

Rapport Projet de communications numérique Simulation d'une chaîne de communication numérique au standard DVB-S

Realisé par:
Mohamed EL YESSEFI
Yahya YOUNES

2A-R

2022-2023

Contents

1	Introduction	3
2	Étude de la chaîne DVB-S dans un canal Gaussien	3
2.1	Modulateur/démodulateur	3
2.1.1	Génération de l'enveloppe complexe associée au signal à transmettre	3
2.1.2	Mise en place du récepteur en l'absence de canal	3
2.1.3	Canal de transmission	4
2.1.4	Visualisation de l'influence du bruit sur les diagrammes de l'oeil . .	4
2.2	Codage canal	5
2.2.1	Introduction du code convolutif	5
2.2.2	Ajout du poinçonnage	6
2.2.3	Ajout de l'entrelaceur et du code de Reed Solomon	7
3	Communications avec les mobiles par satellites	8
3.1	Modélisation du canal mobile satellite	8
3.2	Étude de la diversité apportée par le codage dans un canal de Rayleigh non sélectif en fréquence	9
3.2.1	Schéma de la chaîne de transmission sans codage	9
3.2.2	Vérification de la diversité en l'absence de codage dans les cas ZF et ML	9
3.2.3	Cas de la modulation BPSK	9
3.2.4	Cas de la modulation QPSK	11
3.3	Étude de la diversité apportée par le codage dans un canal de Rice non sélectif en fréquence	15
3.3.1	Schéma de la chaîne de transmission sans codage	15

1 Introduction

Ce projet de communication numérique vise à simuler sous Matlab une chaîne de transmission selon le standard DVB-S. Il comporte deux parties distinctes, dans la première partie le canal de propagation utilisé est un canal AWGN, tandis que dans la deuxième partie, le canal de propagation est un canal de Rice non sélectif en fréquence. Le but de ce projet est de permettre une compréhension approfondie de la transmission de données par satellite selon ce standard, ainsi que d'étudier les différences entre les canaux AWGN et Rice non sélectifs en fréquence.

2 Étude de la chaîne DVB-S dans un canal Gaussien

2.1 Modulateur/démodulateur

Le modulateur DVB-S est basé sur la modulation QPSK avec une mise en forme en racine de cosinus surélevé (SRRCF), permettant une mise en forme optimale des données pour la transmission.

2.1.1 Génération de l'enveloppe complexe associée au signal à transmettre

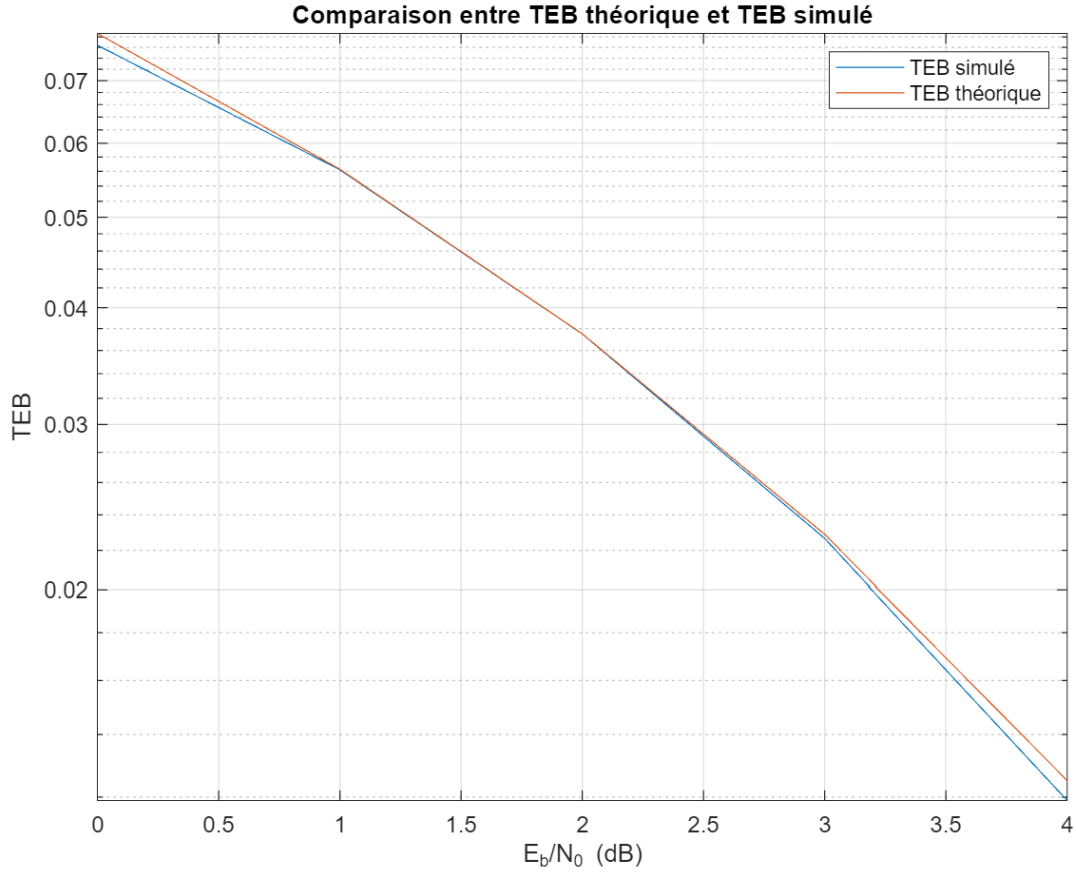
Le processus débute par la génération d'une suite de symboles QPSK conformes à la constellation définie par le standard DVB-S. La mise en forme des données est ensuite réalisée en utilisant un filtre racine de cosinus surélevé de roll-off $\alpha = 0,35$, conforme à la norme DVB-S, synthétisé à $F_e = N R_s$ avec une réponse impulsionnelle déterminée par $h(n)$.

La synthèse de $h(n)$ est effectuée en utilisant la fonction *rcosdesign.m* de Matlab.

2.1.2 Mise en place du récepteur en l'absence de canal

On utilise le filtrage adapté pour tester notre canal «primitif», on implante alors un filtre à base de cosinus surélevé qui nous permet de vérifier le critère de Nyquist si on utilise un même filtre en réception

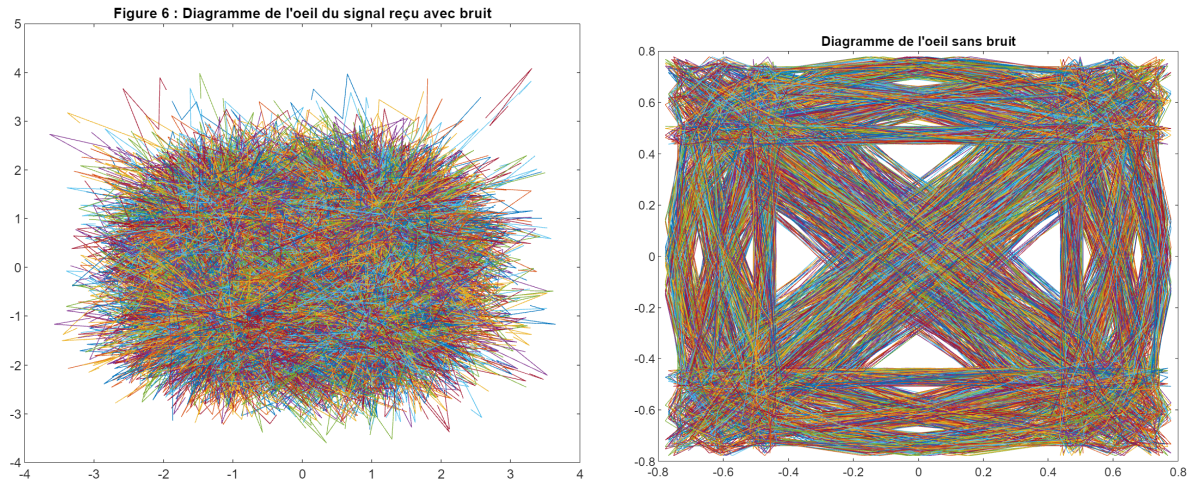
2.1.3 Canal de transmission



Au cours de la simulation, nous avons observé que la valeur du TEB simulé coïncide avec le résultat théorique, qui est déterminé par une formule mathématique précise. Cette formule est exprimée par la relation mathématique suivante : $TEB = Q(\sqrt{2 * \frac{E_b}{N_0}})$

2.1.4 Visualisation de l'influence du bruit sur les diagrammes de l'œil

Lorsqu'on compare deux figures montrant l'influence du bruit sur les diagrammes de l'œil, on peut observer les différences dans la qualité des signaux reçus. La figure sans bruit montre un diagramme de l'œil plus ou moins clair avec des transitions de niveau un peu nettes et peu de distorsion, ce qui indique une qualité de signal assez bonne. D'un autre côté, la figure avec du bruit montre un diagramme de l'œil flou et distordu, ce qui indique une qualité de signal moins bonne en raison de la présence de bruit parasite. Il est important de prendre en compte ces différences lors de l'analyse de la qualité de transmission d'un signal numérique.



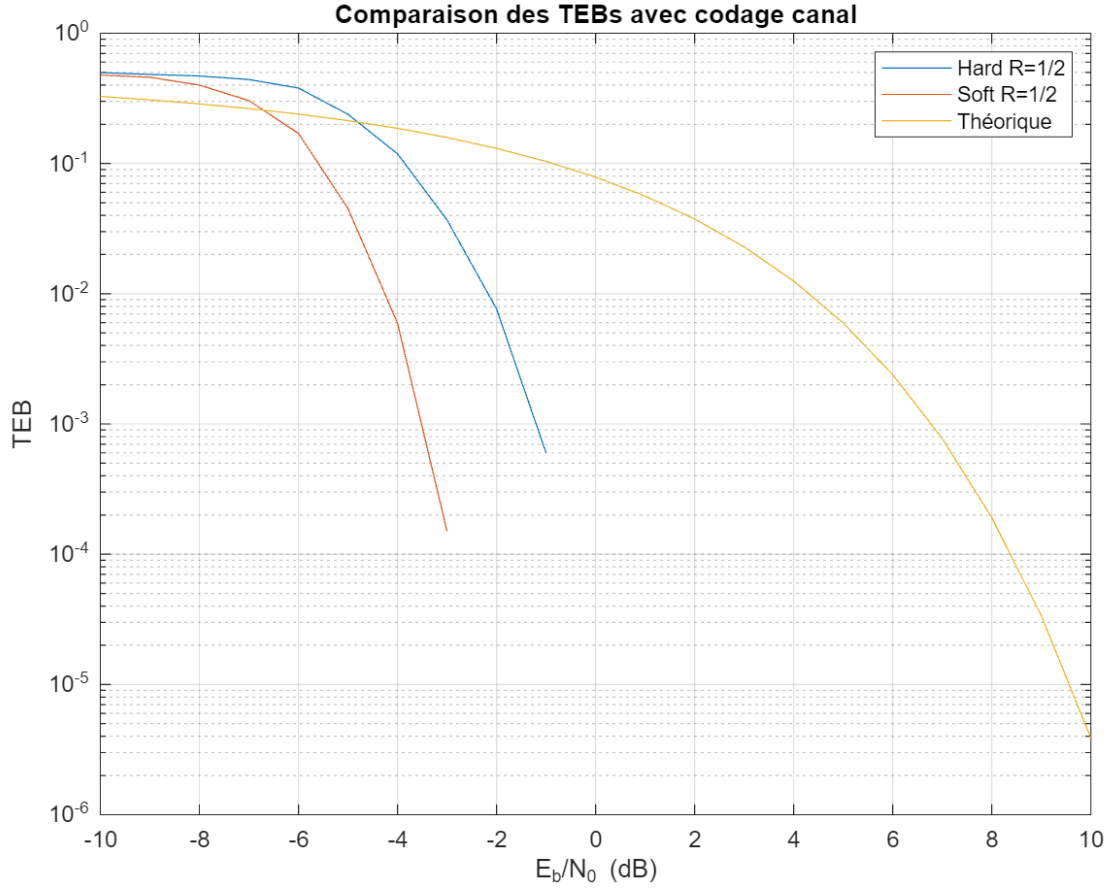
2.2 Codage canal

2.2.1 Introduction du code convolutif

Afin de compléter la chaîne de transmission antérieurement établie, nous incluons un code convolutif $(7, \frac{1}{2})$ avec des polynômes générateurs tels que $g1 = 171oct$ et $g2 = 133oct$ en conformité avec le standard DVB-S.

En conformité avec le standard DVB-S, un code convolutif de polynômes générateurs $(7, \frac{1}{2})$ sera ajouté à la chaîne de transmission de base précédemment mise en place. Les polynômes générateurs sont définis comme $g1 = 171oct$ et $g2 = 133oct$.

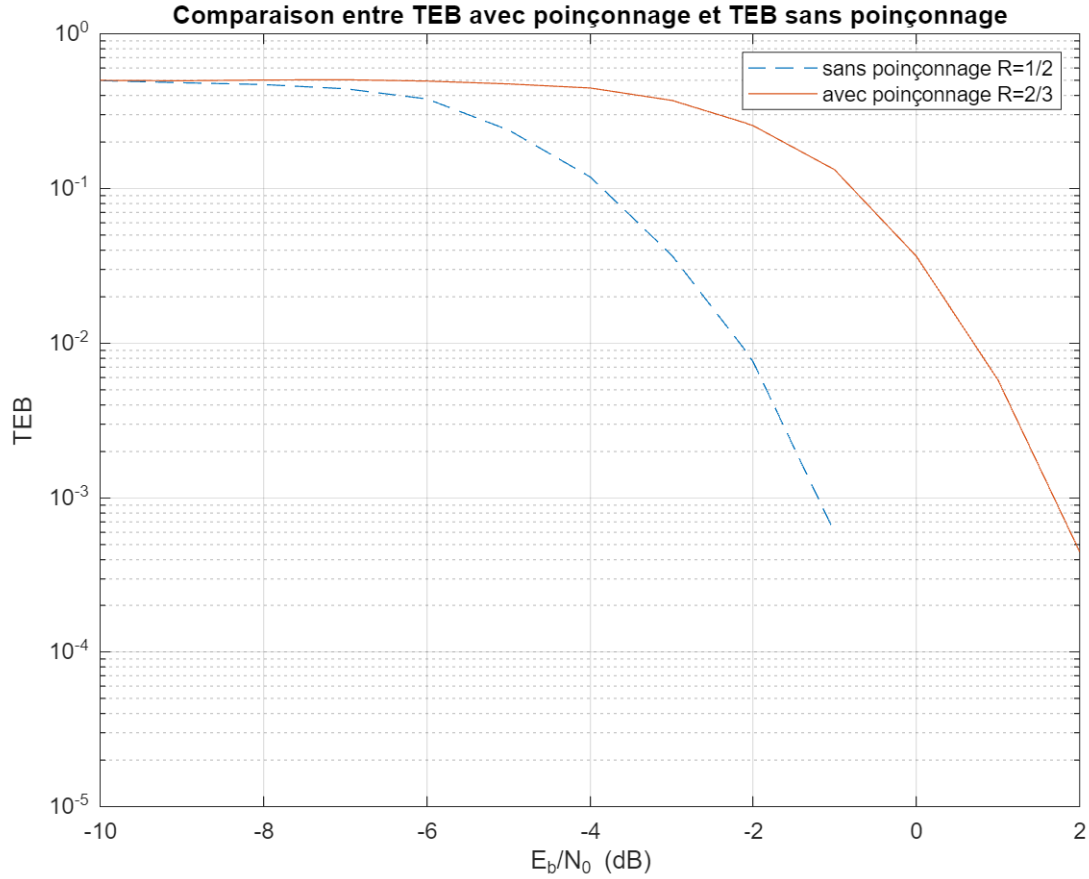
Dans le but d'implémenter les codeurs souhaités, nous utilisons les fonctions *poly2trellis.m* et *convenc.m*. Pour évaluer les performances, nous avons sélectionné une plage de valeurs de $(\frac{E_b}{N_0})_{dB}$ allant de 4 à 7 dB. La fonction *vitdec.m* facilite le processus de décodage en offrant deux modes de décodage : "Hard" et "Soft".



L'analyse des résultats montre que l'utilisation de la méthode de décodage Soft permet d'obtenir de meilleures performances comparativement à la méthode de décodage Hard. De plus, l'implémentation des codeurs de canal a un impact positif sur les performances de la chaîne de transmission, surpassant ainsi les résultats obtenus sans codage canal.

2.2.2 Ajout du poinçonnage

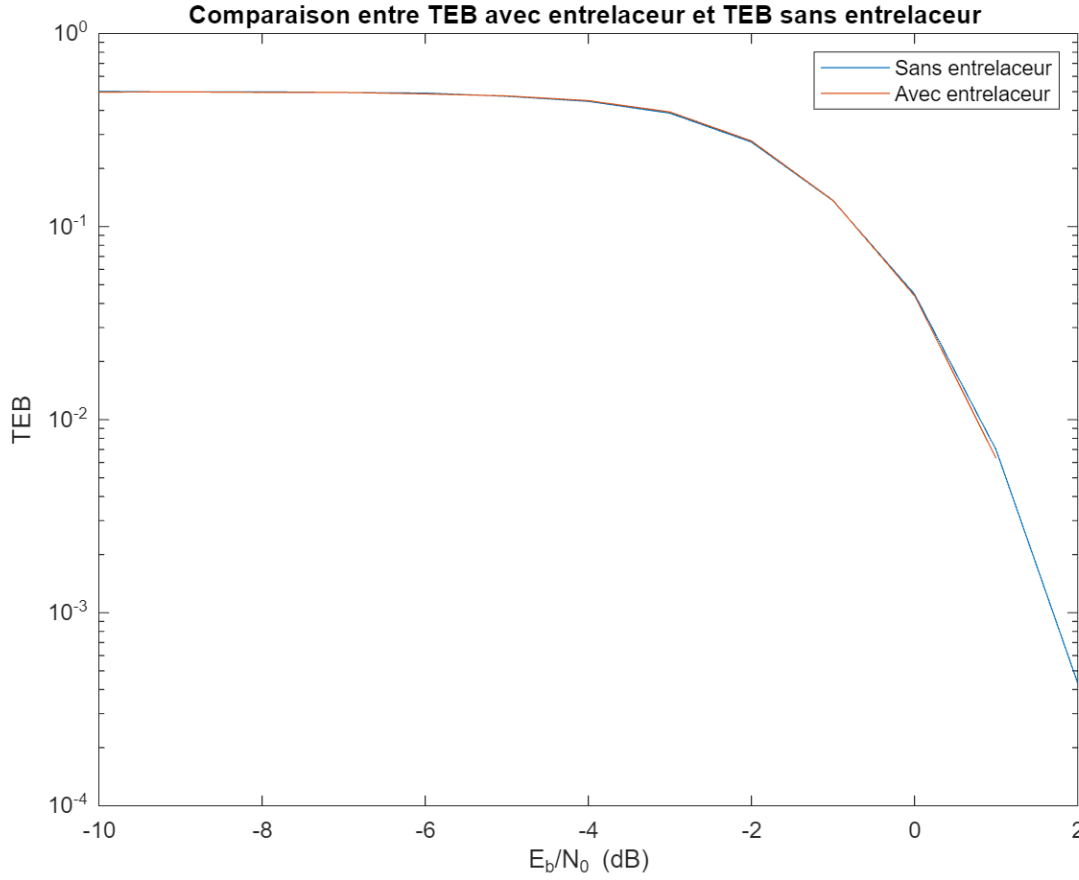
L'utilisation de la matrice de poinçonnage $P = [1101]$ dans la simulation de la chaîne de transmission offre un gain significatif en termes de rendement. En effet, en comparant les résultats avant et après l'utilisation de la matrice de poinçonnage, il est clairement observé que le rendement est passé de $R = \frac{1}{2}$ à $R = \frac{2}{3}$, une amélioration considérable qui peut être attribuée à l'utilisation de la matrice de poinçonnage. Cela montre l'importance de la sélection appropriée de la matrice de poinçonnage dans la simulation de la chaîne de transmission.



L'augmentation du rendement du code est un objectif souhaitable, mais il est important de prendre en compte ses effets sur les performances globales de la chaîne de transmission. Comme le montre la figure ci-dessus, l'augmentation du rendement du code peut entraîner une réduction de ses performances, ce qui peut affecter négativement la qualité de la transmission des données. Il est donc important d'optimiser les différents aspects de la chaîne de transmission pour obtenir un équilibre optimal entre rendement et performance, afin de garantir une transmission fiable et de qualité supérieure.

2.2.3 Ajout de l'entrelaceur et du code de Reed Solomon

L'utilisation de l'entrelacement contribue à améliorer la robustesse de la transmission de données en répartissant les erreurs potentielles sur plusieurs paquets plutôt que de les concentrer sur un seul. Cela permet de conserver la validité des mots de codes, même en présence d'erreurs significatives. En l'absence d'entrelacement, des erreurs sur un seul paquet peuvent entraîner la perte d'informations irrécupérables.



On note que l'entrelacement donne les mêmes performances en comparant les TEB, mais l'entrelacement joue un rôle clé dans l'assurance de la robustesse de la transmission des données.

Cette technique qui consiste à répartir les erreurs potentielles sur plusieurs paquets de données, ce qui contribue à améliorer la qualité de la transmission en préservant la validité des mots de codes même en présence d'erreurs.

Par opposition, en l'absence d'entrelacement, les erreurs sur un seul paquet peuvent entraîner une perte irrécupérable d'informations. Par conséquent, l'utilisation de l'entrelacement est un élément crucial pour garantir la fiabilité et la qualité supérieure de la transmission des données.

3 Communications avec les mobiles par satellites

3.1 Modélisation du canal mobile satellite

Le canal mobile par satellite peut être considéré comme un canal de Rice non sélectif en fréquence. Le facteur de Rice est un indicateur important qui mesure le rapport entre la puissance du signal reçu et la puissance du bruit causé par les réflexions multiples. Ce facteur est noté K et est utilisé pour évaluer la qualité du signal reçu en prenant en compte

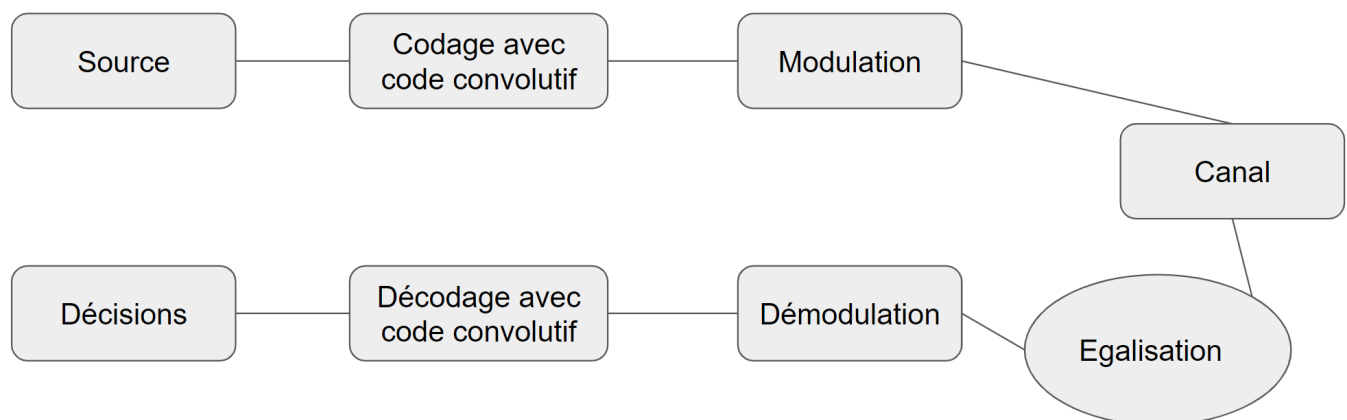
les défis posés par la propagation dans un canal mobile par satellite.

3.2 Étude de la diversité apportée par le codage dans un canal de Rayleigh non sélectif en fréquence

Dans cette partie, nous allons examiner deux types de modulations : la modulation BPSK et la modulation QPSK.

En considérant la valeur du temps de cohérence, nous supposons que le canal de transmission est constant sur la durée de la réponse impulsionnelle du filtre de réception utilisé pour la réception des signaux.

3.2.1 Schéma de la chaîne de transmission sans codage



3.2.2 Vérification de la diversité en l'absence de codage dans les cas ZF et ML

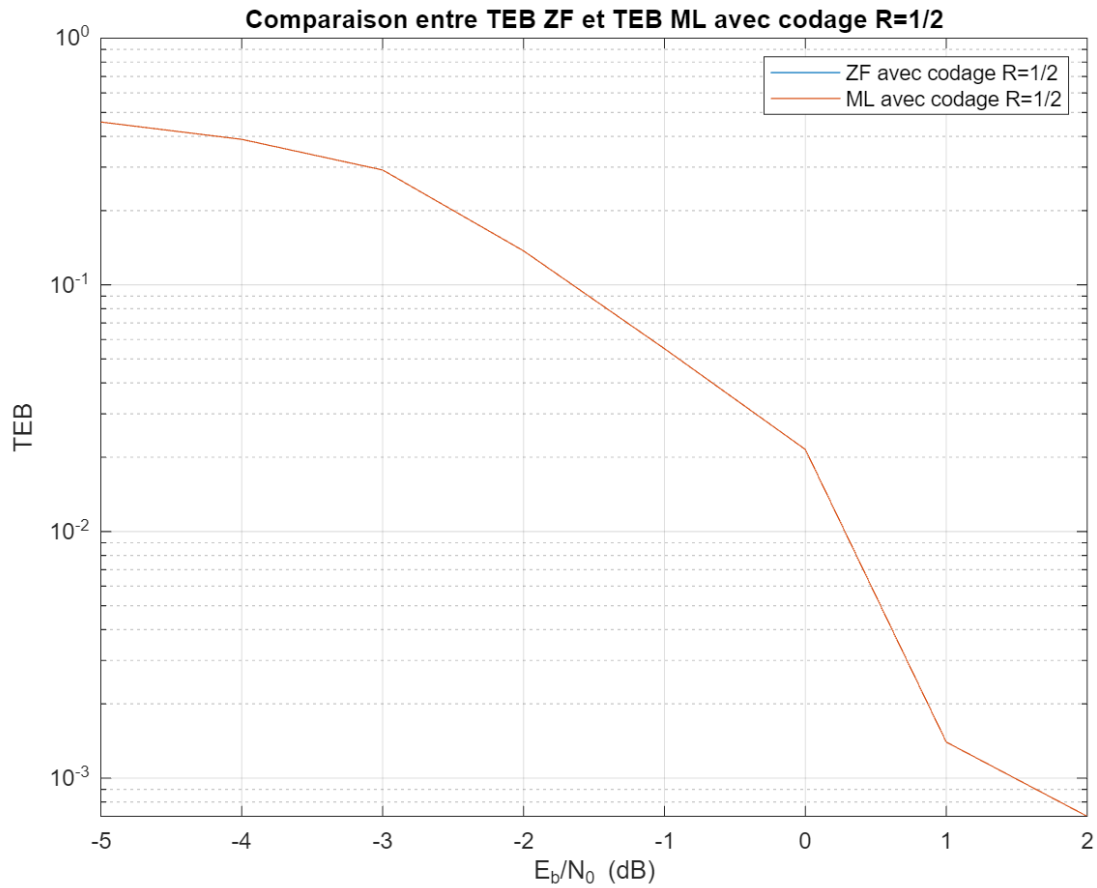
$$d = -1.1309 \quad -18.3536$$

Les résultats de la simulation montrent une diversité de module très proche de 1, ce qui est en accord avec les prévisions théoriques.

Cette conformité témoigne de la précision et de l'efficacité du modèle utilisé pour simuler la transmission des données. Elle renforce également la confiance dans la qualité des résultats obtenus et leur validité pour des applications futures

3.2.3 Cas de la modulation BPSK

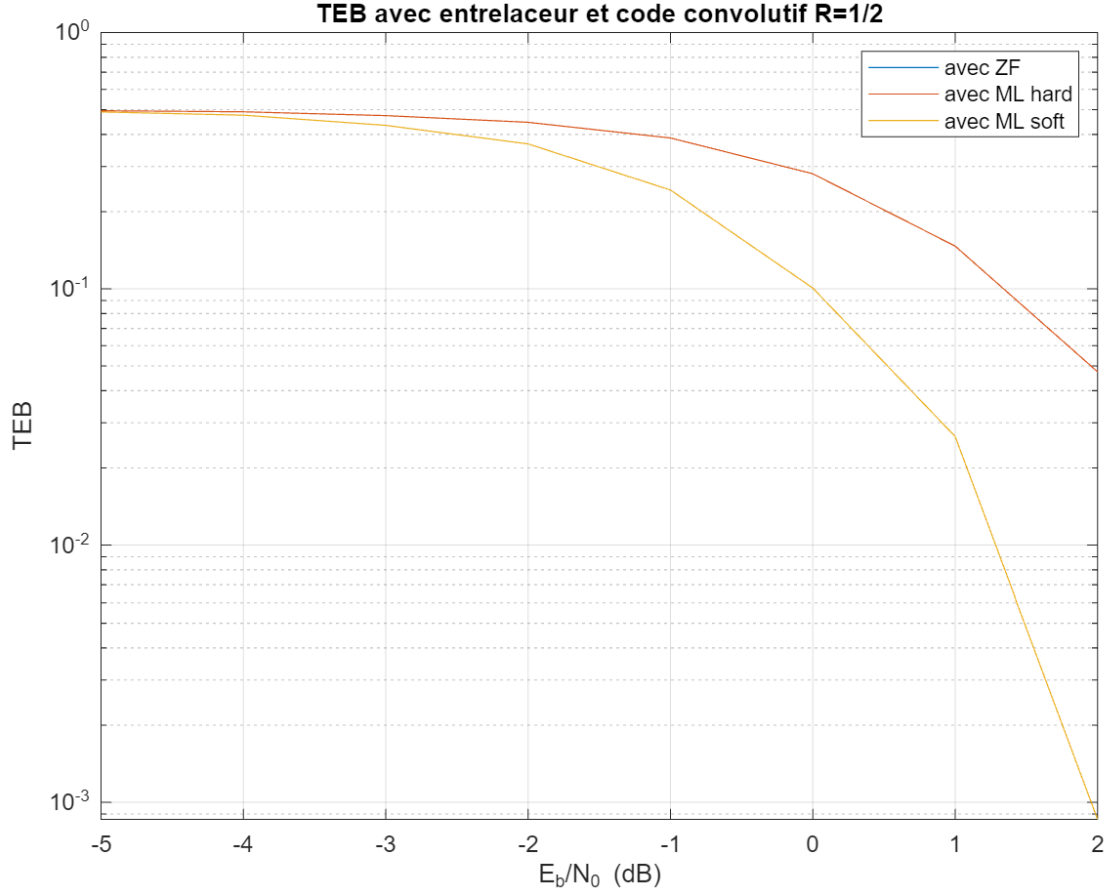
Sans entrelaceur



$$d = -1.5823 \quad -20.4639$$

L'analyse des résultats montre que la diversité est accrue lorsque la modulation utilisée est BPSK, ce qui signifie que les erreurs ont un impact plus important sur la qualité de la transmission. Cela peut être attribué à la nature de la modulation BPSK, qui nécessite une plus grande précision pour transmettre les informations avec fiabilité. Cette observation est importante pour la sélection des modulations appropriées pour les applications spécifiques.

Avec entrelaceur



$$d_ZF = -2.8079 \quad -16.8029$$

$$d_ML_hard = -2.8079 \quad -16.8029$$

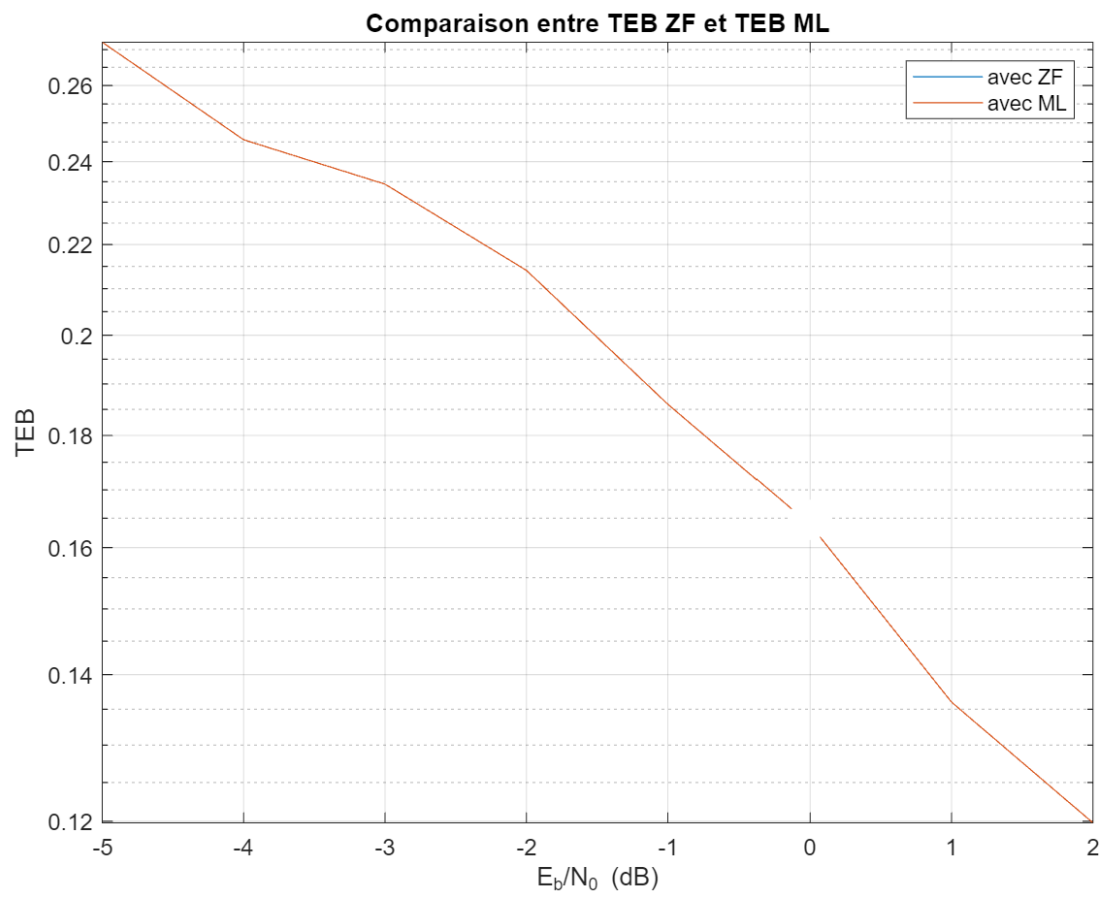
$$d_ML_soft = -7.7810 \quad -34.0924$$

L'utilisation de l'entrelacement est bénéfique pour améliorer les performances de transmission de données en réduisant les erreurs potentielles. L'analyse des résultats montre que le décodage souple est plus efficace que le décodage dur, en particulier pour le canal AWGN. En comparant les résultats des deux méthodes, on peut constater que la diversité obtenue avec le décodage souple est significativement supérieure à celle obtenue avec le décodage dur. Cette observation souligne l'importance de la sélection appropriée des algorithmes de décodage pour des applications spécifiques.

3.2.4 Cas de la modulation QPSK

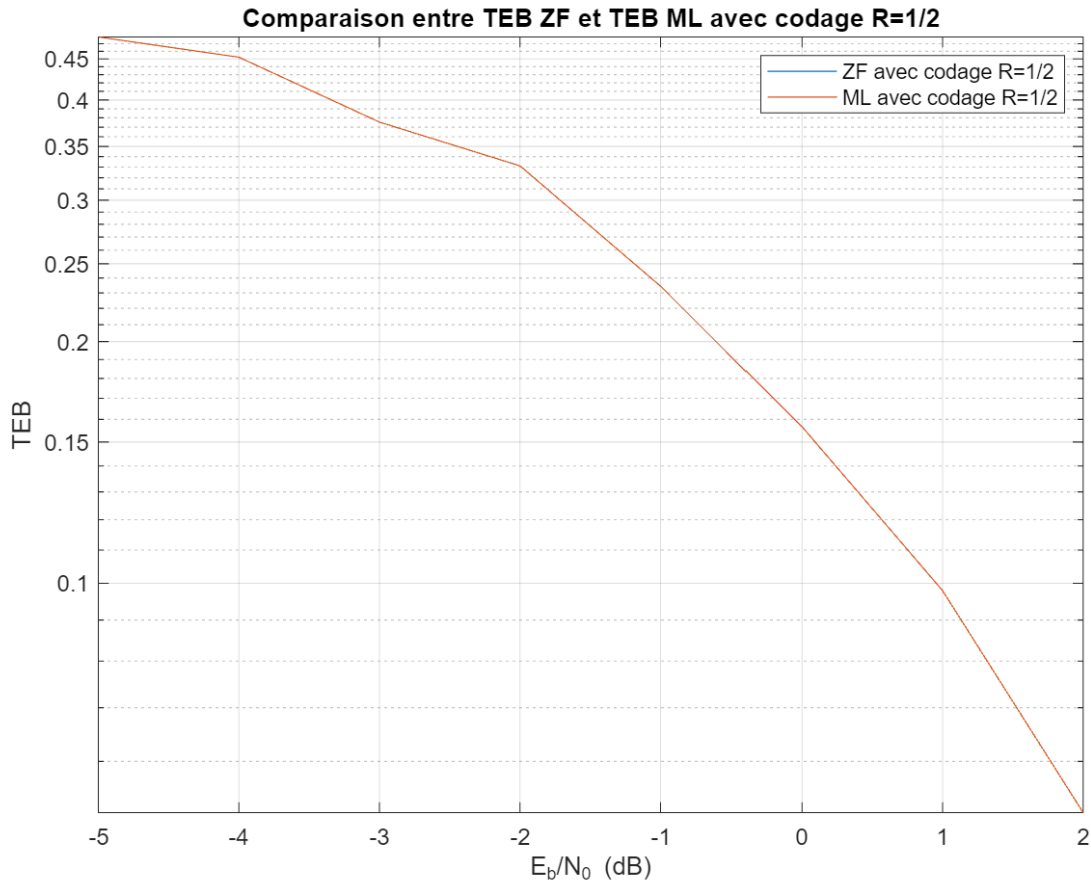
Sans entrelaceur

Cas sans codage:



Cas avec codage:

En analysant les courbes suivantes on note que dans le cas de la modulation QPSK, la diversité est encore plus grande en comparaison avec la modulation BPSK, car l'entrelacement a un effet plus considérable sur la modulation QPSK en raison de sa complexité accrue. En résumé, l'entrelacement augmente la robustesse de la transmission en répartissant les erreurs potentielles et en améliorant ainsi les performances de transmission pour une modulation QPSK.

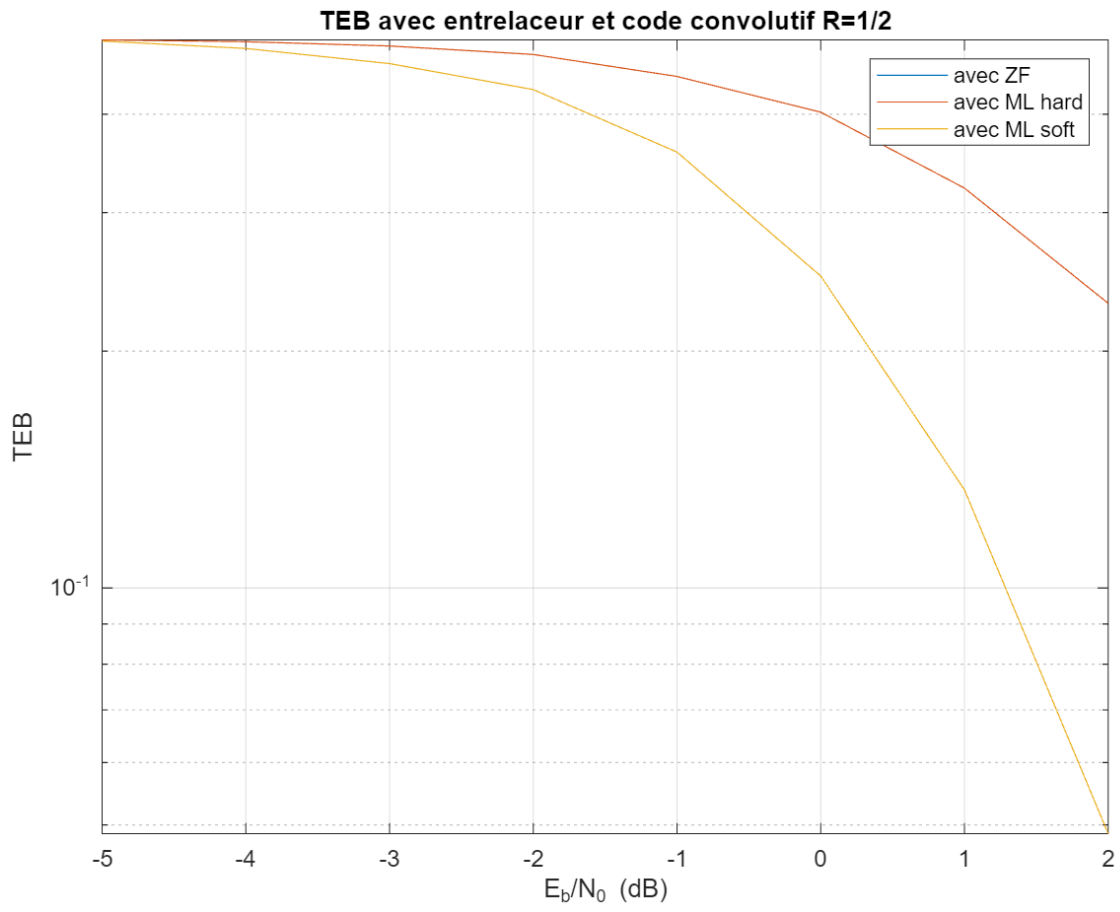


$$d = -1.1309 \quad - 18.3536$$

$$d_{\text{codes}} = -3.6780 \quad - 21.6229$$

Avec entrelaceur

Avec l'entrelaceur, les performances augmentent vu l'utilité de l'entrelacement à éviter les erreurs. De plus, le décodage souple est toujours plus performant que le décodage dur avec presque un rapport de 3 dans le cas QPSK



$$d_ZF = -1.0009 \quad -10.5127$$

$$d_ML_hard = -1.0009 \quad -10.5127$$

$$d_ML_soft = -2.9865 \quad -17.7044$$

3.3 Étude de la diversité apportée par le codage dans un canal de Rice non sélectif en fréquence

3.3.1 Schéma de la chaîne de transmission sans codage

