficacité en puissance.

En effet, d'après la figure ci-dessus, on remarque que la chaîne la plus efficace en puissance est la chaîne 8-PSK, et la moins efficace est la chaîne 4-ASK. Ce résultat semble cohérent avec ce qui est attendu en théorie.

4 Conclusion

A compléter

5 Références

A compléter

6 Annexes éventuelles