



Rapport du projet de Traitement du signal : Simulation d'une transmission au format DVB-RCS

Théo PETIT
Thomas SADURNI

Département Sciences du Numérique - Première année
2019-2020

Table des matières

1	Introduction	3
2	Construction du signal MF-TDMA à décoder	3
2.1	Paramètres	3
2.2	Etude théorique	3
2.2.1	Calcul de la densité spectrale de puissance	4
2.2.2	Expression de la puissance du bruit à ajouter	4
2.3	Implantation	5
2.3.1	Modulation bande base	5
2.3.2	Construction du signal MF-TDMA	6
3	Mise en place du récepteur MF-TDMA	7
3.1	Démultiplexage des porteuses	7
3.1.1	Synthèse du filtre passe-bas	7
3.1.2	Synthèse du filtre passe-haut	8
3.1.3	Filtrage	10
3.2	Retour en bande de base	10
3.3	Détection du slot utile	11
3.4	Démodulation bande de base	11
4	Conclusion	11
5	Références	11

Table des figures

1	Construction du signal MF-TDMA à décoder	3
2	Récepteur MF-TDMA à implanter	7

1 Introduction

L'objectif de ce projet était de simuler une transmission au format DVB-RCS. Nous avons pris deux messages en binaire, nous les avons numérisés et envoyés selon les standards de ce mode de transmission. Ensuite, nous avons simulé la réception de l'information, l'objectif était alors de décoder le message en utilisant les outils présentés au cours des séances de TPs.

2 Construction du signal MF-TDMA à décoder

La figure 1 présente la trame MF-TDMA à étudier, implanter puis décoder.

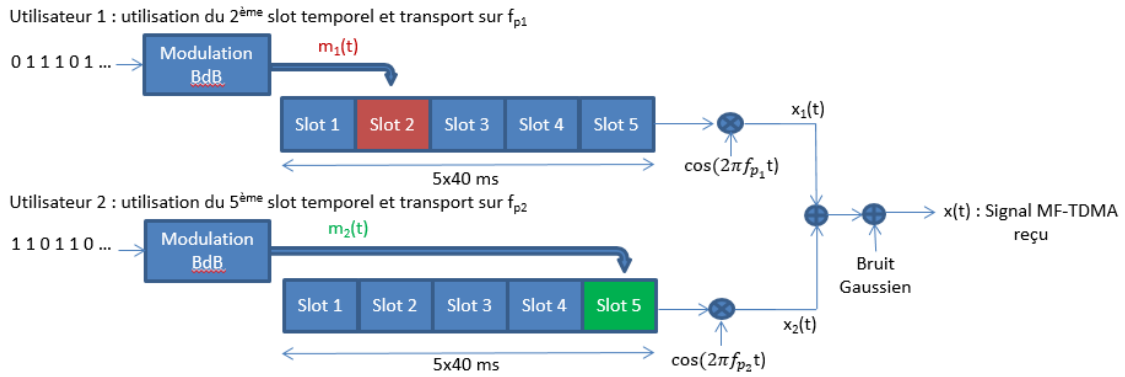


FIGURE 1 – Construction du signal MF-TDMA à décoder

2.1 Paramètres

La trame MF-TDMA est composée de 2 porteuses, $f_{p1} = 0$ kHz et $f_{p2} = 46$ kHz, contenant chacune 5 timeslots de durées $T = 40$ ms. La fréquence d'échantillonnage est fixée à 128 kHz. Les deux utilisateurs vont accéder au système en utilisant la trame de la manière suivante :

- L'utilisateur 1 exploite le 2^{ème} timeslot de la porteuse 1 (f_{p1}).
- L'utilisateur 2 exploite le 5^{ème} timeslot de la porteuse 2 (f_{p2}).

Le canal de transmission considéré sera à bruit additif blanc et Gaussien (canal AWGN : Additive White Gaussian Noise). La puissance du bruit à ajouter devra être déduite du rapport signal sur bruit (SNR : Signal to Noise Ratio) souhaité donné en dB.

2.2 Etude théorique

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

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

2.2.1 Calcul de la densité spectrale de puissance

Nous considérons 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 $b \ll f_{p2}$. Nous prenons $\phi_1 = \phi_2 = 0$ pour simplifier les calculs.

$$S_x(f) = |X(f)|^2$$

$$\begin{aligned} \text{avec } X(f) &= TF[m_1(t)] * TF[\cos(2\pi f_{p1}t)] + TF[m_2(t)] * TF[\cos(2\pi f_{p2}t)] \\ &= \frac{1}{2}[M_1(f - f_{p1}) + M_1(f + f_{p1}) + M_2(f - f_{p2}) + M_2(f + f_{p2})] \end{aligned}$$

On pose :

$$X_1 = M_1(f - f_{p1}) + M_1(f + f_{p1})$$

et

$$X_2 = M_2(f - f_{p2}) + M_2(f + f_{p2})$$

$$\begin{aligned} |X(f)|^2 &= \frac{1}{4}|X_1\overline{X_1} + X_1\overline{X_2} + X_2\overline{X_1} + X_2\overline{X_2}| \\ &= \frac{1}{4}|X_1\overline{X_1} + X_2\overline{X_2}| \text{ car } m_1 \text{ et } m_2 \text{ sont disjoints donc } X_1\overline{X_2} = X_2\overline{X_1} = 0 \\ &= \frac{1}{4}|M_1(f - f_{p1})\overline{M_1(f - f_{p1})} + M_1(f - f_{p1})\overline{M_1(f + f_{p1})} \\ &\quad + M_1(f + f_{p1})\overline{M_1(f - f_{p1})} + M_1(f + f_{p1})\overline{M_1(f + f_{p1})} \\ &\quad + M_2(f - f_{p2})\overline{M_2(f - f_{p2})} + M_2(f - f_{p2})\overline{M_2(f + f_{p2})} \\ &\quad + M_2(f + f_{p2})\overline{M_2(f - f_{p2})} + M_2(f + f_{p2})\overline{M_2(f + f_{p2})})| \end{aligned}$$

or $b \ll f_{p1}$ donc, les 2 courbes ne se chevauchent pas :

$$M_1(f - f_{p1})\overline{M_1(f + f_{p1})} = M_1(f + f_{p1})\overline{M_1(f - f_{p1})} = 0$$

et

$$M_2(f - f_{p2})\overline{M_2(f + f_{p2})} = M_2(f + f_{p2})\overline{M_2(f - f_{p2})} = 0$$

$$\boxed{|X(f)|^2 = \frac{1}{4}[S_{m1}(f - f_{p1}) + S_{m1}(f + f_{p1}) + S_{m2}(f - f_{p2}) + S_{m2}(f + f_{p2})]}$$

2.2.2 Expression de la puissance du bruit à ajouter

On sait que :

$$SNR_{dB} = 10\log_{10}(SNR)$$

$$SNR_{dB} = 10\log_{10}\left(\frac{P_s}{P_b}\right)$$

$$\Rightarrow P_b = P_s \cdot 10^{-\frac{SNR_{dB}}{10}} \text{ avec } P_s \text{ la puissance du signal.}$$

2.3 Implantation

2.3.1 Modulation bande base

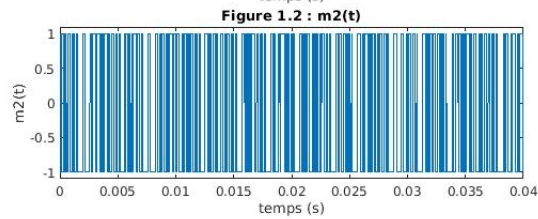
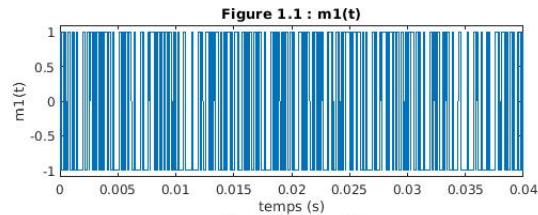
Nous avons à disposition 2 fichiers *bits_utilisateur1* et *bits_utilisateur2* contenant les informations à transmettre. On définit alors T_s la période de numérisation et N_s le nombre d'échantillons par bit tels que $T_s = N_s * T_e$ (avec T_e la période d'échantillonnage).

1. Calcul de N_s :

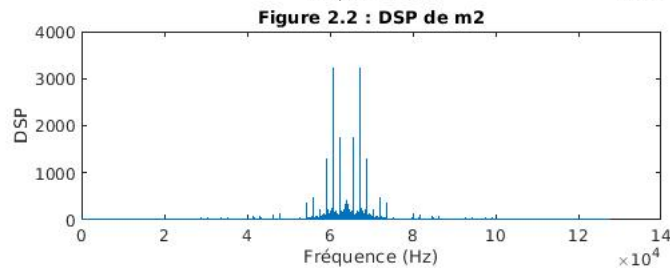
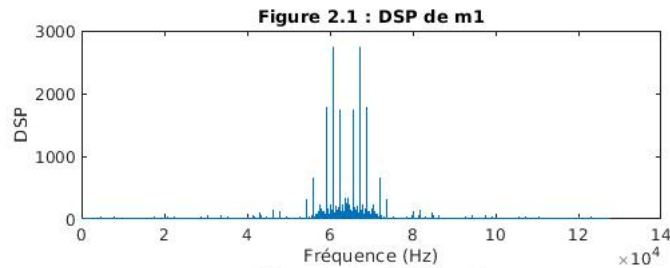
$T_s = T/N$ avec N la taille du message binaire et T la durée d'un slot.

$$\Rightarrow N_s = T_s / T_e$$

2. Tracés des signaux $m_1(t)$ et $m_2(t)$:



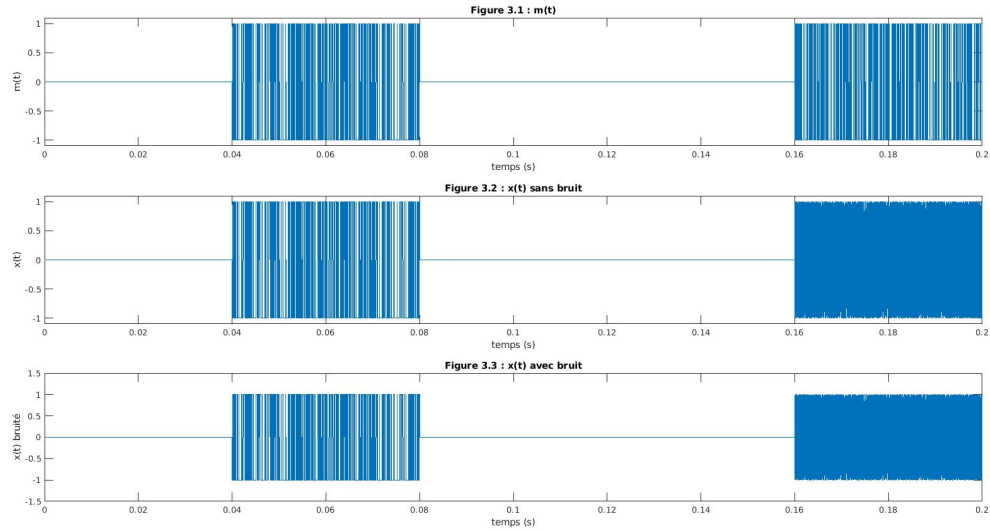
3. Estimation et tracé des densités spectrales de puissance des signaux $m_1(t)$ et $m_2(t)$.



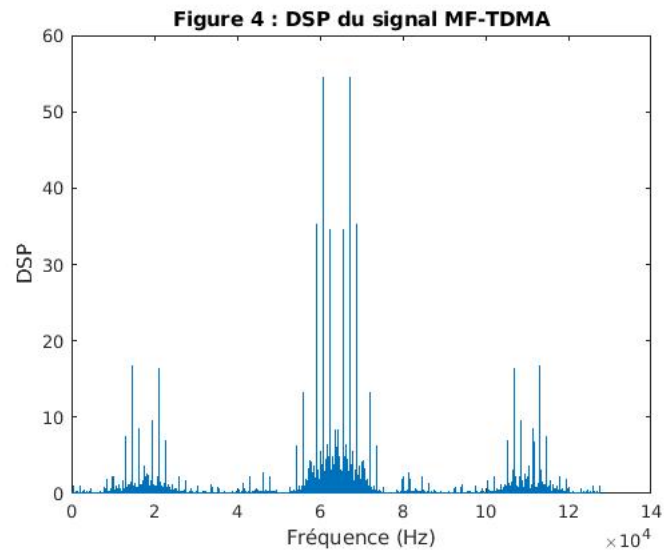
2.3.2 Construction du signal MF-TDMA

Il s'agit ici de générer un signal comportant 5 slots et placer le message NRZ généré précédemment et contenant l'information à transmettre dans le slot alloué.

1. Tracé du signal à envoyer comportant ou non du bruit.



2. Tracé de la densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA.



La densité spectrale de puissance du signal obtenue est bien en accord avec le résultat théorique établi auparavant. On remarque qu'il y a 3 pics différents avec les 2 fréquences attendues (paragraphe 2.2.1).

3 Mise en place du récepteur MF-TDMA

La figure 2 présente le récepteur à implanter pour retrouver, à partir du signal MF-TDMA bruité, les messages binaires envoyés par les deux utilisateurs.

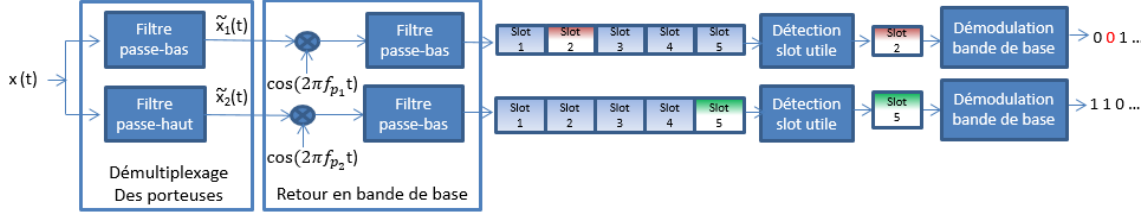


FIGURE 2 – Récepteur MF-TDMA à implanter

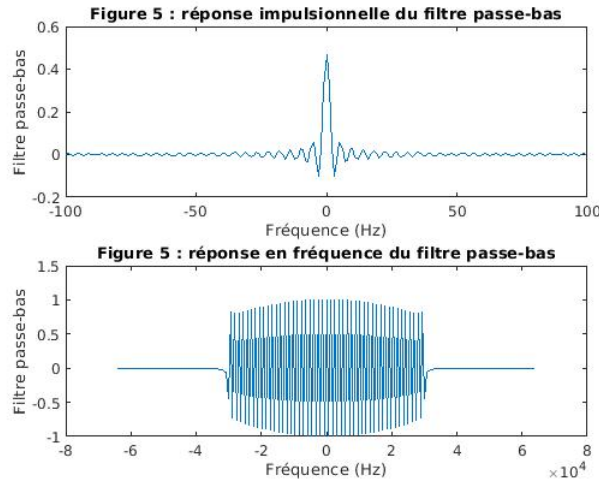
3.1 Démultiplexage des porteuses

Le démultiplexage des porteuses se fait par filtrage : à partir du signal MF-TDMA reçu, un filtre passe-bas permet de récupérer le signal porté par le cosinus à la fréquence f_{p1} (provenant de l'utilisateur 1), tandis qu'un filtre passe-haut permet de récupérer le signal porté par le cosinus à la fréquence f_{p2} (provenant de l'utilisateur 2). Nous allons donc, dans les parties suivantes, synthétiser ces deux filtres.

3.1.1 Synthèse du filtre passe-bas

Il s'agit dans un premier cas d'implanter un filtre passe-bas RIF permettant de récupérer le signal $x_1(t)$ provenant de l'utilisateur 1.

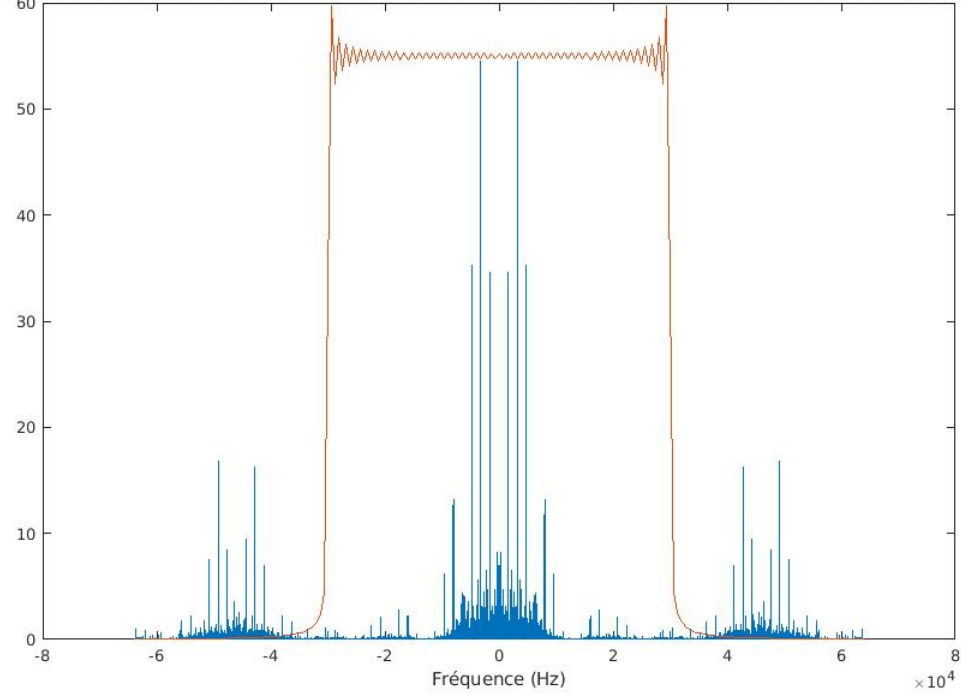
1. Rappel de la réponse impulsionnelle et fréquentielle idéales du filtre passe-bas implanté (calcul effectué dans le TP2).



2. Nous implémentons directement avec la réponse impulsionnelle qui est connue, il s'agit d'un sinus cardinal d'expression $2T_e F_c \text{sinc}(2F_c T_e k)$ avec $k = (-N, \dots, N)$ et F_c la fréquence de coupure, ici fixée à 30 kHz .

3. Tracé de la densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA reçu et du module de la réponse en fréquences du filtre implanté.

Figure 6 : densité spectrale de puissance et module de la réponse en fréquence du filtre passe-bas



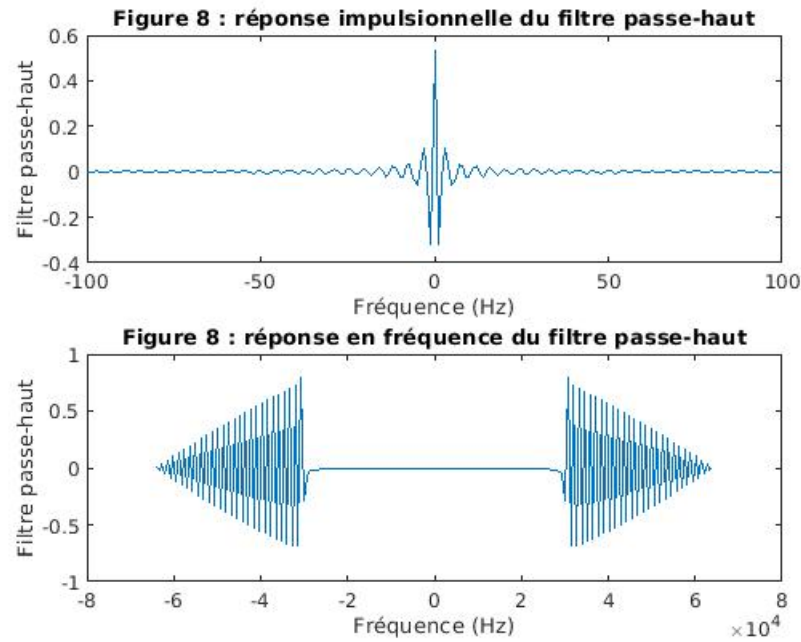
On remarque que le filtre sélectionne bien la gamme de fréquence désirée.

3.1.2 Synthèse du filtre passe-haut

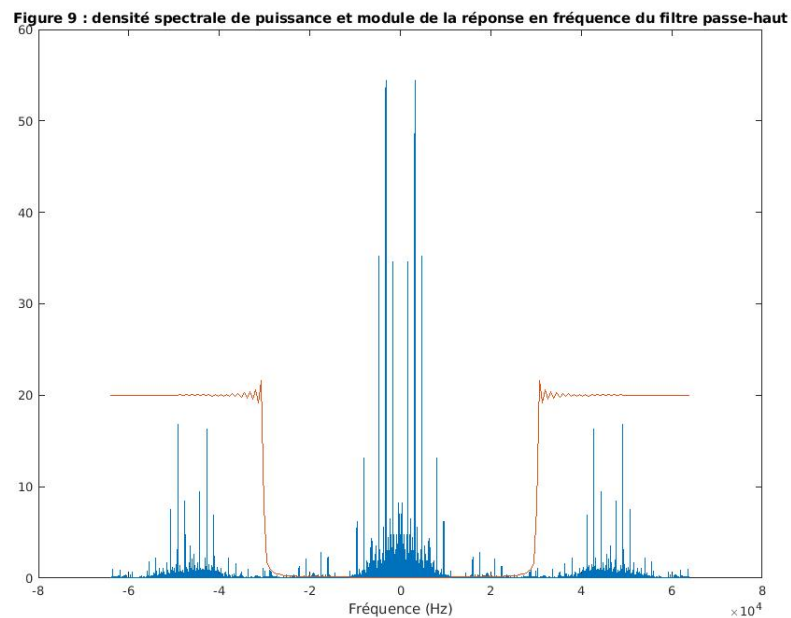
Nous procédons de la même façon pour le filtre passe-haut. On déduit son implémentation de celle du filtre passe-bas à l'aide de la formule suivante :

$$h_{IPH}(k) = \delta(k) - h_{IPB}(k) \text{ avec } \delta(k) = 1 \text{ si } k = 0 \text{ et } 0 \text{ sinon.}$$

1. Tracé de la réponse impulsionnelle et de la réponse en fréquence du filtre implanté.



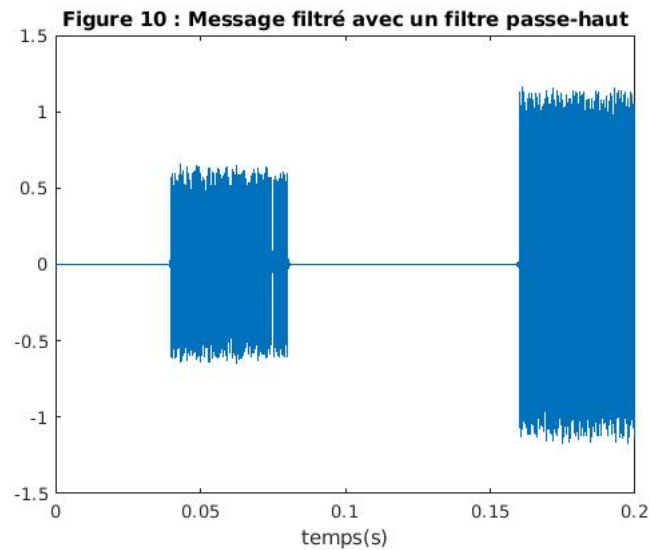
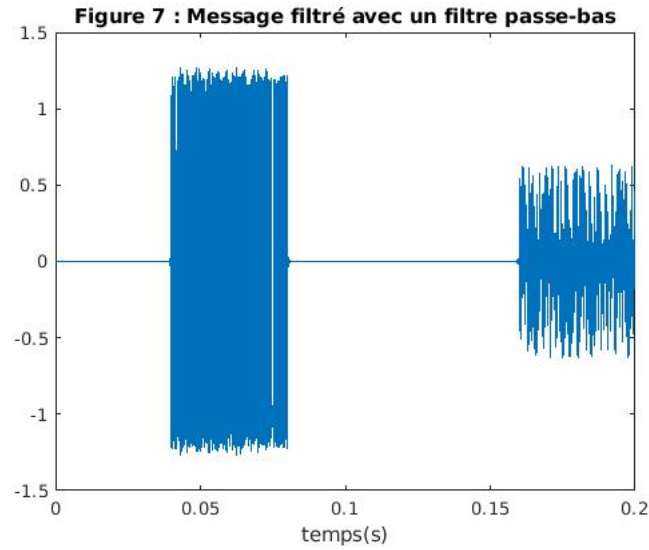
2. Tracé de la densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA reçu et du module de la réponse en fréquences du filtre implanté.



On remarque que le filtre sélectionne bien la gamme de fréquence désirée.

3.1.3 Filtrage

L'objectif est de retrouver les signaux $x_1(t)$ et $x_2(t)$ associés aux utilisateurs 1 et 2 par filtrage (passe-bas et passe-haut).



3.2 Retour en bande de base

Le retour en bande de base consiste à multiplier le signal par le cosinus qui a servi à réaliser la transposition sur fréquence porteuse, pour ensuite le passer dans un filtre passe-bas. Ce n'est donc utile que pour le message 2, qui possède en effet une porteuse.

3.3 Détection du slot utile

Pour chaque utilisateur, afin de procéder à la détection du slot utile, on divise la trame après retour en bande de base en tranches de durée $T = 40$ ms. Afin de détecter le slot utile, on trouve le maximum de moyenne de valeur absolue du signal sur chaque slot. Puis on démodule.

3.4 Démodulation bande de base

Pour chaque utilisateur, à partir du message retrouvé dans le slot utile, on réalise une démodulation bande de base qui permet de retrouver les messages binaires envoyés initialement. On utilise ensuite la fonction *bin2str.m* fournie afin de retrouver les messages texte. Nous trouvons alors les 2 phrases suivantes :

- "Je suis un homme à lunettes, mes équations donnent mal à la tête"
- "Je pourrais presque être une loi mais ne suis pas une girafe ..."

Le professeur en lien avec ses phrases est bien entendu Martial Coulon.

4 Conclusion

Nous avons pu mettre en pratique les outils et connaissances acquis lors des séances de TP. Nous savons donc maintenant qu'il est possible de restituer un message bruité via le protocole DVB-RCS et sommes capable de simuler l'envoi, la réception et la restitution des messages. Il permet de superposer les communications sans perdre leur contenus. Ainsi, il nous semble que ce procédé algorithmique est efficace pour retrouver des messages binaires envoyés depuis une station.

5 Références

- [1] : <http://thomas.perso.enseiht.fr/DigitalSignalProcessing.html>, Nathalie Thomas.
- [2] : <https://www.mathworks.com/help/matlab/>, Documentation MATLAB.