TÉLÉCOMMUNICATIONS
Devoir 1

Auteur :
LAANAIYA Mahmoud

Département Sciences du Numérique - Première année
2020-2021

Table des matières

Table des figures

1 Introduction

1.1 Objectif

Ce premier travail va etre dédié à l'étude des modulateurs bande de base. Pour cela, nous allons en implanter quelques uns sous Matlab afin de les analyser et de les comparer en termes d'efficacité spectrale.

1.2 Schéma général d'un modulateur en bande de base

Un modulateur bande de base est composé des éléments suivants :

1.2.1 Information binaire à transmettre

La génération de l'information binaire à transmettre (bits 0 et 1 équiprobables et indépendants) pourra être réalisée grace à la fonction randi de Matlab.

1.2.2 Mapping

Un mapping devra être réalisé afin de passer de l'information binaire aux symboles a_k. Le mapping est un des élements qui pourra différer selon les modulateurs à implanter.

1.2.3 Suréchantillonage

La suite d'impulsions de Dirac espacées de la durée symbole Ts et pondérées par les symboles a_k issus du mapping sera générée, en numérique, en insérant Ns-1 zéros entre deux symboles a_k, si Ns représente le nombre d'échantillons utilisés par symbole (ou facteur de sur echantillonnage : $Ts = NsTe$, Te étant la période d'échantillonnage). Ns est déterminé pour que le signal numérique généré respecte la condition d'échantillonnage de Shannon.

1.2.4 Filtrage de mise en forme

La réponse impulsionnelle,h(t), du filtre de mise en forme est un des élements qui pourra différer selon les modulateurs à étudier et implanter. Ne seront implantés que des filtres de type RIF (à réponse impulsionnelle finie). Une fois la réponse impulsionnelle numérique générée ($h = [h(0)h(1)...h(N-1)]$, si N représente l'ordre du filtre), le filtrage pourra être réalisé en utilisant la fonction filter de Matlab : $signalfiltre = filter(h, 1, signalafiltrer)$

2 Modulateur à étudier

2.1 Modulateur 1

Remarque :

Pour plus de figures et détails veuillez cliquer ici : Code et Figures détaillés

2.1.1 Mapping

Symboles binaire à moyenne nulle. $Ns1 = 4$

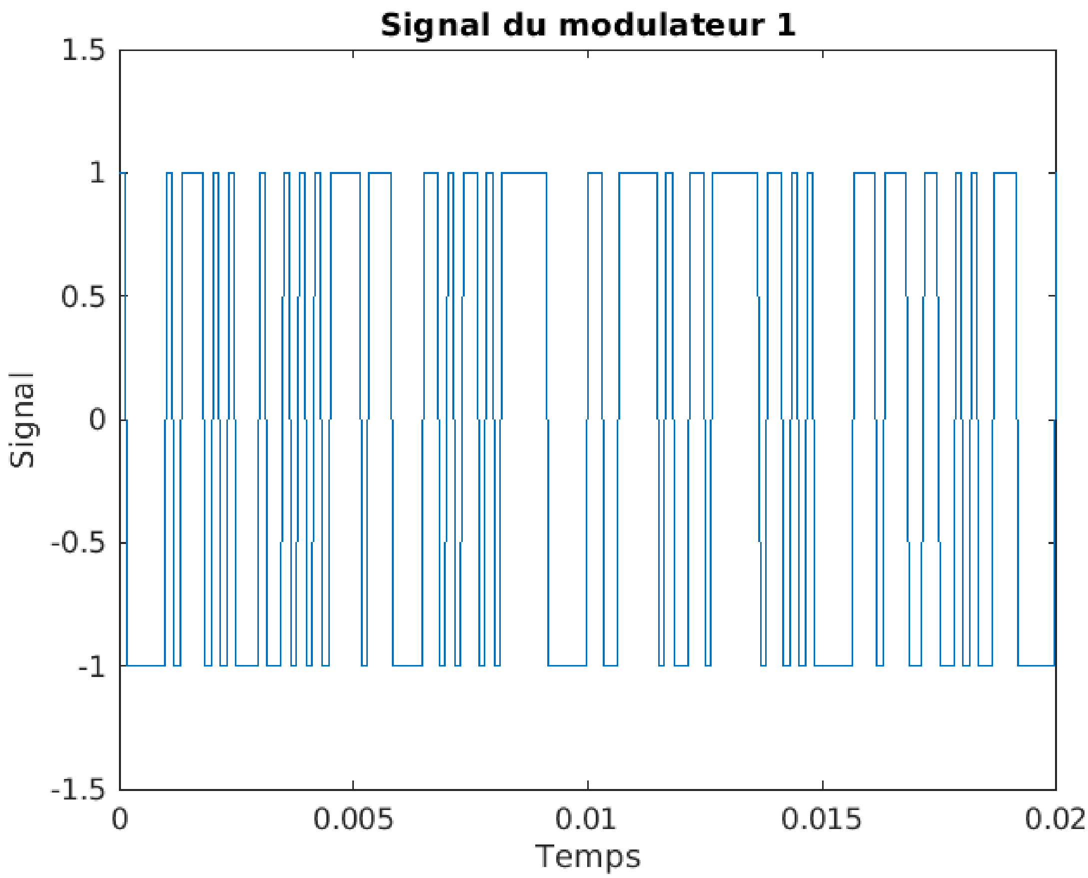

Figure 1 – Signal du Modulateur 1

2.1.2 Suréchantillonage

Filtre de mise en forme : réponse impulsionnelle rectangulaire de durée $Ts1 = Ns1Te$. Nous pouvons utiliser la fonction ones.m de Matlab afin de générer la réponse impulsionnelle de ce filtre de mise en forme :$h = ones(1, Ns1)$ (filtre RIF d'ordre $N = Ns1$).

Étude théorique

$$S_x(f) = \frac{\sigma_a^2}{T_s}\left|H(f)\right|^2 + 2\frac{\sigma_a^2}{T_s}\left|H(f)\right|^2 \sum_{k=1}^{\infty} \mathfrak{Re}\left[R_a(k)e^{j2\pi fkT_s}\right] + \frac{\left|m_a\right|^2}{T_s^2}\sum_k \left|H\left(\frac{k}{T_s}\right)\right|^2 \delta\left(f - \frac{k}{T_s}\right)$$

Ici seul le premier terme reste, car la moyenne est nulle.
Donc, on obtient :

$$S_x(f) = \frac{\sigma_a^2}{T_s}\left|H(f)\right|^2$$

avec $\sigma_a = 1$

Cette formule est suffisante pour l'implanter sur Matlab, mais pour mieux comprendre les figures, on calcule $H(f)$ et on obtient la formule ci dessous :

$$S_x(f) = Ts\frac{sin^4(\pi f\frac{Ts}{2})}{(\pi f\frac{Ts}{2})^2}$$

Comme on voit dans la figure (Figure 2), l'allure est d'une sinus-cardinal.

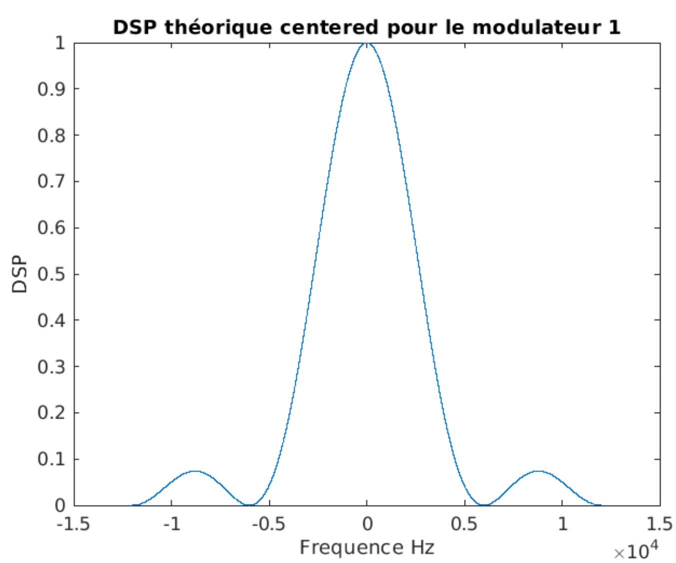

Figure 2 – DSP théorique

Étude pratique

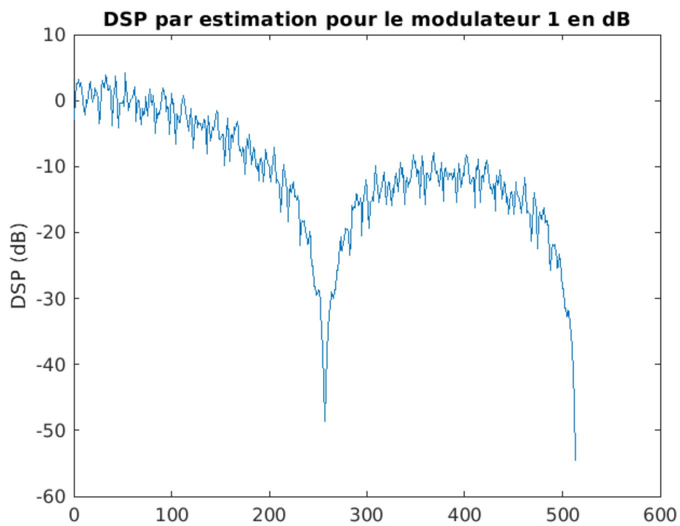

FIGURE 3 – DSP pratique en dB

Pour la DSP par estimation, on peut utiliser un 'centered' dans le pwelch à la place de fftshift de la DSP en 'twosided'. (Voir devoir.pdf)

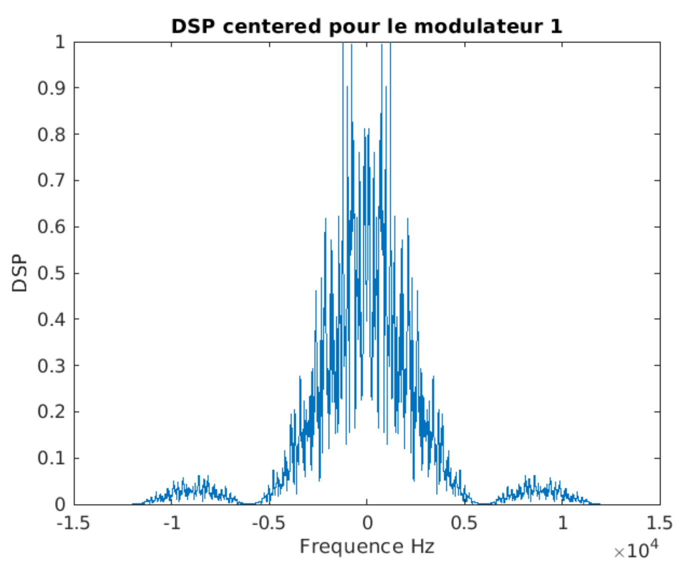

FIGURE 4 – DSP pratique

2.1.3 Comparaison entre le résultat théorique et pratique

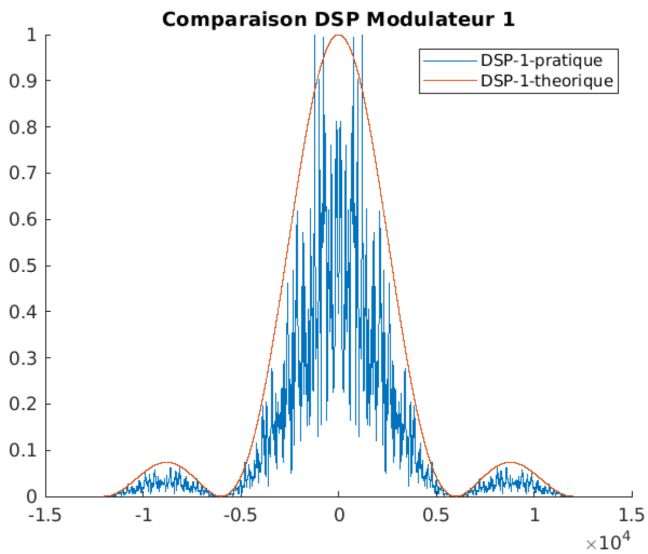

FIGURE 5 – Comparaison théorique-pratique

Conclusion

Les deux DSPs ont la même allure, et ont des valeurs proches.

2.2 Modulateur 2

Remarque :

Pour plus de figures et détails veuillez cliquer ici : Code et Figures détaillés

2.2.1 Mapping

Symboles 4-aires à moyenne nulle :
Il nous faut des symboles aléatoires valant -3, -1, 1, 3. Pour cela on va transformer les bits à transmettre en décimal grâce à la fonction bi2de.m de Matlab.($Ns2 = 8$)

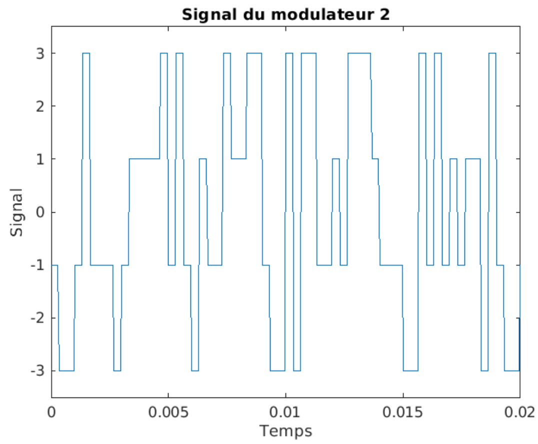

FIGURE 6 – Signal du Modulateur 2

2.2.2 Suréchantillonage

Filtre de mise en forme : réponse impulsionnelle rectangulaire de durée $Ts2 = Ns2Te$. Nous pouvons utiliser la fonction ones.m de Matlab afin de générer la réponse impulsionnelle de ce filtre de mise en forme :$h = ones(1, Ns2)$ (filtre RIF d'ordre $N = Ns2$).

Étude théorique

De même que celle du Modulateur 1...

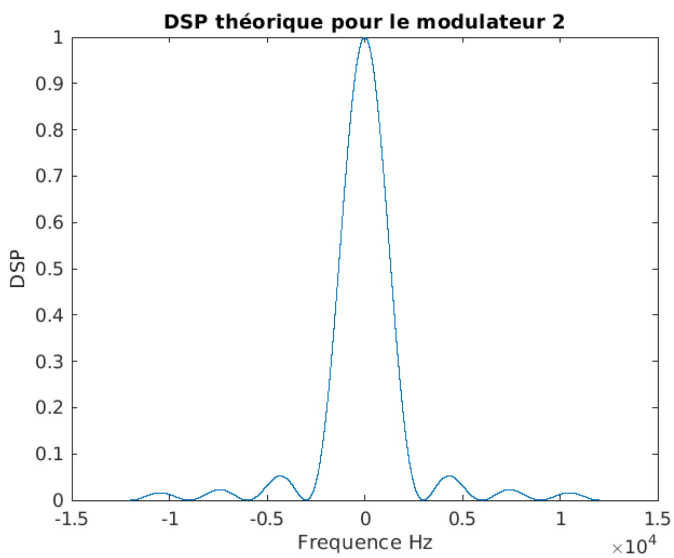

FIGURE 7 – DSP théorique

Étude pratique

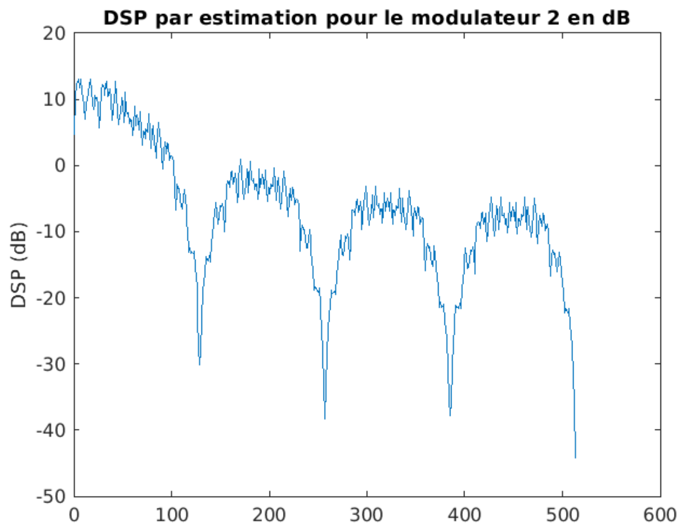

FIGURE 8 – DSP pratique en dB

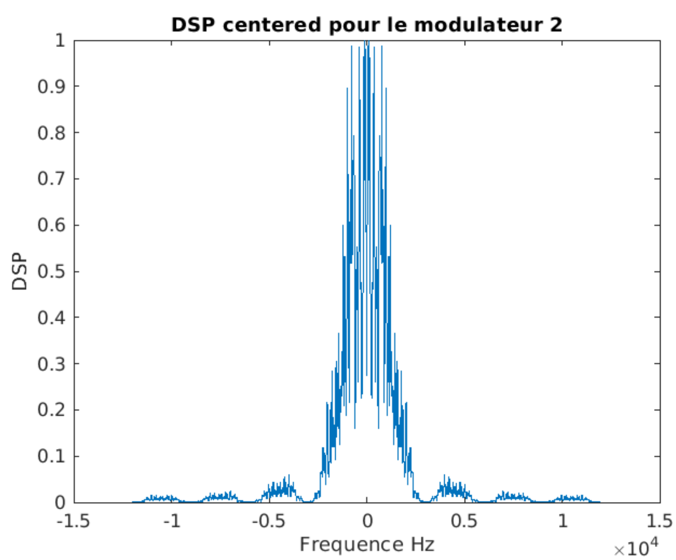

FIGURE 9 – DSP pratique

2.2.3 Comparaison entre le résultat théorique et pratique

Conclusion

Tout est bon !

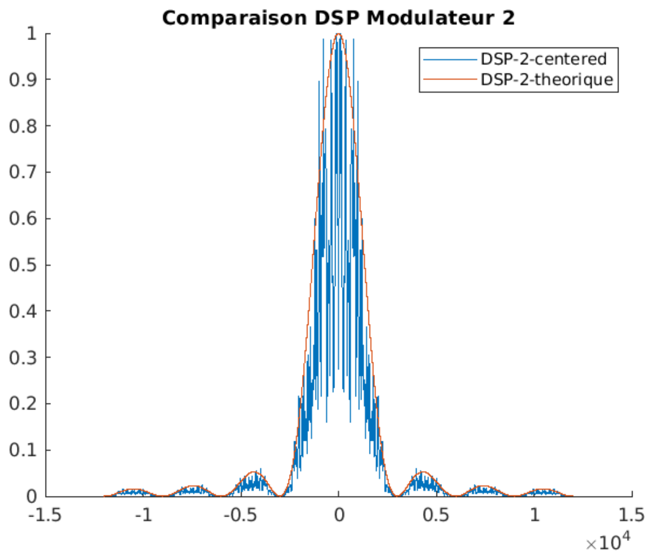

Figure 10 – Comparaison théorique-pratique

2.3 Modulateur 3

Remarque :

Pour plus de figures et détails veuillez cliquer ici : Code et Figures détaillés

2.3.1 Mapping

Symboles binaire à moyenne nulle. $Ns3 = 4$

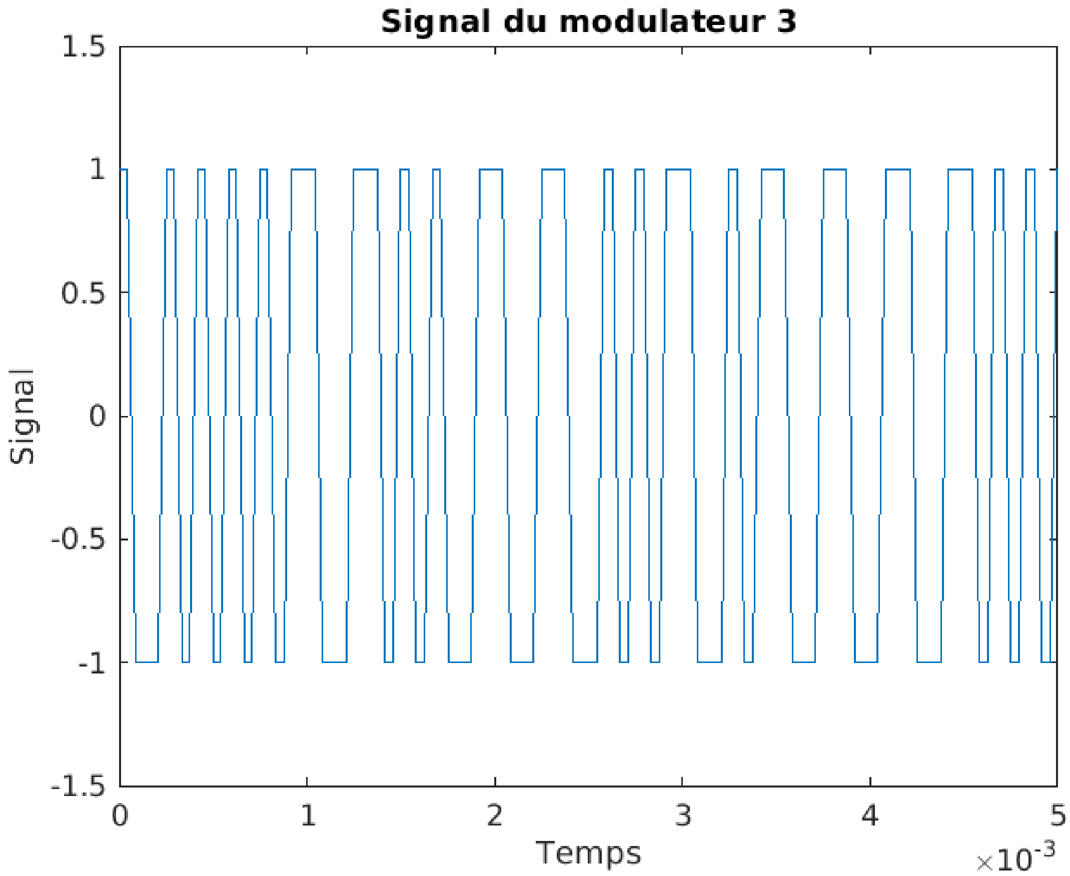

FIGURE 11 – Signal du Modulateur 3

2.3.2 Suréchantillonage

Filtre de mise en forme : réponse impulsionnelle rectangulaire de durée $Ts3 = Ns3Te$. Nous pouvons utiliser la fonction ones.m de Matlab afin de générer la réponse impulsionnelle de ce filtre de mise en forme : $h = [ones(1, Ns3/2) - ones(1, Ns3/2)$ (filtre RIF d'ordre $N = Ns3$).

Étude théorique

De même...

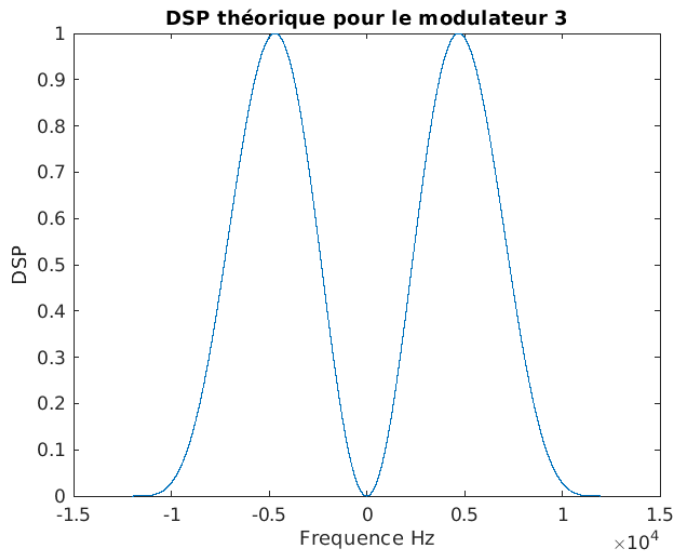

FIGURE 12 – DSP théorique

Étude pratique

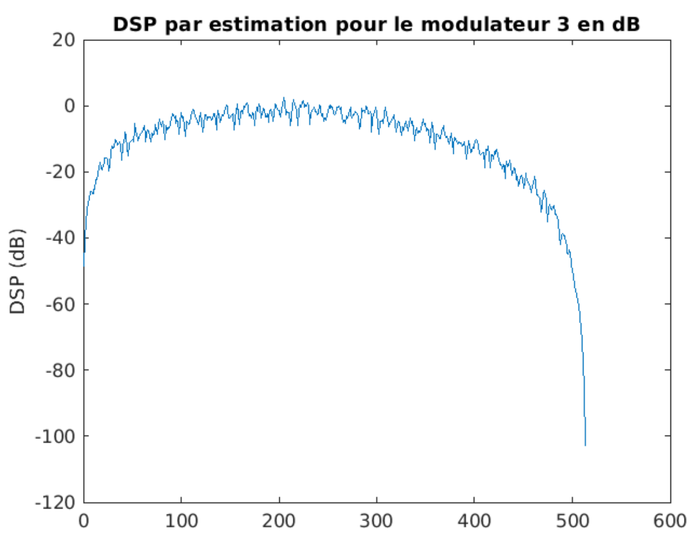

FIGURE 13 – DSP pratique en dB

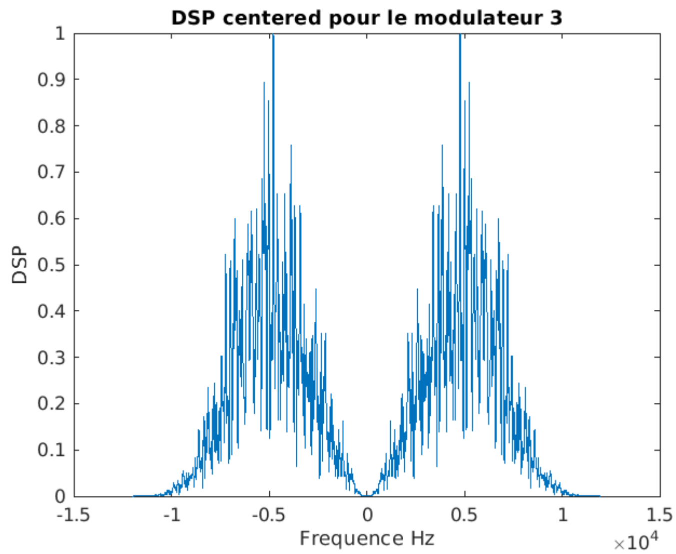

FIGURE 14 – DSP pratique

2.3.3 Comparaison entre le résultat théorique et pratique

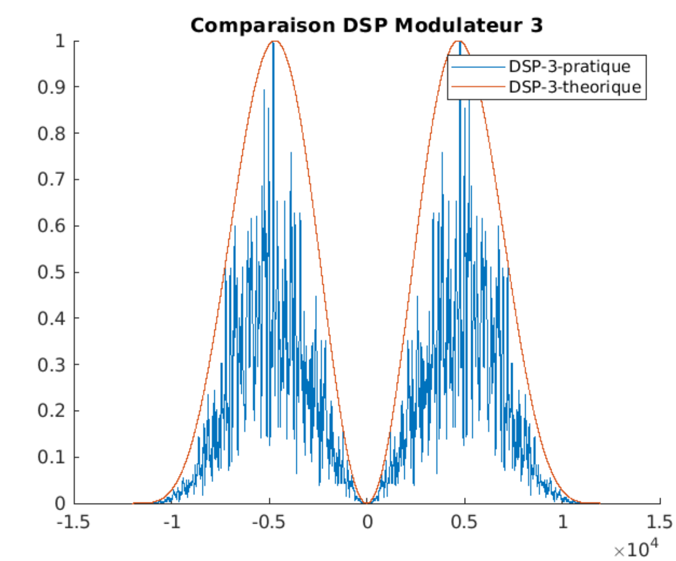

FIGURE 15 – Comparaison théorique-pratique

Conclusion

Tout est bon !

2.4 Modulateur 4

Remarque :

Pour plus de figures et détails veuillez cliquer ici : Code et Figures détaillés

2.4.1 Mapping

Symboles binaire à moyenne nulle. $Ns3 = 4$

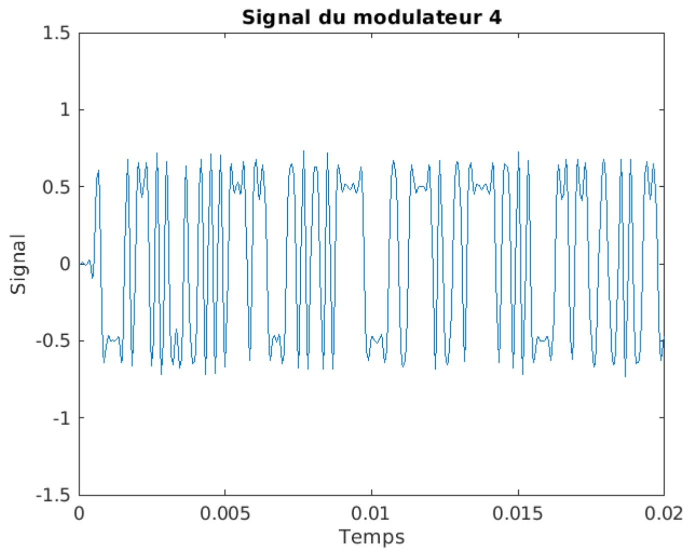

Figure 16 – Signal du Modulateur 4

2.4.2 Suréchantillonage

Filtre de mise en forme : réponse impulsionnelle en racine de cosinus surélevé. Vous pourrez utiliser la fonction rcosdesign.m de Matlab afin de générer la réponse impulsionnelle de ce filtre,dont nous reparlerons plus en détails par la suite. Ce filtre a une bande fréquentielle finie, il a donc une réponse impulsionnelle infinie qui devra être tronquée afin de réaliser un filtre de type RIF.Vous pouvez utiliser, par exemple,h=rcosdesign(0.5,8,Ns4) ; afin de réaliser un filtre en racine de cosinus surélevé avec une réponse impulsionnelle de longueur $N = 8 \times Ns4 + 1$?echantillons (ou coefficients), de roll off 0.5 (paramètre compris entre 0 et 1 qui fixe la largeur de bande), pour une période symbole $Ts4 = Ns4Te$.

Étude théorique

$$S_x(f) = \frac{\sigma_a^2}{Ts} \begin{cases} Ts & \text{si} & |f| < \frac{1-\alpha}{2Ts} \\ \frac{Ts}{2}(1+\cos(\frac{\pi Ts}{\alpha}(|f| - \frac{1-\alpha}{2Ts})) & \text{si} & \frac{1-\alpha}{2Ts} < |f| < \frac{1+\alpha}{2Ts} \\ 0 & \text{elsewhere} & \end{cases} \tag{1}$$

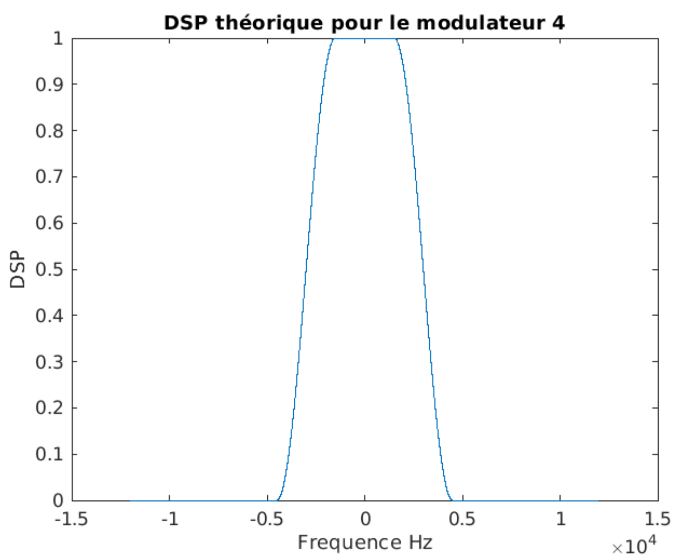

FIGURE 17 – DSP théorique

Étude pratique

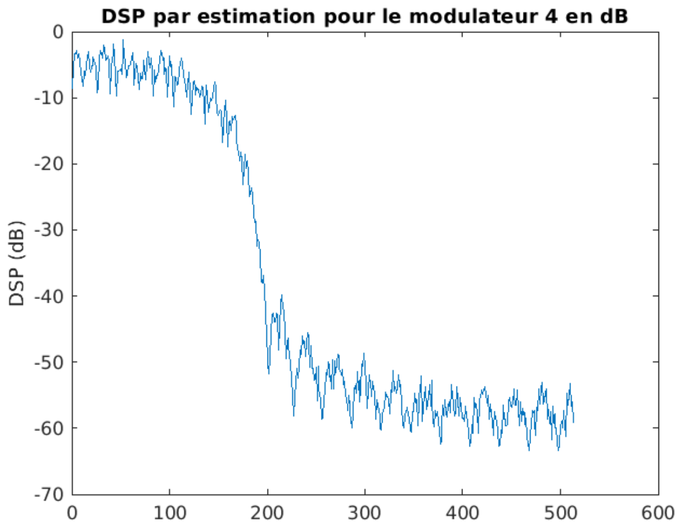

FIGURE 18 – DSP pratique en dB

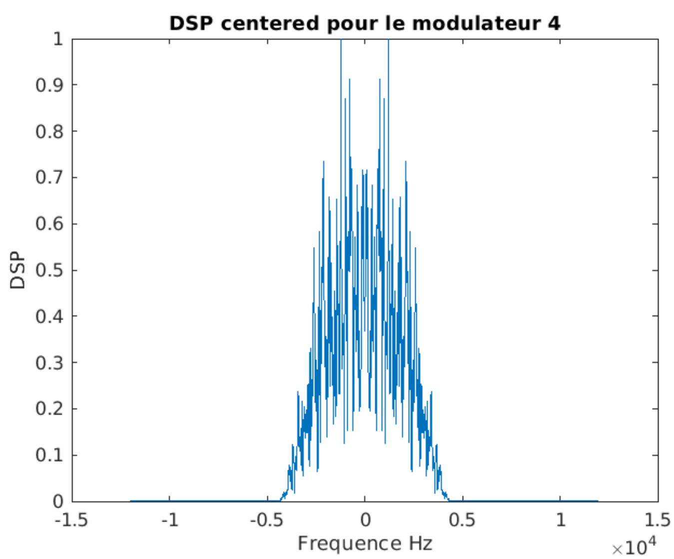

FIGURE 19 – DSP pratique

2.4.3 Comparaison entre le résultat théorique et pratique

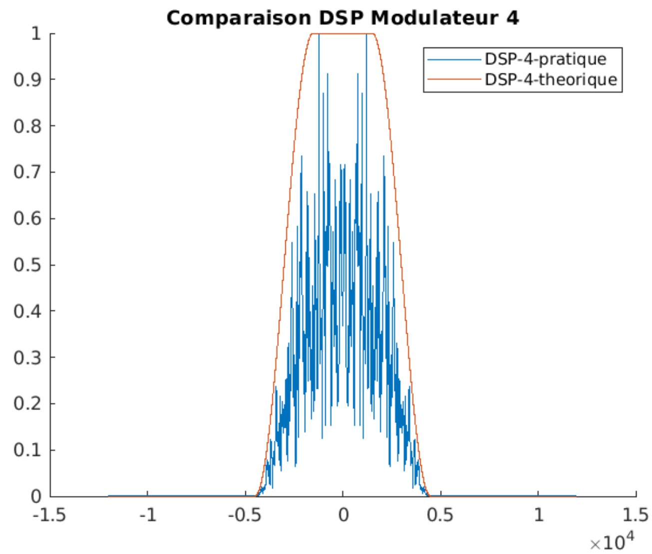

FIGURE 20 – Comparaison théorique-pratique

Conclusion

Tout est bon !

3 Comparaison des DSPs

Pour comparer les DSPs, il faut calculer la bande de chacune, puis en déduire l'efficacité de chacune.

Remarque :

Pour plus de détails et résultats sur le classement des DSPs veuillez cliquer ici : Code et Figures détaillés

Rappel : Bande

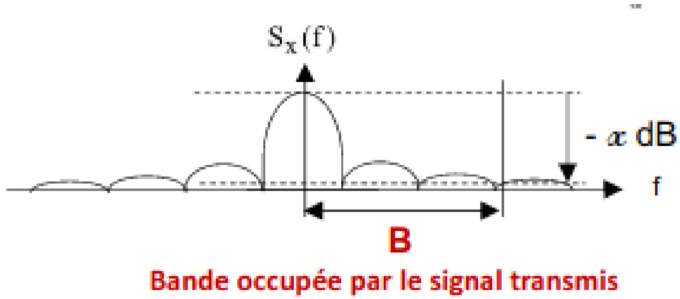

FIGURE 21 – Bande

Remarque

J'ai choisis une atténuation de 95%. Alors on va calculer le max et le min des abcisses où la DSP ne dépasse plus ses 5%. Puisque la DSP est une fonction paire, la bande est égale à la moyenne entre le min et le max.

Revenons à nos moutons

On trace toutes les DSPs dans un même graphe pour voir les bandes à l'oeil, puis on les classe en fonction de l'efficacité.

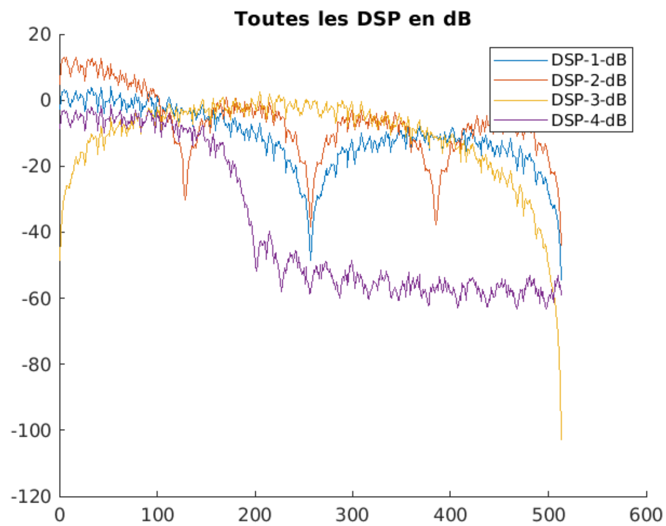

Figure 22 – Toutes les DSPs en dB

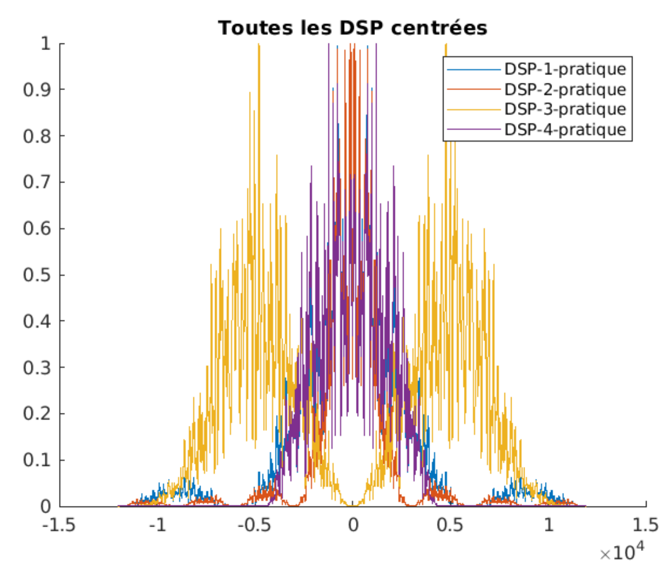

Figure 23 – Toutes les DSPs pratiques

Pour mieux observer les DSPs et les bandes, voici toutes les DSPs théoriques.
Le trait en noir représente l'atténuation. Et alors on peut classer les DSPs grâce à ceci.

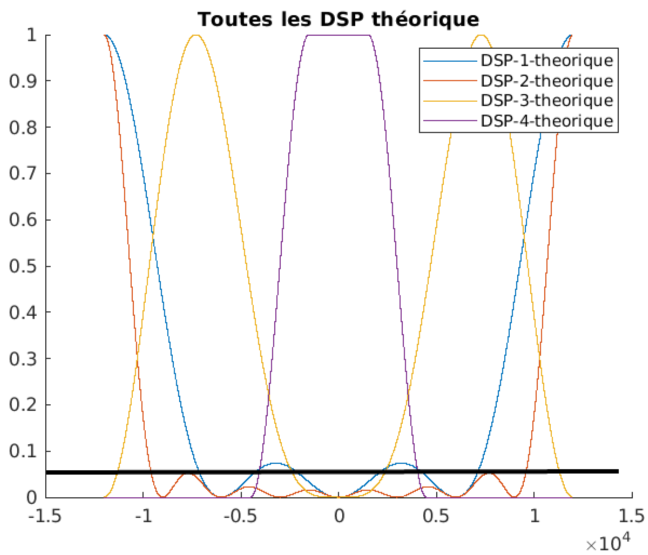

FIGURE 24 – Toutes les DSPs théoriques

Remarque

On peux déjà voir que le modulateur 4 a la plus petite bande.

4 Réponse aux questions

Classement

Avec la méthode qu'on vient d'expliquer, on classe les modulateur de manière croissante suivant l'efficacité spectrale. On obtient donc le classement suivant :

Modulateur 1
Modulateur 3
Modulateur 2
Modulateur 4

Les éléments d'un modulateur qui agissent sur l'éfficacité spectrale

Les éléments qui agissent sont :
- Le type du filtre utilisé.
- Le mapping.