

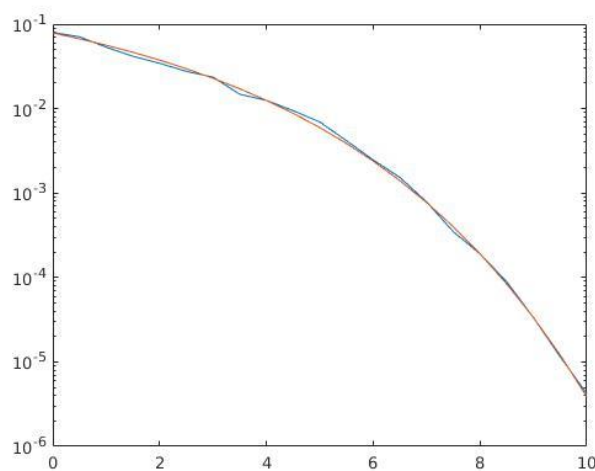
2. Cas 2-PAM avec bruit

1. Avec le filtre en forme de porte

Introduisons maintenant le bruit dans le canal de transmission, afin d'observer la réponse qui change.

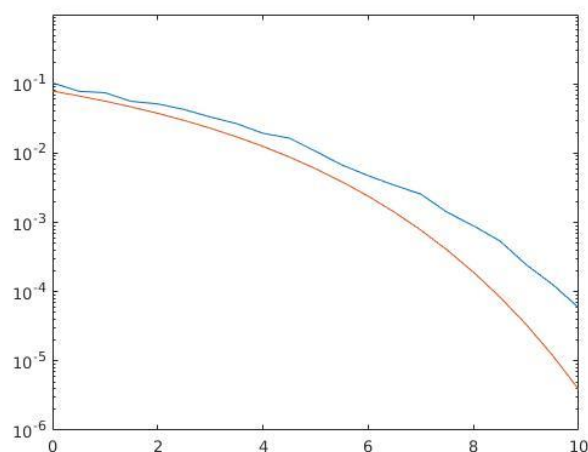
Le bruit est introduit avec plusieurs niveaux, qui correspondent à plusieurs niveaux de rapport signal sur bruit. Ces niveaux sont rassemblés dans un tableau de 21 valeurs allant de 0 à 10 par pas de 0.5. Il nous suffit donc d'introduire le bruit dans la partie canal de la chaîne de communications, puisqu'il s'agit d'un bruit additif, en l'additionnant au signal sorti de la partie émetteur avec la bonne valeur d'amplitude induite par le rapport signal sur bruit.

Pour observer l'effet du bruit, nous pouvons tracer la courbe de probabilités d'erreurs binaires pour chaque valeur de rapport, et comparer ces résultats expérimentaux à la courbe théorique. Celle-ci est tracée par la fonction `qfunc` de Matlab.



Tracé des taux d'erreurs binaires en fonction du rapport signal sur bruit (en dB). Courbe théorique en rouge, courbe expérimentale en bleu.

Nous pouvons remarquer que les résultats expérimentaux suivent bien la courbe théorique, malgré quelques petites divergences (dues évidemment aux erreurs). Mais le modèle est encore beaucoup trop idéal, rendons le plus réaliste encore en introduisant une erreur de désynchronisation lors de l'échantillonnage. Cette désynchronisation sera de l'ordre de 10% de T_s . En clair, lors de chaque échantillonnage, le temps réel de l'échantillonnage sera compris entre 10% trop tôt et 10% trop tard. Ceci entraîne de nouveaux résultats observés.



Cette fois-ci, les deux courbes suivent la même évolution mais ne se superposent plus. La courbe expérimentale décroît moins rapidement que la courbe théorique. Ceci s'explique par le fait que lorsque le rapport signal sur bruit décroît, il y a plus de chances pour que le signal reçu soit faux. Et puisqu'il y a la désynchronisation, les erreurs peuvent se retrouver multipliées lorsque le l'échantillonnage prend plusieurs fois la même faute.

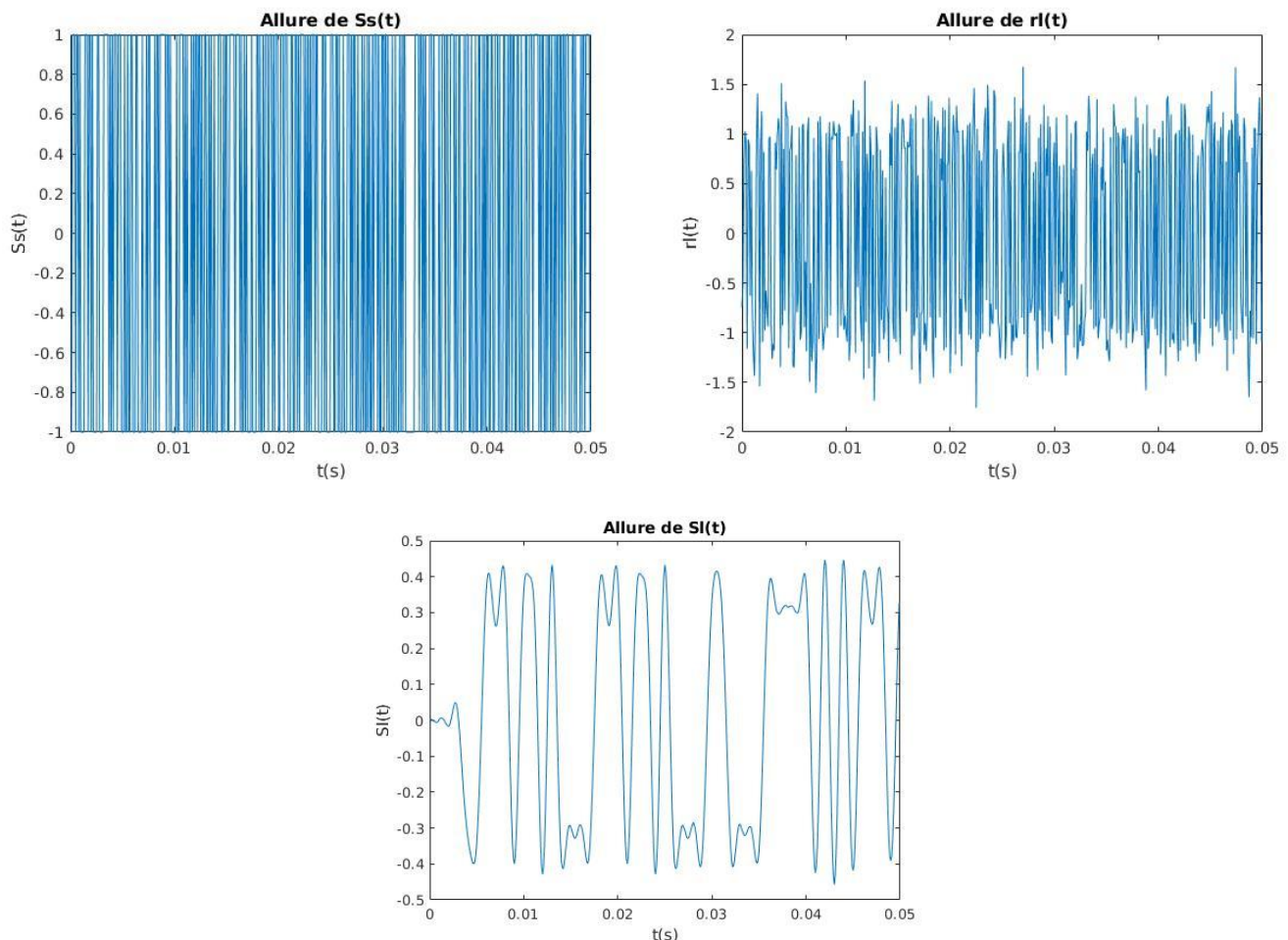
Le phénomène qui cause cette désynchronisation s'appelle le *jitter*, et est inhérent au bloc d'échantillonnage.

Une dernière mesure à réaliser pour cette étude est la perte de sensibilité en dB du récepteur lorsque la qualité de transmission est telle que le taux d'erreur binaire est inférieur à 0.001. Pour ce faire, nous devons donc observer le graphique des TEB, et plus particulièrement l'écart entre les mesures et la théorie pour un TEB inférieur à 0.001. Dans le cas du filtre en porte, nous relevons un écart de 1.2 dB.

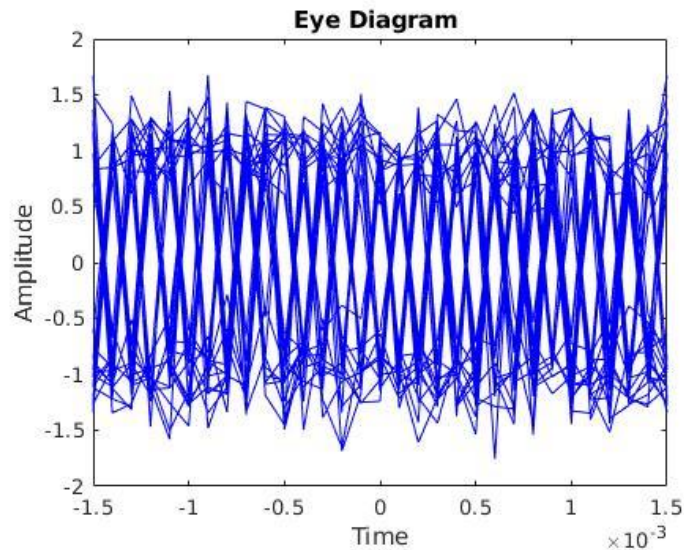
2. Avec le filtre en forme de cosinus surélevé

Reprenons l'étude précédente en changeant cette fois la forme du filtre de mise en forme. Nous allons maintenant utiliser un filtre en racine de cosinus surélevé. Il faut d'abord régler certains paramètres, comme le facteur de retombée, qui permet de faire varier la largeur de la bande du filtre.

Les résultats précédents ayant pu changer, regardons les signaux du système.

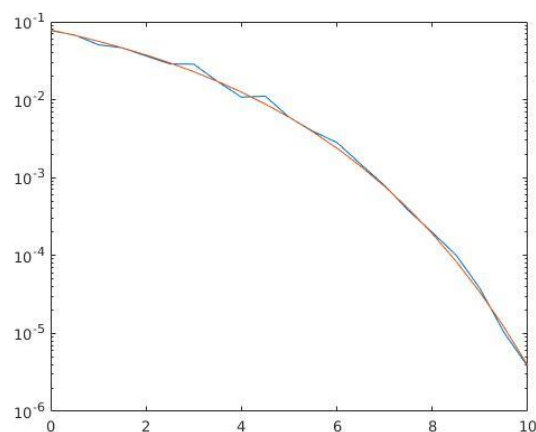


L'apparence de $Sl(t)$ change, du fait de la nouvelle forme du filtre : les courbes sont lissées, et nous pouvons voir un retard qui apparaît au départ. Ce retard est dû à la convolution.

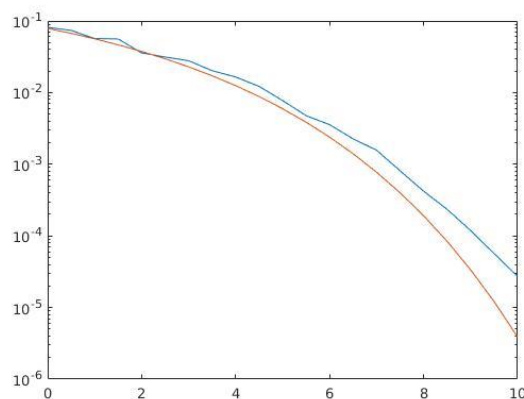


Au niveau du diagramme de l'œil, on observe aussi une fermeture horizontale, par rapport au précédent diagramme de l'œil avec le filtre en porte. Nous pouvons aussi constater l'effet du bruit qui parasite les ouvertures. La fermeture horizontale est caractéristique du déphasage introduit par le filtre. Plus le filtre introduit de déphasage, plus les ouvertures se resserrent.

Revenons sur les taux d'erreurs binaires. Dans un premier temps, nous allons faire sans la désynchronisation. Nous obtenons ces valeurs de taux d'erreurs binaires pour le filtre en cosinus surélevé :



Les résultats sont comparables à ceux obtenus pour le filtre en porte. Nous pouvons donc en conclure que le filtre rejette aussi bien le bruit. Maintenant rajoutons la désynchronisation.



Là aussi le résultat est similaire au cas du filtre en porte. Mais une étude plus poussée nous montre que la courbe expérimentale suit la théorie d'un peu plus près dans ce cas. En effet, une lecture graphique nous montre que la perte de sensibilité n'est plus que de 0.5 dB. Nous avons donc gagné en matière de sensibilité.

En conclusion sur la modulation 2-PAM, pour effectuer une comparaison entre les filtres utilisés ici, nous pouvons dire que le filtre en porte est plus simple d'utilisation et entraîne moins de déphasage, mais que pour des niveaux de rapports signal sur bruits plus élevés, il serait plus judicieux de prendre un filtre en cosinus surélevé, qui offre l'avantage d'une plus petite perte de sensibilité.