



Département Sciences du Numérique

Simulation d'une transmission au format DVB-RCS Voie retour par satellite

Clémentine GRETHEN Benoit FERNANDEZ

21 janvier 2021

Table des matières:

1- Introduction et objectifs

2- Construction et étude de la trame MF-TDMA

2-1- Etude théorique

2-2- Implantation

2.2.1 Modulation bande base

2.2.2 Construction du signal MF-TDMA

3- Démultiplexage des porteuses

3-1-Synthèse des filtres passe-bas

3-2 Synthèse des filtres passe-haut

3-3 Filtrage

4- Retour en bande de base et démodulation

4-1- Retour en bande de base

4-2- Détection du slot utile

5- Démodulation bande de base

6- Conclusion

1- Introduction

L'objectif de ce projet est de décoder les messages fournis contenant des informations binaires. Ceci, simulant l'interaction entre une station d'interconnection et un satellite, soit la transmission au format DVB-RCS (cf figure 0). Suite au décodage des messages on va être capables d'identifier un des professeurs de notre département. Premièrement, nous allons créer la trame MF-TDMA, puis le récepteur MF-TDMA qui va permettre de retrouver les messages de départ. Nous réaliserons un démultiplexage des porteuses, nous retrouverons les slots utiles puis nous decoderons les messages binaires captés.

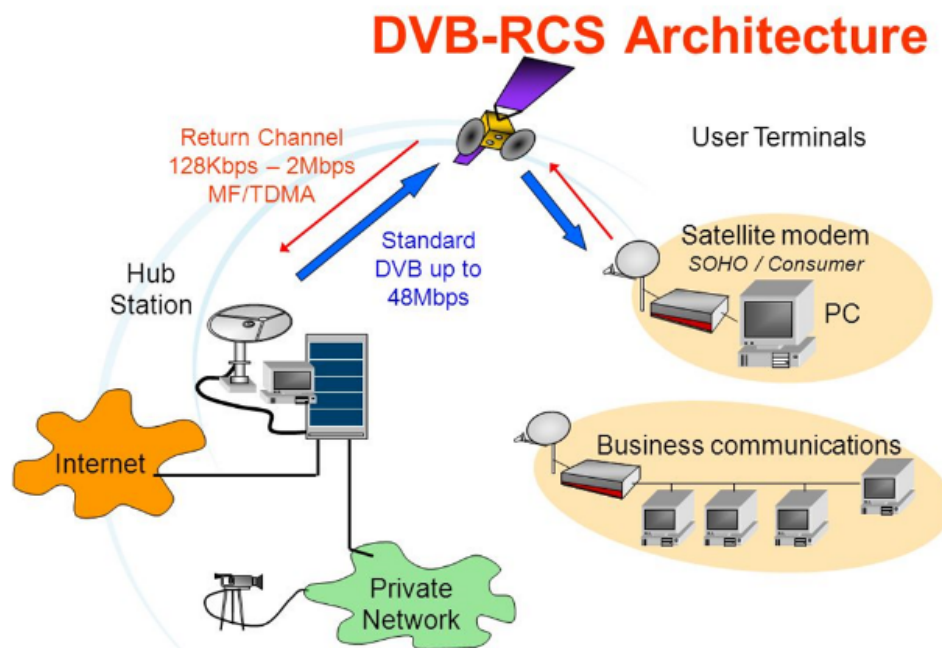
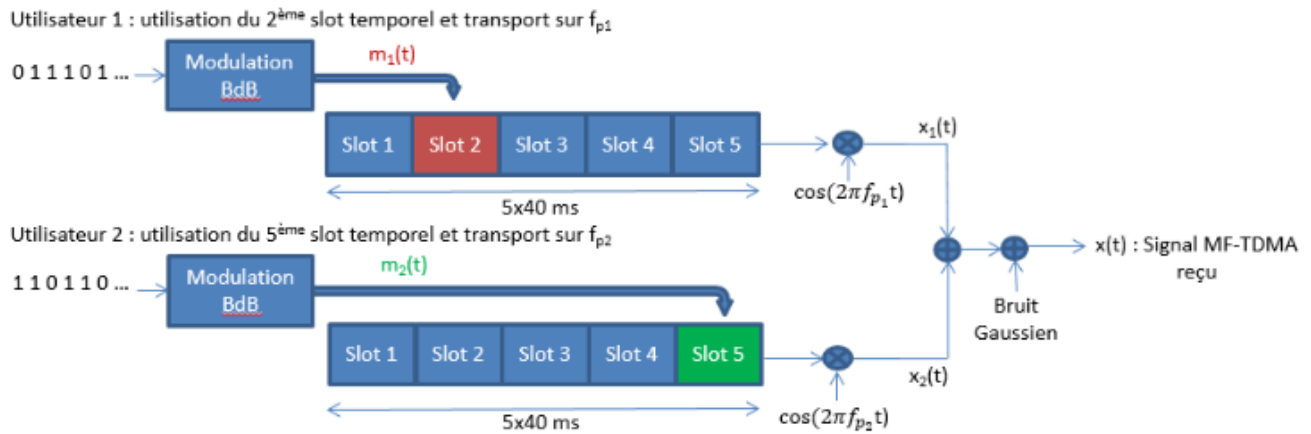


Figure 0: Description d'une transmission au format DVB-RCS

2- Construction et étude de la trame MF-TDM:



2-1- Etude théorique

Le signal MF-TDMA non bruité peut s'écrire de la manière suivante :

$$x(t) = m_1(t) \cos(2\pi f_1 t + \phi_1) + m_2(t) \cos(2\pi f_2 t + \phi_2)$$

- calcul de la densité spectrale de puissance:
 - 1) Première solution:

On considère les signaux $m_1(t)$ et $m_2(t)$ comme aléatoires, indépendants et centrés, et stationnariser le signal MF-TDMA en considérant des phases aléatoires dans les cosinus : ϕ_1 et ϕ_2 variables aléatoires indépendantes uniformément réparties sur $[0, 2\pi]$.

On a donc: $E(x(t)x(t - \tau))$

D'où:

$$R_x(\tau) = E(m_1(t)\overline{m_1(t - \tau)})\frac{1}{2}\cos(2\pi f_{p1}\tau) + E(m_2(t)\overline{m_2(t - \tau)})\frac{1}{2}\cos(2\pi f_{p2}\tau)$$

$$R_x(\tau) = R_{m1}(\tau)\frac{1}{2}\cos(2\pi f_{p1}\tau) + R_{m2}(\tau)\frac{1}{2}\cos(2\pi f_{p2}\tau)$$

$$\begin{aligned} S_x(f) &= TF(R_x(\tau)) = TF(R_{m1}(\tau))\frac{1}{2}\cos(2\pi * f_{p1}\tau) + R_{m2}(\tau)\frac{1}{2}\cos(2\pi * f_{p2}\tau) \\ &= s_{m1}(f) * \left(\frac{1}{2}\delta(f)\right) + s_{m2}(f) * \left(\frac{1}{4}(\delta(f + 46) + \delta(f - 46))\right) \\ &= \frac{1}{2} * s_{m1}(f) + \frac{1}{4} * s_{m2}(f + 46) + \frac{1}{4}s_{m2}(f - 46) \end{aligned}$$

2) Deuxième solution

Considérer les signaux $m_1(t)$ et $m_2(t)$ comme déterministes à énergie finie et occupant la même bande de fréquence $[-b, b]$ autour de 0, avec $b \ll f_{p1}$ et $b \ll f_{p2}$. On pourra prendre $\phi_1 = \phi_2 = 0$ pour simplifier les calculs.

$$\begin{aligned} R_1(\tau) &= \int_{-b}^b m_1(t) \overline{m_1(t-\tau)} \cos(2\pi * f_{p1}t + \phi_1) \overline{\cos(2\pi * f_{p1}(t-\tau) + \phi_1)} dx \\ &= \frac{1}{2} \cos(2\pi * f_{p1}\tau) R_{m1}(f) \end{aligned}$$

Par symétrie:

$$R_2(\tau) = \frac{1}{2} \cos(2\pi * f_{p2}\tau) R_{m2}(f)$$

D'où:

$$R_x(\tau) = \frac{1}{2} \cos(2\pi * f_{p2}\tau) R_{m2}(f) + \frac{1}{2} \cos(2\pi * f_{p1}\tau) R_{m1}(f)$$

L'expression de la densité spectrale de puissance reste la même.

- expression du bruit à ajouter

SNR: rapport signal sur bruit souhaité en dB, P_{Yb} : la puissance du bruit gaussien, P_Y : la puissance du signal MF-TDMA. La puissance à ajouter est donc:

$$P_{Yb} = P_Y 10^{\frac{-RSB}{10}}$$

2-2- Implantation:

2.2.1 Modulation bande base:

Chaque information binaire à transmettre a été transformée en un signal de type NRZ . Pour cela, chaque bit 0 ou 1 a été codé par un niveau bas ou un niveau haut d'une durée T_s correspondant à N_s échantillons distants de T_e .

Les paramètres physiques imposés par le système ont conduit au calcul suivant pour N_s :

$$N_s = \frac{T_s}{T_e}$$

(Avec T_s qui correspond à N_s échantillons distants de T_e .) De plus, les messages sont composés de 480 bits et $T=40ms$. On trouve donc $N_s=10$.

Nous pouvons alors tracer les signaux obtenus pour chaque utilisateur :

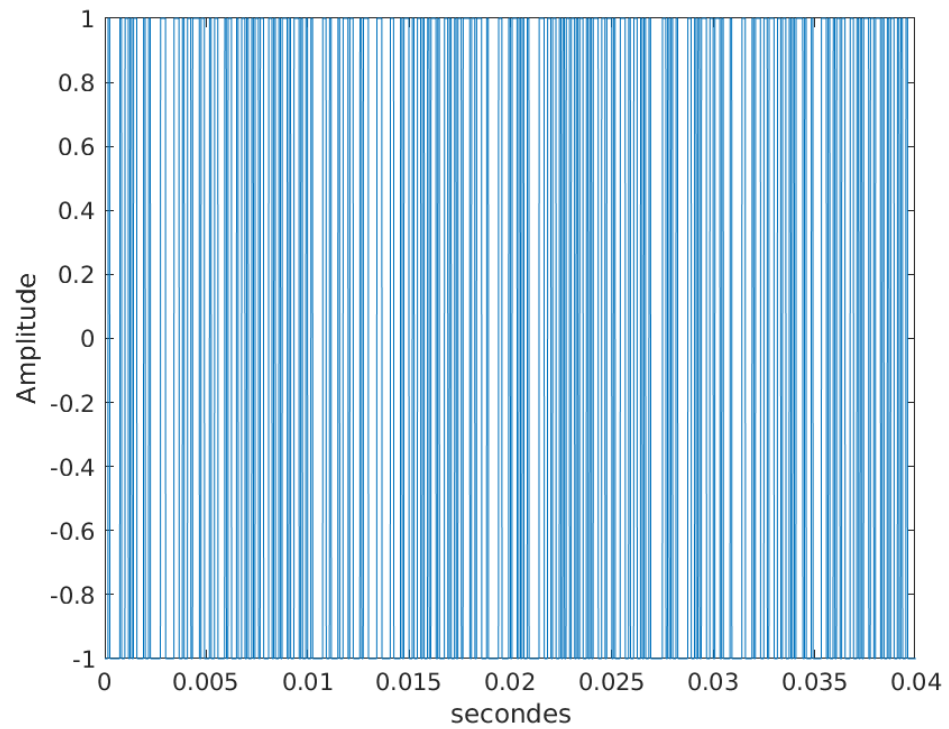


Figure 1- $m_1(t)$ en fonction du temps en seconde

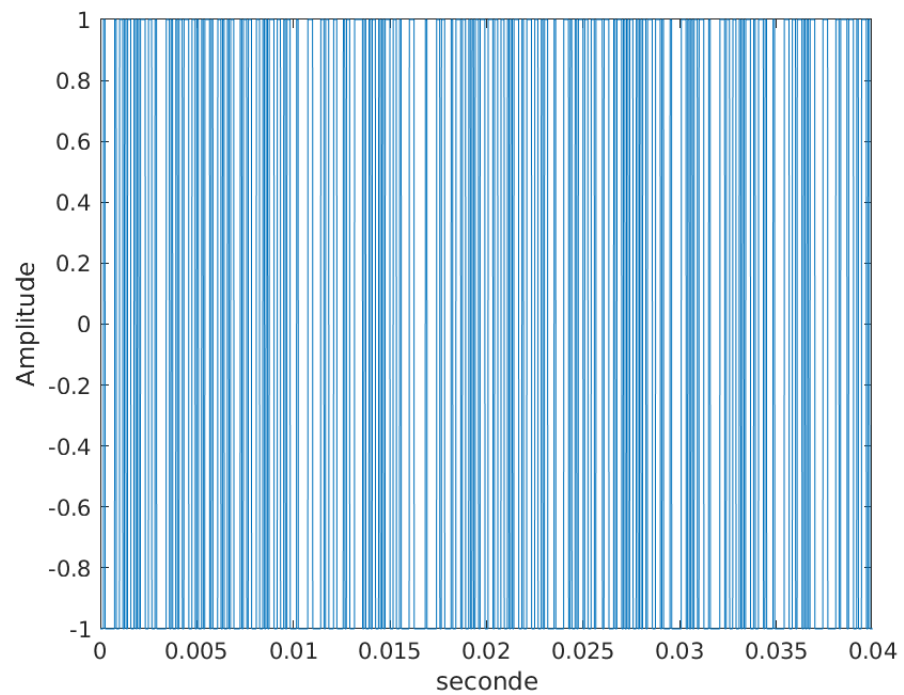


Figure 2- $m_2(t)$ en fonction du temps en seconde

Nous pouvons aussi tracer les densités spectrales de m1 et m2 avec une échelle fréquentielle en Hz.

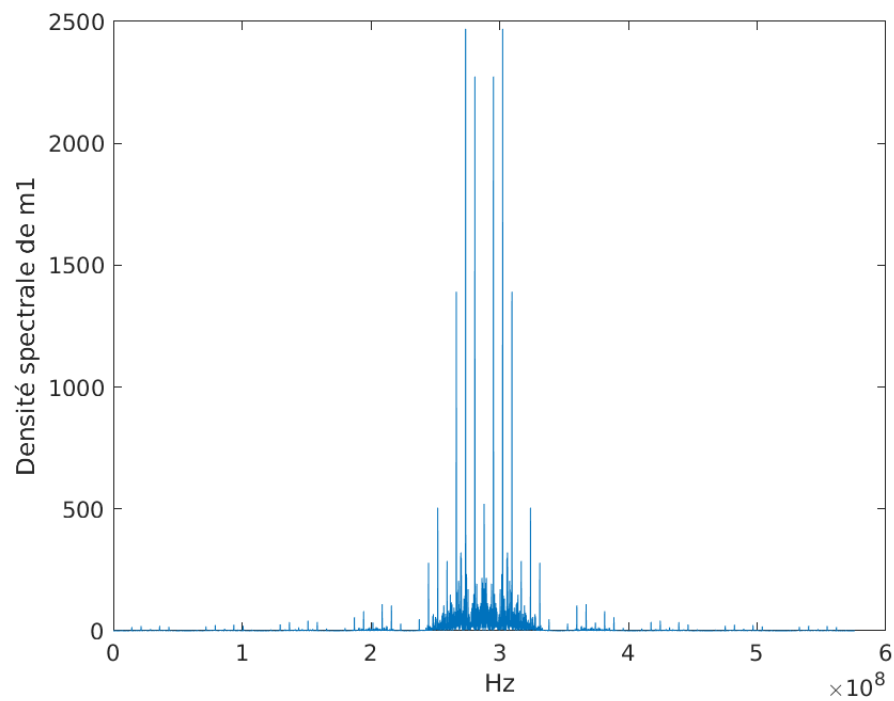


Figure 3-Densité spectrale de puissance de m1 en fonction de la fréquence en Hz

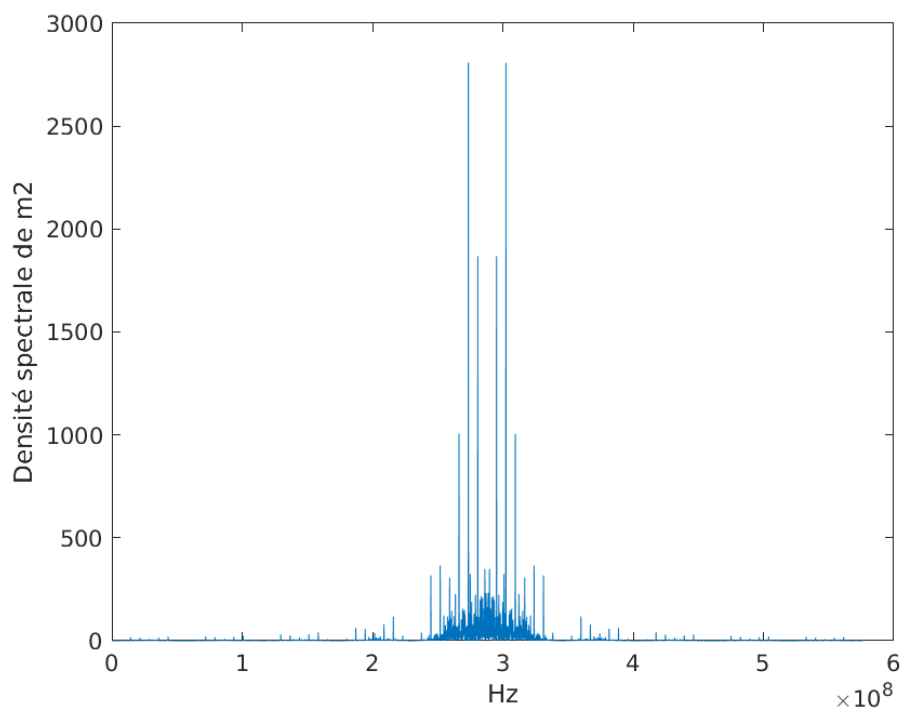


Figure 4- Densité spectrale de puissance de m2 en fonction de la fréquence en Hz

2.2.2 Construction du signal MF-TDMA

- a) Le signal obtenu pour l'utilisateur numéro 1 a été placé dans le slot numéro 2 et sur la porteuse 1 de la trame MF-TDMA, tandis que le signal obtenu pour l'utilisateur numéro 2 a été placé dans le slot numéro 5 et sur la porteuse 2 de la trame MF-TDMA..

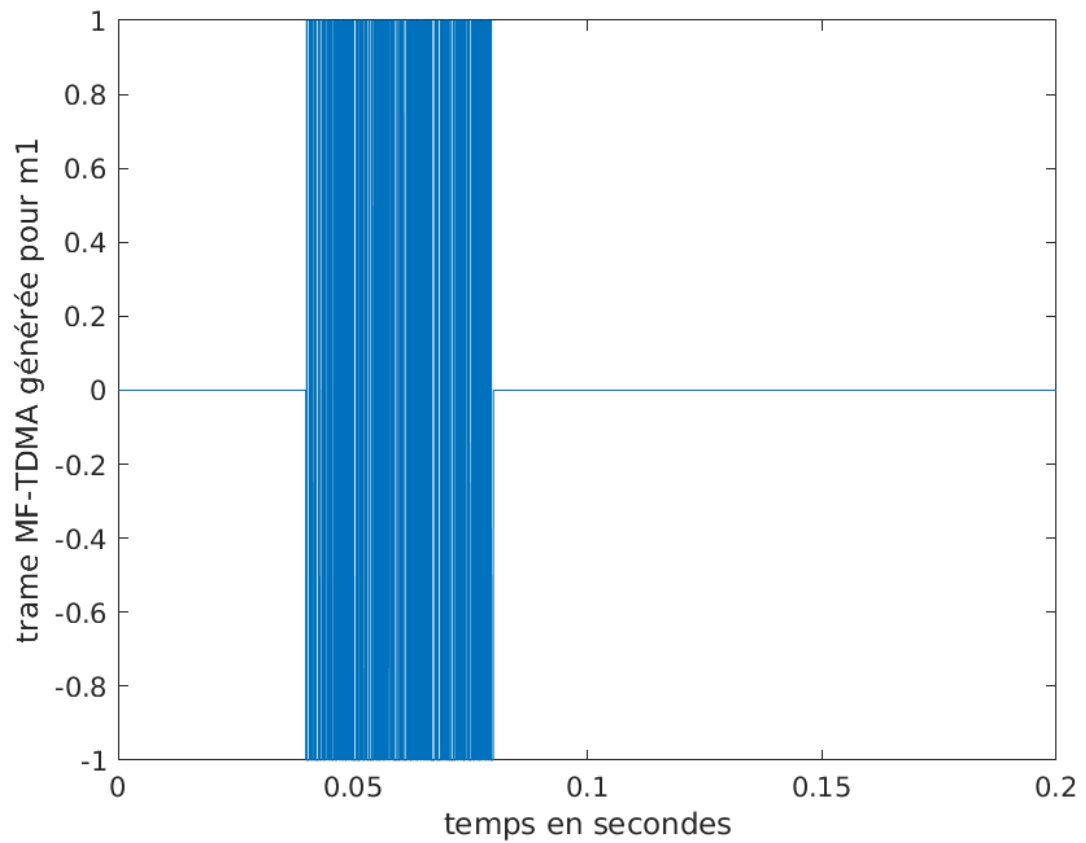


Figure 5 -Signal a envoyé sur la porteuse résultant de m1

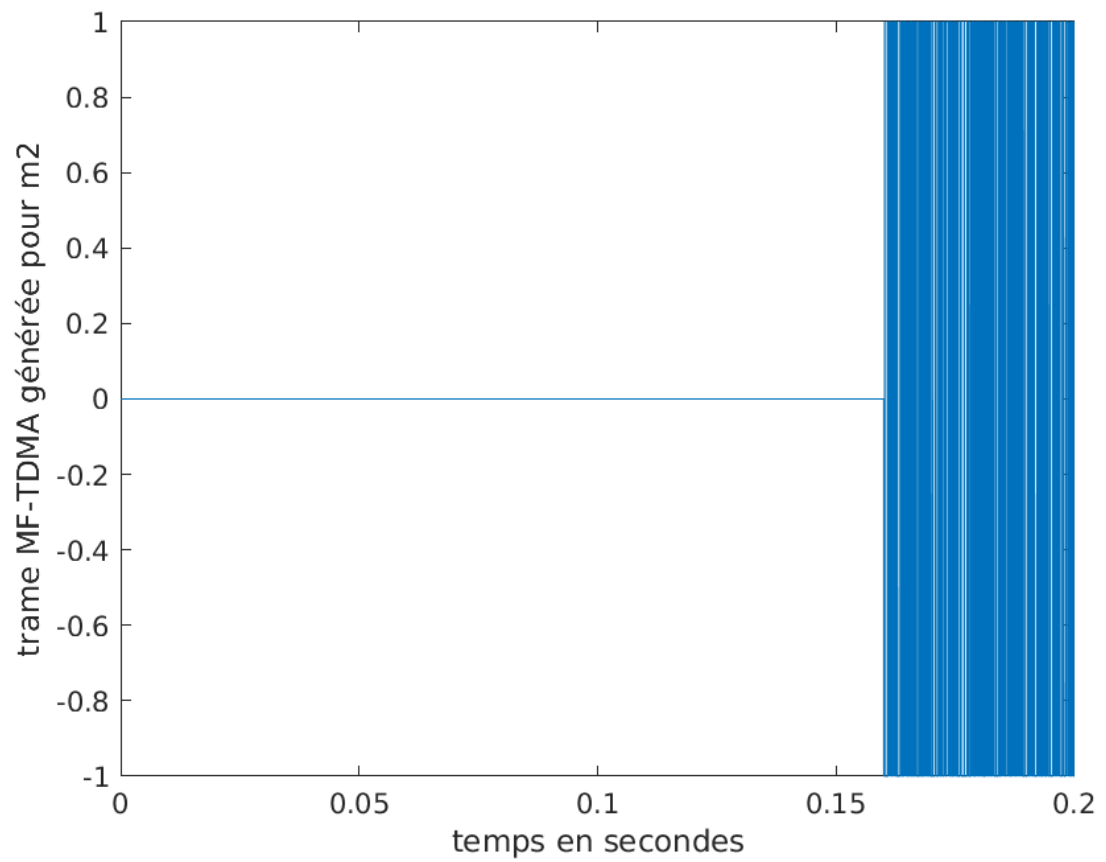


Figure 6 -Signal a envoyé sur la porteuse résultant de m2

- b) **Tracé du signal MF-TDMA. Le tracé observé est-il conforme à ce qui est attendu ?**
Explications.

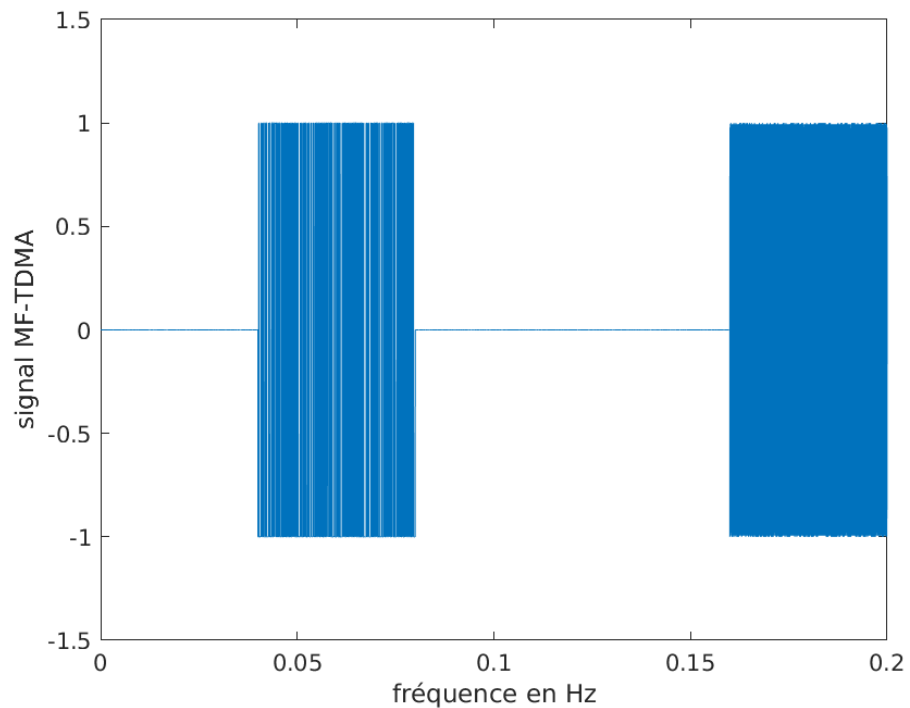


Figure 7 -Tracé du signal MF-TDMA en fonction de la fréquence en Hz

Le tracé est bien conforme à ce que l'on attendait car on a bien M1 dans le slot 2 et M2 dans le slot 5.

c) Tracé de la densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA avec une échelle fréquentielle en Hz

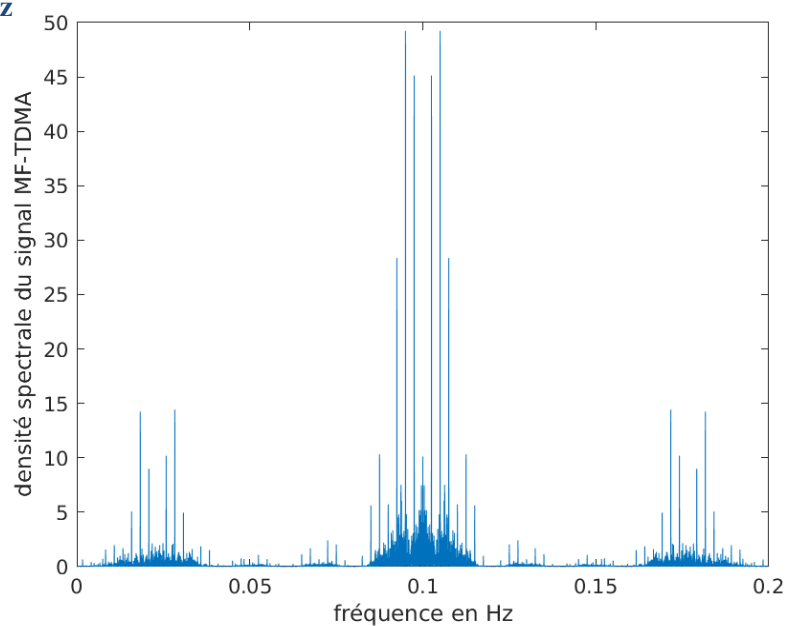


Figure 8-Tracé de la densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA

3- Démultiplexage des porteuses

3-1-Synthèse des filtres passe-bas et passe-haut

- Passe-bas:

Implantons un filtre passe-bas de type RIF permettant de récupérer le signal $x_1(t)$ provenant de l'utilisateur 1.

Prenons une fréquence de coupure f_c (moyenne de f_1 et f_2) :

$$f_c = 23\text{e}3$$

Ordre=61 ;

$$T = [-T_e/2*(\text{Ordre}-1) : T_e : T_e/2*(\text{Ordre}-1)]$$

On a la réponse impulsionnelle:

$$H = 2*f_c/T_e*\text{sinc}(2*f_c*t)$$

Un filtre passe-bas a été implanté sous matlab afin de retrouver le signal adressé à l'utilisateur numéro 1.

La figure 9 trace la réponse impulsionnelle du filtre passe bas.

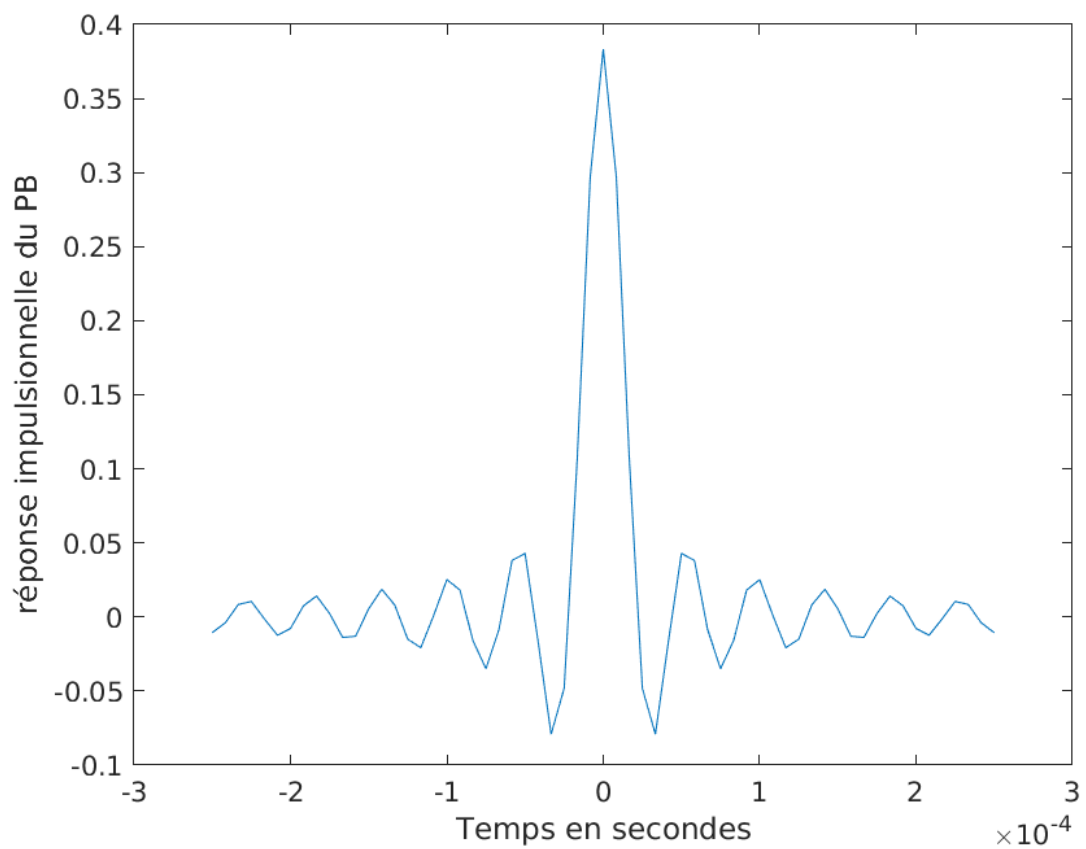


Figure 9-Tracé de la réponse impulsionnelle du filtre passe bas en fonction du temps en secondes

La figure 10 représente la réponse en fréquence du filtre passe bas.

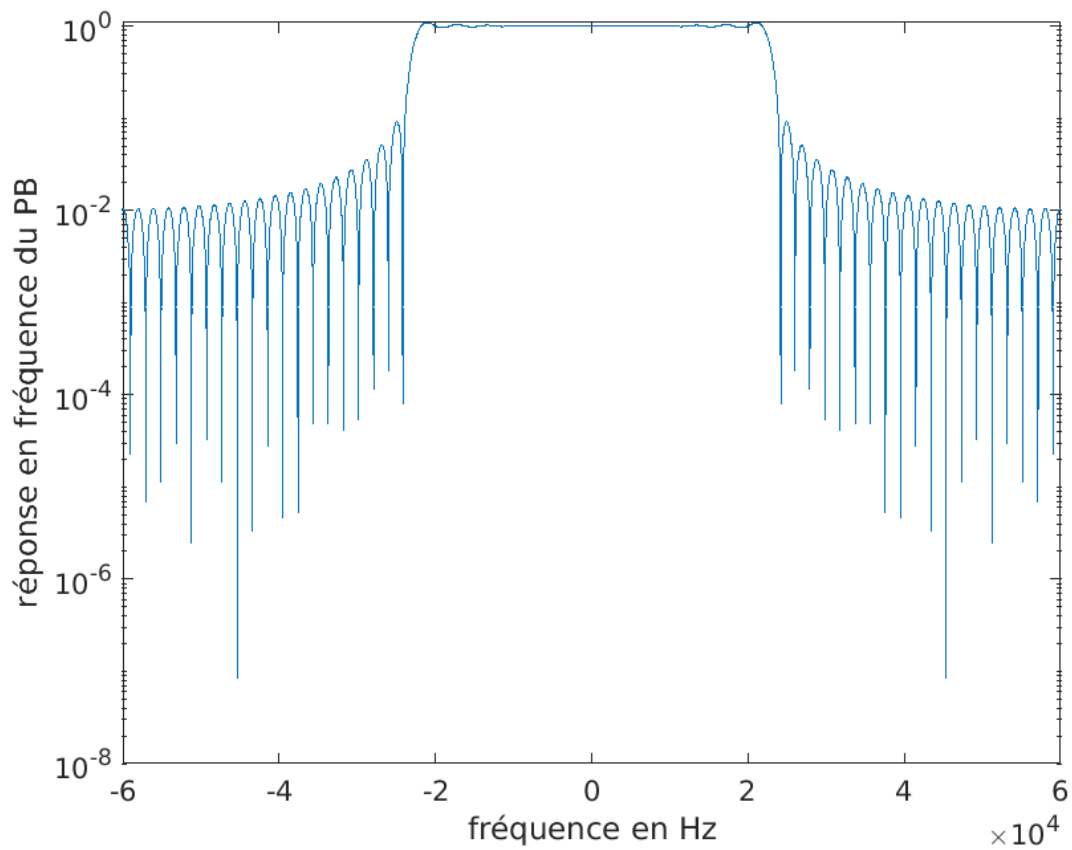


Figure 10-Réponse en fréquence du filtre passe bas en fonction de la fréquence en Hz

La figure 11 représente sur le même graphique la densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA reçu et le module de la réponse en fréquence du filtre implanté.

Traçons ensuite sur un même graphique, la densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA reçu et le module de la réponse en fréquences du filtre implanté.

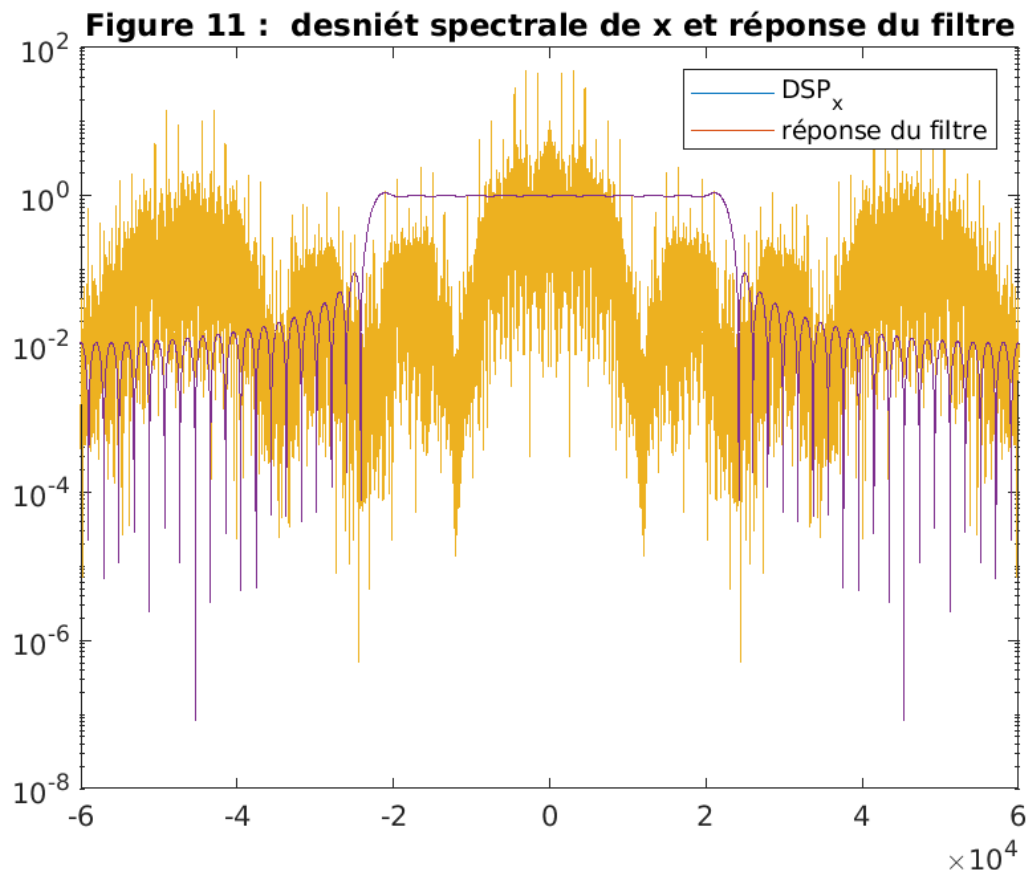


Figure 11-densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA reçu et le module de la réponse en fréquence.

Le filtre réalisé la fonction souhaitée, en effet on garde uniquement les basses fréquences.

- filtre passe-haut:

La réponse en fréquence d'un filtre passe-haut peut se déduire de celle d'un filtre passe-bas de la manière suivante :

$$H_{ph}(f) = 1 - H_{pb}(f).$$

On utilise un filtre passe-haut pour éliminer les hautes fréquences pour retrouver le message dans les basses fréquences.

Après implantation, on peut tracer la réponse en fréquence et la réponse impulsionnelle du filtre passe-haut:

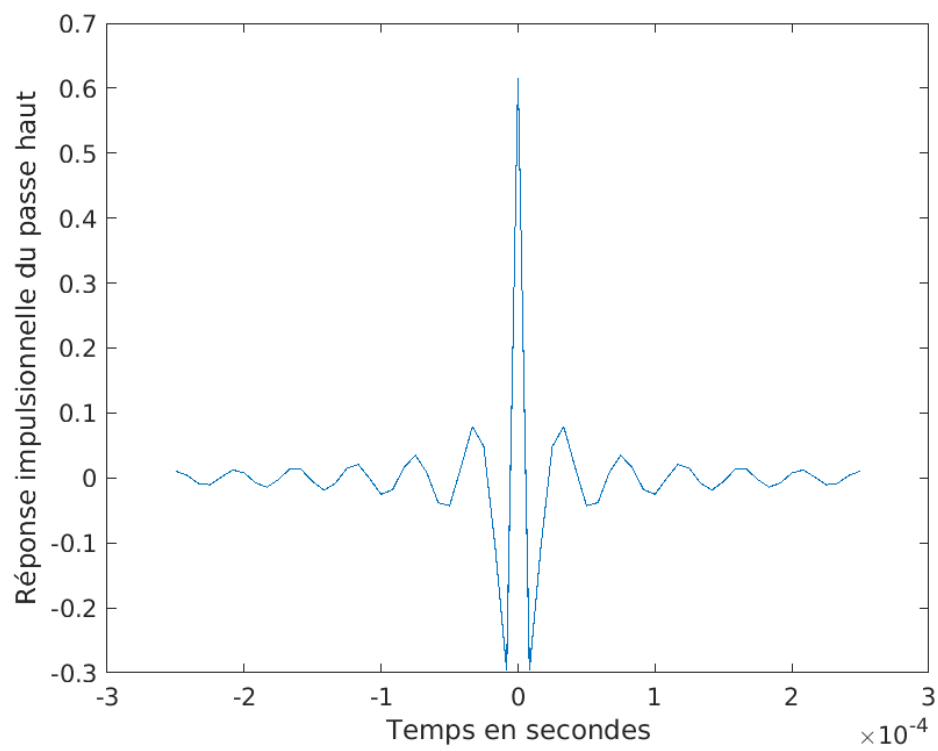


figure 12-Réponse impulsionnelle du filtre passe-haut en fonction du temps en secondes

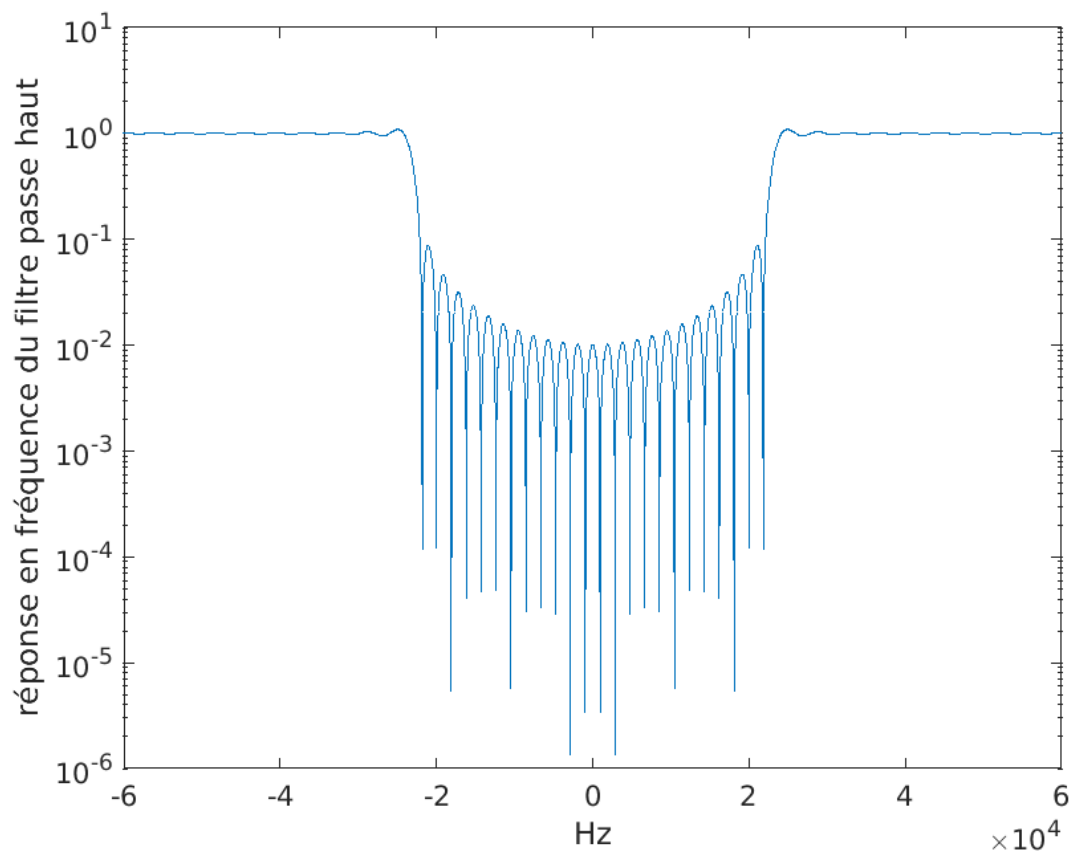


Figure 13-réponse en fréquence du filtre passe-haut.

Traçons également sur un même graphique, la densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA reçu et le module de la réponse en fréquences du ltre implanté.

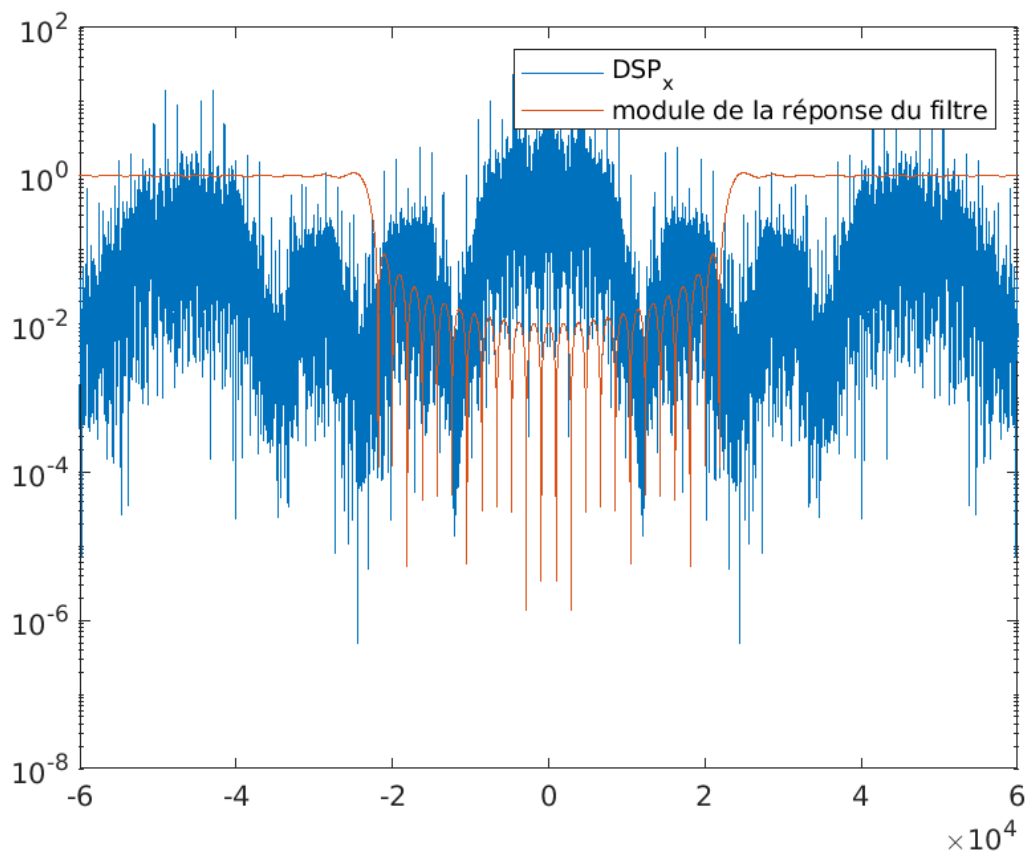


Figure 14-Densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA reçu et le module de la réponse en fréquence du filtre passe-bas.

Le filtre implanté semble réaliser la fonction souhaitée car il élimine bien les basses fréquences et garde les hautes-fréquences.

3-2-Filtrage:

On procède aux filtrages (passe-bas et passe-haut) du signal MF-TDMA reçu pour retrouver les signaux $x_1(t)$ (sur fp1) et $x_2(t)$ (sur fp2) associés aux utilisateurs 1 et 2.

Comparons alors la sortie du signal à travers le filtre passe-bas et le filtre passe-haut:

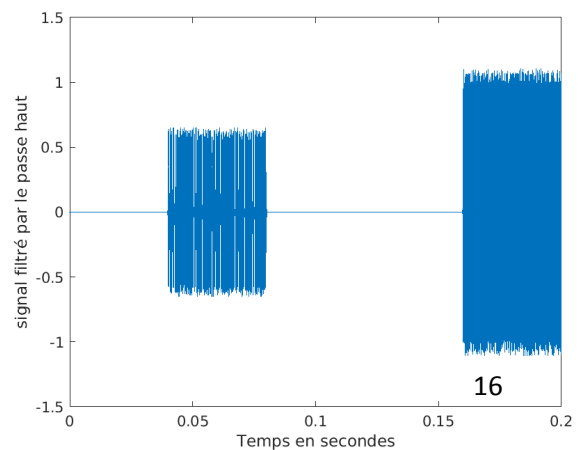
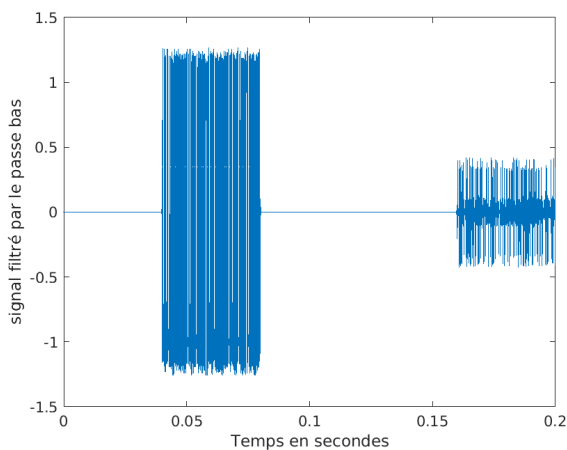


Figure 15-A gauche signal x filtré par le filtre passe-bas et à gauche le signal x filtré par le filtre passe-haut.

4- Retour en bande de base et démodulation

4-1- Retour en bande de base

Nous allons implanter le retour en bande de base. On multiplie alors le signal filtré par le même cosinus que nous avons utilisé pour la transposition sur la fréquence porteuse.

4-2- Détection du slot utile

4-2-1- Expression du détecteur

Pour chaque utilisateur, afin de procéder à la détection, on divise la trame après retour en bande de base en tranches de durée $T=40\text{ms}$, afin de détecter le slot utile, on utilise un détecteur d'énergie. On calcule sur chaque tranche (slot) l'énergie du signal et on détectera la présence du signal utile (et donc le numéro du slot utile) par recherche du maximum d'énergie.

Si on note p_1 la trame divisée pour l'utilisateur 1 et p_2 celle pour l'utilisateur 2, rechercher le maximum d'énergie, où l'énergie vaut:

$$E_2 = \sum |(p_2)^2| \qquad E_1 = \sum |(p_1)^2|$$

On retrouve bien $\max_1=2$ (pour l'utilisateur 1) et $\max_2=5$ (pour l'utilisateur 2).

4-2-2- Résultats obtenus

On retrouve bien $\max_1=2$ (pour l'utilisateur 1) et $\max_2=5$ (pour l'utilisateur 2).

5- Démodulation bande de base

Nous avons obtenu le message suivante:

*Ma probabilité d'apparition au semestre 5 est assez élevée
Mes initiales, placées à l'envers, évoquent un vert support*

Quel est le nom du professeur qui se cache derrière les deux messages transmis ?

Il s'agit de Mr Jean-Yves Tournet: TYG → tige.

6- Conclusion

Pour réaliser ce projet nous avons donc créé le signal à décoder ainsi que son décodage. Nous avons donc échantillonné les signaux donnés puis nous les avons placés dans leur slot respectif. La prochaine étape était de rajouter leur bruit gaussien. Nous avons également filtré grâce à la construction d'un filtre passe bas et passe-haut. Le message reçu nous a permis d'identifier Jean-Yves Tournet.

7- Références:

Le traitement du signal numérique - Nathalie Thomas

<https://latex.codecogs.com/> - éditeur latex

https://fr.mathworks.com/?s_tid=gn_logo -pour trouver les fonctions matlab