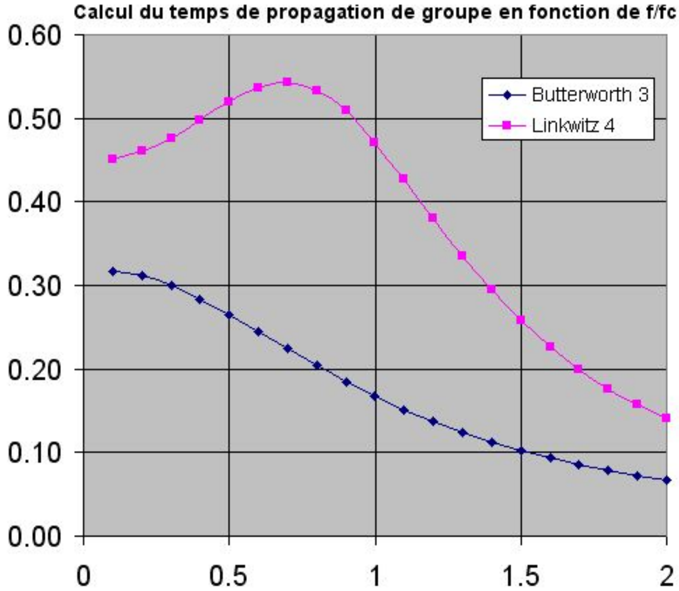
Filtres optimaux
Le « quasi-Linkwitz d'ordre 3 »

Objectifs

Le but est d'obtenir un filtre donnant une réponse globale passe-bas + passe-haut caractérisée par :

- une réponse en tension quasi constante
- une courbe de retard quasi constante

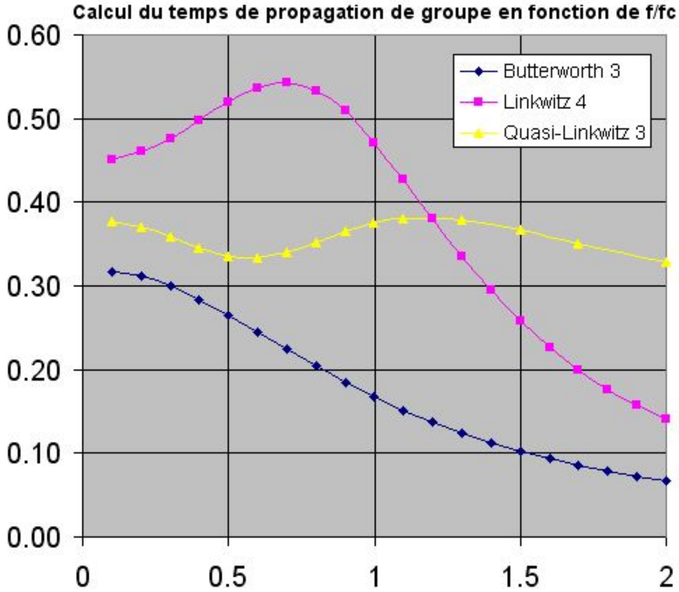
Aucun filtre classique ne permet d'obtenir cette dernière propriété.
Ainsi la courbe du temps de propagation de groupe en fonction de la fréquence normalisée f/fc du Butterworth d'ordre 3 et du Linkwitz d'ordre 3 sont les suivantes :



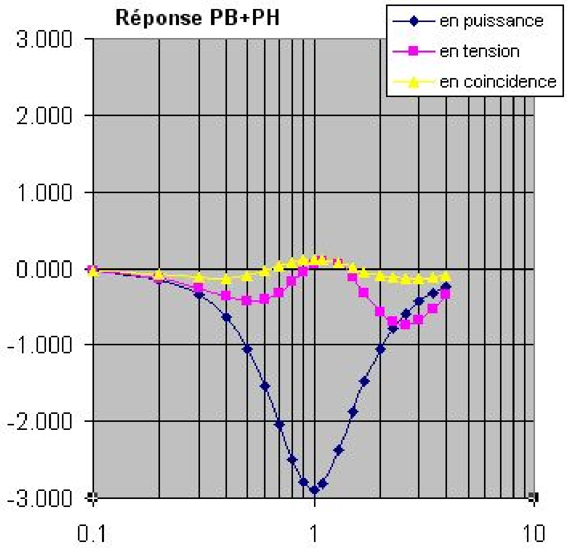
Réalisation théorique

La fonction de transfert d'un passe-bas d'ordre 3 est défini par :
PB = 1 / (1 + a1.p + a2.p^2 + a3.p^3) avec p=j.f/fc
Une réponse globale PB+PH constante en tension est obtenue si ||PB|| = 1/(1+(f/fc)^3) et ||PH|| = (f/fc)^3/(1+(f/fc)^3)
En l'absence de solution exacte, il est possible de proposer deux solutions approchées.
La première concerne une structure d'ordre 3 avec a1= 2.3732 a2= 2.399 et a3=0.9823
La deuxième consiste à un rajouter un filtre d'ordre 1 avec a1=0,976 à un Butterworth d'ordre 2 définit par a1=racine(2) et a2=1.

Le passe-bas doit être avancé de 0,21 x longueur d'onde de la fréquence de coupure.
La figure ci-contre montre un temps de propagation de groupe à peu près constante compris entre 0.24 et 0.38.

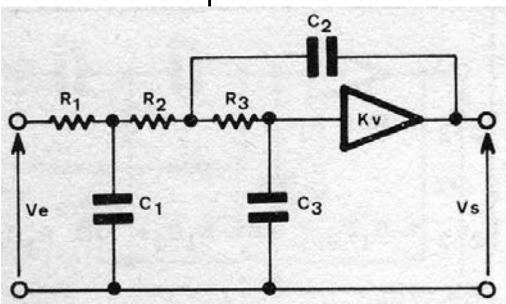


La réponse en tension de l’ensemble passe-bas + passe-haut tient dans -0.75+0.09 dB et la réponse en coïncidence (module du passe-bas + module du passe-haut) tient dans -0.13+0.12 dB.



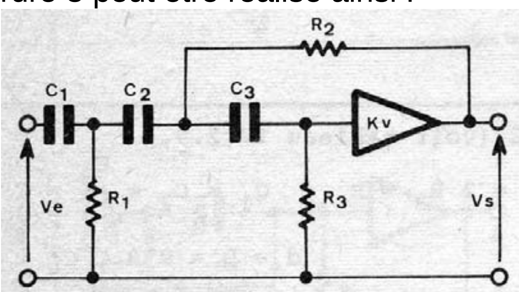
Réalisation pratique de la première solution

De façon classique, le passe-bas d’ordre 3 peut être réalisé ainsi :



Avec R1=R2=R3=R et Kv=1 on obtient :
a1=R.(C1+3.C3).(2.pi.fc) avec a1=2.3732
a2=R^2.(C1+C2).2C3.(2.pi.fc)^2 avec a2=2.399
a3=R^3.C1.C2.C3.(2.pi.fc)^3 avec a3=0.9823
en posant C=1/(R.2.pi.fc) il vient C1/C=1.332 C2/C=2.125 et C3/C=0.347

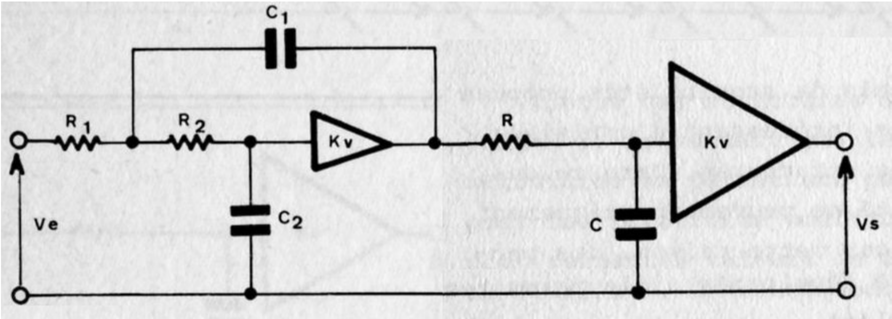
De même, le passe-haut d’ordre 3 peut être réalisé ainsi :



Avec C1=C2=C3=C et Kv=1 on obtient :
a2/a3=C.(2.R1+2.R2).(2.pi.fc)
a1/a3=C^2.(3.R1+R3).R2.(2.pi.fc)^2
1/a3=C^3.R1.R2.R3.(2.pi.fc)^3
en posant R=1/(C.2.pi.fc) il vient R1/R=0.751 R2/R=0.471 R3/R=2.882

Réalisation pratique de la deuxième solution

Le passe-bas d'ordre 3 est réalisé par la mise en série d'un passe-bas d'ordre 2 et d'un passe-bas d'ordre 1 :



Avec R1=R2=R et Kv=1 on obtient :

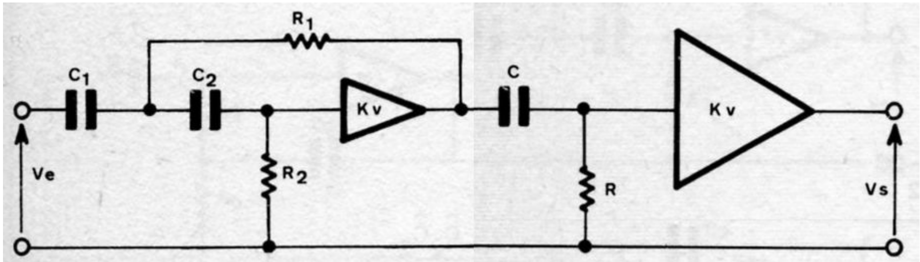
a1=R.(2.C2).(2.pi.fc) avec a1=racine(2)

a2=R^2.C1.C2.(2.pi.fc)^2 avec a2=1

a=R.C.(2.pi.fc) avec a=0.976

en posant C0=1/(R.2.pi.fc) il vient C1/C0=1.414 C2/C0=0.707 et C/C0=0.976

De même, le passe-haut est ainsi réalisé :



Avec C1=C2=C et Kv=1 on obtient :

a1=R1.(2.C).(2.pi.fc)

a2=R1.R2.C^2.(2.pi.fc)^2

1/a=R.C.(2.pi.fc)

en posant R0=1/(C.2.pi.fc) il vient R1/R0=0.707 R2/R0=1.414 R/R0=1.025

Francis Brooke
Lescar, France
http://francis.audio.monsite.wanadoo.fr/

Rev.1 Ajout réalisation pratique de la deuxième solution le 31 mars 2005
Rev.0 Edition initiale du 1 décembre 2004