

TP5

Systèmes de filtrage

1. Comprendre les effets d'un système de filtrage à partir de l'observation des grandes familles de filtres. On utilisera le module simulink de matlab.
2. Ouvrir un nouveau document simulink dans lequel on placera un générateur de signal, un filtre de Chebychev passe bas de type I (bloc extra, filters, Analog lowpass) et un graphe plus un multiplexeur pour afficher deux courbes sur le même graphe.
3. Pour analyser les spectres, on va rediriger l'entrée et la sortie du filtre, dans des variables de l'interpréteur de commande, avec le bloc **workspace**. Ensuite la fonction **spectre()** affiche des spectres de meilleur qualité que le bloc analyseur de spectre. Il faut aussi rediriger l'horloge avec autre bloc **workspace** et un bloc **clock**.
4. Réaliser le montage pour que l'on puisse afficher le signal avant et après filtrage sur le même graphe.

Régler :

- La simulation en Linsim. (max step size = 10^{-6} ; min step size = 10^{-6}).
- La fréquence de coupure pour le filtre à 59 kHz , un ordre 2 et 3 db d'oscillations dans la bande passante.
- Le générateur de signaux avec un signal rectangulaire à 20 kHz d'amplitude 1 volt.
- Le Stop Time en cohérence avec le graphe pour afficher quelques périodes du signal.

Remarque : les fréquences sont à donner en rd/s conformément à la notation anglo-saxonne.

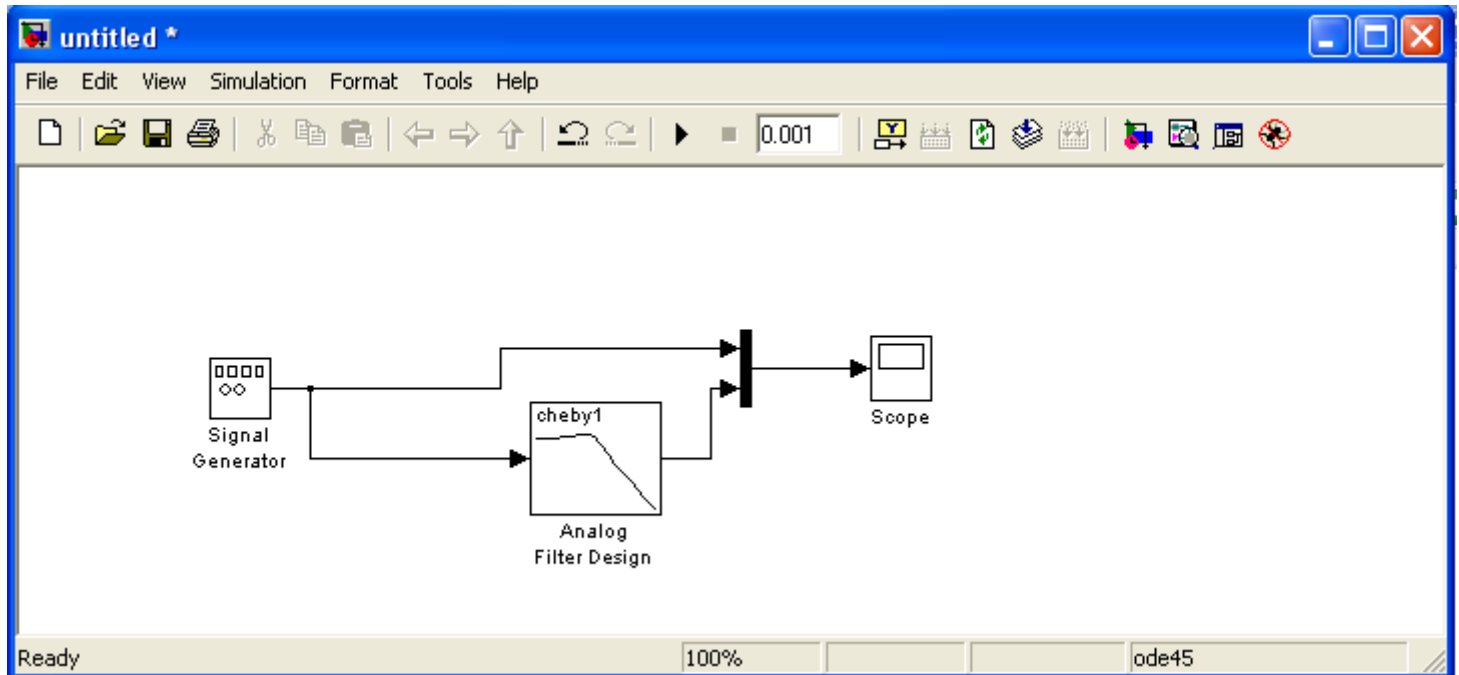
► Lancer la simulation et commentez l'effet du filtre sur le signal temporel et sur le signal fréquentiel.

- a) Que devrait-on voir avec un filtre idéal ?
- b) Augmenter progressivement l'ordre du filtre (5, 10, 30), que se passe-t-il ?
- c) Echanger le filtre de Chebychev par un filtre de Butterworth. A même ordre, lequel vous semble avoir la coupure la plus raide ? (prenez un ordre assez élevé pour voir les différences!)
- d) Placer en série un filtre passe bas de Butterworth de coupure 59 kHz et un passe haut de Butterworth de coupure 59 kHz d'ordre 30. Que devrait on obtenir si les filtres étaient idéaux ? Quel filtre a t on ainsi réalisé ? justifiez.

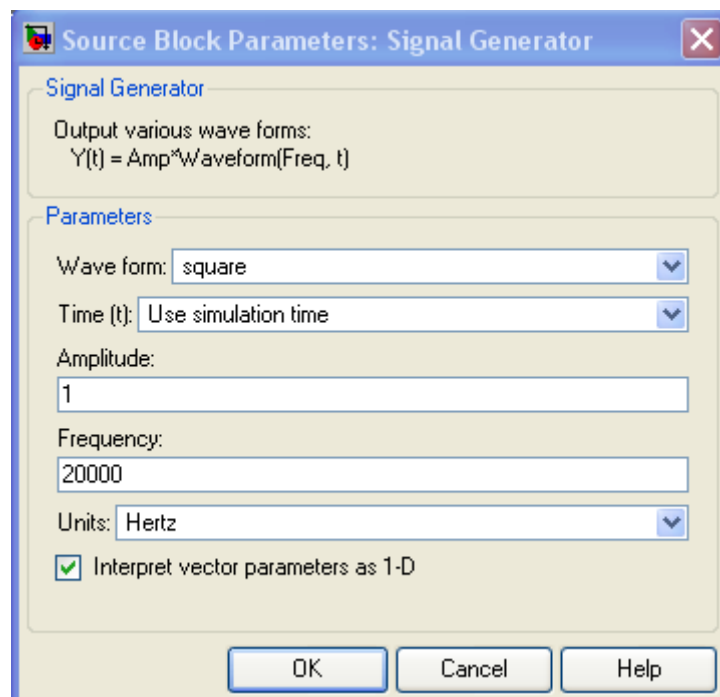
- e) Envoyer un bruit d'amplitude 0,5 v avec un signal sinusoïdal d'amplitude 1v à 20 kHz. Filtrer en passe bas à 20 kHz. Affichez le signal temporel avant et après filtrage ainsi que les spectres. Quel est l'effet du filtre sur le rapport signal à bruit ?

Correction du TP5

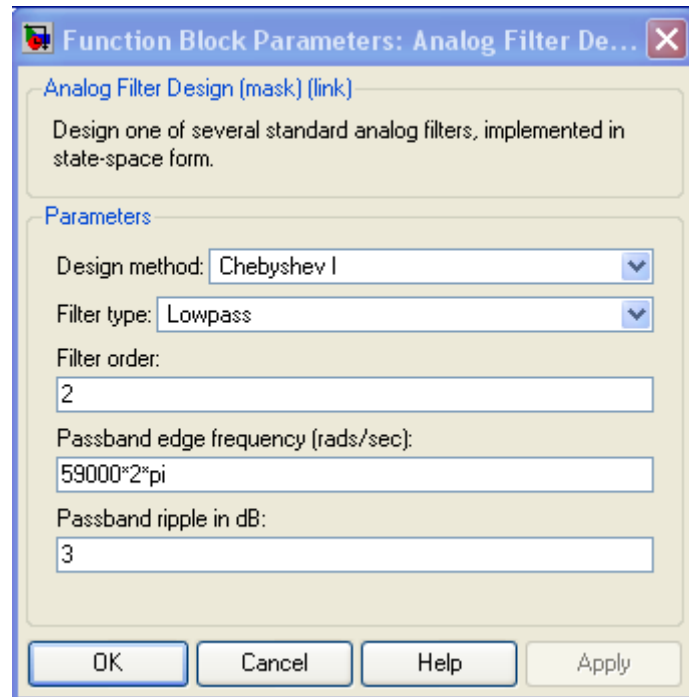
Le montage à réaliser est le suivant :



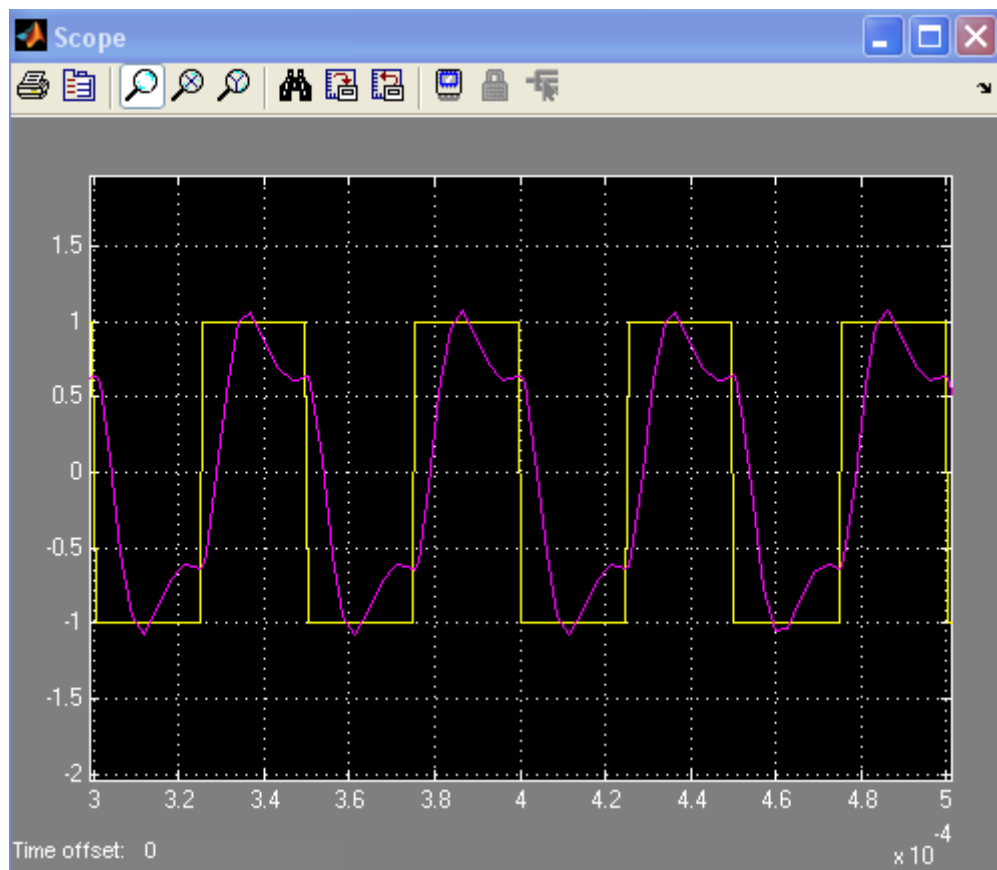
On règle le générateur de signal :



On règle le filtre :

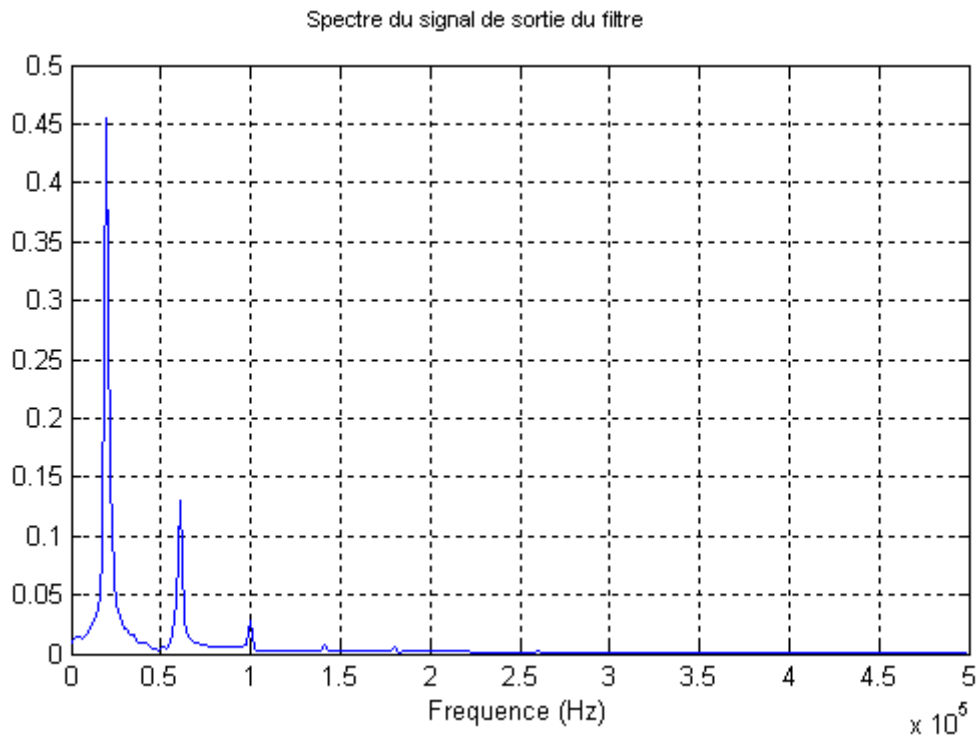


On lance la simulation, et l'on relève sur le scope, la courbe en violet correspond au signal filtré, la courbe en Jaune correspond au signal rectangulaire avant filtrage.



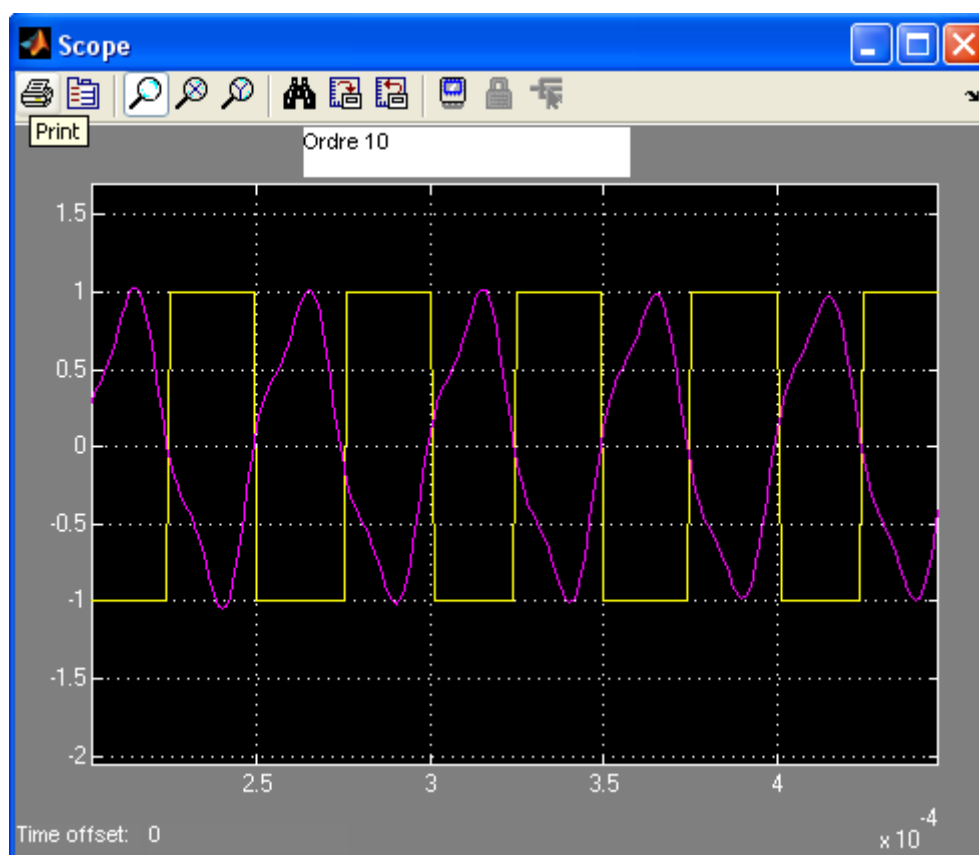
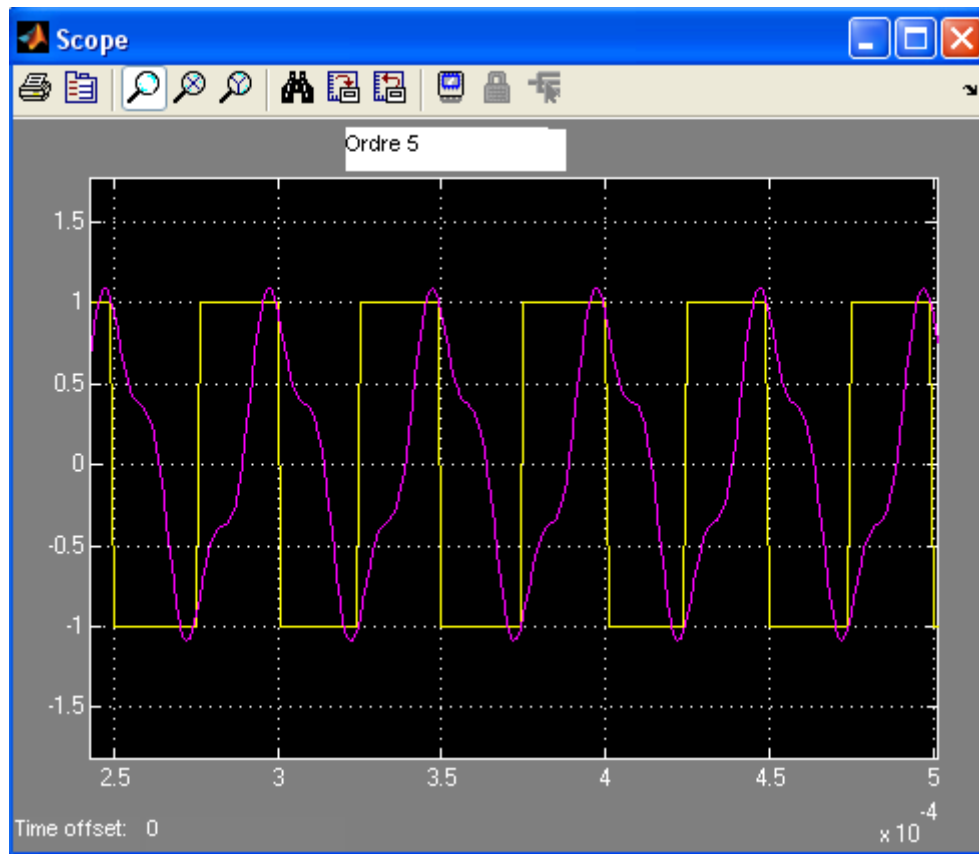
On remarque que le filtre a supprimé des harmoniques du signal rectangulaire. Le signal rectangulaire a son fondamental à 20000Hz et des harmoniques multiples impairs de cette fréquence soit : 3*20 kHz, 5*20kHz, 7*20kHz

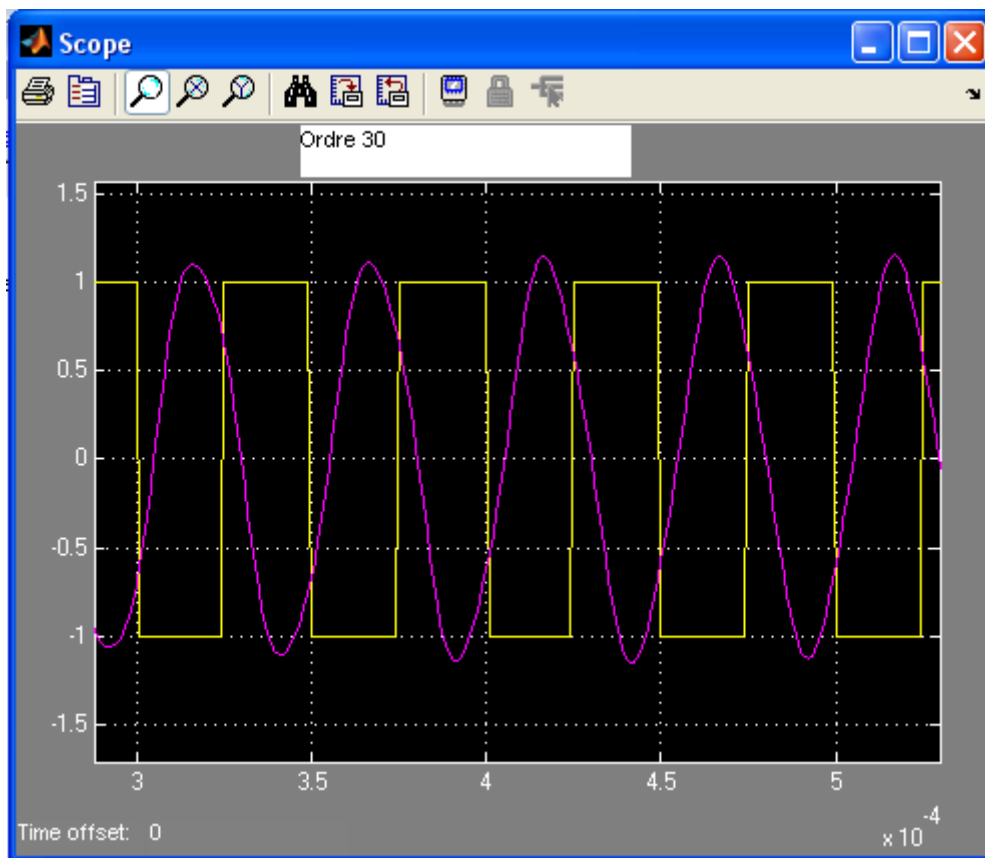
Donc si le filtre était idéal avec une fréquence de coupure à 59 kHz on aurait du récupérer en sortie du filtre un signal sinusoïdale de 20 000 Hz correspondant au fondamental. Le filtre n'étant pas idéal il reste l'harmonique à 60 kHz et peut être un peu de celui à 100 kHz. Voyons cela sur le spectre du signal en sortie de filtre.



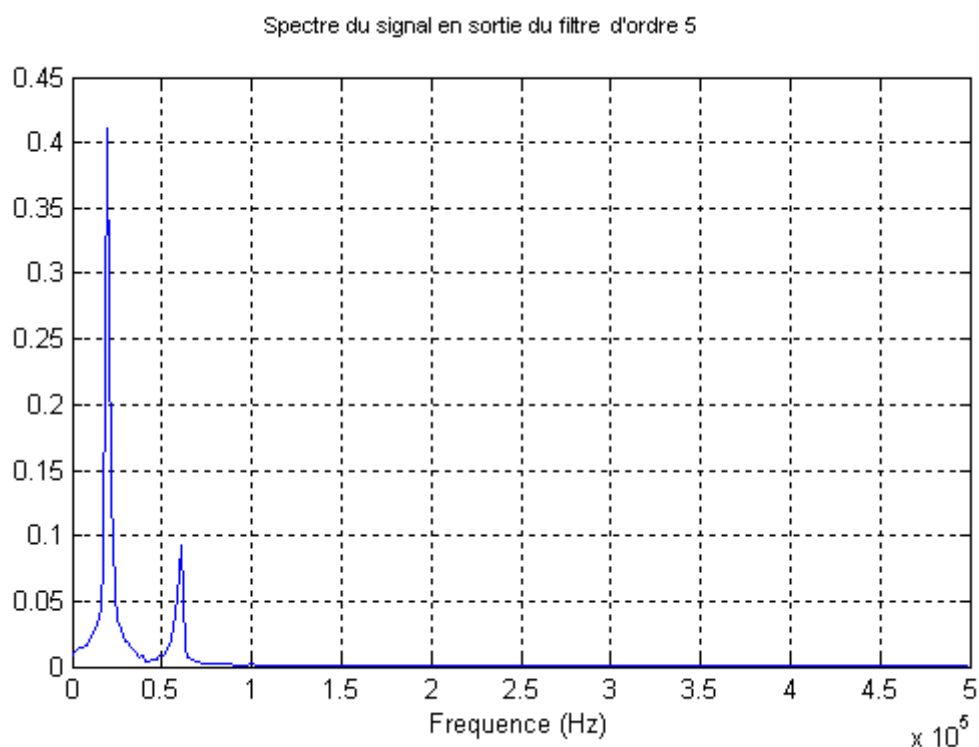
On voit effectivement qu'il reste de l'énergie à 60 kHz, à 100 kHz mais aussi à 140 kHz et de façon négligeable à 180 kHz. Au delà le signal est bien filtré.

Augmentons maintenant l'ordre du filtre :

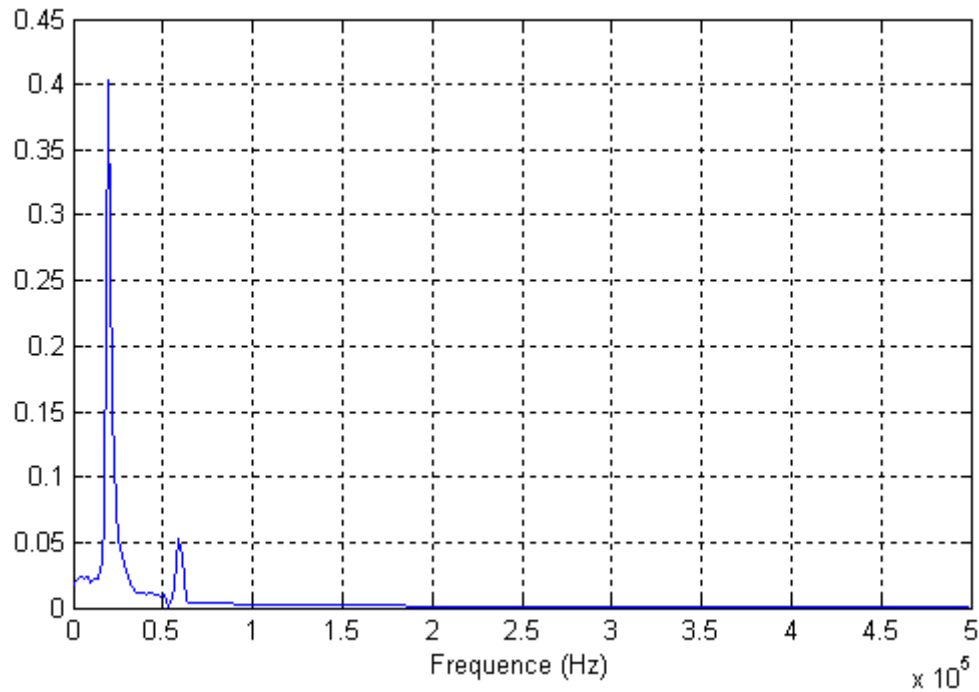




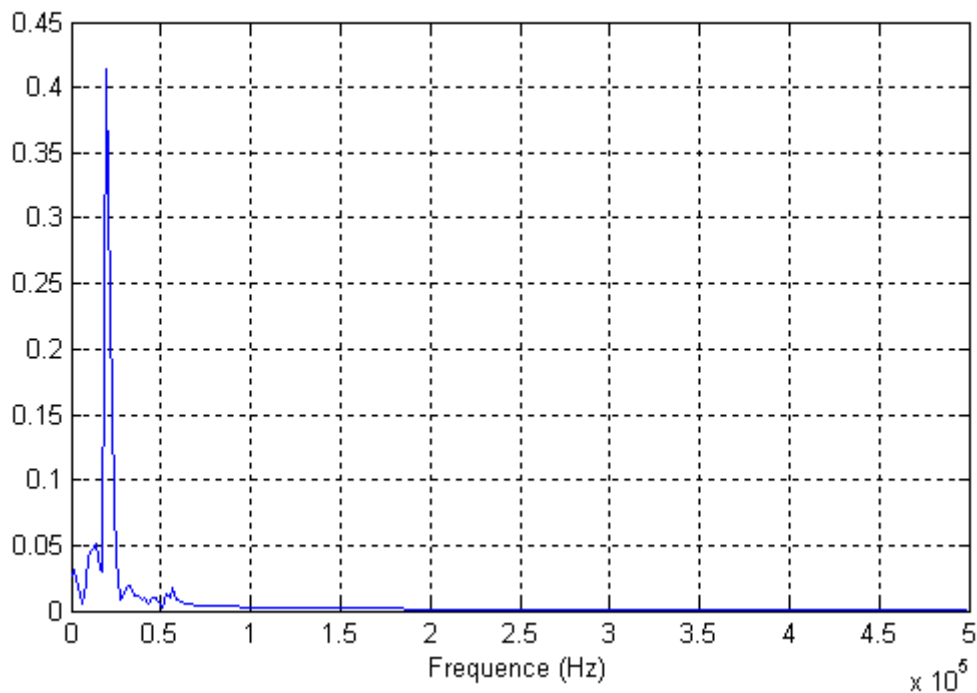
Plus l'ordre du filtre augmente et plus le signal de sortie tend à devenir sinusoïdal de fréquence 20 000Hz. Le filtre n'est presque parfait en terme de gain pour un ordre 30 mais il apporte un déphasage de presque une demi période.



Spectre du signal de sortie du filtre d'ordre 10

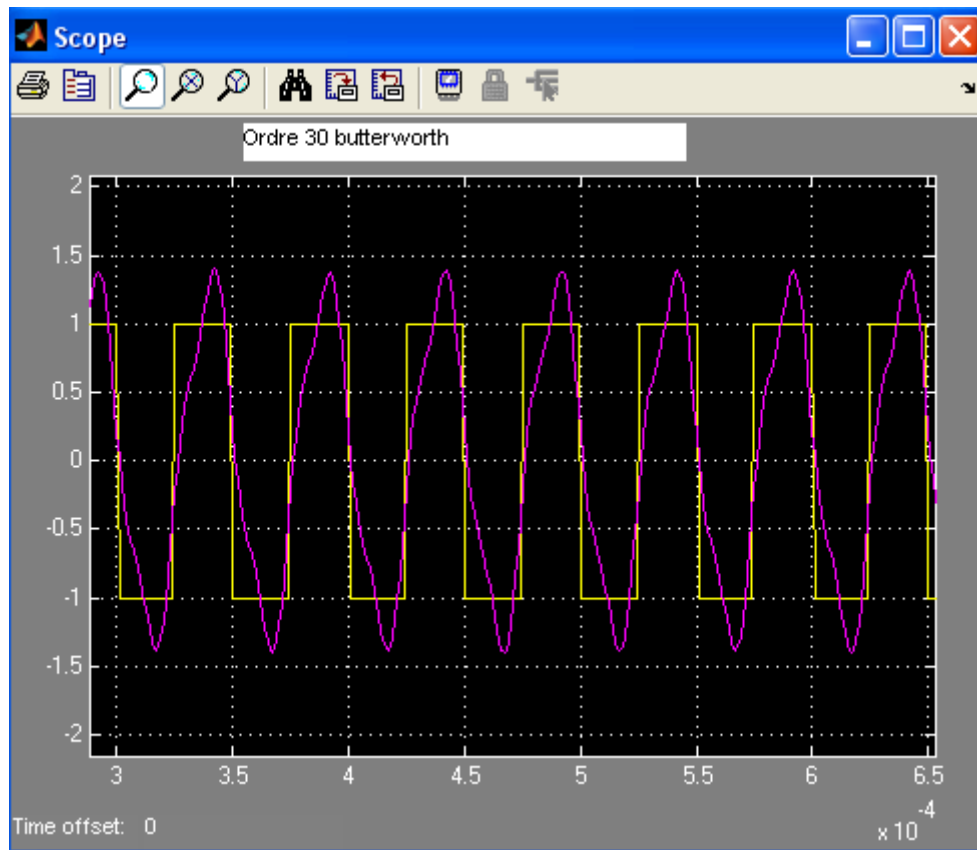


Spectre du signal de sortie du filtre d'ordre 30

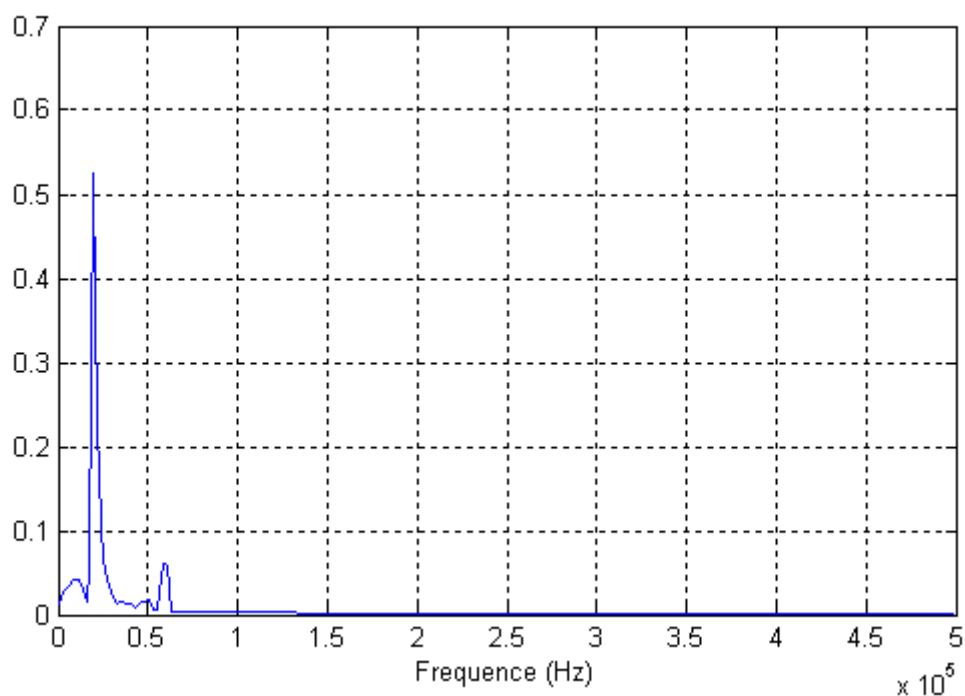


L'analyse spectrale nous montre bien que seul le fondamental reste pour un filtre d'ordre 30, il se comporte alors comme un filtre idéal. La coupure est nette à 59 kHz éliminant l'harmonique à 60 kHz et les suivants.

Modifions maintenant le type du filtre :

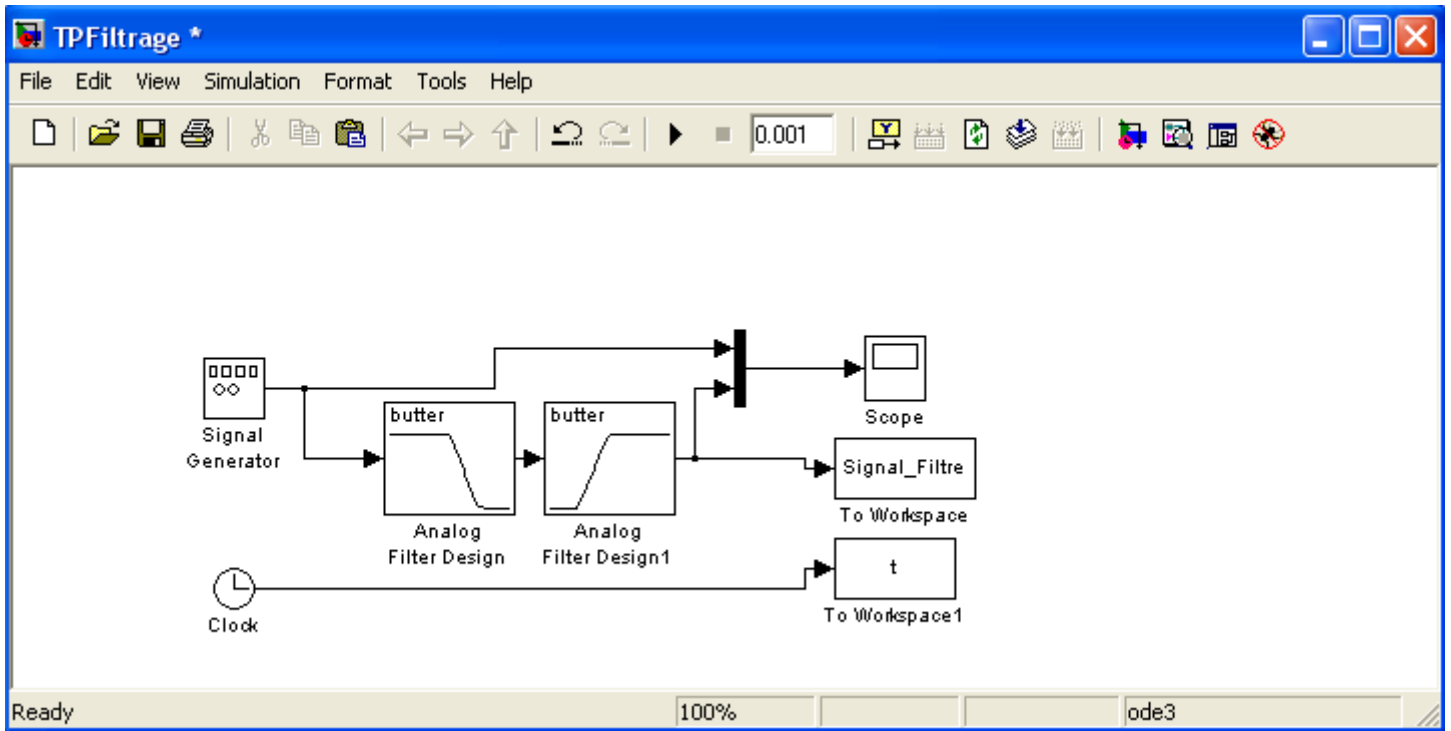


Spectre du signal filtré par un filtre de Butterworth d'ordre 30

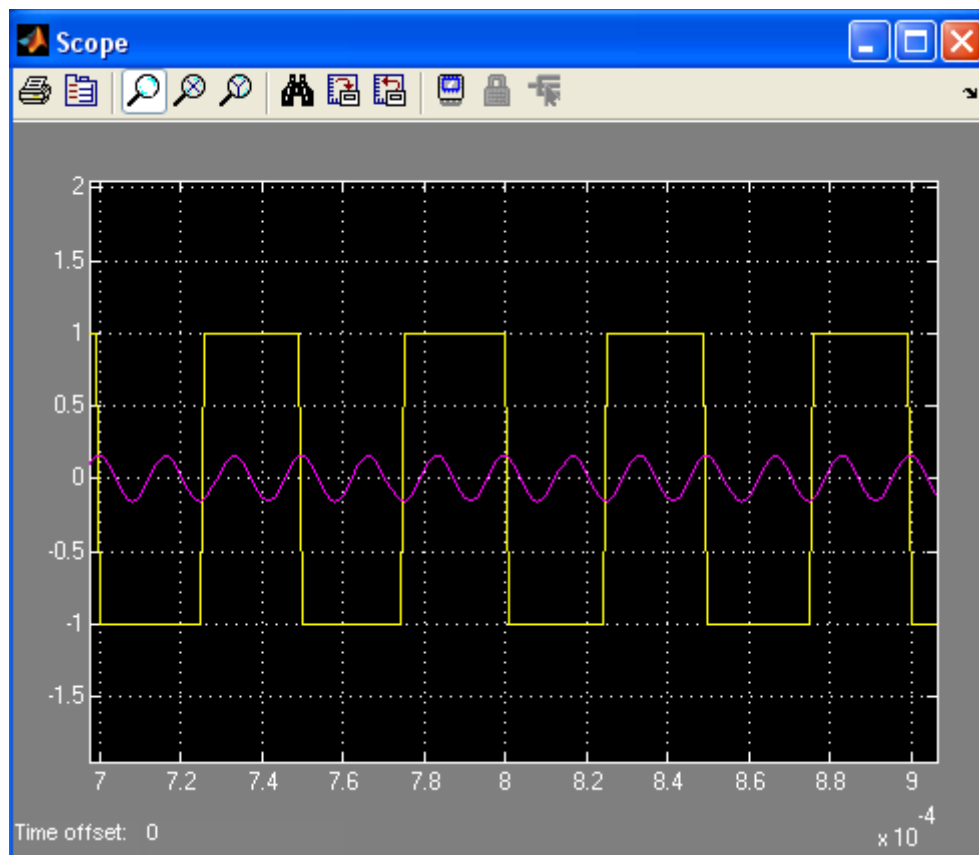


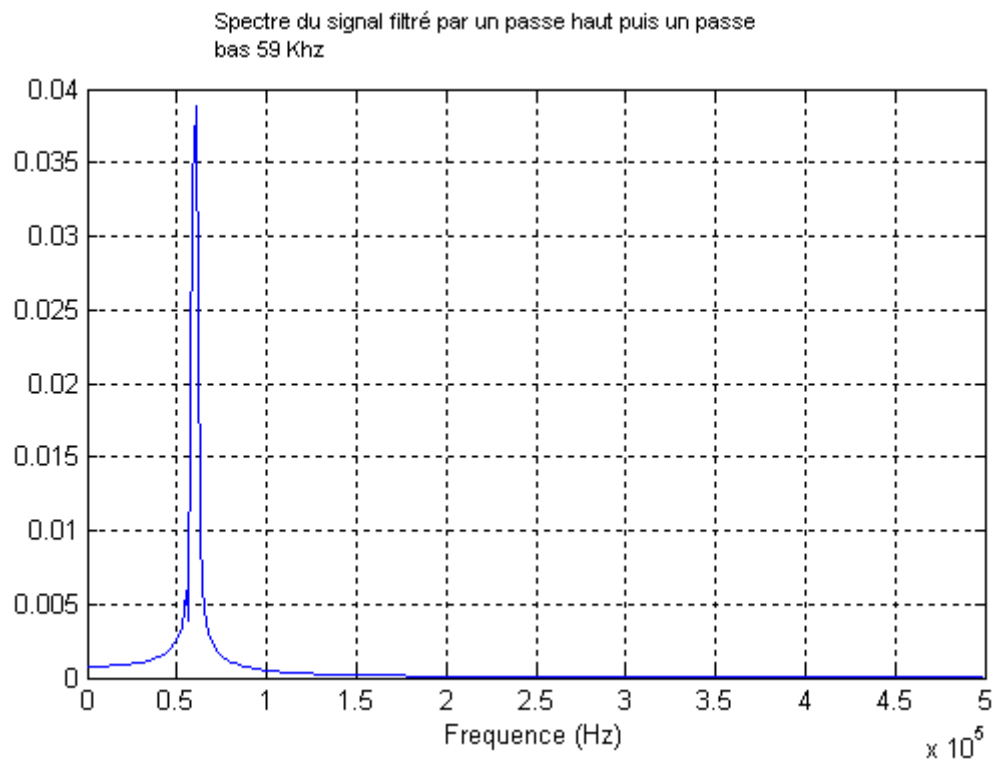
Ce filtre possède donc une coupure moins nette que celle du filtre de Tchebychev au même ordre. Son avantage est qu'il ne déphase pas le signal.

En plaçant en série un filtre passe bas de coupure 59 kHz et un passe Haut de fréquence 59 kHz, on devrait obtenir un "passe rien" ou un "coupe tout" si les filtres étaient idéaux. Le montage est le suivant :



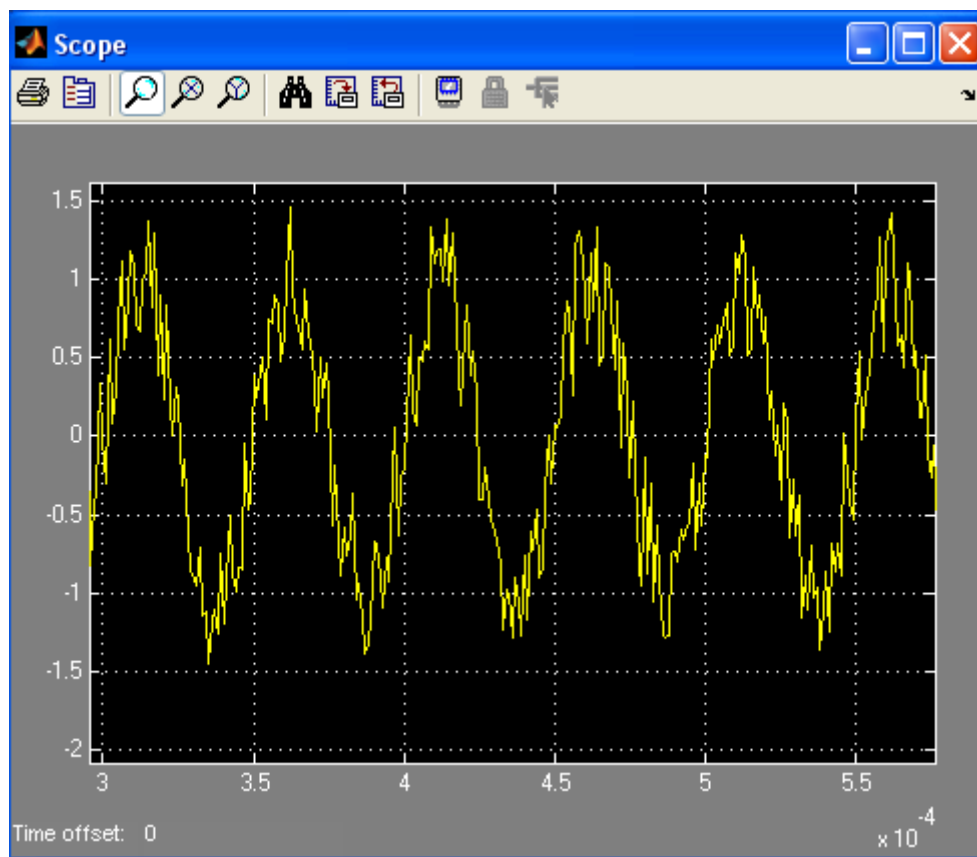
On obtient :



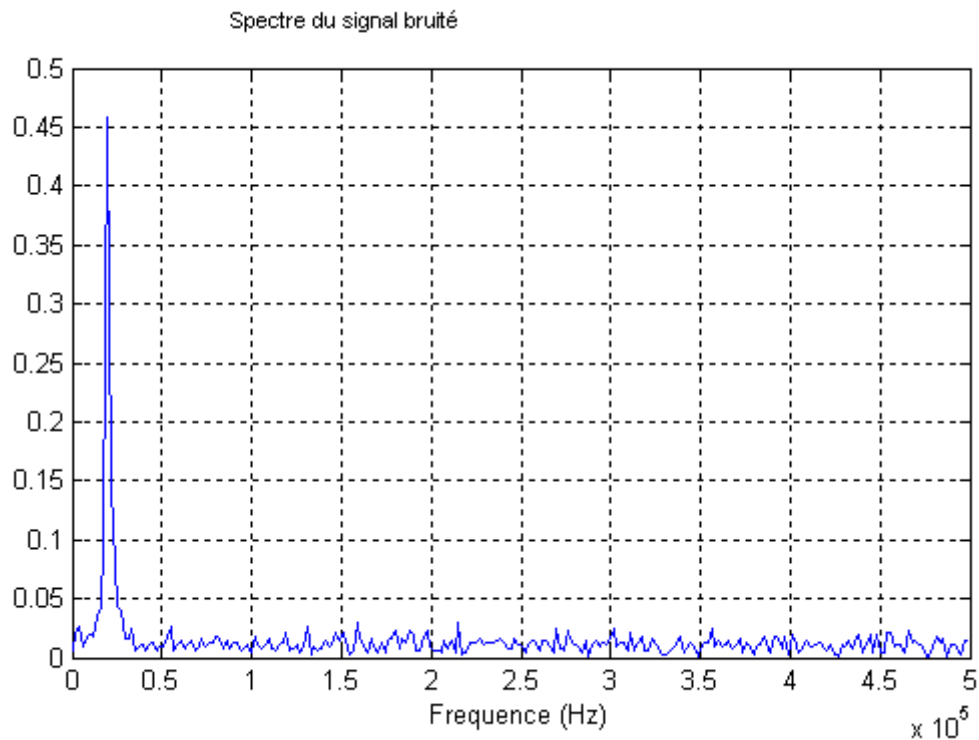


Il ne reste donc que la fréquence située dans la zone d'atténuation du filtre, la fréquence à 60 kHz. On a ainsi réalisé un filtre passe bande très sélectif.

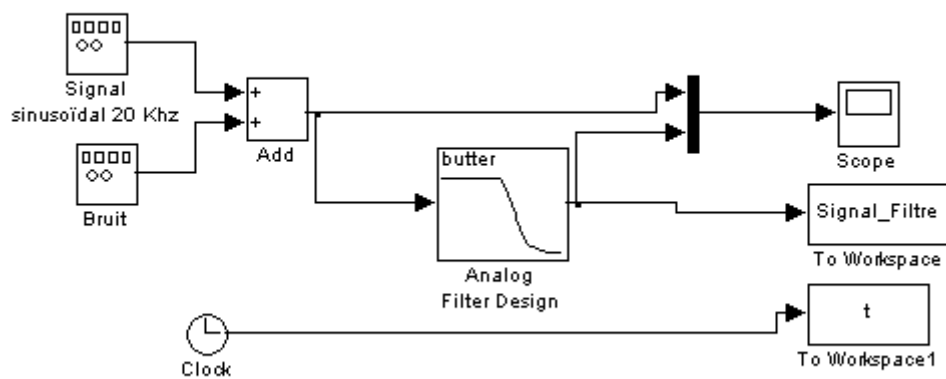
On ajoute un bruit de 0,5 v à un signal sinusoïdal d'amplitude 1v et de fréquence 20 000 Hz. Le signal résultant est le suivant :



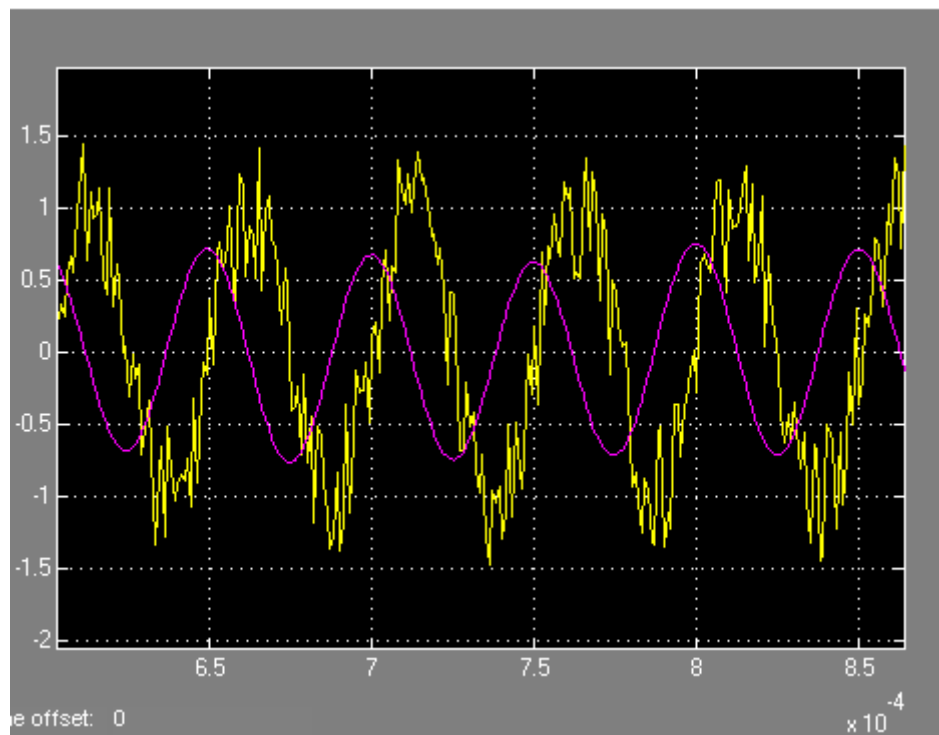
Sur le spectre on voit clairement la raie à 20000 Hz correspondant au signal sinusoïdal et le bruit qui est présent sur toutes les fréquences.



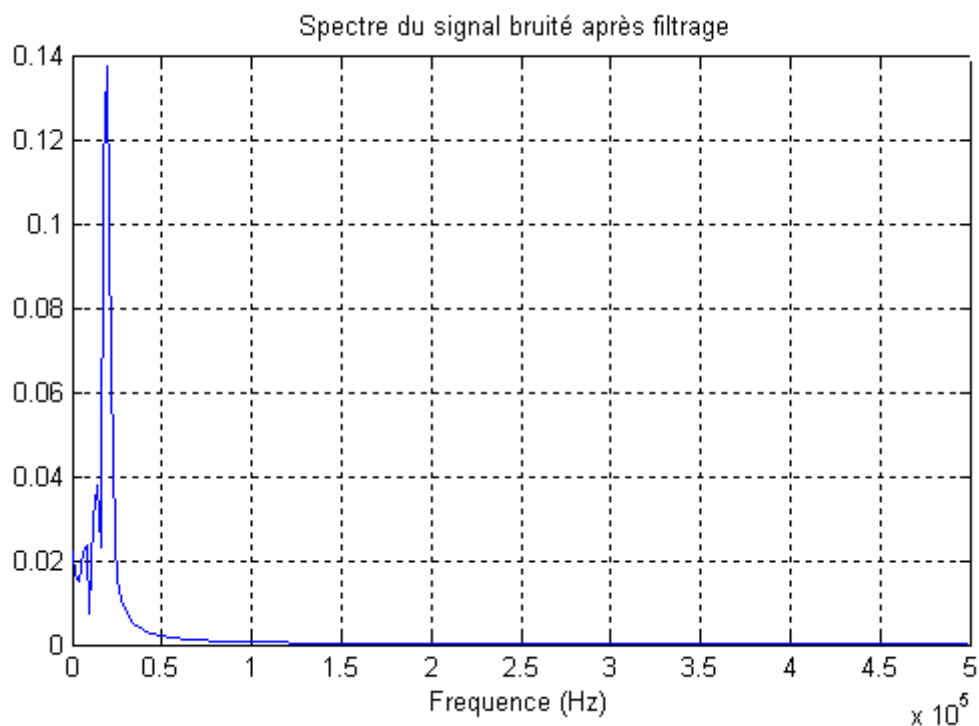
Filtrons maintenant avec notre filtre passe bas de Butterworth à une fréquence de 20 000 Hz, le montage est le suivant :



Sur le scope on remarque que le filtre à "nettoyé" le signal bruité.



Le spectre nous montre que le filtre a réduit l'énergie du bruit en supprimant toutes les fréquences supérieures à 20000 Hz, il reste néanmoins un peu de bruit dans la bande [0:20000 Hz].



En conclusion un filtrage passe bas à la fréquence maximale du signal, améliore le rapport signal à bruit de ce dernier.