

Comment ça marche ?

Les circuits réactifs (10)

Filtrage composé de cellules du premier ordre

Par le radio-club F6KRRK

Après avoir vu les principaux paramètres liés au filtrage, nous allons maintenant entrer dans le vif du sujet avec quelques filtres composés de cellules du premier ordre.

Cellule du premier ordre.

Elle utilise un composant réactif (L ou C) associé à des composants résistifs. Nous pouvons avoir deux configurations :

- Filtrage passe-bas
- Filtrage passe-haut

Nous avons sur la figure 1 quelques cas simples (source de tension).

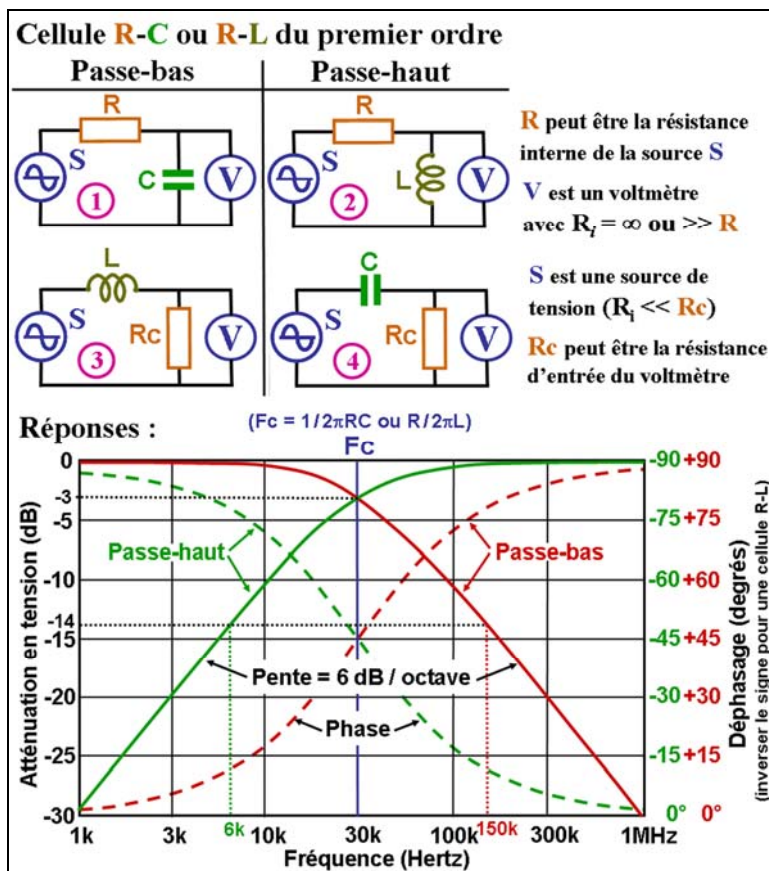


Figure 1.

En pratique, les cellules du premier ordre sont utilisées en BF, et en HF dans les circuits intégrés, soit deux cas où la fabrication des bobines est délicate. Aussi par la suite nous n'aborderons que les circuits R-C.

Filtres R-C d'ordres supérieurs

Nous nous intéresserons aux architectures simples, passe-bande, coupe-bande, passe-tout et duplexeur.

Filtre passe-bande

On l'obtient avec l'imbrication d'un circuit passe-haut et d'un circuit passe-bas ⁽¹⁾. Nous avons les réponses en amplitude et en phase sur la figure 1.

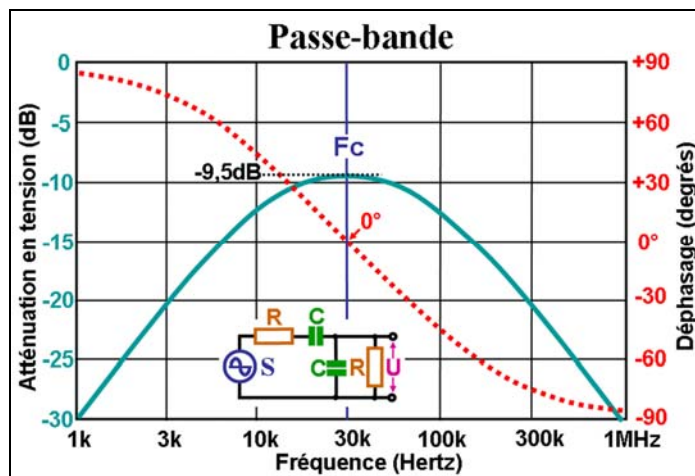


Figure 2.

Noter l'atténuation minimum de 9,5 dB. Aussi ce filtre est rarement utilisé dans les amplificateurs, plutôt dans les oscillateurs (dits "à pont de Wien") où il suffit que le gain du circuit soit supérieur à 9,5 dB. Le filtre est alors inséré dans une boucle de réaction positive. Nous y reviendrons.

Nous pouvons avoir un filtre large bande avec une atténuation nulle dans la bande si les fréquences de coupures passe-bas et passe-haut sont éloignées, comme sur la figure 3.

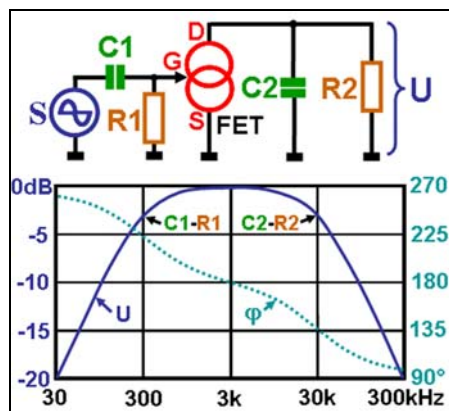


Figure 3.

Nous avons ici un transistor FET en tampon entre les deux cellules. Cette architecture se retrouve dans tous les amplificateurs, même involontairement ⁽²⁾.

Filtre coupe-bande

On l'obtient par la mise en parallèle d'un circuit passe-haut et d'un circuit passe-bas ayant la même fréquence de coupure. Leurs deux sorties sont reliées par un circuit série R'-C' de Fc identique. La sortie du filtre se fait à la jonction R'-C', comme montré sur la figure 4.

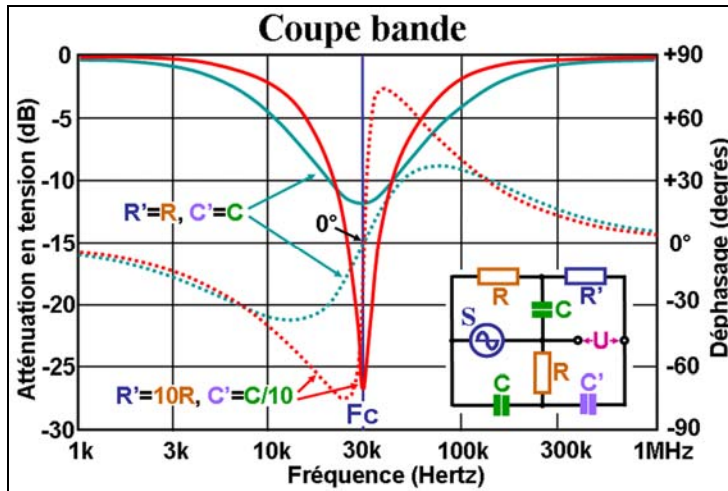


Figure 4.

Nous obtenons un filtre à crevasse du type "double T" (notch filter). Noter que son Q est fonction du rapport entre les R'-C' du circuit de sortie et les R-C des cellules. Sur la fig. 4 nous avons les réponses avec des rapports de 1 et de 10. Pour un rapport de 100, l'atténuation atteint 42 dB. Mais ceci ne peut être obtenu qu'avec des composants parfaitement appariés.

Filtre passe-tout

C'est un filtre du second ordre particulier car les parties réactives se compensent. Nous avons son schéma sur la figure 5.

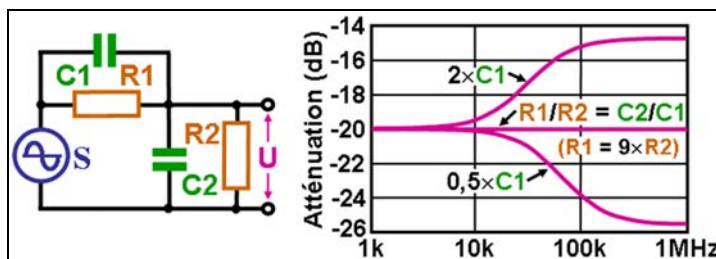


Figure 5

Le filtre est passe-tout quand le rapport $C1/C2$ est égal au rapport $R2/R1$. En général, $C2$ est une capacité parasite et on ajuste $C1$ pour obtenir une réponse linéaire en fréquence⁽³⁾. Ce principe se rencontre par exemple dans les compensations des sondes d'oscilloscope et des atténuateurs.

Duplexeur

Son architecture est montrée sur la figure 6.

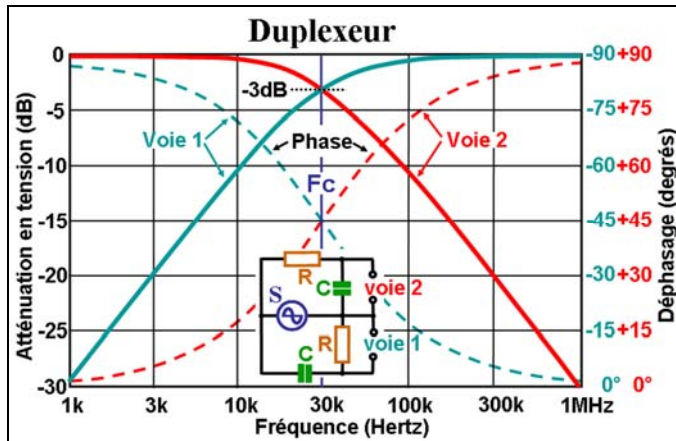


Figure 6.

Le circuit est peu employé en tant que duplexeur ⁽⁴⁾, mais souvent pour obtenir des signaux OL en quadrature, comme nous le verrons dans le prochain « Comment ça marche » qui traitera quelques applications utilisant certains filtres décrits ici.

Annexe 1 : Source de tension et source de courant.

Nous avons vu sur la fig. 1 qu'avec une source de tension, nous avons deux possibilités, R-L et R-C, pour obtenir un filtre passe-bas ou un filtre passe-haut. Avec une source de courant, il n'y a qu'une seule possibilité, soit R-C parallèle pour un filtre passe-bas, soit R-L parallèle pour un filtre passe-haut, comme montré sur la figure 7.

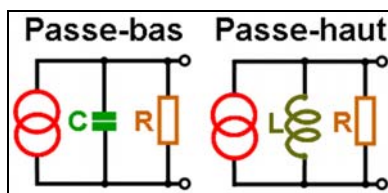


Figure 7.

Annexe 2 : Intégration et différentiation.

Jusqu'ici nous avons vu la réponse fréquentielle des filtres. On peut aussi considérer la réponse temporelle. Alors on remplace le critère "fréquence de coupure" par celui de "constante de temps". Celle-ci est égale à $R \times C$ ou $R \times L$. La constante de temps est le temps mis pour obtenir une tension de sortie égale à 0,636 fois la tension d'entrée pour un filtre passe-bas et pour un filtre passe-haut, c'est le temps mis pour que la tension de sortie soit égale à 0,364 (1-0,636) fois la tension d'entrée (filtres du 1^{er} ordre). Voir la figure 8.

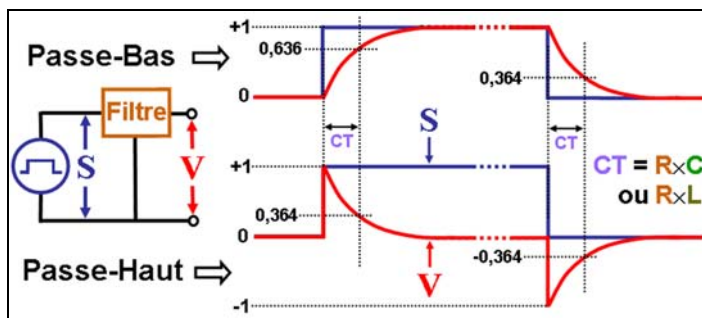


Figure 8.

Avec le filtre passe-tout de la figure 5, lorsque C1 est trop faible, nous avons une intégration et une différentiation si C1 est trop élevé. C'est ainsi que l'on se sert d'une source rectangulaire pour ajuster la réponse en fréquence d'une sonde atténuatrice d'oscilloscope. La compensation est réalisée quand on a en sortie un créneau parfait.

La Rubrique "Comment ça marche ?" est une activité collective du radio-club F6KRK (<http://www.f6krk.org>). Pour une correspondance technique concernant cette rubrique : "f5nb@ref-union.org".

Notes.

- 1) *Même fréquence de coupure pour une bande passante minimum. La résistance série et le condensateur parallèle constituent le filtrage passe-bas alors que le condensateur série et la résistance parallèle constituent le filtrage passe-haut.*
- 2) *Alors on fait en sorte que la bande passante soit la plus large possible, quitte à réduire le gain.*
- 3) *C'est-à-dire que le système n'est ni différentiateur, ni intégrateur (voir l'annexe 2).*
- 4) *Elle est employée dans certains amplis BF à deux voies séparées (graves avec sortie sur woofers et aigus avec sortie sur tweeter).*