



Rapport du projet bande de base

Eliott Rousset Arthur Picard

Département Sciences du Numérique - Première année
2022-2023

Table des matières

1	Impact d'une erreur de phase porteuse	3
1.1	Etude théorique	3
1.2	Implantation sous Matlab	5
2	Estimation et correction de l'erreur de phase porteuse	10
3	Utilisation d'un codage par transition	12
4	Conclusion	14

Table des figures

1	Chaîne de transmission	3
2	Tracé de $g(t)$	3
3	Tracé la constellation en sortie de l'échantillonneur sans bruit et sans erreur de phase	5
4	Tracé la constellation en sortie de l'échantillonneur sans bruit avec une erreur de phase de 40 degrés	5
5	Tracé la constellation en sortie de l'échantillonneur sans bruit avec une erreur de phase de 100 degrés	6
6	Tracé la constellation en sortie de l'échantillonneur sans bruit avec une erreur de phase de 180 degrés	6
7	Tracé du TEB expérimental et théorique du TEB avec une erreur de phase de 40°	7
8	Comparaison des tracés expérimentaux et théoriques du TEB avec et sans une erreur de phase de 40°	8
9	Comparaison des tracés expérimentaux du TEB avec une erreur de phase de 40° et 100°	9
10	Comparaison des tracés expérimentaux du TEB avec une erreur de phase de 40° et 100° corrigée	10
11	Comparaison des tracés expérimentaux du TEB avec une erreur de phase de 40° corrigée et non corrigée	11
12	Comparaison des tracés expérimentaux du TEB avec une erreur de phase de 100° corrigée et non corrigée	11
13	Comparaison des tracés expérimentaux du TEB avec une erreur de phase de 40° corrigée sans codage et non corrigée avec codage et corrigée avec codage	12
14	Comparaison des tracés expérimentaux du TEB avec une erreur de phase de 100° corrigée sans codage et non corrigée avec codage et corrigée et avec codage	13

1 Impact d'une erreur de phase porteuse

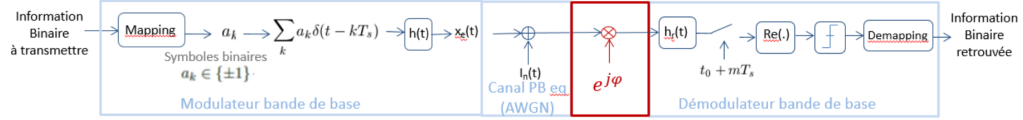


FIGURE 1 – Chaîne de transmission

1.1 Etude théorique

1) La condition pour qui permet de respecter le critère de Nyquist est de choisir l'instant de descision T_s .

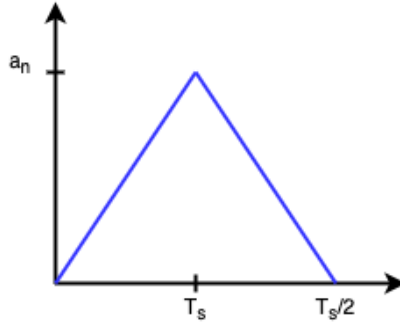


FIGURE 2 – Tracé de $g(t)$

En effet, on remarque que le pic de $g(t) = h(t) * h_r(t)$ est en T_s .

2) On cherche, ici, à déterminer l'expression du signal en sortie de l'échantillonneur pour une erreur de phase porteuse ϕ donnée.

$$g(t) = h(t) * h_r(t)$$

$$y = x_e \times e^{j\phi} + I_w$$

$$y = a_n(h * h_r) \times e^{j\phi} + I_w$$

D'ou

$$I_w = y - a_n(h * h_r) \times e^{j\phi}$$

3) Calcul le TEB de la liaison.

$$\begin{aligned}
TEB &= P(a_k = 1) \times P(a_k = 1|a_k = -1) + P(a_k = -1) \times P(a_k = -1|a_k = 1) \\
&= \frac{1}{2}P(-T_s \cos(\phi) + I_{wn} > 0) + \frac{1}{2}P(T_s \cos(\phi) + I_{wn} < 0) \\
&= 2 \times \frac{1}{2} \left(\frac{T_s \cos(\phi)}{\sigma_{I_{wn}}} \right) \\
&= Q\left(\frac{T_s \cos(\phi)}{\sigma_{I_{wn}}}\right)
\end{aligned}$$

4) Calcul la puissance du bruit en sortie du filtre de réception.

$$\sigma_{I_{wn}}^2 = N_0 \times \int_{\mathbb{R}} |h_r(t)|^2 dt$$

D'après l'égalité de Parseval, on a :

$$\begin{aligned}
\sigma_{I_{wn}}^2 &= N_0 \times \int_{\mathbb{R}} |H_r(f)|^2 df \\
&= N_0 \times T_s
\end{aligned}$$

5) Calcul de l'énergie à l'entrée du récepteur.

$$\begin{aligned}
E_s &= P_x \times T_s \\
&= \frac{P_{x_e}}{2} \times T_s \\
&= \frac{\sigma_a^2}{2T_s} \times \int_{\mathbb{R}} |H_r(f)|^2 df \\
&= \frac{T_s}{2}
\end{aligned}$$

6) D'après les questions précédentes, l'expression du taux d'erreur binaire est :

$$TEB = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}} \times \cos(\phi)\right)$$

1.2 Implantation sous Matlab

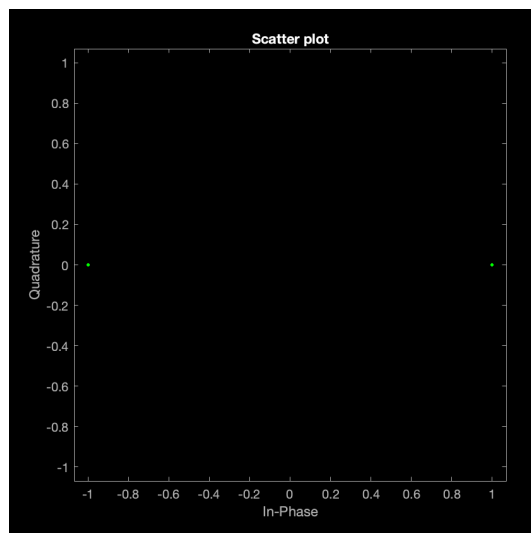


FIGURE 3 – Tracé la constellation en sortie de l'échantillonneur sans bruit et sans erreur de phase

Sans bruit et sans erreur de phase, on obtient bien un taux d'erreur binaire nul.

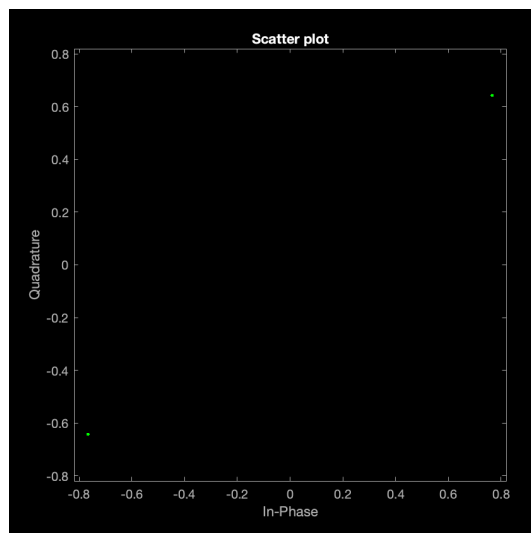


FIGURE 4 – Tracé la constellation en sortie de l'échantillonneur sans bruit avec une erreur de phase de 40 degrés

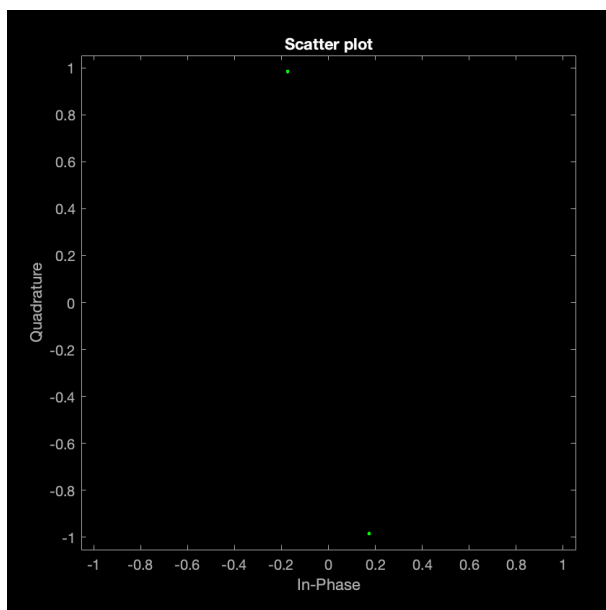


FIGURE 5 – Tracé la constellation en sortie de l'échantillonneur sans bruit avec une erreur de phase de 100 degrés

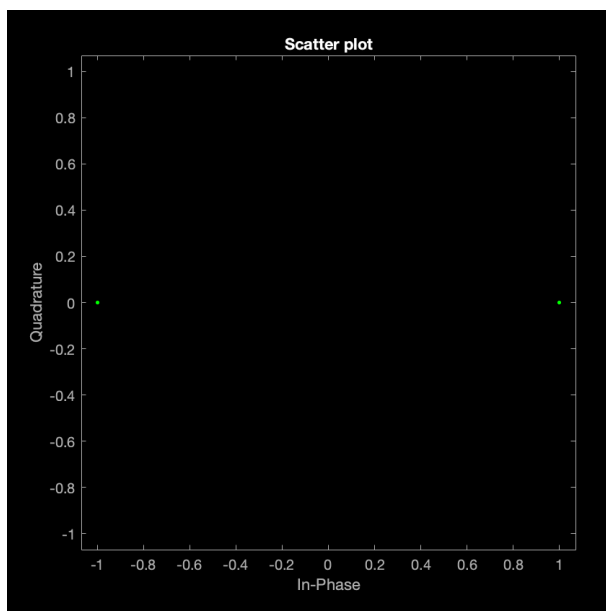


FIGURE 6 – Tracé la constellation en sortie de l'échantillonneur sans bruit avec une erreur de phase de 180 degrés

Pour une erreur de phase de 40° , on obtient un TEB expérimental de 0. C'est à dire 0% d'erreur.

Pour une erreur de phase de 100° , on obtient un TEB expérimental de 1. C'est à dire 100% d'erreur.

Pour une erreur de phase de 180° , on obtient un TEB expérimental de 1. C'est à dire 100% d'erreur.

Pour une erreur de phase de 100° et 180° , on observe un taux d'erreur binaire total, car le décalage de plus de $\frac{\pi}{2}$ n'est pas connu par le démodulateur. Ainsi, le démodulateur va déterminer les bits comme si elle avait une constellation inversée.

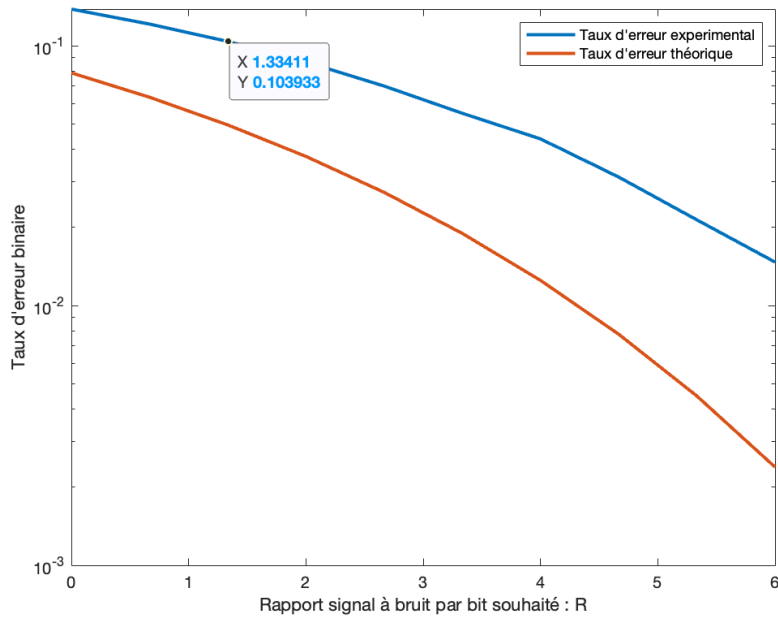


FIGURE 7 – Tracé du TEB expérimental et théorique du TEB avec une erreur de phase de 40°

On remarque un écart conséquent entre le tracé du taux d'erreur binaire théorique et expérimental avec un écart de phase de 40° .

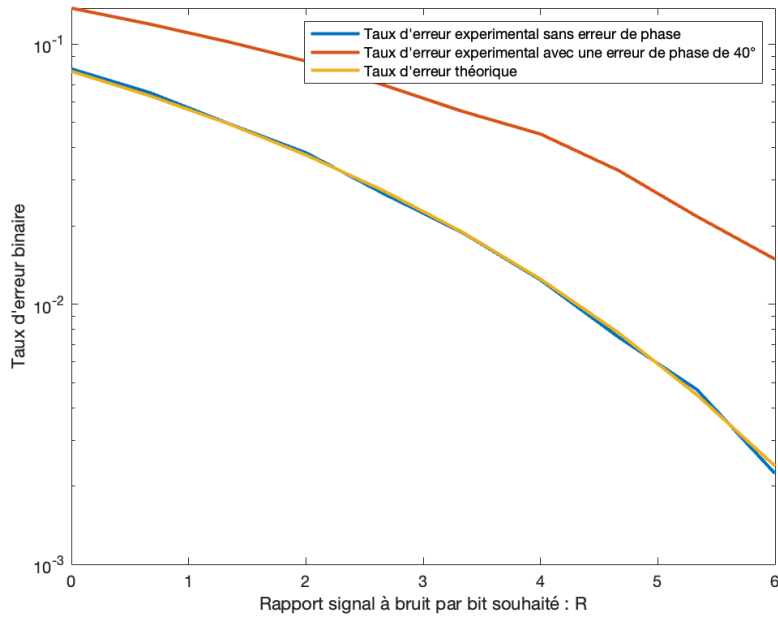


FIGURE 8 – Comparaison des tracés expérimentaux et théoriques du TEB avec et sans une erreur de phase de 40°

En effet, sans l'erreur de phase, le taux d'erreur binaire théorique et expérimental se superposent. Ainsi, nous pouvons en conclure qu'une erreur de phase entraîne une baisse de l'efficacité en puissance.

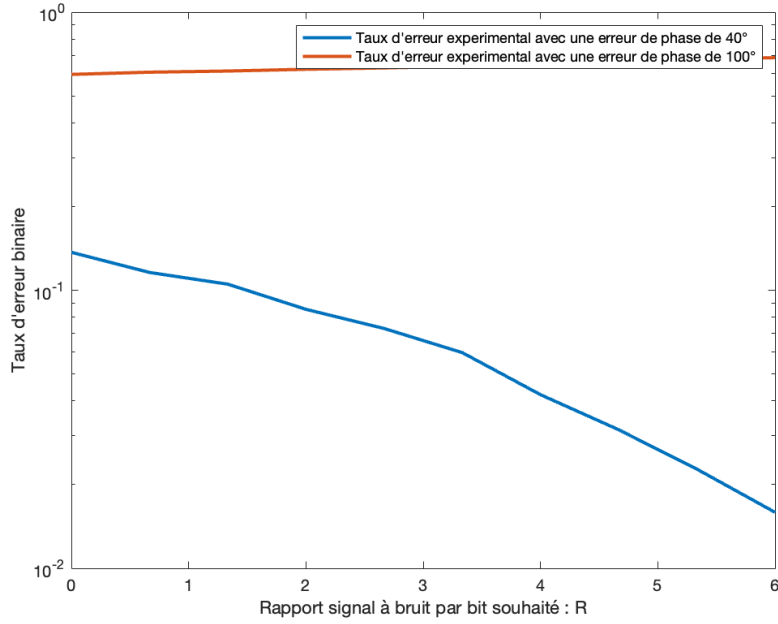


FIGURE 9 – Comparaison des tracés expérimentaux du TEB avec une erreur de phase de 40° et 100°

Le taux d'erreur binaire avec une erreur de phase de 40° reste bien inférieur au taux d'erreur binaire avec une erreur de phase de 100° . On peut donc conclure que plus l'erreur de phase est importante, plus l'impact négatif sur le taux d'erreur binaire est important. De plus, nous pouvons supposer que le décalage de la constellation d'une phase supérieure à 90° entraîne un inversement (1 qui deviennent des 0 et inversement).

2 Estimation et correction de l'erreur de phase porteuse

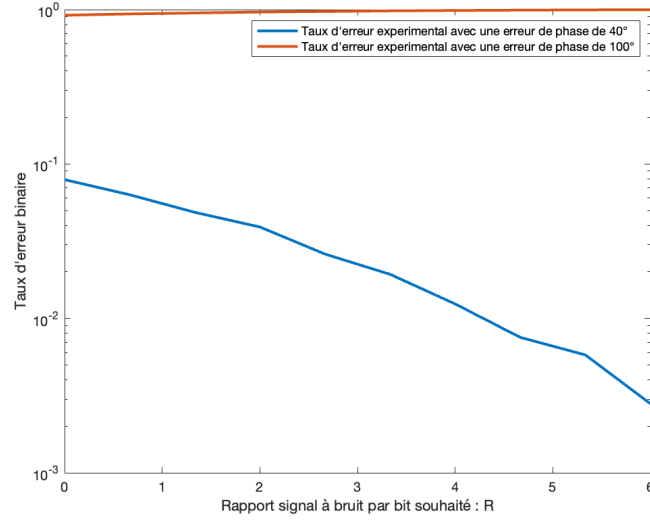


FIGURE 10 – Comparaison des tracés expérimentaux du TEB avec une erreur de phase de 40° et 100° corrigée

Avec la correction, le taux d'erreur binaire avec une erreur de phase de 40° en étant corrigé se rapproche davantage au tracé du taux d'erreur binaire théorique attendu d'après la figure 11.

Néanmoins, on remarque que le taux d'erreur binaire avec une erreur de phase de 100° reste à 1 malgré la correction apportée d'après la figure 12.

Cela peut s'expliquer par le fait que la correction de phase ne tient pas bien compte des erreurs de phases de plus de 90°. Au contraire, elle entraîne une erreur de phase encore plus importante, c'est-à-dire de 180°. La constellation est alors inversée. D'où le mapping, est alors inversé et donc ne correspond plus aux décisions présentes dans le démapping.

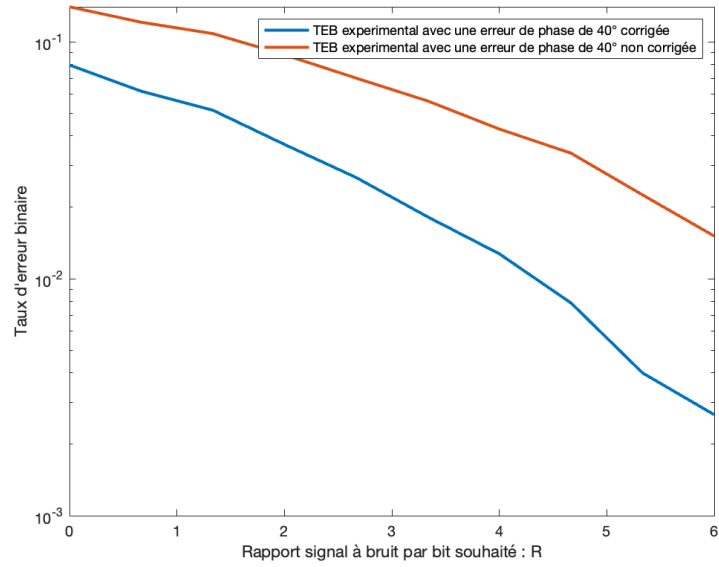


FIGURE 11 – Comparaison des tracés expérimentaux du TEB avec une erreur de phase de 40° corrigée et non corrigée

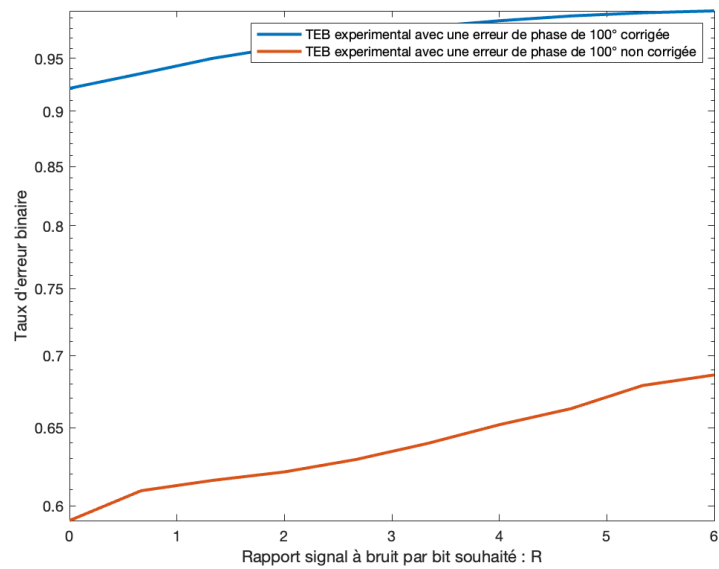


FIGURE 12 – Comparaison des tracés expérimentaux du TEB avec une erreur de phase de 100° corrigée et non corrigée

3 Utilisation d'un codage par transition

1) Le codage par transition permet de stocker la valeur initiale du premier bit. De plus, en multipliant chaque bit par le bit précédent, on obtient le signe de la multiplication qui lui permet donc avec la double information sur les bits de récupérer l'information.

2) Si on reprend le calcul de la question 3 sur l'impact d'une erreur de phase porteuse, il est nécessaire d'ajouter deux probabilités sur a_{k-1} . En effet, avec le codage, la récupération d'un bit du message repose sur l'envoi sans erreur de deux bits. Ainsi, si l'un des bits est mal envoyé, alors le prochain sera forcément erroné lui aussi. Donc, le taux d'erreur binaire est bien multiplié par 2 avec le codage.

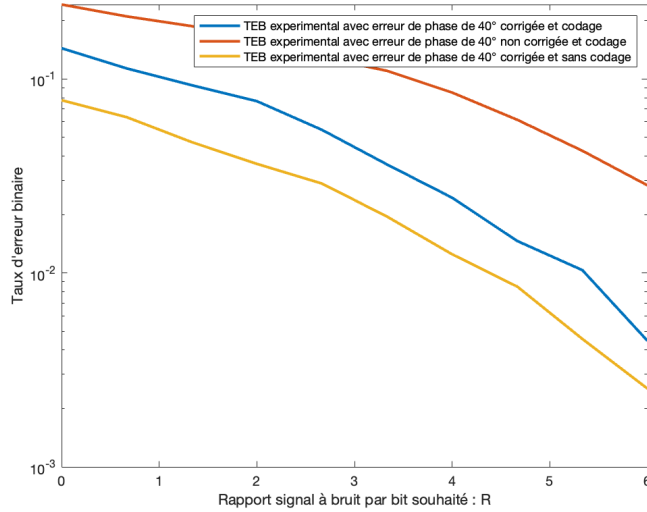


FIGURE 13 – Comparaison des tracés expérimentaux du TEB avec une erreur de phase de 40° corrigée sans codage et non corrigée avec codage et corrigée avec codage

D'après la figure 13, il est clair que pour erreur de phase de 40° c'est l'utilisation d'une correction de phase sans codage qui permet d'avoir la meilleure efficacité en puissance.

Sans correction de phase, le codage seul fournit la pire efficacité spectrale.

On en conclut que la correction de phase possède un impact positif prépondérant. Ce qui le rend nécessaire pour des erreurs de phase comprises entre 0° et 90° alors que le codage possède un impact négatif sur cette plage d'erreur.

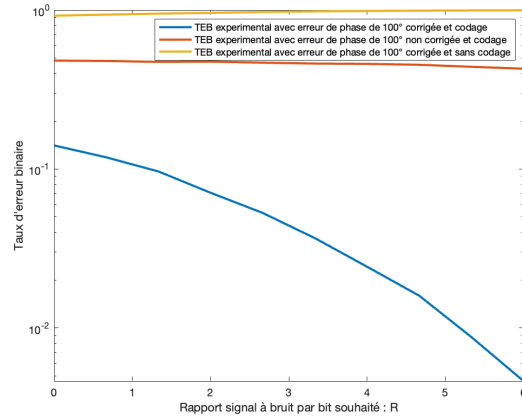


FIGURE 14 – Comparaison des tracés expérimentaux du TEB avec une erreur de phase de 100° corrigée sans codage et non corrigée avec codage et corrigée et avec codage

D'après la figure 14, on remarque l'inverse se dessiner, car c'est l'utilisation d'un correcteur d'erreur de phase et d'un codage qui permet d'obtenir la meilleure efficacité en puissance.

De plus, on remarque que sans codage le taux d'erreur binaire est égale à 1 alors qu'avec seulement le codage, on a un taux d'erreur binaire égale à 0.5.

On en conclut que pour les erreurs de phases comprises entre 90° et 180° , le codage permet de diminuer drastiquement le taux d'erreur binaire.

4 Conclusion

Après avoir implanté l'introduction de l'erreur de phase, sa correction et le codage, on peut en conclure que si on sait que notre erreur de phase sera comprise entre 0° et 90° , il faut utiliser la correction d'erreur de phase sans le codage sinon on perd en efficacité en puissance. Alors que si l'erreur de phase est comprise entre 90° et 180° , il faut utiliser la correction d'erreur de phase avec codage.

D'où afin d'être plus polyvalent, il paraît préférable d'utiliser la correction d'erreur de phase avec le codage malgré l'efficacité en puissance 2 fois plus faible afin de répondre efficacement à tout type d'erreur de phase.