



Simulation d'une transmission au format DVB-RCS sous MatLab

MOUTAHIR Jed
KIEGAIN DJOKO Yvan Charles

Département Sciences du Numérique - Première année
2021-2022

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	5
3	Mise en place du récepteur MF-TDMA	7
3.1	Démultiplexage des porteuses	8
3.1.1	Synthèse du filtre passe-bas	9
3.1.2	Synthèse du filtre passe-haut	10
3.1.3	Filtrage	11
3.2	Retour en bande de base	13
3.3	Détection du slot utile	13
3.4	Démodulation bande de base	13
4	Conclusion	14

Table des figures

1	Construction du signal MF-TDMA à décoder	3
2	Récepteur MF-TDMA à implanter	8

1 Introduction

L'objectif de ce projet était de mettre en place une transmission au format DVB-RCS de deux utilisateurs sous MatLab. On devait faire :

- la modulation bande de base pour chaque utilisateur
- la construction de la trame MF-TDMA bruitée
- le démultiplexage des porteuses et démodulation bande base
- retrouver les messages cachés

2 Construction du signal MF-TDMA à décoder

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

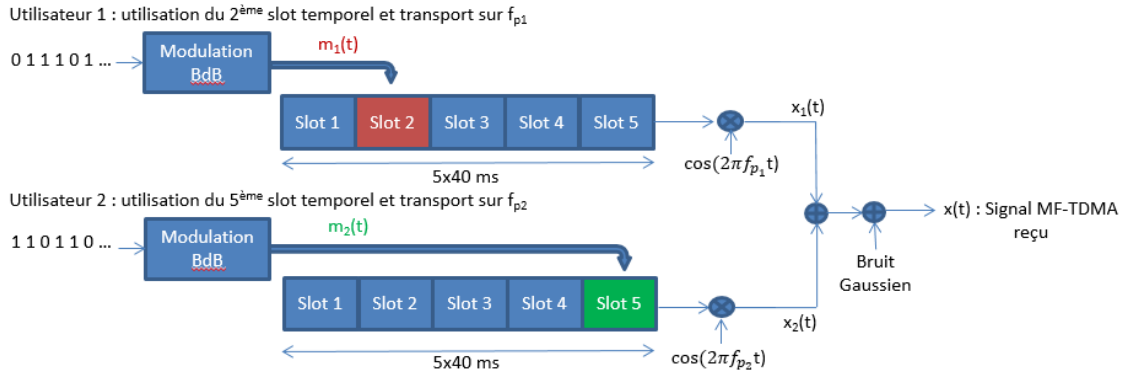


FIGURE 1 – Construction du signal MF-TDMA à décoder

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

$$S_x(f) = |M_1(f)*[\delta(f-f_{p1})+\delta(f+f_{p1})]+M_2(f)*[\delta(f-f_{p2})+\delta(f+f_{p2})]|^2$$

$$S_x(f) = |M_1(f-f_{p1}) + M_1(f+f_{p1}) + M_2(f-f_{p2}) + M_2(f+f_{p2})|^2$$

$$S_x(f) = |M_1(f-f_{p1})|^2 + |M_1(f+f_{p1})|^2 + |M_2(f-f_{p2})|^2 + |M_2(f+f_{p2})|^2$$

Or,

$$S_{m1}(f) = |M_1(f)|^2$$

et

$$S_{m2}(f) = |M_2(f)|^2$$

Donc,

$$S_x(f) = S_{m1}(f-f_{p1}) + S_{m1}(f+f_{p1}) + S_{m2}(f-f_{p2}) + S_{m2}(f+f_{p2})$$

2.2.2 Expression de la puissance du bruit à ajouter

Soit SNR_{dB} et P_{signal} fixés :

$$SNR_{dB} = 10 \log\left(\frac{P_{signal}}{P_n}\right)$$

$$\Rightarrow P_n = \frac{P_{signal}}{10^{\frac{SNR_{dB}}{10}}}$$

2.3 Implantation

2.3.1 Modulation bande base

On construit les messages m_1 et m_2 de manière à respecter la norme NRZ à partir des données $bits_utilisateur1$ et $bits_utilisateur2$

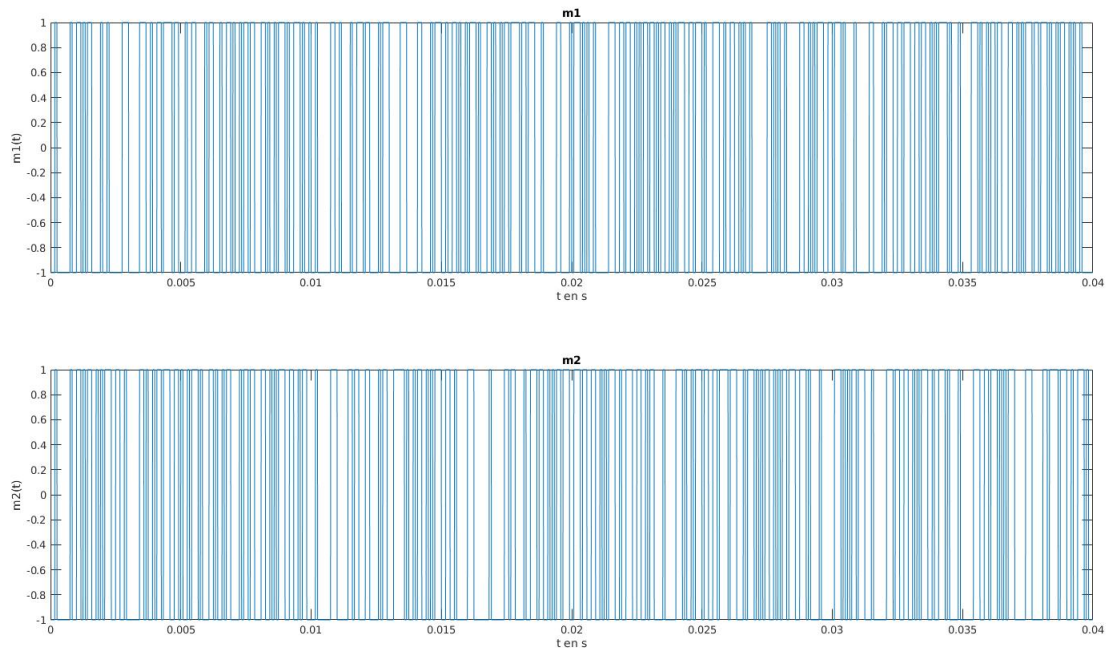
1. Calcul de N_s

Soit T la durée d'un slot, L le nombre de bits dans $bits_utilisateur1$,
 T_e la période d'échantillonnage.

$$Ts = T/L;$$

$$Ns = Ts/T_e;$$

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

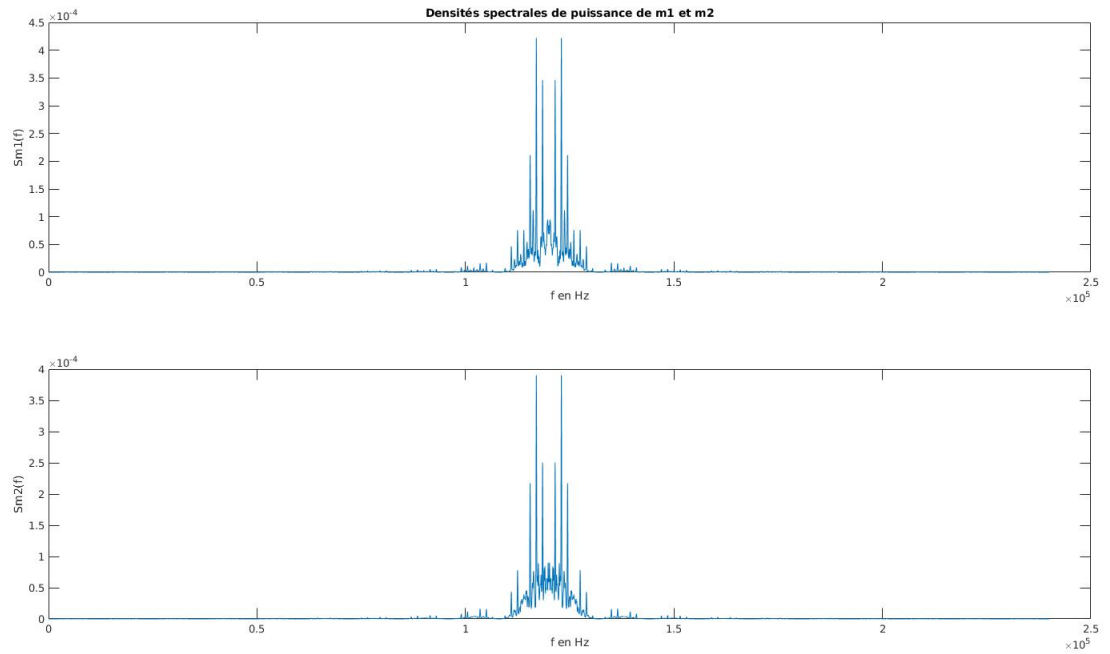


3. Estimation et tracé des densités spectrales de puissance des signaux $m_1(t)$ et $m_2(t)$. Concernant l'estimation on donnera notamment l'estimateur utilisé.

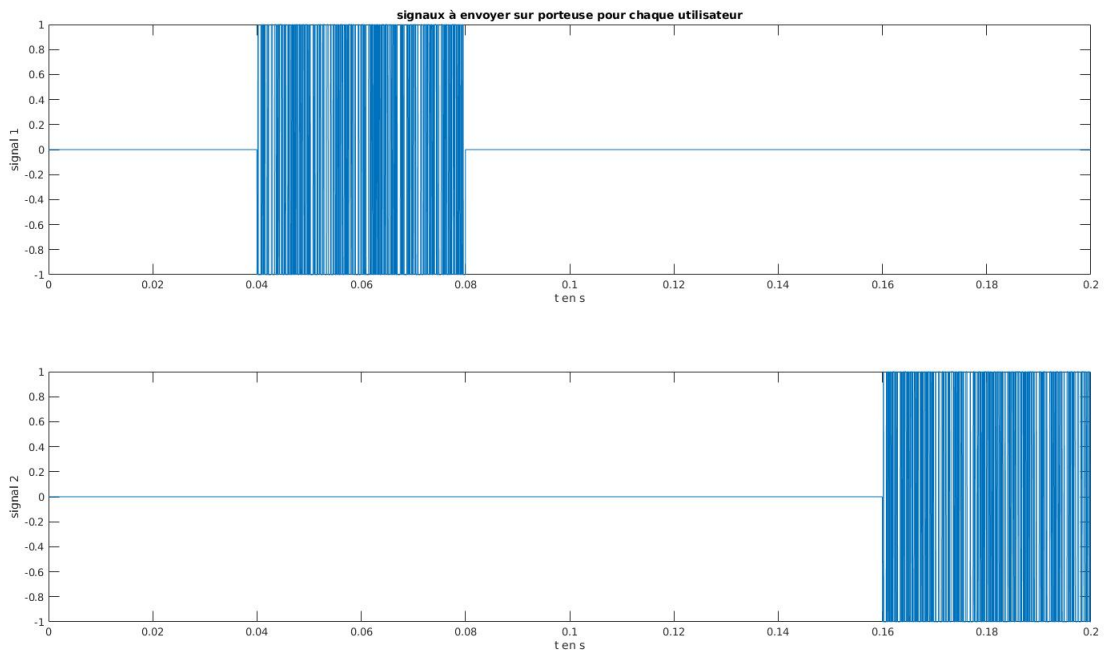
On utilise l'outil *pwelch* de MatLab pour estimer les densités spectrales de puissance de ces signaux :

2.3.2 Construction du signal MF-TDMA

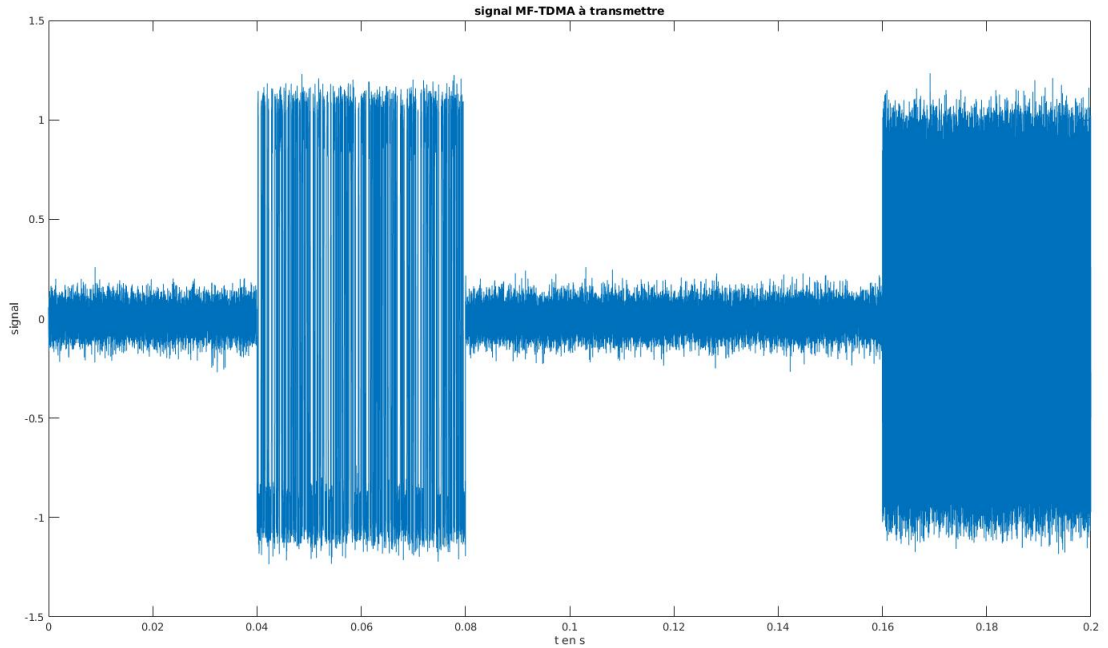
On construit le signal à transmettre.



1. Tracé des signaux à envoyer sur porteuse pour chaque utilisateur.



2. Tracé du signal MF-TDMA. Le tracé observé est-il conforme à ce qui est attendu ? Explications. Le signal est bien conforme à ce qui



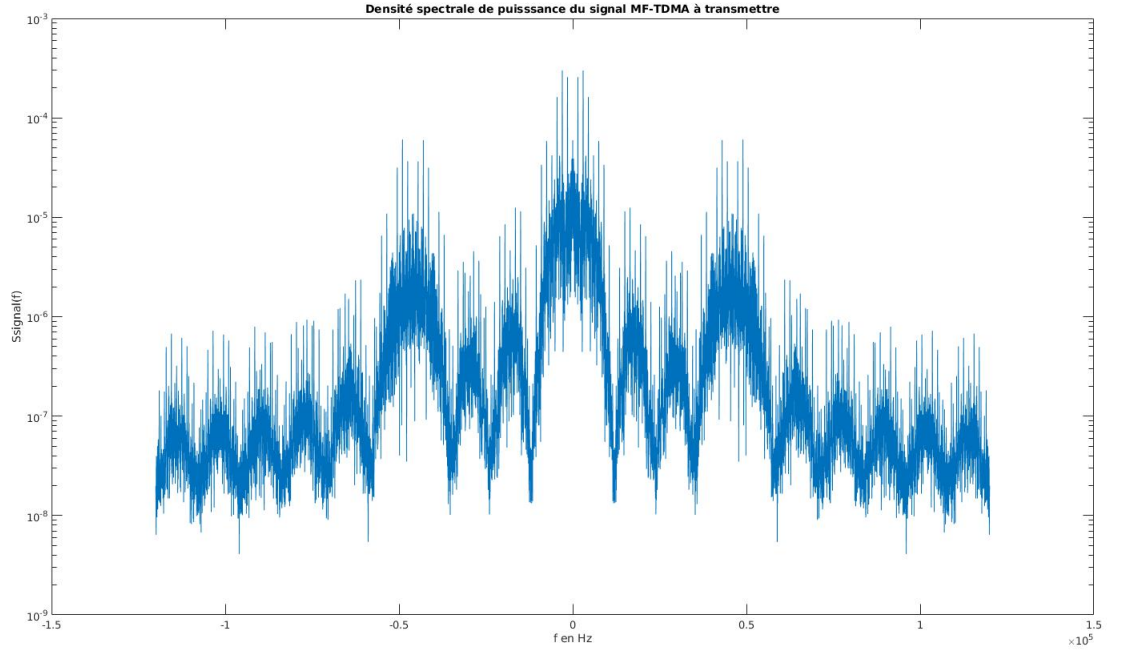
est attendu. En effet, on observe bien les deux messages dans leur slot correspondant et le bruit ajouté au signal. En ayant fixé un SNR de 5 dB, on constate un bruit conséquent.

3. Estimation puis tracé de la densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA. Le tracé observé est-il conforme à l'expression théorique obtenue précédemment ? Explications. Pour faire un appel à section : on retrouve bien le résultat obtenu dans la partie théorique (paragraphe 2.2.1).

Dans notre cas particulier $f_{p1} = 0$ Hz et $f_{p2} = 46$ kHz. On remarque que la formule de la partie théorique nous indique la densité de m_1 doit se situer autour de 0 Hz avec une Amplitude double tandis que celle de m_2 se situe autour de 46 kHz et -46 kHz. On retrouve bien ces caractéristiques sur notre tracé.

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.

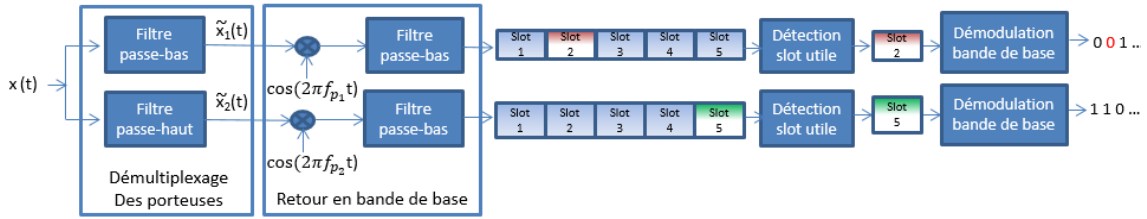


FIGURE 2 – Récepteur MF-TDMA à implanter

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_{p_1} (provenant de l'utilisateur 1), tandis qu'un filtre passe-haut permet de récupérer le signal porté par le cosinus à la fréquence f_{p_2} (provenant de l'utilisateur 2).

Avant de filtrer, on décale le signal vers la gauche de manière à anticiper le retard causé par le filtrage. Ce retard est égal à l'ordre du filtre (sous MatLab, on manipule des vecteurs).

3.1.1 Synthèse du filtre passe-bas

On construit un filtre passe bas pour récupérer les fréquences du signal 1 du spectre du signal reçu.

1. Rappel de la réponse impulsionnelle idéale du filtre passe-bas à implanter (calcul effectué dans le TP2).

Pour filtrer entre $-f_c$ et f_c , on convolue le signal avec un sinus cardinal :

$$h(t) = 2 \frac{f_c}{F_e} \text{sinc}(2 * f_c * t)$$

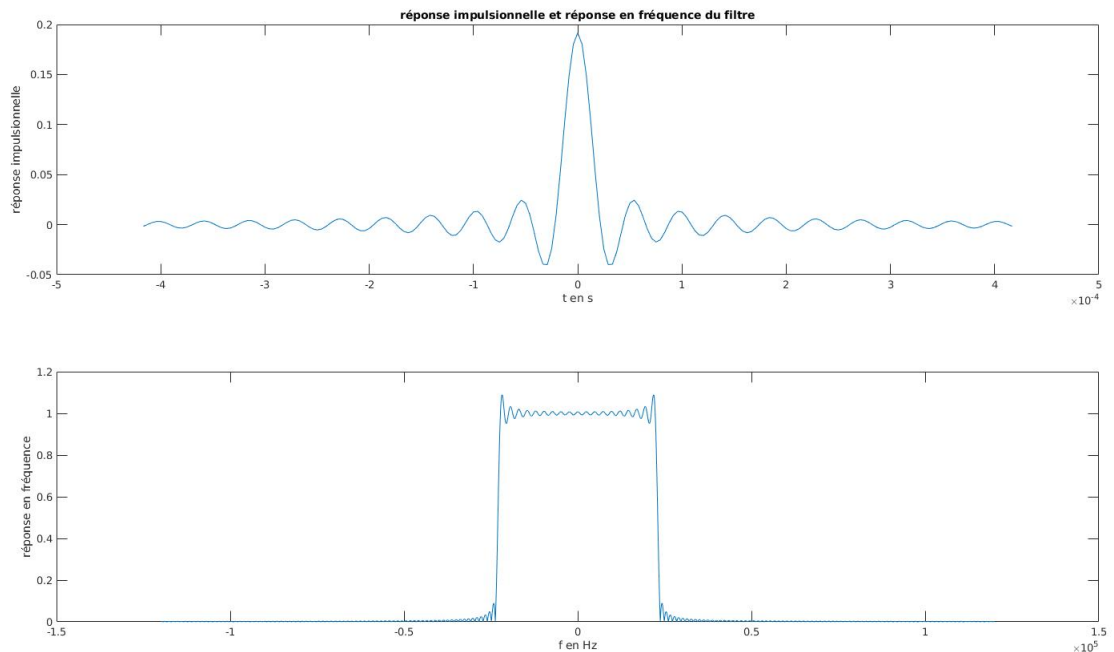
f_c : fréquence de coupure

F_e : fréquence d'échantillonnage

2. Explications implémentation.

Dans notre cas, on échantillonne h et on pose un ordre fini. En effet, h est un vecteur dans MatLab de même pour T (vecteur de temps) et $\text{sinc}(2 * f_c * T)$.

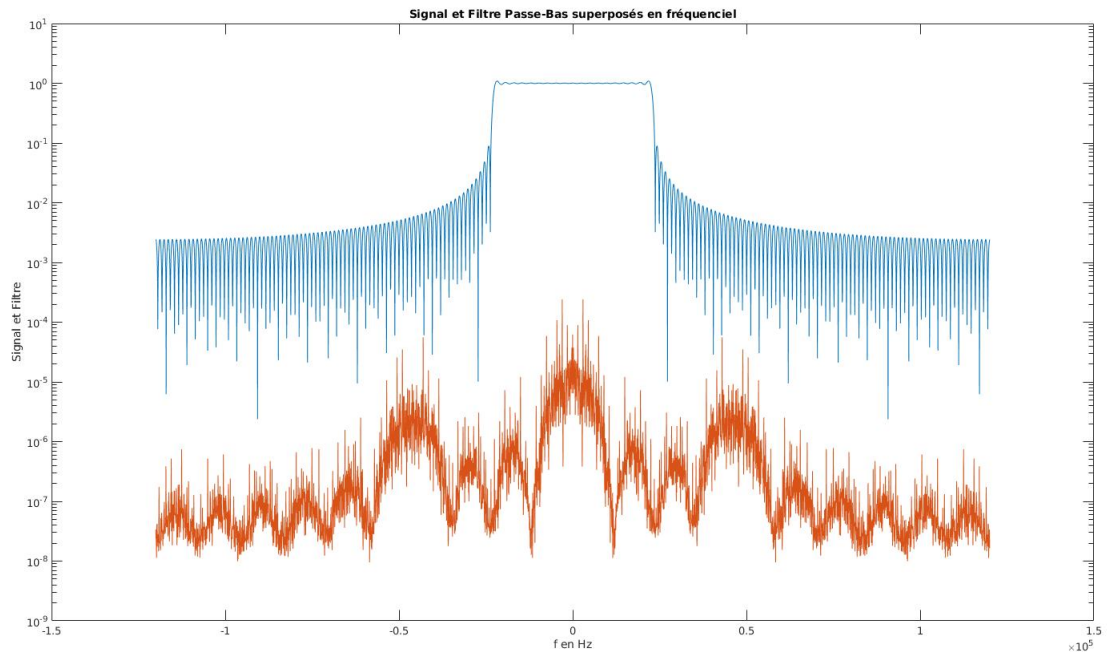
3. Tracé de la réponse impulsionnelle et de la réponse en fréquence du filtre implanté.



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

Le filtre implanté vous paraît-il réaliser la fonction souhaitée ? Explications.

On remarque que le filtre englobe bien la partie utile et coupe les parties inutiles du spectre. On peut donc considérer qu'il réalise la fonction souhaitée.



3.1.2 Synthèse du filtre passe-haut

On construit un filtre passe haut pour récupérer les fréquences du signal 2 du spectre du signal reçu.

1. Calcul de la réponse impulsionnelle idéale du filtre passe-haut à implanter.

Pour filtrer entre $-F_e$ et $-f_c$ et f_c et F_e , on convolue le signal avec un dirac moins un sinus cardinal :

$$h(t) = \delta(t) - 2\frac{f_c}{F_e} \text{sinc}(2 * f_c * t)$$

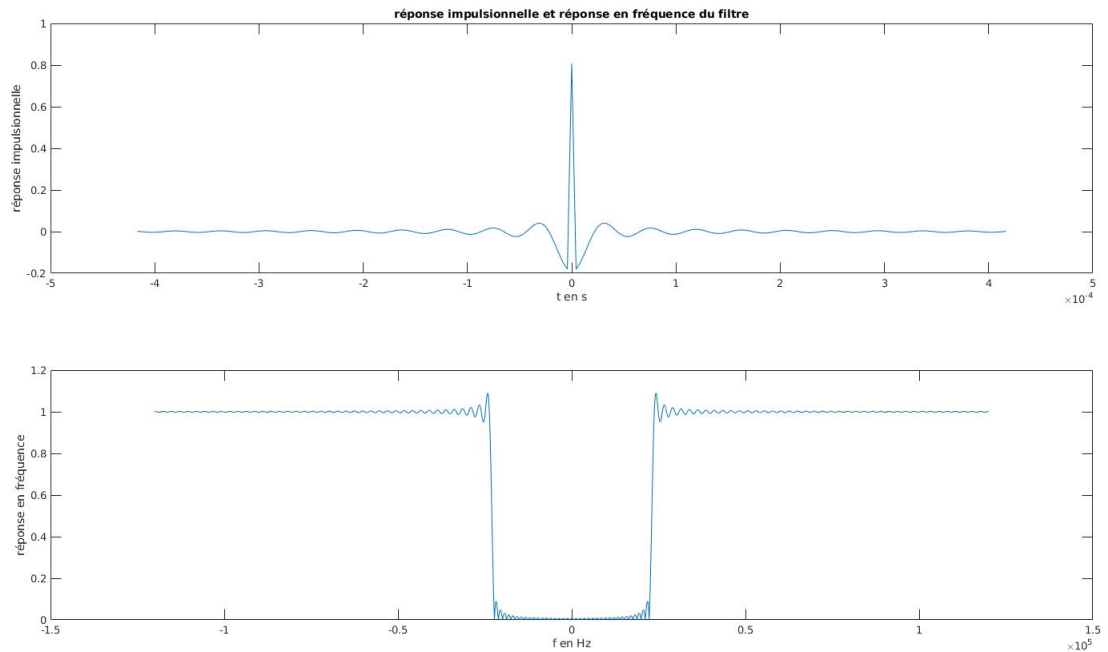
f_c : fréquence de coupure

F_e : fréquence d'échantillonnage

2. Explications implémentation.

Dans notre cas, on échantillonne h et on pose un ordre fini. En effet, h est un vecteur dans MatLab de même pour T (vecteur de temps), $\delta(T)$ et $\text{sinc}(2 * fc * T)$.

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

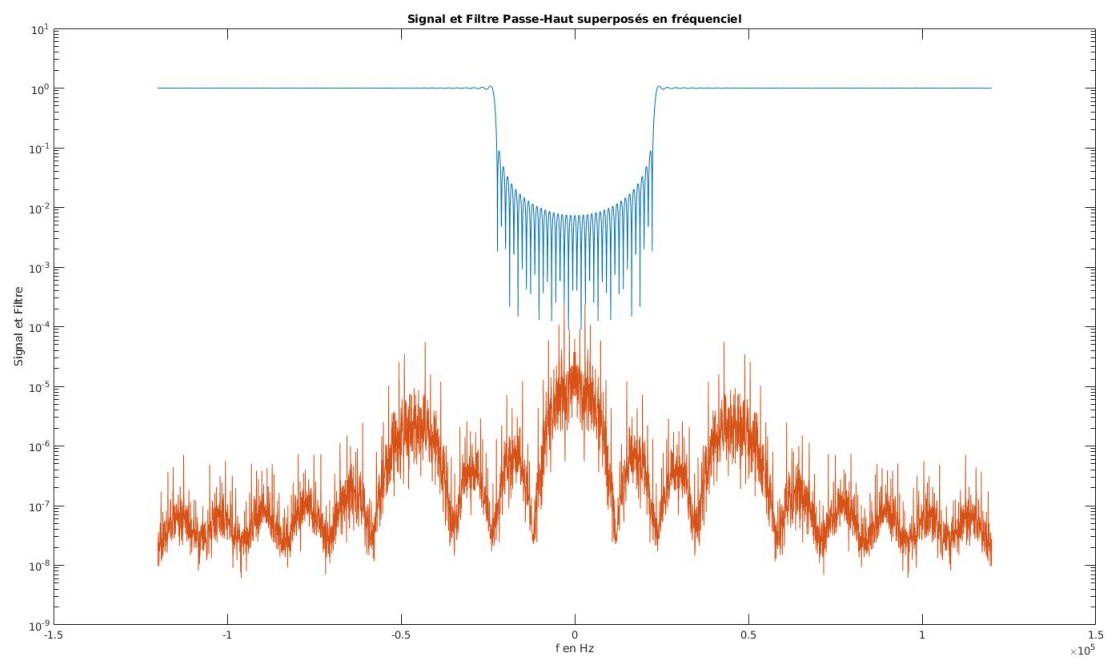


4. Tracé de la densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA reçu et du module de la réponse en fréquences du filtre implanté. Le filtre implanté vous paraît-il réaliser la fonction souhaitée ? Explications.

On remarque que le filtre englobe bien les parties utiles et coupe la partie inutile du spectre. On peut donc considérer qu'il réalise la fonction souhaitée.

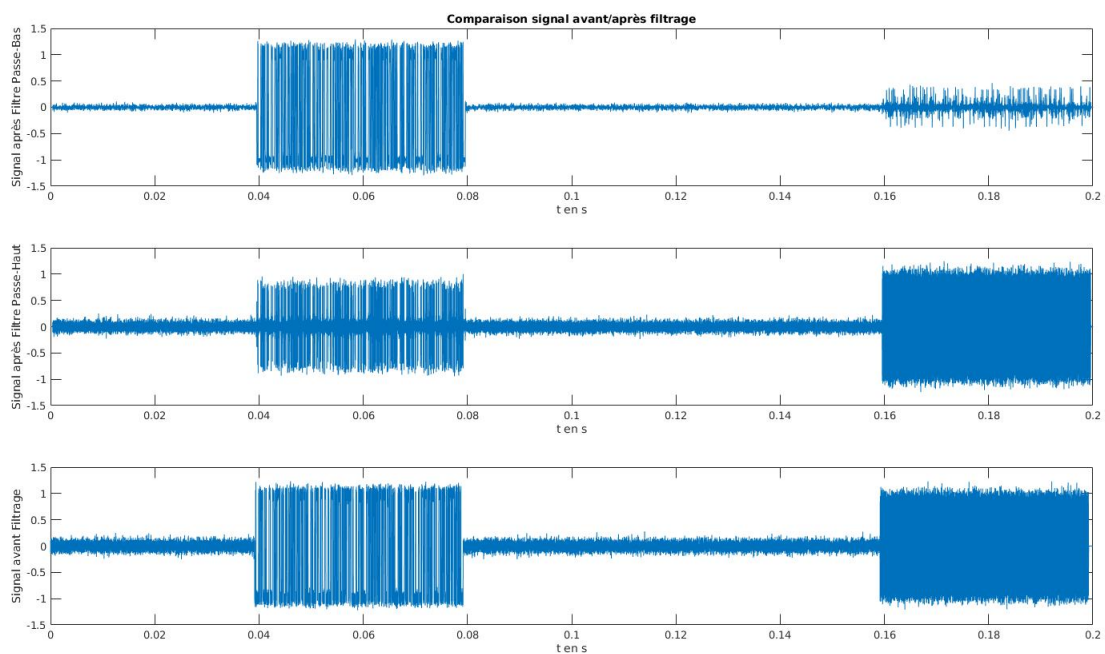
3.1.3 Filtrage

On retrouve bien le slot 2 conservé et 5 réduit après le filtrage par passe bas. De même, on retrouve bien le slot 5 conservé et 2 réduit après



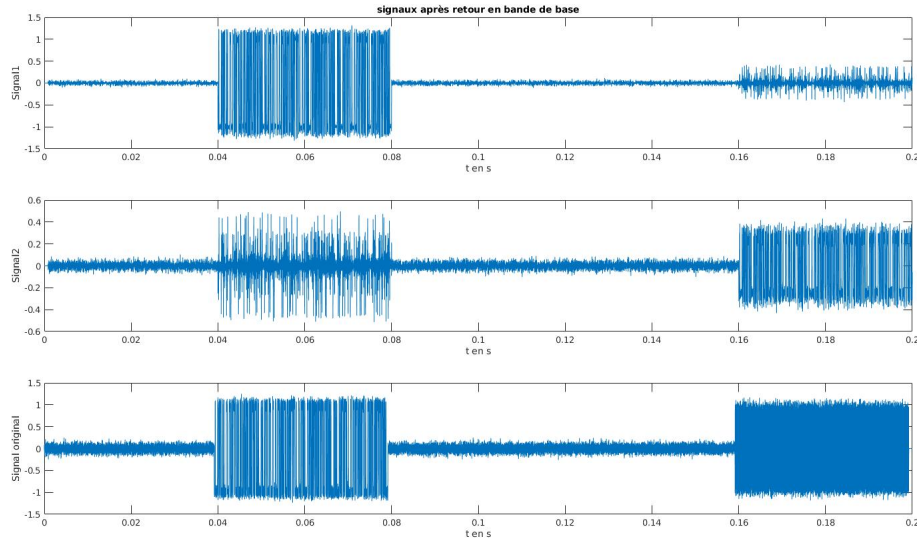
le filtrage par passe haut.

Tracés des signaux après filtrage et original :



3.2 Retour en bande de base

Pour retourner en bande de base se fait par multiplication par la porteuse de chaque signal et de les filtrer avec un passe bas. Tracés des signaux après retour en bande de base :



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 utilise un détecteur d'énergie. En effet, on calcule la puissance de chaque slot et on retient le slot avec la puissance la plus élevée (respectivement pour le signal 1 puis 2).

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.

On filtre par un filtre adapté de manière à optimiser l'opération de démodulation.

On reconstruit les suites de bits *bits_utilisateur1_recupéré* et *bits_utilisateur2_recupéré*.

On utilise ensuite la fonction *bin2str.m* fournie afin de retrouver les

messages texte :

message 1 : ' Ma probabilité d'apparition au semestre 5 est assez élevée '

message 2 : ' Mes initiales, placées à l'envers, évoquent un vert support'

4 Conclusion

Le message caché invoque la potentielle apparition du professeur Jean Yves Tourneret au semestre 5.