

RAPPORT DU PROJET DE TRAITEMENT DU SIGNAL

KY Joël Roman – Osman Younes
24/01/2019

Table des matières

1- Introduction	2
2- Génération et étude de la trame MF-TDMA	2
2-1- Génération des signaux pour chaque utilisateur	2
2-2- Génération de la trame MF-TDMA	4
2-3- Densité Spectrale de Puissance (DSP) du signal MF-TDMA	4
3- Démultiplexage des porteuses	5
3-1- Synthèse des filtres passe-bas et passe-haut	5
3-2- Tracé des signaux avant et après filtrage	9
4- Retour en bande de base et démodulation	11
4-1- Retour en bande de base	11
4-2- Détection du slot utile	13
4-2-1- Expression du détecteur	13
4-2-2- Résultats obtenus	13
4-2-3- Influence de l'ordre du filtre synthétisé	14
5- Démodulation bande de base	14
6- Conclusion	14
7- Références	15

Table des illustrations

- Figure 1 : Tracés du signal NRZ et de la DSP de l'utilisateur 1
Figure 2 : Tracés du signal NRZ et de la DSP de l'utilisateur 2
Figure 3 : Tracé de la trame MF-TDMA
Figure 4: Tracé de l'estimation de la DSP de la trame MF-TDMA
Figure 5: Tracé de la réponse impulsionnelle du filtre passe-bas
Figure 6 : Tracé de la réponse en fréquence du filtre passe-bas
Figure 7 : Tracé de la réponse impulsionnelle du filtre passe-haut
Figure 8 : Tracé de la réponse en fréquence du filtre passe-haut
Figure 9 : Tracé du signal avant filtrage de l'utilisateur 1
Figure 10 : Tracé du signal après filtrage de l'utilisateur 1
Figure 11 : Tracé du signal avant filtrage de l'utilisateur 2
Figure 12 : Tracé du signal après filtrage de l'utilisateur 2

Figure 13 : Tracé de la trame récupérée par l'utilisateur 1

Figure 14 : Tracé de la trame récupérée par l'utilisateur 2

Figure 15 : Histogramme des énergies détectées pour l'utilisateur1

Figure 16 : Histogramme des énergies détectées pour l'utilisateur2

1- Introduction

L'objectif de ce projet était de **simuler une transmission de type DVB-RS par deux utilisateurs qui émettent chacun dans un timeslot propre situé sur une porteuse. Leurs messages respectifs furent utilisés pour former une trame MF-TDMA. Nous avons aussi mis en place le récepteur de la MF-TDMA qui va extraire le message et restaurer les données aux utilisateurs. Toute la simulation a été rédigé en Code Matlab qui se trouve dans le dossier compressé Sources.**

2- Génération et étude de la trame MF-TDMA

2-1- Génération des signaux pour chaque utilisateur

Chaque information binaire à transmettre (pour chaque utilisateur) a été, dans un premier temps, transformée en un signal de type NRZ (Non Return to Zero). 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 :

$$N_s = T_s / T_e ;$$

où $T_e = 1/F_e$ avec F_e la fréquence d'échantillonnage ;

$T_s = T_{slot}/n$, avec $T_{slot} = 40ms$ et n , le nombre de bits de chaque utilisateur ;

Les figures 1 et 2 tracent les signaux obtenus pour chaque utilisateur.

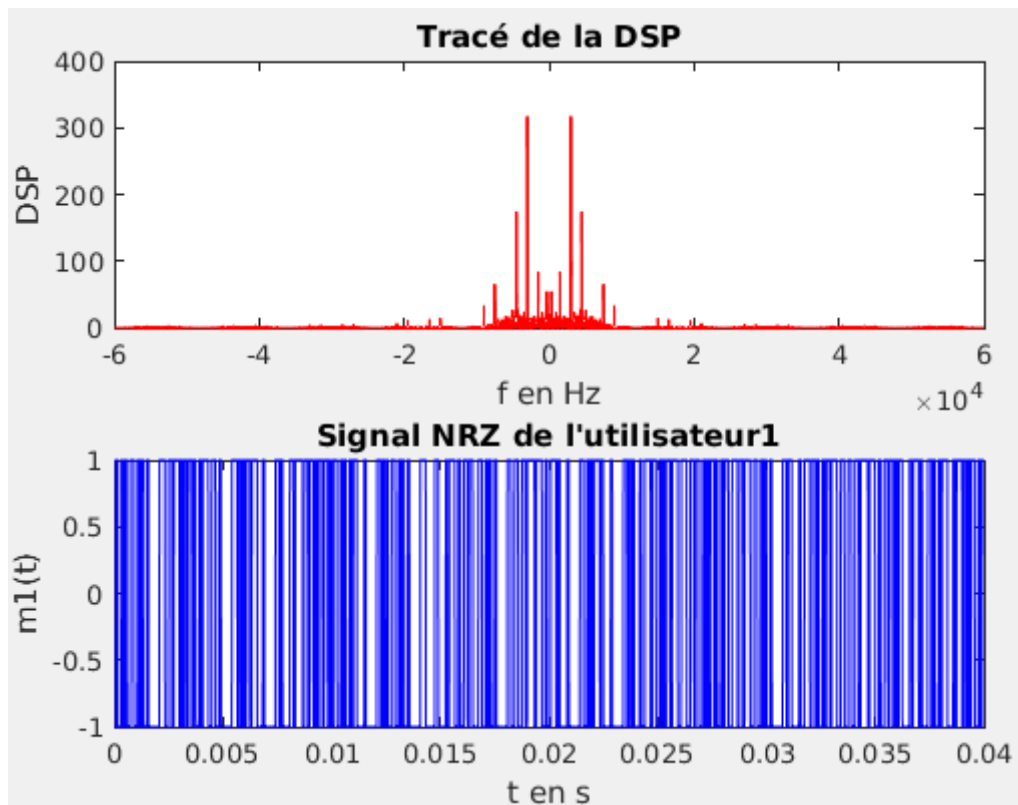


Figure 1 : Tracés du signal NRZ et de la DSP de l'utilisateur 1

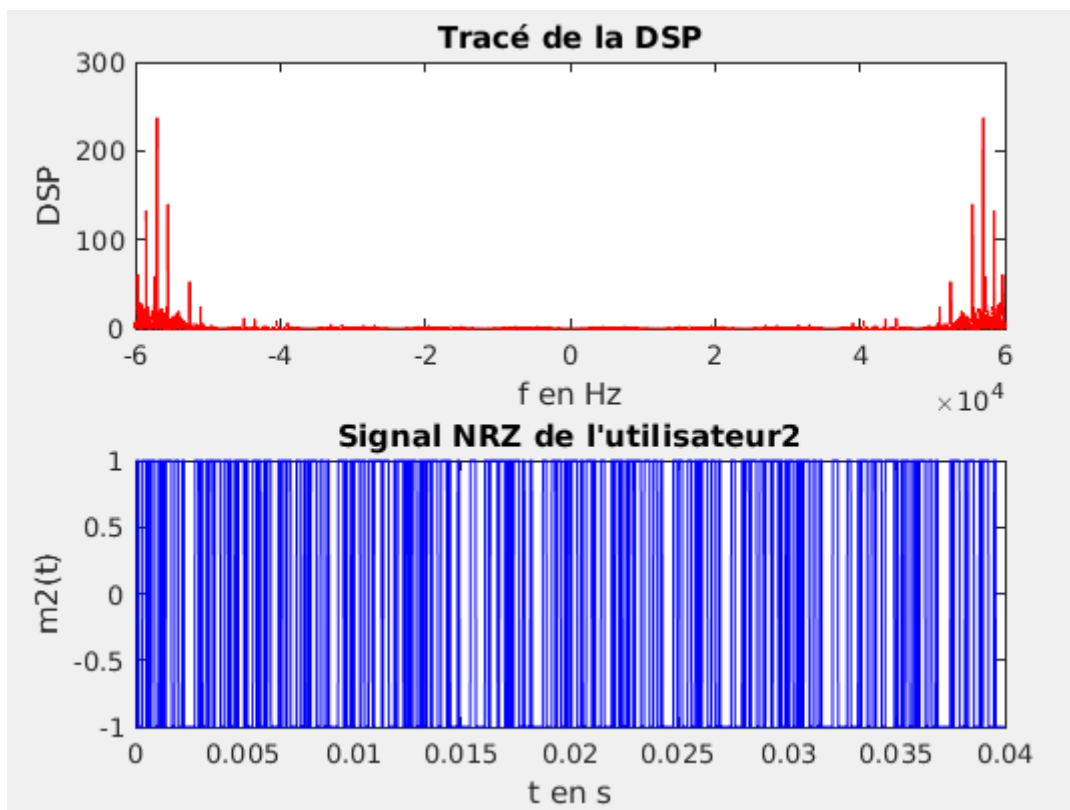


Figure 2 : Tracés du signal NRZ et de la DSP de l'utilisateur 2

2-2- Génération de la trame MF-TDMA

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. La figure 3 trace la trame MF-TDMA générée.

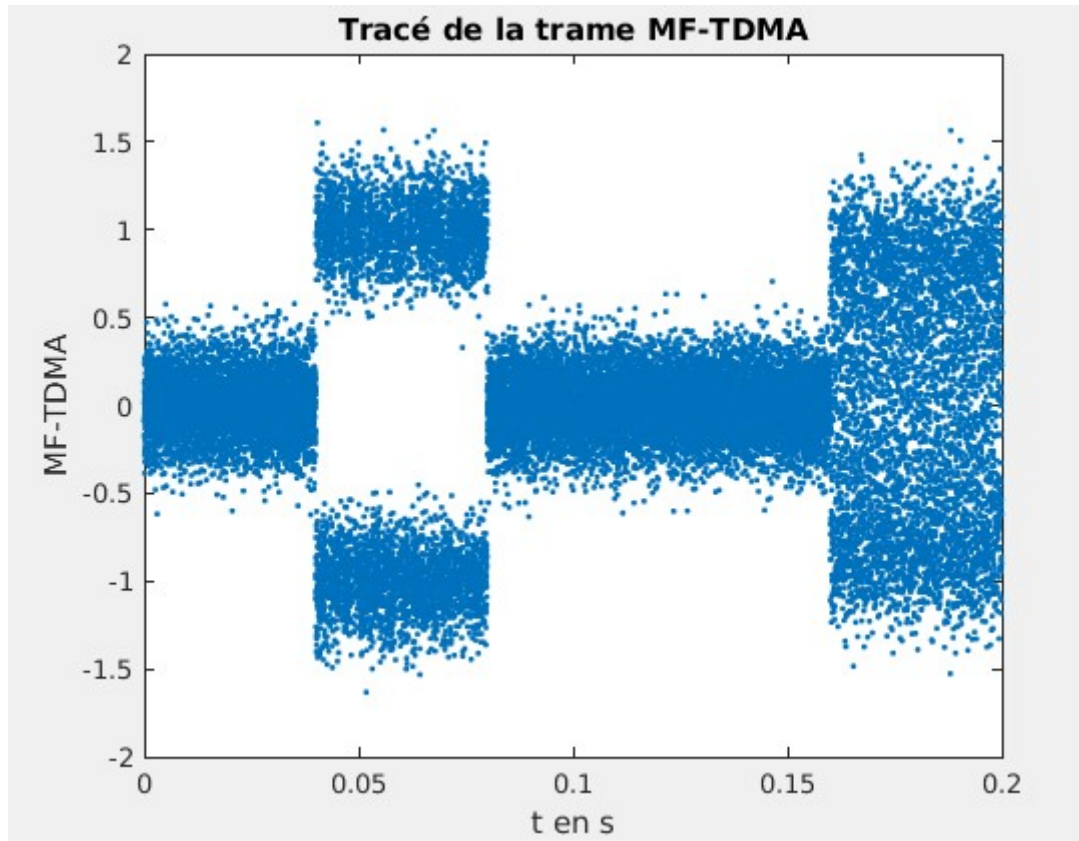


Figure 3 : Tracé de la trame MF-TDMA

2-3- Densité Spectrale de Puissance (DSP) du signal MF-TDMA

La figure 4 trace la DSP du signal MF-TDMA. L'estimation a été réalisée par **périodogramme**.

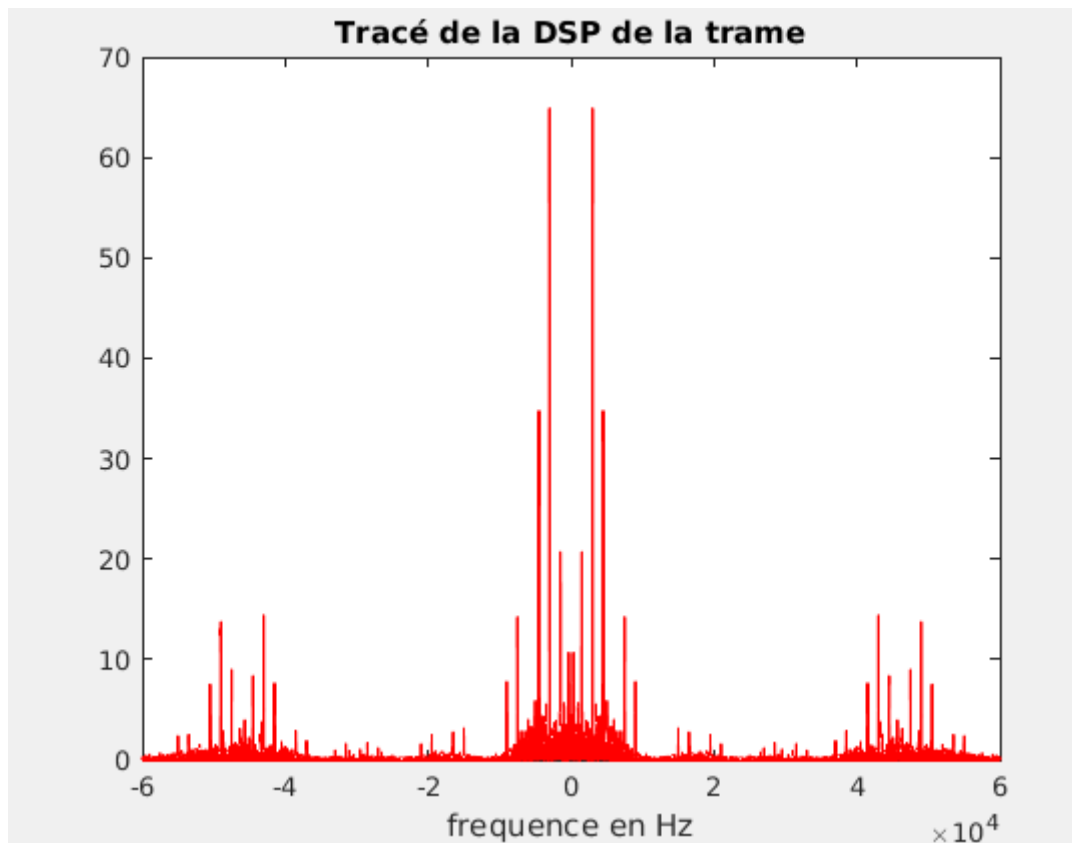


Figure 4 : Tracé de l'estimation de la DSP de la trame MF-TDMA

La forme de la DSP obtenue par simulation est conforme à la théorie car la DSP de la trame MF-TDMA est la somme de deux sinus cardinaux centrés au niveau des fréquences des porteuses. La différence d'amplitude s'explique **par le fait que le sinus cardinal de la porteuse la plus grande soit modulé en amplitude par le sinus cardinal de la porteuse la plus petite.**

3- Démultiplexage des porteuses

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

La réponse impulsionnelle d'un filtre passe-bas numérique peut se calculer de la manière suivante : **On effectue la transformée de Fourier d'une fonction porte de largeur $fc1$ (fréquence de coupure du filtre passe-bas), ce qui nous donne un sinus cardinal.**

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

$$H_{I_{PH}}(\tilde{f}) = 1 - H_{I_{PB}}(\tilde{f})$$

On peut, à partir de là, calculer la réponse impulsionnelle du filtre passe-haut : **par transformée de Fourier inverse on trouve que la réponse impulsionnelle du filtre passe-haut est égale à la différence entre un dirac et la réponse impulsionnelle du filtre passe-bas.**

Un filtre passe-bas a été implanté sous matlab afin de retrouver le signal adressé à l'utilisateur numéro 1, tandis qu'un filtre passe-haut a été implanté afin de retrouver le signal adressé à l'utilisateur numéro 2.

Les figures 5 et 6 tracent respectivement la réponse impulsionnelle et la réponse en fréquence du filtre passe-bas. Les paramètres utilisés sont **une fréquence de coupure de 10Khz afin d'atténuer le signal portée à haute fréquence et d'obtenir que le signal porté à faible fréquence ; cette valeur ayant été obtenue par observation de la DSP du signal de l'utilisateur 1.**

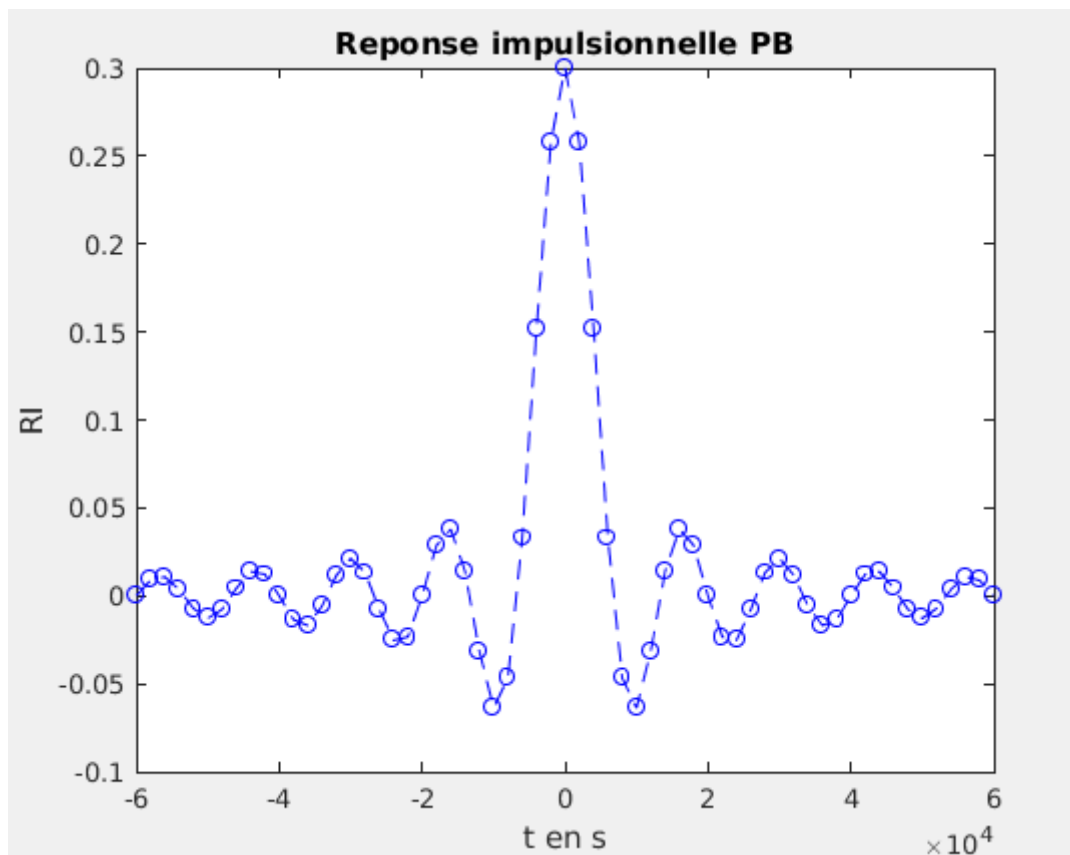


Figure 5 : Tracé de la réponse impulsionnelle du filtre passe-bas

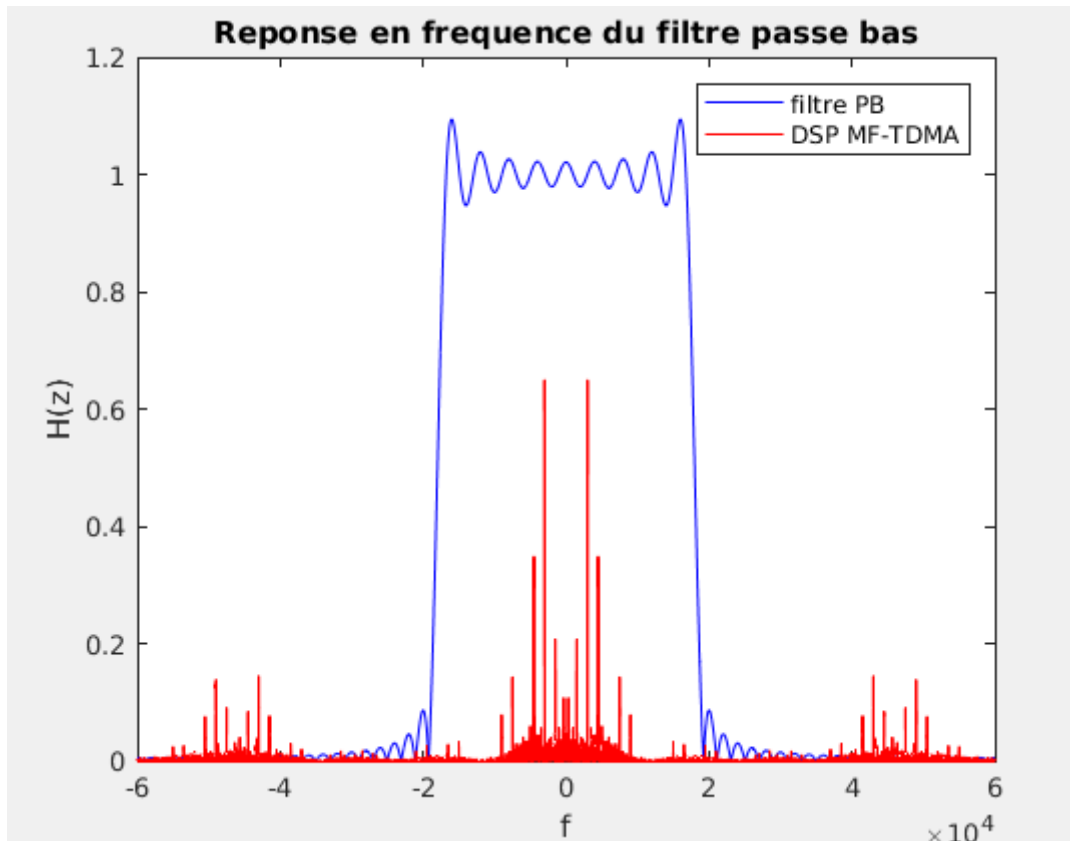


Figure 6 : Tracé de la réponse en fréquence du filtre passe-bas

Les figures 7 et 8 tracent respectivement la réponse impulsionnelle et la réponse en fréquence du filtre passe-haut. Les paramètres utilisés sont **une fréquence de coupure de 46KHz afin d'atténuer le signal porté à faible fréquence et ne garder que celui porté à haute fréquence ; cette valeur ayant été obtenue par observation de la DSP du signal de l'utilisateur 2.**

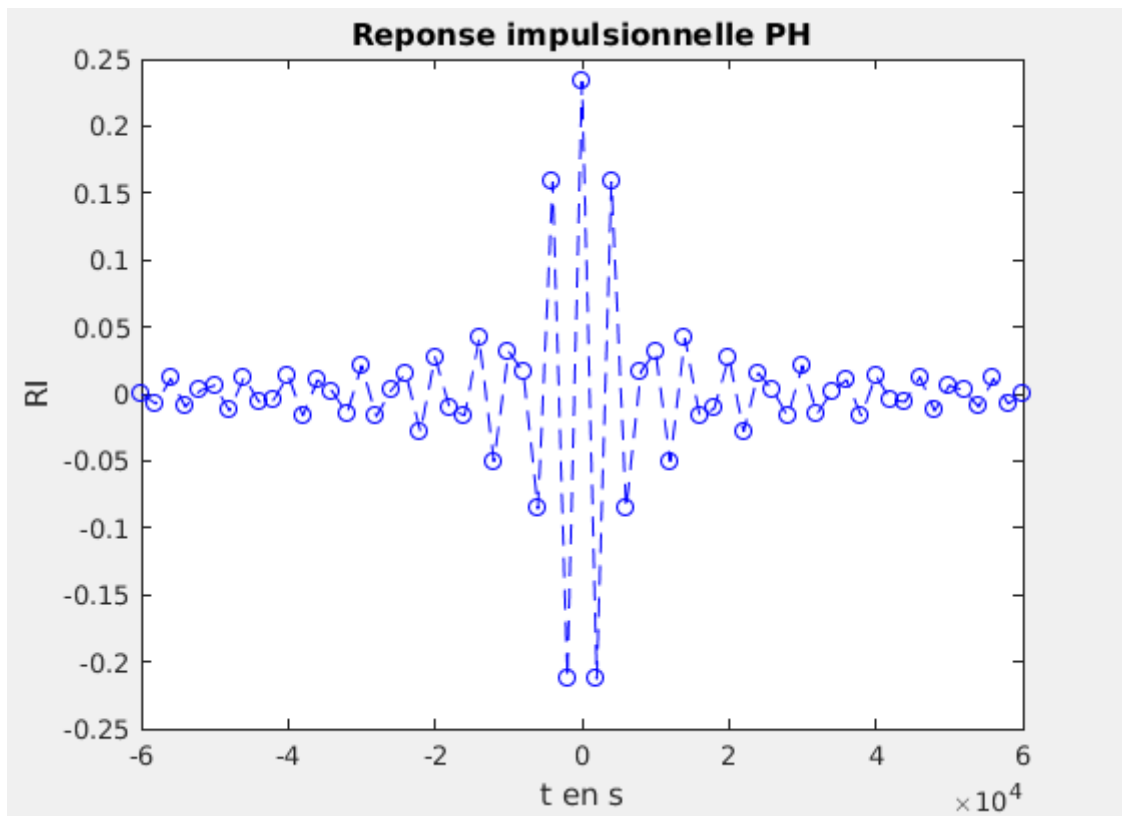


Figure 7 : Tracé de la réponse impulsionnelle du filtre passe-haut

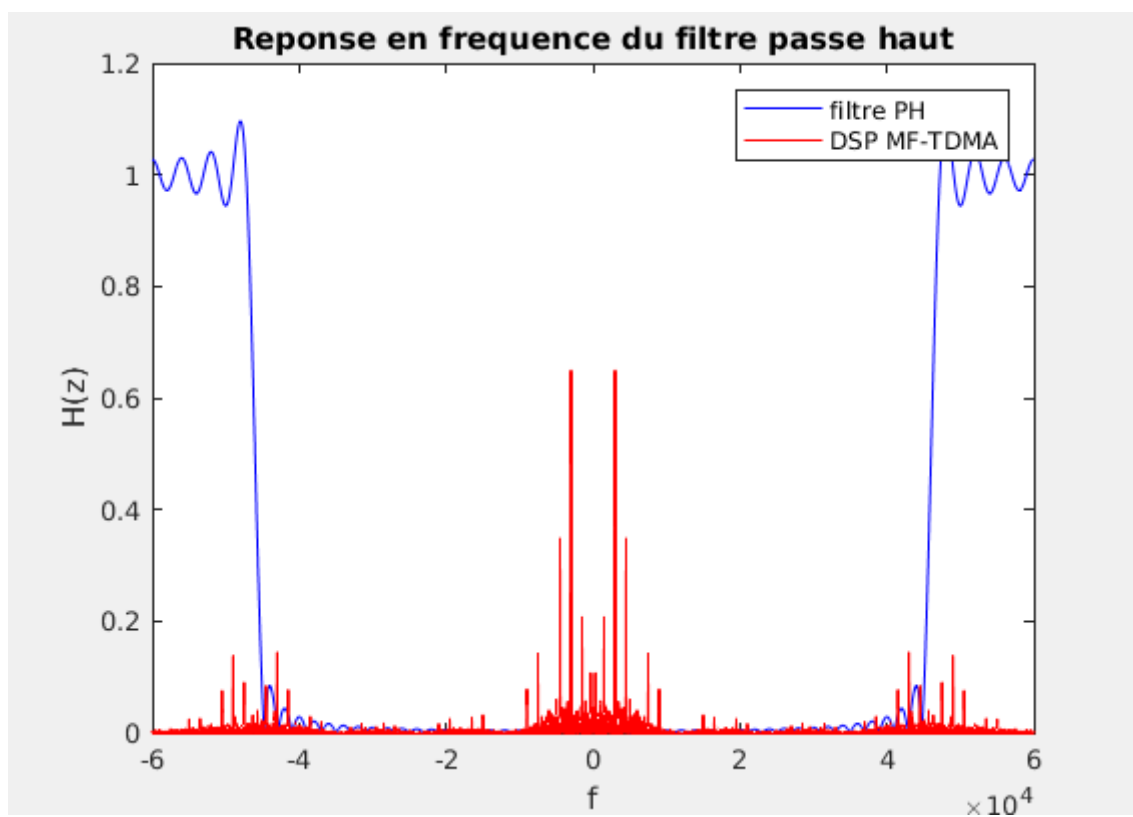


Figure 8 : Tracé de la réponse en fréquence du filtre passe-haut

3-2-Tracé des signaux avant et après filtrage

Les figures 9 et 10 tracent les signaux obtenus en entrée et en sortie du filtrage passe-bas réalisé.

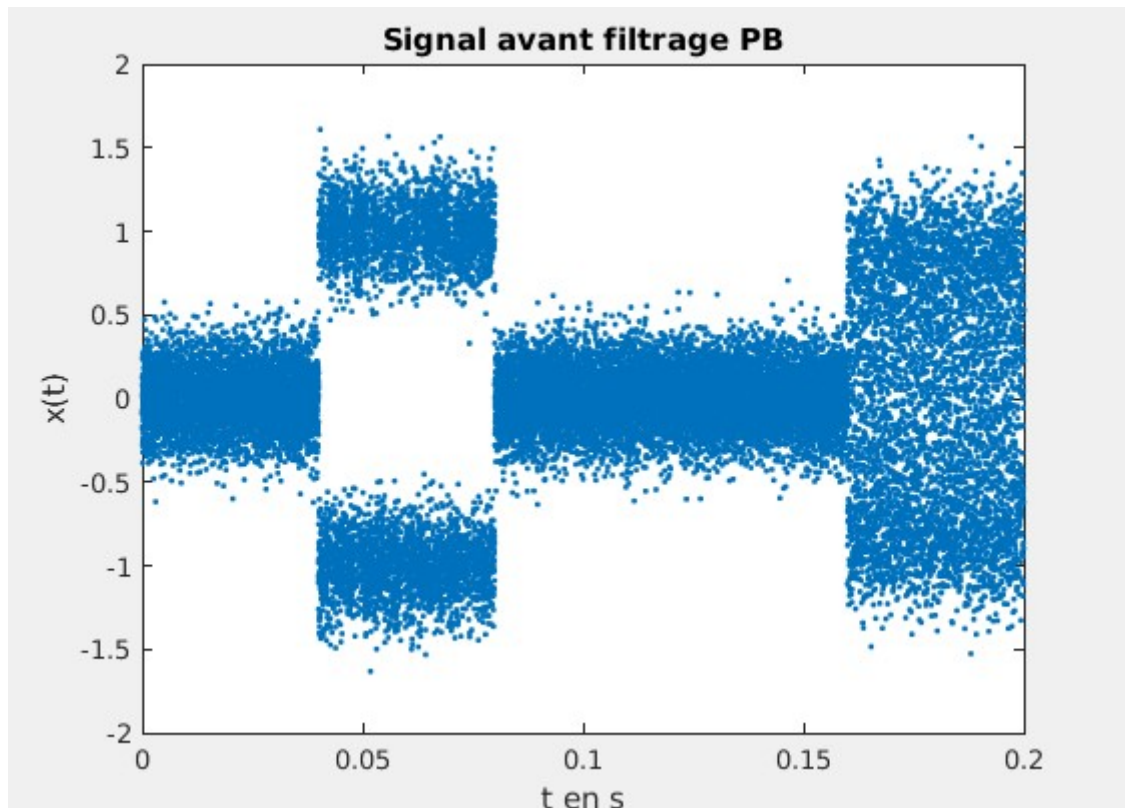


Figure 9 : Tracé du signal avant filtrage de l'utilisateur 1

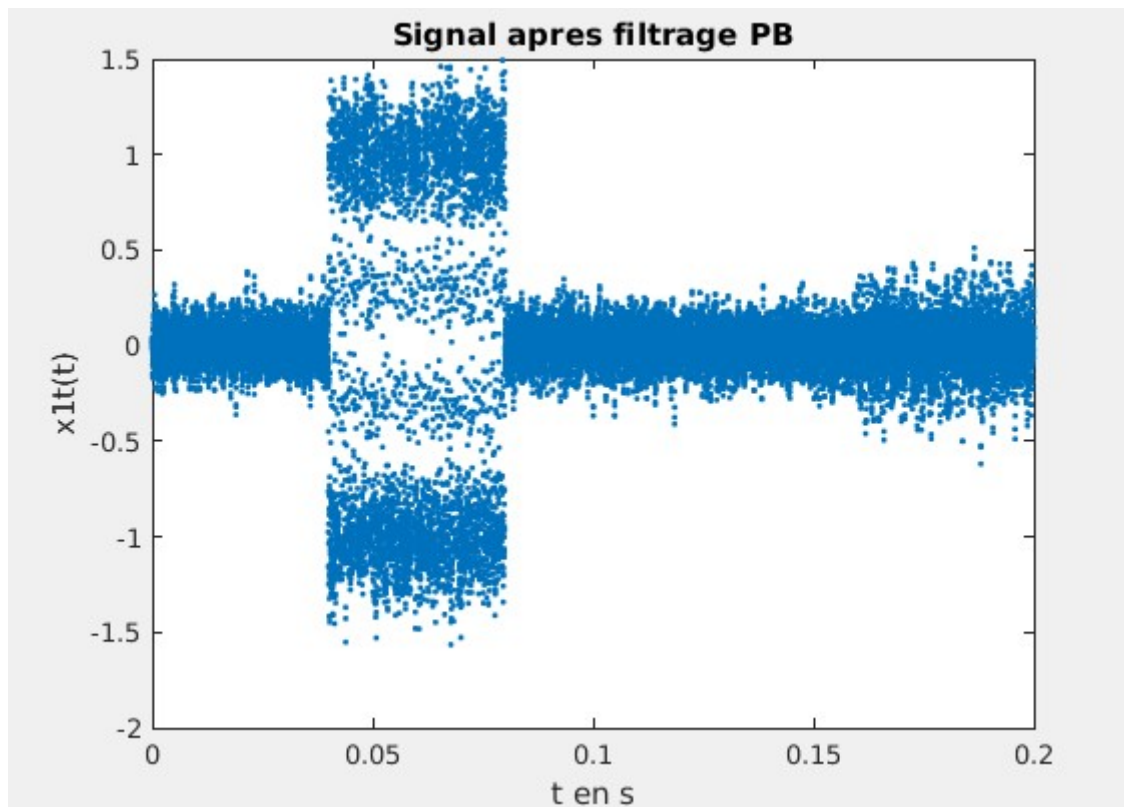


Figure 10 : Tracé du signal après filtrage de l'utilisateur 1

Les figures 11 et 12 tracent les signaux obtenus en entrée et en sortie du filtrage passe-haut réalisé.

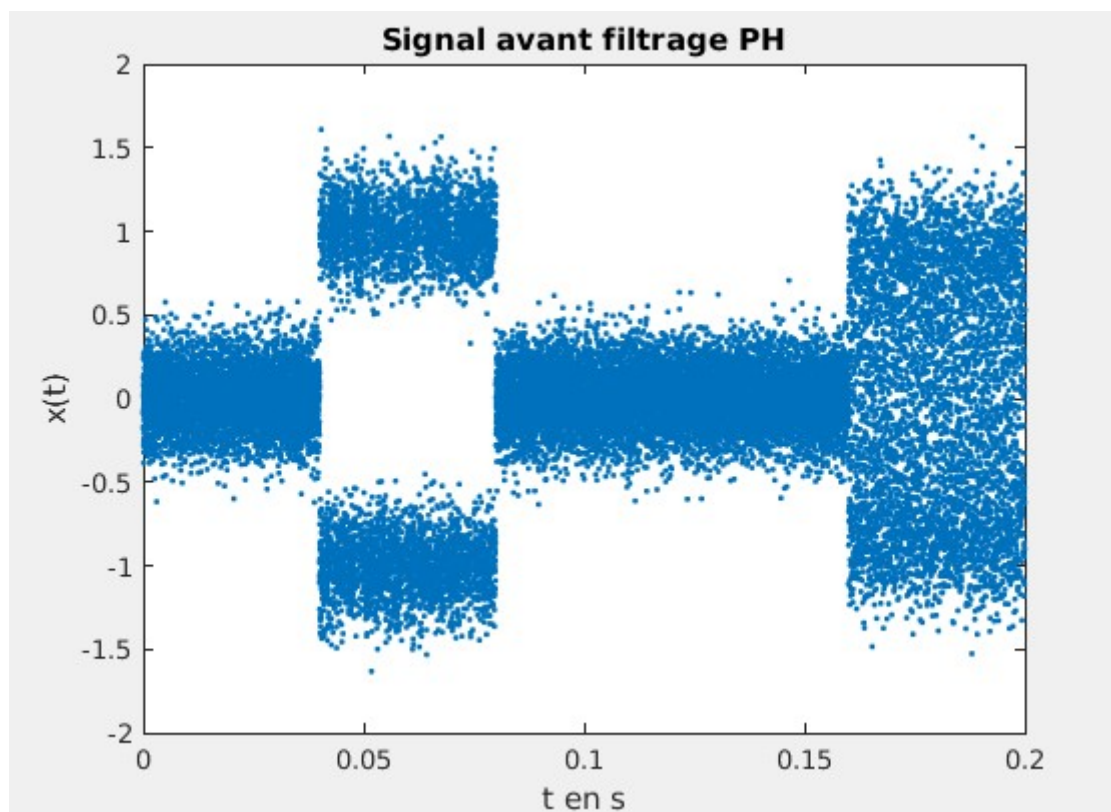


Figure 11 : Tracé du signal avant filtrage de l'utilisateur 2

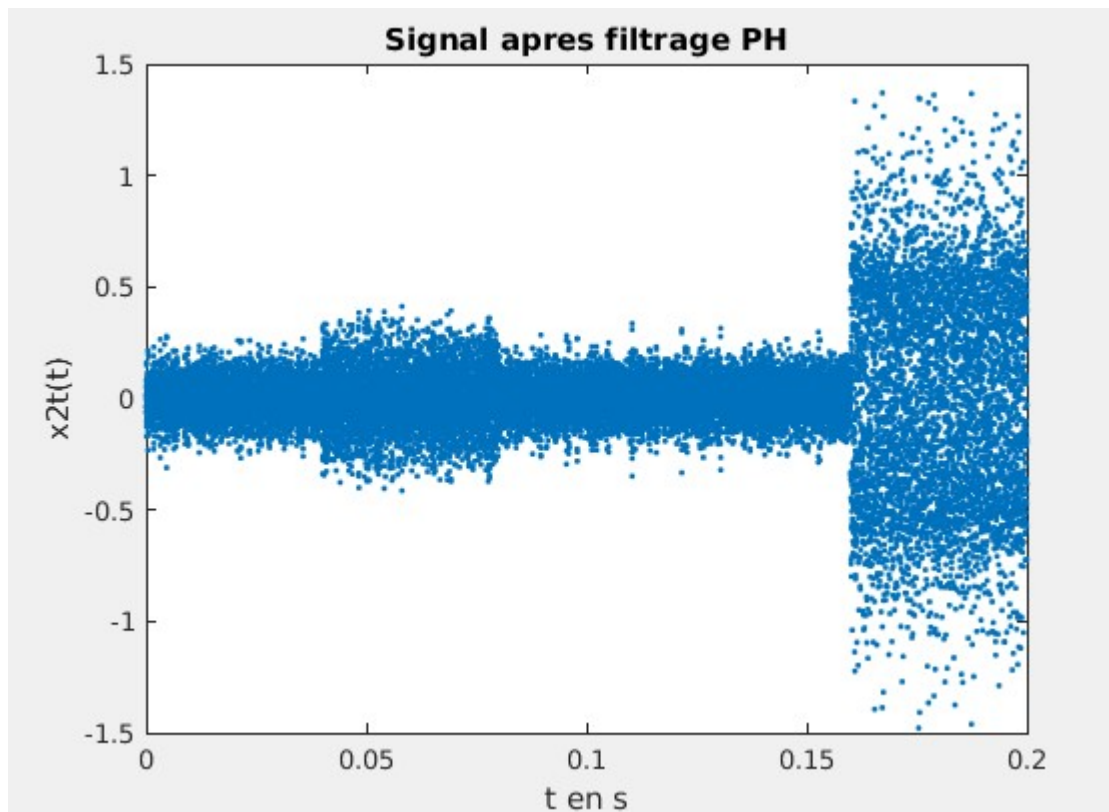


Figure 12 : Tracé du signal après filtrage de l'utilisateur 2
C

Pour chaque filtrage on observe un retard sur le signal de sortie. Ce retard est dû au fait que le calcul de l'autocorrélation via Matlab induit un décalage vu que Matlab ignore l'origine des deux vecteurs. Il est lié à l'ordre du filtre réalisé de la manière suivante : en notant N l'ordre du filtre on remarque que les N premiers points obtenus sont décalés si bien qu'une partie du signal est perdue.

Les observations réalisées sont conformes à ceux attendus parce que le signal haute fréquence est atténué par le passe-bas et inversement pour le signal basse fréquence.

4- Retour en bande de base et démodulation

4-1- Retour en bande de base

Le retour en bande de base fonctionne comme suit : on remultiplie les signaux par les porteuses et obtient des signaux ayant des fréquences qui sont les doubles des fréquences porteuses initiales et donc on retrouve les signaux de départ en appliquant un filtre passe-bas aux signaux de sortie à conserver que les fréquences porteuses.

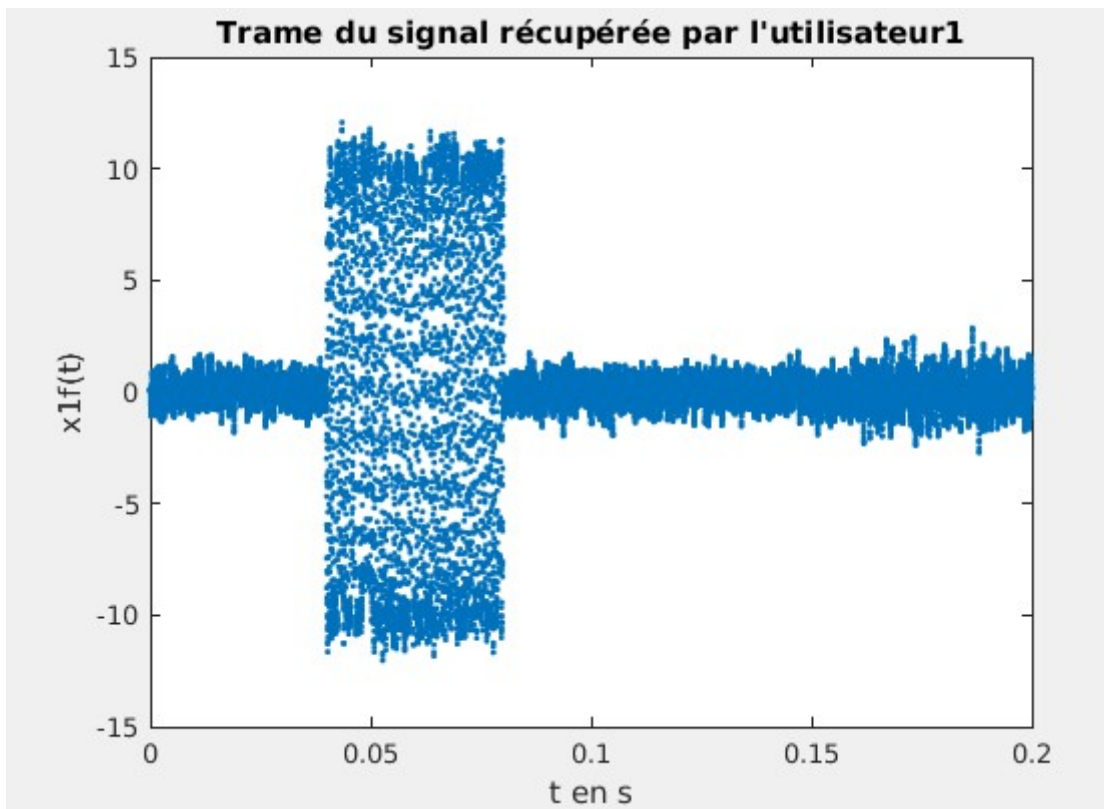


Figure 13 : Trame du signal récupérée par l'utilisateur 1

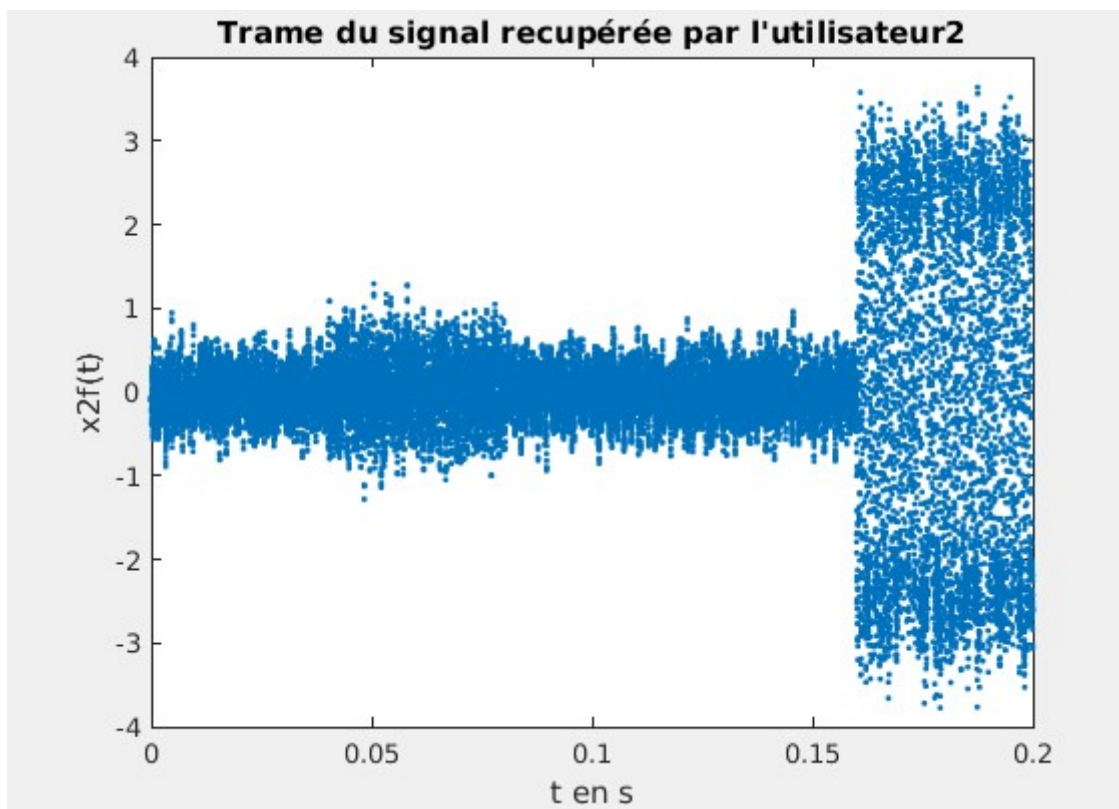


Figure 14 : Trame du signal récupéré par l'utilisateur 2

4-2- Détection du slot utile

4-2-1- Expression du détecteur

La détection du slot utile fut réalisée par le calcul de l'énergie de chaque slot et après la récupération de l'indice du slot qui possède l'énergie maximale.

```
%% 4.2 Detection du slot utile
% Utilisateur 1
% Division en 5 slots

E_1 = zeros(1,5); % Vecteur contenant les energies de chaque slot de l'utilisateur 1
for i=1 : 5
    E_1(i) = sum(x1f(n*Ns*(i-1)+1:n*Ns*i).^2);
end
 [~,argmax1] = max(E_1);
X = x1f((n*Ns*(argmax1-1))+1 : n*Ns*argmax1); %Trame de l'utilisateur 1 récupérée

%Utilisateur 2
% Division en 5 slots

E_2 = zeros(1,5); %Vecteur contenant les energies de chaque slot de l'utilisateur 2
for i=1 : 5
    E_2(i) = sum(x2f(n*Ns*(i-1)+1:n*Ns*i).^2);
end
 [~,argmax2] = max(E_2);
Y = x2f((n*Ns*(argmax2-1))+1 : n*Ns*argmax2); %%Trame de l'utilisateur 2 récupérée
```

4-2-2- Résultats obtenus

Nous avons décidé d'illustrer les résultats par un histogramme les résultats obtenus lors des détections du slot pour chaque utilisateur. Et comme le montre les figures ci-après, le slot utile de l'utilisateur 1 est bien le slot 2 et celui de l'utilisateur 2 est le slot 5. Ce qui est bien conforme aux résultats attendus.

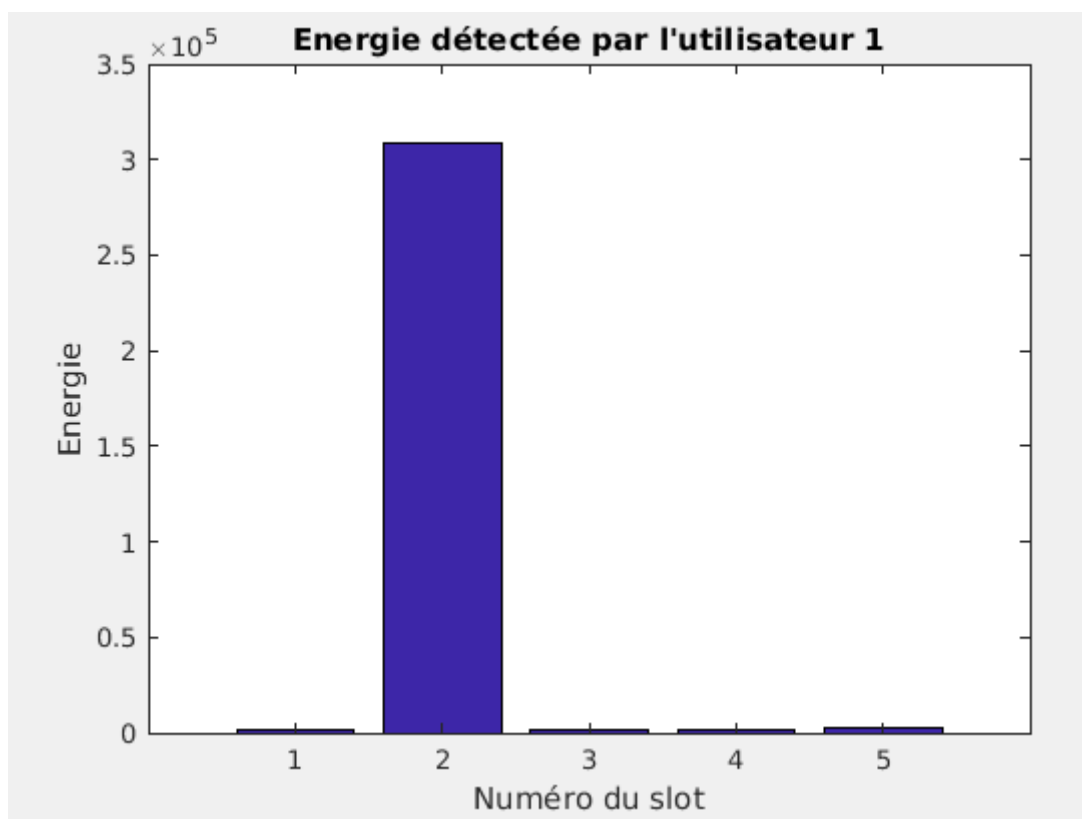


Figure 15 : Histogramme des énergies détectées pour l'utilisateur1

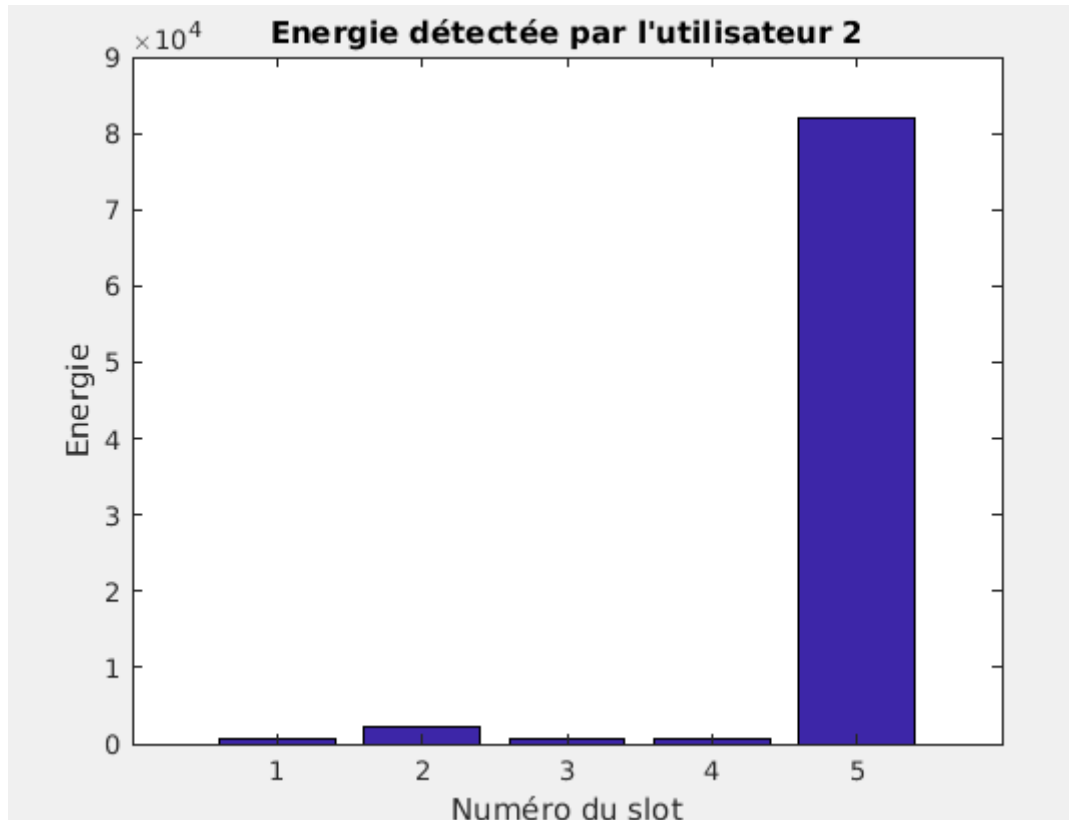


Figure 16 : Histogramme des énergies détectées pour l'utilisateur2

4-2-3- Influence de l'ordre du filtre synthétisé

Si on ne prend pas en compte le décalage induit par l'ordre du filtre, on perd une partie du signal lors du filtrage vu que les N premiers points filtrés sont décalés et donc pour gérer cet inconvénient on filtre chaque signal en lui ajoutant N zéros de sorte à récupérer les N points qui seront décalés et alors la détection du signal marche parfaitement.

5- Démodulation bande de base

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

Le nom du professeur qui se cache est Marc Pantel.

6- Conclusion

Ce projet simulait la transmission d'un message DVB-RCS. Le projet fut implanté via Matlab. Il est à noter que le résultat dépend fortement du bruit. Ainsi, si on prend :

Pour SNR = 10Db, on obtient le bon message,

```
>> projet2

texte1 =
    'Je suis un homme, je parle fort et j'enseigne l'informatique'

texte2 =
    'Mes initiales évoquent pour certains les années passées ... '
```

mais pour SNR= -10dB , on obtient un résultat complètement différent

```
>> projet2

texte1 =
    'Jg s5)s u.$hNmmE, *e parle ford!e| j'dlseigfe l7ynfoòmatiq}e'

texte2 =
    'Mea[]MnyäiHt};Oi6oñuqo▷ po5ø feRôqÉms8fupaQgNøí{ qaq{éåJ,**-('
```

7- Références

[Voir Sources.](#)