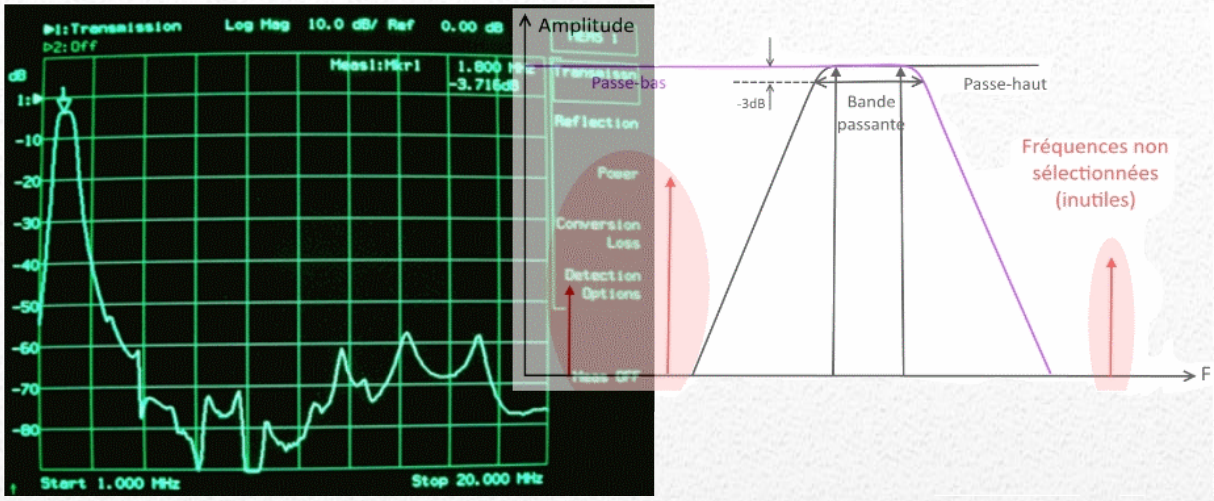


Les filtres en radiofréquence

Pierre Marie GAYRAL F5XG

Présentation des filtres RC et RLC et leurs applications

01/02/2016

Table des matières

1. Qu'est-ce qu''un filtre ? 2
1.1. En technique : 2
1.2. En Électronique : 2
2. Les filtres RC 4
2.1. Le filtre passe-bas 4
2.2. Le filtre passe-haut 4
2.3. Le filtre passe-bande 4
3. Les filtres LC ou RLC 5
3.1. Le filtre LC passe-bas 5
3.2. Le filtre LC passe-haut 6
3.3. Le filtre passe-bande 7
3.4. Le filtre réjecteur 8
4. Le filtre duplexeur 9
Références : 9

 ©F5XG 2016

Les filtres en radiofréquence

1. Qu'est-ce qu''un filtre ?

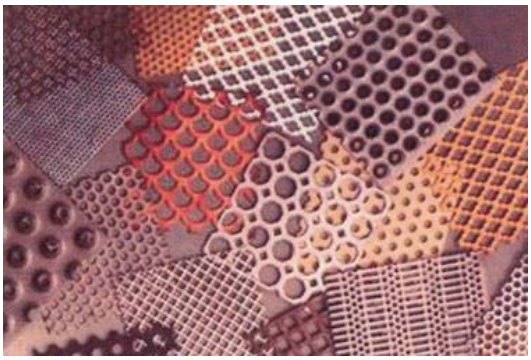
1.1. En technique :

> Définition du Larousse :
> Corps poreux ou appareil à travers lequel on fait passer un fluide pour le débarrasser des matières qui s'y trouvent en suspension ou pour l'extraire de matières solides ou pâteuses auxquelles il est mélangé.

Le plus simple des filtres mécaniques commun est une passoire utilisée en cuisine.
C'est bête à dire, mais en fonction du diamètre des trous on laissera passer des éléments plus ou moins gros en fonction du diamètre des trous.
On aura « filtré » certains éléments en fonction de leur taille.

Un autre filtre utilisé couramment : le crible (ou le tamis)

Appareil à fond plan comportant des ouvertures calibrées, utilisé pour séparer, suivant leur grosseur, des fragments solides



Tôles pour tamisage http://www.bongrand-b2mc.com/default.aspx

1.2. En Électronique :

> Définition du Larousse :
> Dispositif destiné à favoriser ou à entraver le passage de certaines composantes de fréquence d'un signal électrique acoustique, lumineux, etc.

On conçoit donc aisément que selon le type de filtre et sa constitution on va favoriser la ou les fréquences utiles.
A contrario on va atténuer les fréquences que l'on ne désire pas.

> Un filtre est un circuit qui se comporte différemment en fonction de la fréquence.

Il existe de très nombreuses façons de réaliser des filtres.

Des filtres constitués par assemblage (ordonné !) :

- de résistance R
- de condensateur C
- d'inductance L

Sont appelés filtres passifs

Les filtres en radiofréquence

D'autres technologies de filtres particuliers ont été développées :

- à quartz - céramiques - à onde de surface - mécanique (plus connu souvent sous le nom de filtre Collins) - interdigitaux	Ce sont toujours des filtres passifs Mais ce sont plus spécialement des filtres de bande.

Par opposition on sait également faire des filtres électroniques actifs.

Des montages constitués de : - de transistor(s) - amplificateurs(s) opérationnel(s) AOP - de résistance - de condensateur - d'inductance	Sont appelés filtres actifs Ces types de filtres sont plus particulièrement utilisés en audio basse fréquence.

Les progrès de l'échantillonnage permettent de réaliser numériquement les signaux audio mais aussi les signaux radiofréquence !
Cette méthode remarquable est le **D**igital **S**ignal **P**rocessor[i] acronyme : **DSP**.
Il est possible par traitements mathématiques de réaliser pratiquement tous types de filtres et/ou décodeurs de modulation.
On les nomme filtres numériques.

Il existe plusieurs types de filtre :
- Passe-bas
- Passe-haut
- Passe-bande
- Réjecteur de bande ou de fréquence

Un cas particulier :
- Le filtre duplexeur

Il existe une grande variété de constitution des filtres, suivant ce que l'on désire faire.
- Grande linéarité
- Pas de rotation de phase
- Sélectivité
- Sélectivité plus réjection
- Etc.

Ceci est le fruit des travaux mathématiques les filtres de :
- Bessel
- Butterworth
- Chebyshev
- Cauer (elliptiques)
- Gauss
- Nyquist
- Diagramme de Bode
- Etc.

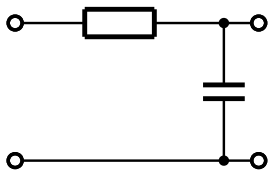
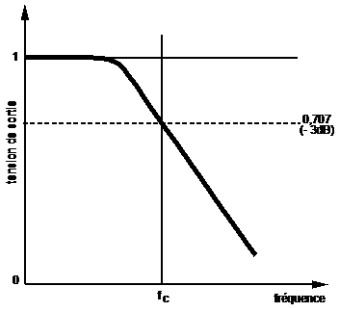
Les filtres en radiofréquence

2. Les filtres RC

La fréquence de coupure F_c d'un filtre RC est déterminée par : $\boxed{F_c = \frac{1}{2\pi RC}}$

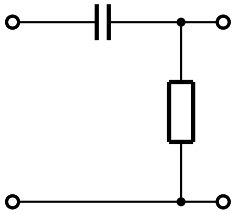
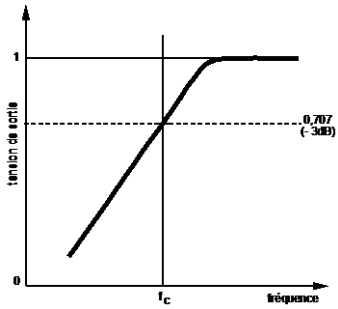
2.1. Le filtre passe-bas

Un filtre passe-bas laissera passer toutes les fréquences inférieures à une certaine fréquence.
Les fréquences plus élevées seront atténuées.

Schéma	Courbe de réponse Amplitude/fréquence	
		La fréquence qui délimite la transition s'appelle fréquence de coupure, la fréquence de coupure est généralement définie au point -3 dB. C'est-à-dire celle où la puissance est réduite de moitié c.-à-d. celle où la tension est réduite à 0,707 = $\frac{1}{\sqrt{2}}$
Le filtre RC passe-bas		

2.2. Le filtre passe-haut

Un filtre passe-haut laissera passer toutes les fréquences supérieures à une certaine fréquence.
Les fréquences inférieures seront atténuées.

		Un filtre passe-haut laissera passer toutes les fréquences supérieures à la fréquence de coupure et atténuera les fréquences inférieures. La fréquence de coupure est définie au point -3 dB. C'est-à-dire celle où la puissance est réduite de moitié c.-à-d. celle où la tension est réduite à 0,707= $\frac{1}{\sqrt{2}}$
Le filtre RC passe-haut		

La fréquence de coupure dépend de la constitution du filtre.
Les deux schémas ci-dessus sont à deux cellules et dit de 1er ordre.

2.3. Le filtre passe-bande

Un assemblage d'un filtre RC passe-bas et d'un filtre RC-passe-haut constitue un filtre passe-bande.

En bleu clair les fréquences passantes et leur niveau en dBm.

Pas très sélectif mais fonctionnel !

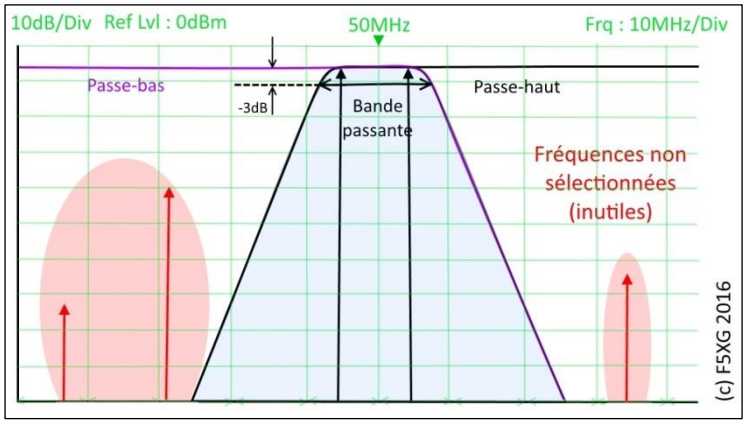


Figure 1 Exemple de filtre de bande

3. Les filtres LC ou RLC

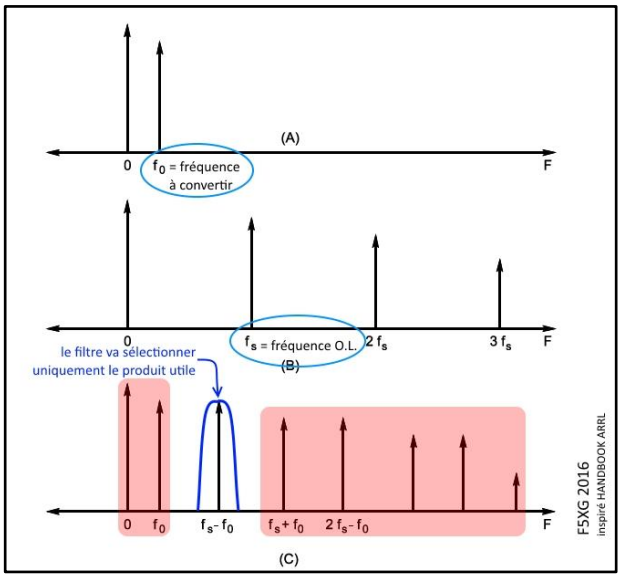


Figure 2 Produits en sortie d'un mélangeur

Dans un mélangeur lorsque l'on veut convertir une fréquence dans une autre. Pour passer en FI par ex.
On fait l'addition du signal à convertir f_0 (A) dans la figure ci-contre avec f_s (B).
Voir Figure 2 Produits en sortie d'un mélangeur

Les signaux en sortie du mélangeur sont représentés en partie sur (C).

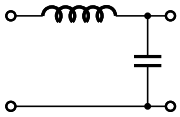
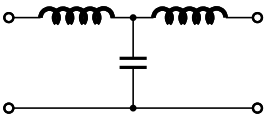
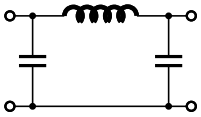
On voit que nous avons ce que nous voulons : f_0 - f_0 mais tous les autres produits entourés de rouge.

Le rôle du filtre sera dans ce cas de « sélectionner » la (ou les) fréquences utile(s).courbe en bleu.

Voilà donc à quoi sert efficacement un filtre

3.1. Le filtre LC passe-bas

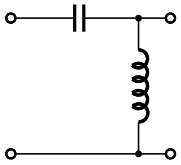
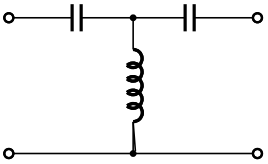
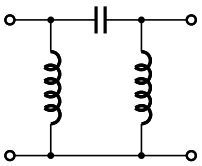
La réponse du filtre est identique à la figure Le filtre RC passe-bas

Schéma	Circuit en L	Circuit en T	Circuit en π
Circuit		 note [1]	
Impédance	$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$		
Fréquence de coupure	$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$		
Calculer le circuit	$L = \frac{Z}{\varpi} \quad C = \frac{1}{Z\varpi}$		
Le filtre LC passe-bas			

[1] Si on donne aux selfs ou aux condensateurs des valeurs demi ou des valeurs double, on constate qu'une seule formule est valable pour les 3 circuits (en L, en Té et en π)

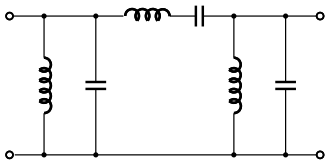
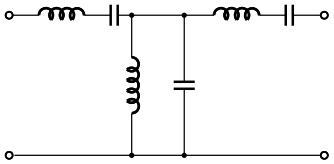
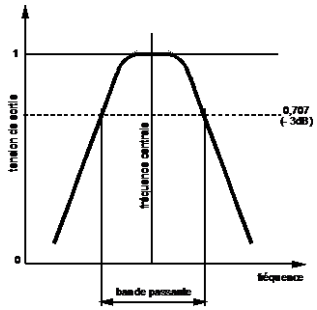
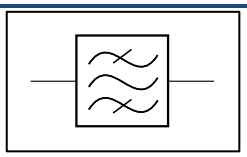
3.2. Le filtre LC passe-haut

La réponse du filtre est identique à la figure Le filtre RC passe-haut

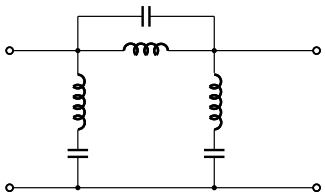
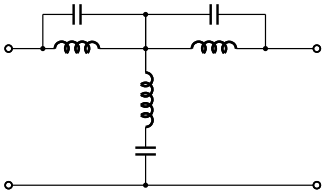
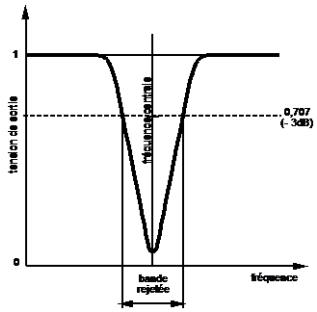
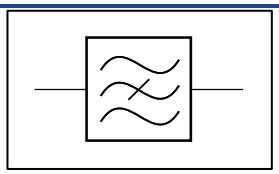
Schéma	Circuit en L	Circuit en T	Circuit en π
Circuit		 note [2]	
Impédance	$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$		
Fréquence de coupure	$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$		
Calculer le circuit	$L = \frac{Z}{\varpi} \quad C = \frac{1}{Z\varpi}$		
Le filtre LC passe-haut			

[1] Si on donne aux selfs ou aux condensateurs des valeurs demi ou des valeurs double, on constate qu'une seule formule est valable pour les 3 circuits (en L, en Té et en π)

3.3. Le filtre passe-bande

Schéma	Circuit en L	Circuit en T	
Circuit			
Impédance	$Z = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} = \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}$		 Figure 3 Symbole
Fréquence de coupure	$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}}$		
Limite des fréquences	- F_0 = fréquence centrale - F_1 = fréquence coupure inférieure - F_2 = fréquence coupure supérieure		
Calculer le circuit	$m = \left(\frac{F_2}{F_0} - \frac{F_0}{F_1}\right) \quad \varpi_0 = 2\pi F_0$ $L_1 = \frac{mZ}{\varpi_0} \quad C_1 = \frac{1}{mZ\varpi_0}$ $L_2 = \frac{Z}{m\varpi_0} \quad C_2 = \frac{m}{Z\varpi_0}$		
Le filtre LC passe-bande			

3.4. Le filtre réjecteur

Schéma	Circuit en L	Circuit en T	
Circuit			
Impédance	$Z = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} = \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}$		 Figure 4 Symbole
Fréquence de coupure	$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}}$		
Limite des fréquences	- F_0 = fréquence centrale - F_1 = fréquence coupure inférieure - F_2 = fréquence coupure supérieure		
Calculer le circuit	$m = \left(\frac{F_2}{F_0} - \frac{F_0}{F_1}\right) \quad \varpi_0 = 2\pi F_0$ $L_1 = \frac{Z}{m\varpi_0} \quad C_1 = \frac{m}{Z\varpi_0}$ $L_2 = \frac{mZ}{\varpi_0} \quad C_2 = \frac{1}{mZ\varpi_0}$		
Le filtre LC réjecteur de bande			

4. Le filtre duplexeur

*

C'est un assemblage de deux filtres soit de:

- Passe-bas & passe-haut
- Passe-bande 1 & passe bande 2

Utilisation :

Ce type de filtre permet sur une même antenne la réception/émission simultanée sans commutation.
Il doit exister une grande protection entre le port 1 et port 2, on définit l'isolation en dB.

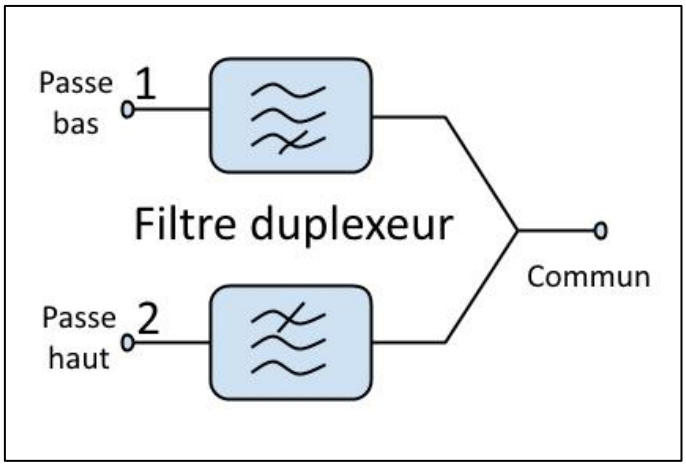


Figure 5 Filtre duplexeur

La description technique et le calcul n'entre pas dans le cadre de ce document.

Références :

[i] https://fr.wikipedia.org/wiki/Traitement_numérique_du_signal
ON7PC cours Harec : https://drive.google.com/file/d/0B-5N_KEubK8yN0hrSXBESkVoQW8/edit?usp=sharing
ARRL Handbook
Travail de l'auteur