Filtres actifs. Principes

Les filtres que nous venons d'étudier sont tous composés d'éléments passifs. Cela signifie qu'ils sont réalisés au moyen de condensateurs, de bobines et de résistances. Lorsqu'ils sont insérés dans un circuit, ils provoquent souvent une atténuation non désirée du signal. En outre, lors de l'utilisation de filtres passifs pour des fréquences basses, la valeur des inductances est grande et leurs dimensions mécaniques sont importantes. Cela ne pose pas de problème particulier pour les filtres de colonnes sonores, puisque nous disposons de place à l'intérieur de la colonne. Mais si nous désirons concevoir un tel filtre pour l'incorporer dans un Walkman, l'encombrement mécanique devient une condition impérative. Les nouveaux appareils, avec leurs caractéristiques, nécessitent des circuits complexes, prenant peu de place et techniquement très précis et stables.

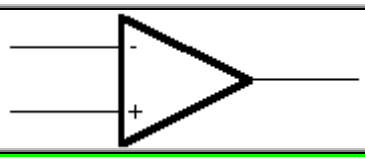
C'est pour cela que les ingénieurs se sont penchés sur le développement de filtres ayant des caractéristiques identiques aux filtres passifs, mais présentant un plus faible encombrement.

L'arrivée des étages amplificateurs et plus particulièrement des amplificateurs opérationnels (OP), à permis de mettre au point une nouvelle catégorie de circuits et de filtres. Ces filtres sont appelés filtres actifs car les cellules de filtrage (RC) sont montées conjointement à un étage amplificateur L'utilisation d'un tel étage signifie également une alimentation en tension continue qui n'est pas à négliger.

Il existe plusieurs types de filtres actifs possédant chacun des caractéristiques spécifiques :

Il n'est pas utile de les étudier tous et nous nous pencherons plus particulièrement sur le filtre le plus répandu appelé filtre de Butterworth. Les calculs de tels filtres sont très complexes et ne rentrent pas dans le cadre de ce cours. Il vous sera toujours possible de compléter cette théorie par la lecture d'ouvrages spécialisés. Lors de nos calculs, nous utiliserons des courbes et des tableaux de valeurs qui nous faciliterons la compréhension et la conception de ces filtres particulièrement complexes.

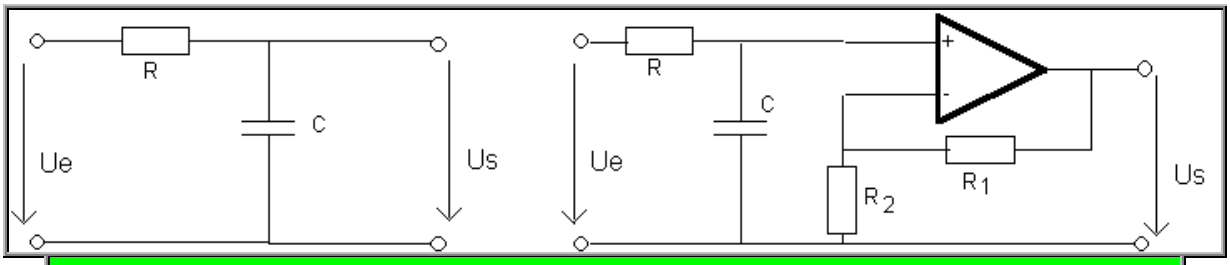
Pour la suite de notre étude, nous ne parlerons plus de cellules RC. mais de pôles. Un filtre à un pôle est constitué d'une cellule RC. Un filtre à deux pôles de deux cellules RC et ainsi de suite.



Nous n'entrerons pas dans le détail du fonctionnement des amplificateurs opérationnels (OP), cette étude faisant partie du cours d'électronique

Transformation d'un filtre passif en filtre actif

Lors de la réalisation d'un filtre passif, les caractéristiques sont définies par les valeurs des éléments et l'application des formules électrotechniques. Ce principe peut également être utilisé avec un amplificateur. Dans ce cas, l'amplificateur ne fait que compenser les pertes et surtout adapter les impédances d'entrée et de sortie du filtre. Dans ce montage, l'OP se comporte de façon linéaire en fréquence, mais avec un gain non unitaire.



Exemple de filtre passe-bas passif à un pôle simple (RC) et monté avec un OP

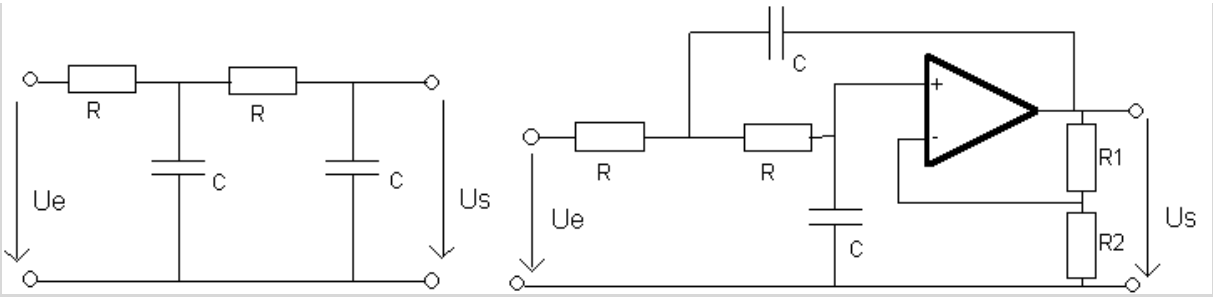
Dans un montage amplificateur, l'amplification en tension est déterminée par la contre-réaction. Pour le circuit ci-dessus, cette contre-réaction est composée des résistances R1 et R2. L'amplification en tension Au de l'étage est défini par la relation suivante :

$$A_u = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

Il s'agit d'un filtre du premier ordre et la fréquence de coupure fc , est définie par la même formule que celle que nous avons étudiée au début du cours, soit

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

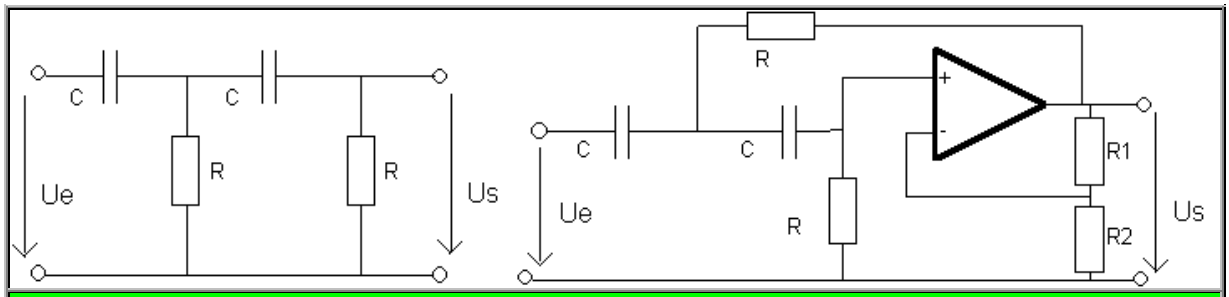
Dans un filtre actif, nous utiliserons l'OP en modifiant Au en fonction de la fréquence, la contre-réaction sera active et réalisée avec un condensateur. Cette fois, le gain variera en fonction de la fréquence et ne sera plus fixe comme dans le premier exemple.



Exemple de filtre passe-bas passif bipolaire simple et filtre actif à contre-réaction avec un OP

On remarque facilement la contre-réaction active composée d'un condensateur. Le gain de l'amplificateur ne sera donc plus linéaire en fréquence, mais sera déterminé par la valeur des condensateurs C et des résistances R. Le filtre ci-dessus est appelé filtre à deux pôles, car il est réalisé avec deux cellules RC.

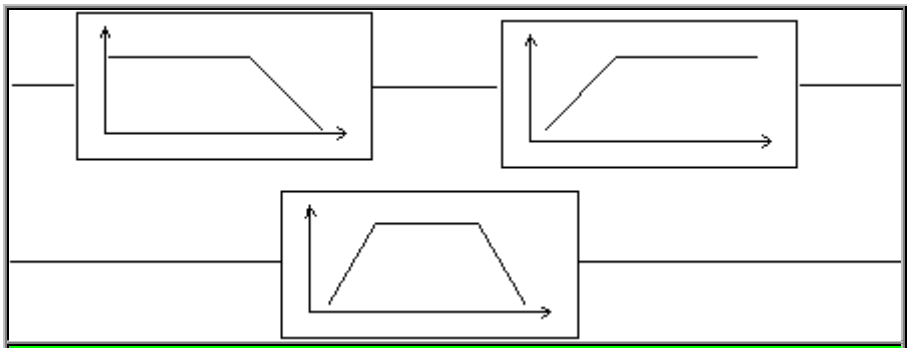
Les filtres que nous venons de voir sont des passe-bas, mais il est bien clair que leur transformation en filtre passe-haut se fait avec la même simplicité que pour les filtres passifs. Il suffit de déplacer les condensateurs en les raccordant " en série " pour obtenir le filtre désiré.



Exemple de filtre passe-haut passif bipolaire simple et filtre actif à contre-réaction avec un OP

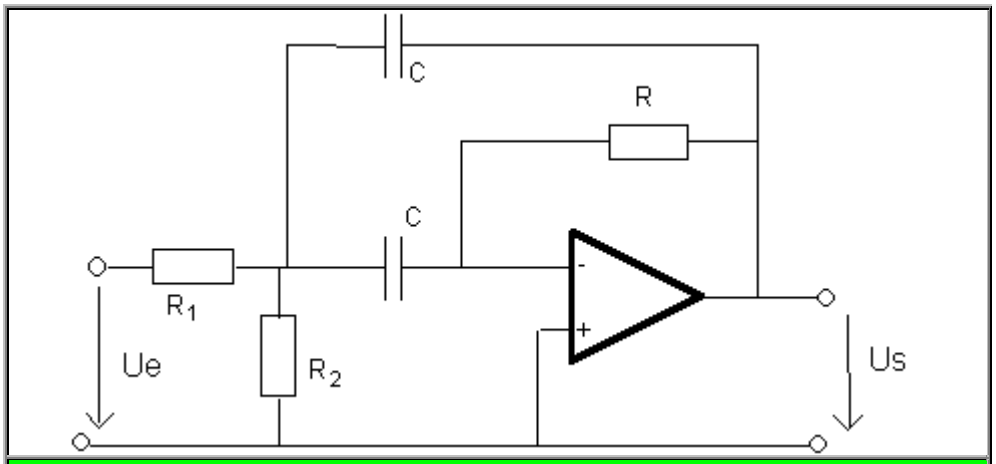
Filtres actifs passe-bande

Comme pour les filtres passifs, un filtre passe-bande est obtenu par l'assemblage d'une cellule passe-bas suivie d'une cellule passe-haut selon le schéma ci-dessous.

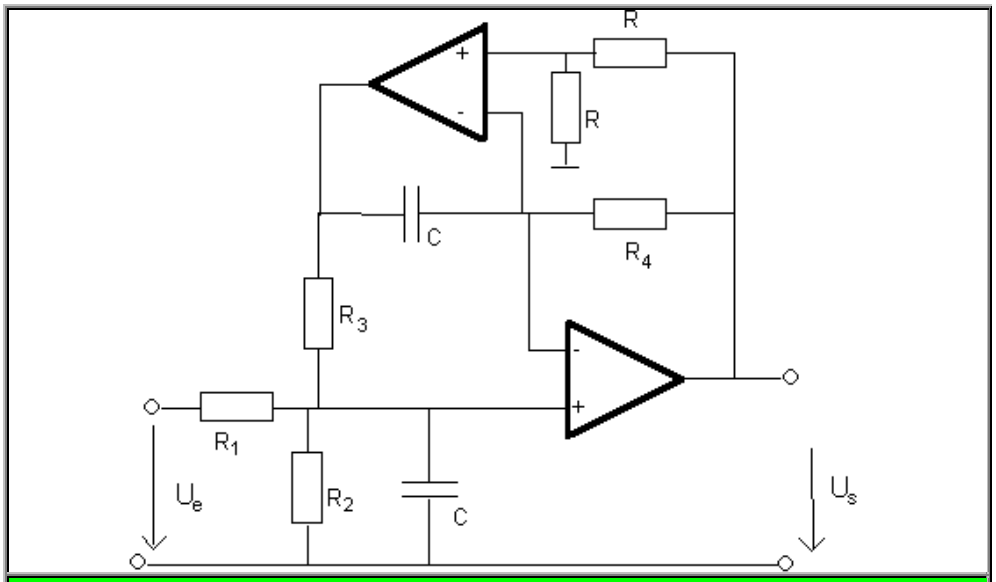


Conception d'un filtre passe-bande. L'ordre des filtres PH/PB ou PB/PH n'est pas important.

Ce qui permet de différencier les filtres passe-bande, c'est leur facteur de qualité, qui correspond à la sélectivité du filtre. Il existe deux catégories de filtres passe-bande, ceux à bande large et ceux à bande étroite. Les deux exemples ci-dessous représentent ces deux catégories de filtres. Ils ne sont pas accompagnés par des méthodes de calcul car l'étude en est trop complexe, l'important ici étant de pouvoir les différencier.



Filtre passe-bande à faible facteur de qualité (bande large)

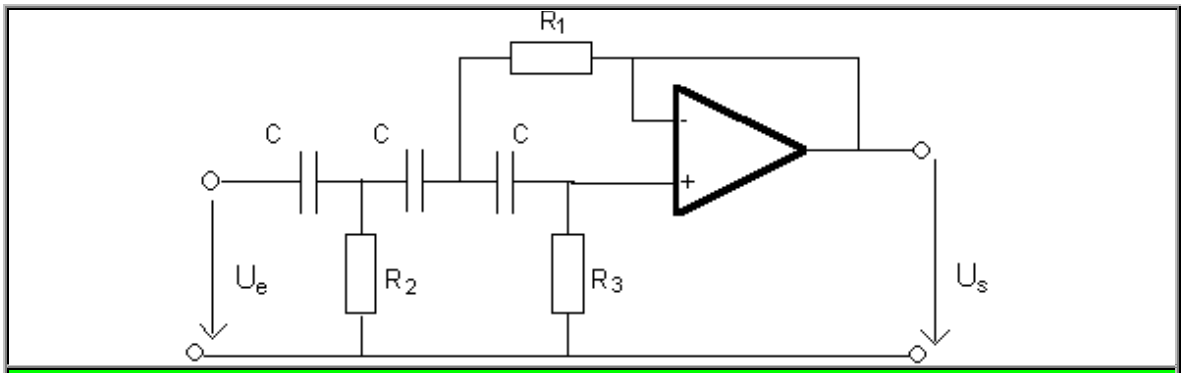


Filtre passe-bande à haut facteur de qualité (bande étroite)

Exemples de conversions de filtres

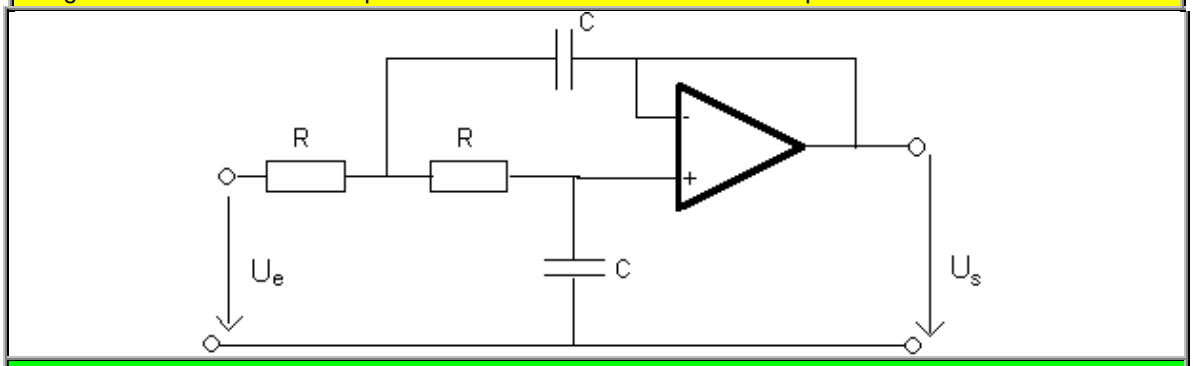
Dans les exemples précédents, le gain des amplis OP était ajusté au moyen des deux résistances R1 et R2 . Il est également possible de réaliser ce genre de filtres au moyen d'amplis OP avec des gains unitaires, c'est-à-dire avec un gain de 0 [dB]. Ce sont des montages suiveur de tension, dont l'étude plus approfondie est faite dans le cours d'électronique.

Voici deux exemples de filtres actifs avec ampli suiveur de tension.



Exemple de filtre passe-haut tripolaire actif à gain unitaire

Le gain unitaire est réalisé par la liaison entre la sortie de l'ampli OP et l'entrée inverseuse.



Exemple de filtre passe-bas bipolaire actif à gain unitaire