

Les filtres

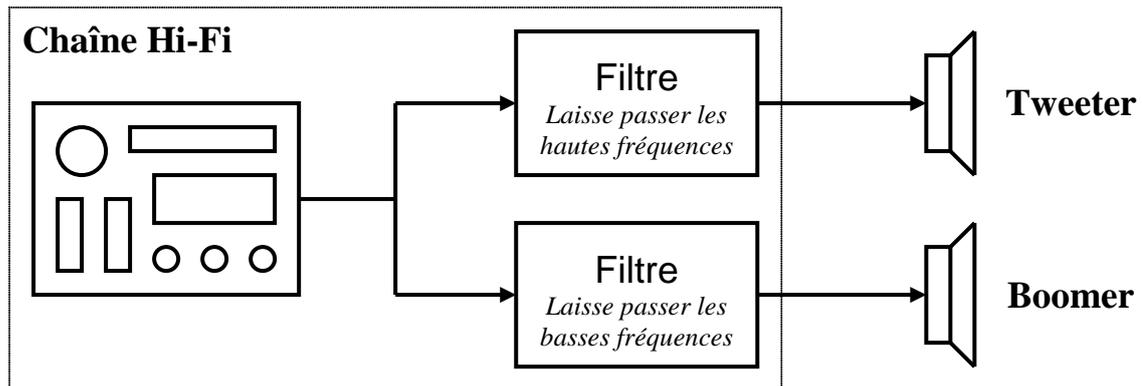
Utilisation des filtres en électronique

Les appareils électroniques qui analysent un signal analogique comme les téléphones, les chaînes HI FI, les radios ou les télévisions, contiennent des filtres.

Dans ces appareils, les filtres ont pour fonction d'épurer ou d'aiguiller les différentes fréquences composant les signaux analogiques.

Exemples : épurer : supprimer les fréquences parasites d'un signal

aiguiller : les filtres de la chaîne HI FI aiguillent le signal électrique représentant le son du CD vers les enceintes des sons graves et les enceintes du son aiguës



Le domaine des **basses fréquences (BF)** va jusqu'à **10MHz**.

Exemple Le GBF générateur basse fréquence jusqu'à 1MHz
Domaine du son 30Hz 20kHz

Le domaine des **hautes fréquences (HF)** commence à partir **10MHz**.

Exemple Domaine des fréquences radio FM : autour des 100MHz
Communications satellites autour de 10Ghz
Télécommande radio 433MHz
Wifi 2,4 GHz
Téléphone GSM 900MHz et 1800MHz

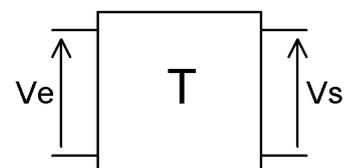
Définition

Un **filtre** est un circuit électronique qui réalise une opération de traitement du signal. Il atténue certaines composantes d'un signal et en laisse passer d'autres.

Le filtre ne modifie pas les fréquences contenu dans le signal d'entrée (V_e) ; il agit principalement sur l'amplitude.

Le rapport $\frac{V_s}{V_e}$ est appelé **fonction de Transfert**.

La fonction de **Transfert** dépend de la fréquence (f). T est fonction de f



L'**amplification** de T : $A = \frac{\text{amplitude } V_s}{\text{amplitude } V_e}$

Le **gain** de T s'exprime en décibel (dB) : $G_{dB} = 20 \times \log(A)$

| | Amplification (A) $A = \frac{\text{amplitude } V_s}{\text{amplitude } V_e}$ | Gain (G_{dB}) $G_{dB} = 20 \times \log(A)$ |
|---|---|--|
| amplitude de $V_s = 10 \times$ amplitude de V_e <i>V_s est plus grand que V_e</i> | 10 | 20dB |
| amplitude de $V_s = 2 \times$ amplitude de V_e <i>V_s est plus grand que V_e</i> | 2 | 6dB |
| amplitude de $V_s = 1 \times$ amplitude de V_e $V_s = V_e$ | 1 | 0dB |
| amplitude de $V_s =$ amplitude de $V_e / \sqrt{2}$ <i>V_s est plus petit que V_e</i> | $1/\sqrt{2} = 0,7$ | -3dB |
| amplitude de $V_s =$ amplitude de $V_e / 2$ <i>V_s est plus petit que V_e</i> | $1/2 = 0,5$ | -6dB |
| amplitude de $V_s =$ amplitude de $V_e / 10$ <i>V_s est plus petit que V_e</i> | $1/10 = 0,1$ | -20dB |
| amplitude de $V_s =$ amplitude de $V_e / 100$ <i>V_s est plus petit que V_e</i> | $1/100 = 0,01$ | -40dB |

Le **gain maximum** est noté G_{max} ou Q_0 pour certains filtres.

Pour retrouver l'amplification à partir du gain : $A = 10^{\frac{G}{20}}$

On appelle **bande passante** (**BP**) la bande ou gamme de fréquences que laisse passer le filtre.

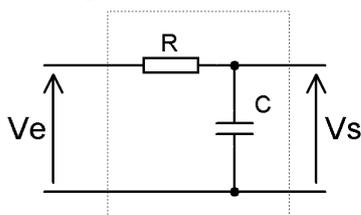
La **fréquence de coupure (Fc)** d'un filtre est la fréquence pour laquelle le signal de sortie est atténué de -3dB, c'est-à-dire que son amplitude est réduite d'environ 71% de l'amplitude du signal d'entrée.

Technologie

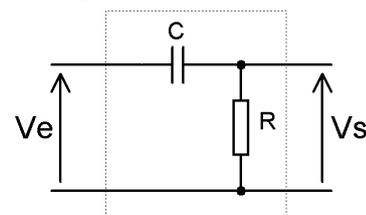
Dans la plus part des cas, les filtres sont composés d'éléments simples tels que résistances, inductances et condensateurs. Suivant le nombre et la disposition des éléments, on obtient des caractéristiques différentes.

Exemple : Le placement de R et de C modifie la nature du filtre.

Filtre passe bas du 1^{er} ordre



Filtre passe haut du 1^{er} ordre



Pour des filtres à fréquences complexe, nous utiliserons des propriétés piézo-électriques de certains matériaux, comme par exemple le quartz.

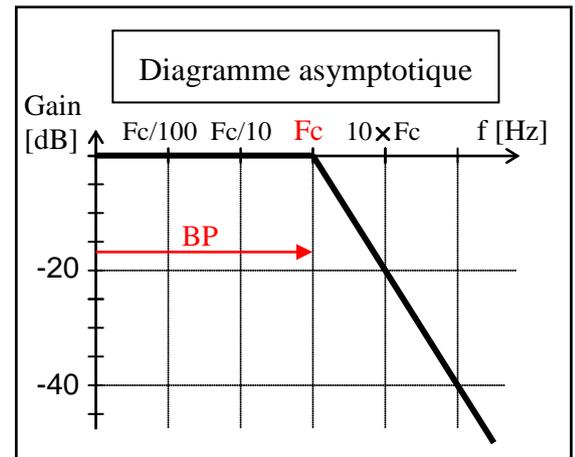
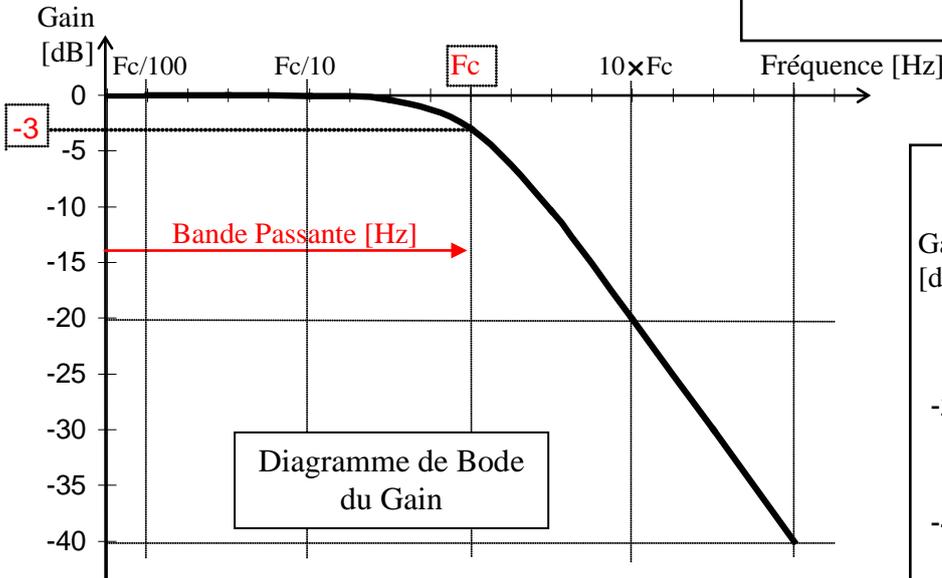
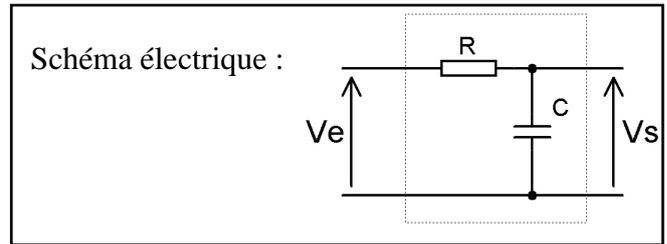
Différents types de filtres

Le filtre passe bas Le filtre passe bas laisse passer les basses fréquences.
Le filtre passe bas atténue les hautes fréquences

Exemple filtre passe bas du 1^{er} ordre

Fréquence de coupure : $F_c = \frac{1}{2 \times \pi \times R \times C}$

Bande passante : $0\text{Hz} \leq \text{BP} \leq F_c$

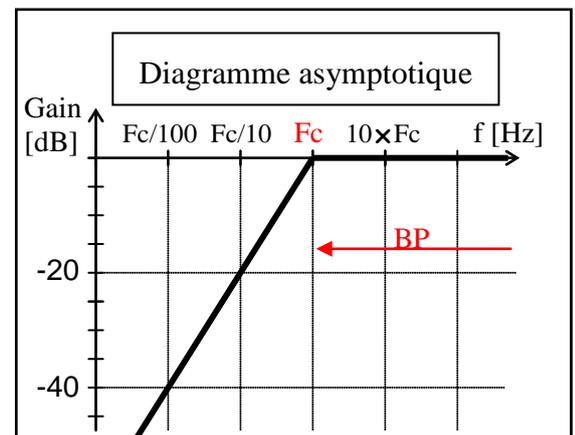
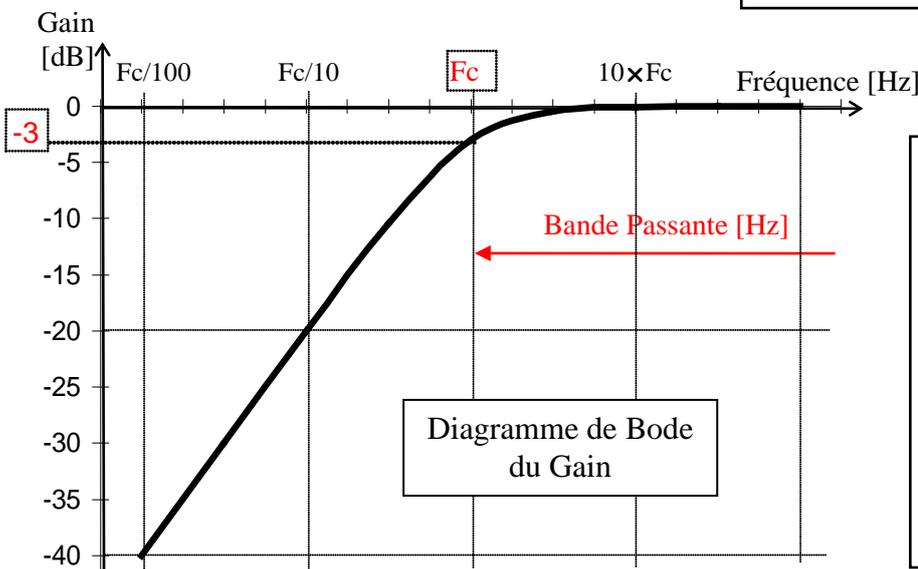
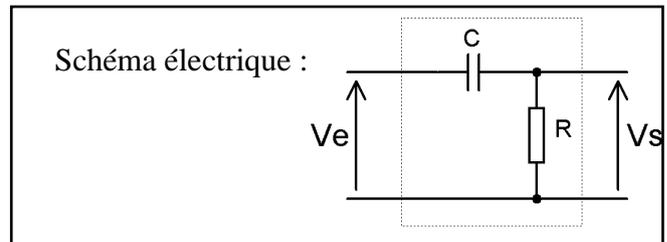


Le filtre passe haut Le filtre passe haut laisse passer les hautes fréquences.
Le filtre passe haut atténue les basses fréquences

Exemple filtre passe haut du 1^{er} ordre

Fréquence de coupure : $F_c = \frac{1}{2 \times \pi \times R \times C}$

Bande passante : $F_c \leq \text{BP} \leq \infty\text{Hz}$



Le filtre passe bande

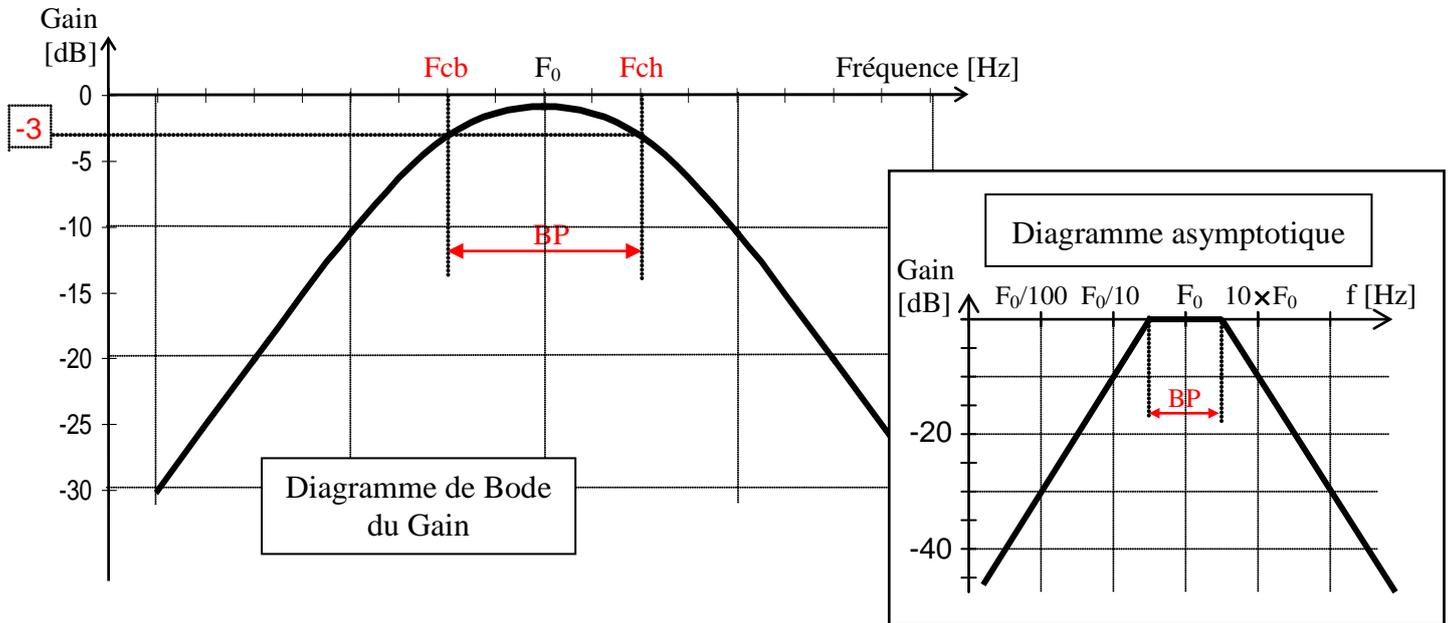
Ce filtre laisse passer la bande de fréquences entre F_{cb} et F_{ch} .
Le gain maximum se fait à $F = F_0$.

Exemple filtre passe bande du 1^{er} ordre

F_{cb} : Fréquence de coupure basse

Bande passante : $F_{cb} \leq BP \leq F_{ch}$

F_{ch} : Fréquence de coupure haute

**Le filtre réjecteur de bande**

Ce filtre laisse passer les fréquences basses inférieures à F_{cb} et les fréquences hautes supérieures à F_{ch} .
Le gain minimum se fait à $F = F_0$.

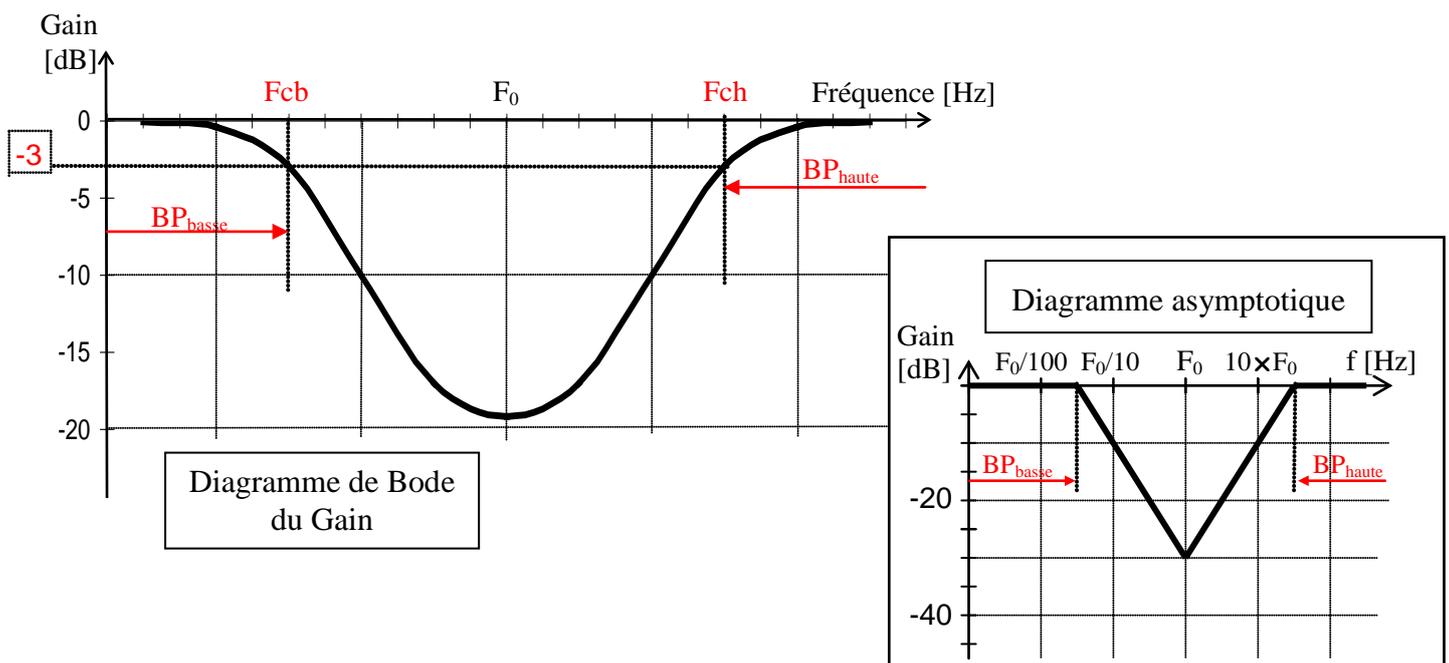
Exemple filtre réjecteur de bande du 1^{er} ordre

F_{cb} : Fréquence de coupure basse

Bande passante : $0\text{Hz} \leq BP_{\text{basse}} \leq F_{cb}$

F_{ch} : Fréquence de coupure haute

et $F_{ch} \leq BP_{\text{haute}} \leq \infty\text{Hz}$

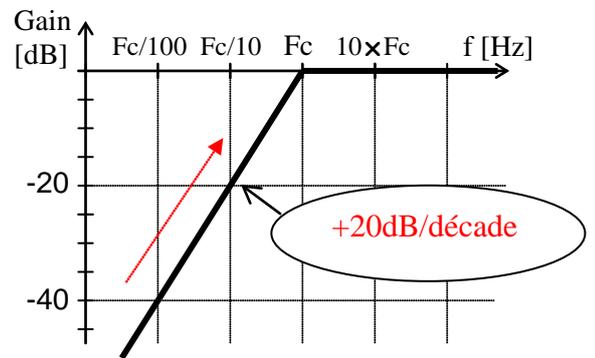
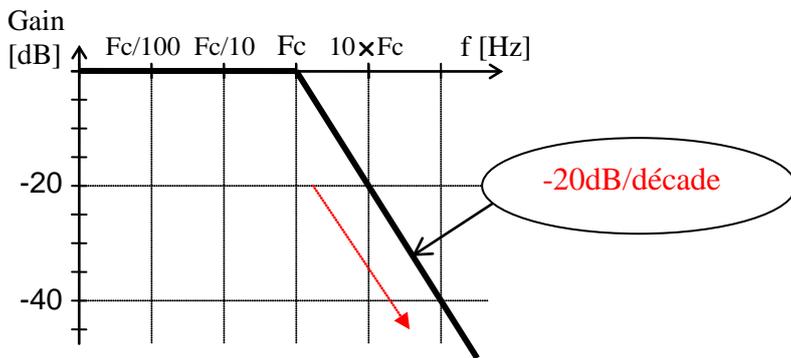


Pente

La pente détermine la sélectivité du filtre. Plus cette pente sera rapide, plus le filtre sera sélectif.

Pour les filtres passe bas la pente va descendre, la valeur de la pente sera négative.

Pour les filtres passe haut la pente va monter, la valeur de la pente sera positive.



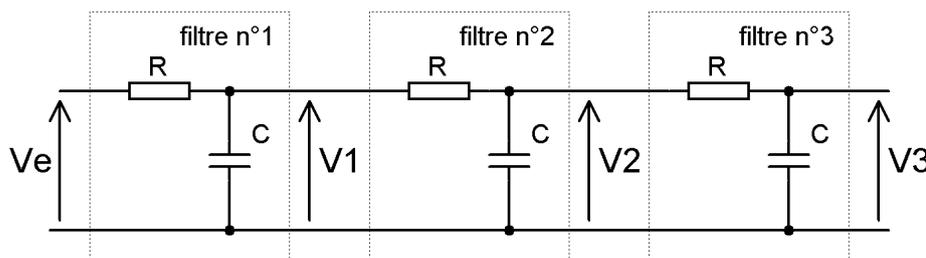
Une **décade** : la fréquence est décuplée (x 10),
Une **octave** : la fréquence est doublée

La valeur de la pente est toujours un multiple de 20

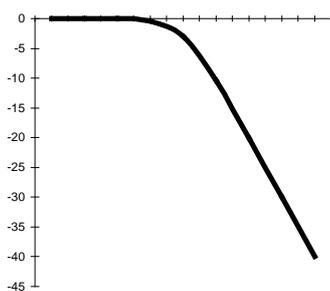
| Type de filtre | Pente |
|-----------------------------------|--------------|
| Passe bas 1 ^{er} ordre | -20dB/décade |
| Passe haut 1 ^{er} ordre | +20dB/décade |
| Passe bas 2 ^{ème} ordre | -40dB/décade |
| Passe haut 2 ^{ème} ordre | +40dB/décade |
| Passe bas 3 ^{ème} ordre | -60dB/décade |
| Passe bas 4 ^{ème} ordre | -80dB/décade |

Filtres mis en cascade

Il est possible de combiner des cellules de filtres les unes après les autres. Cette méthode nous permet d'obtenir une pente plus importante.

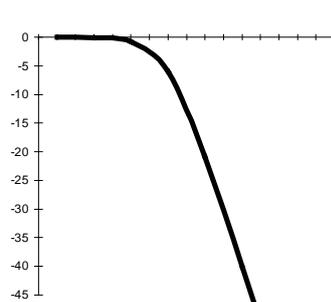


action du filtre n°1



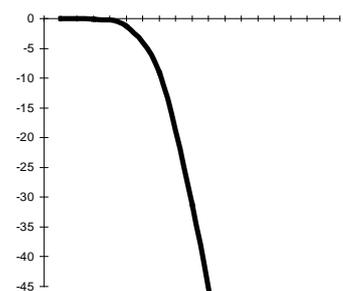
Pente = -20dB/décade

action des filtres n°1 et n°2



Pente = -40dB/décade

action des filtres n°1, n°2 et n°3



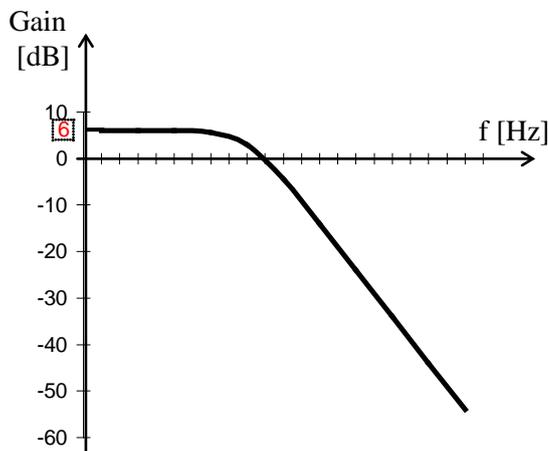
Pente = -60dB/décade

Filtres actifs

On appelle **filtre passif** une fonction qui est constituée d'éléments passifs (R, L ou C). Un filtre passif n'a pas besoin d'être alimenté. Par contre, il n'apporte pas de gain.

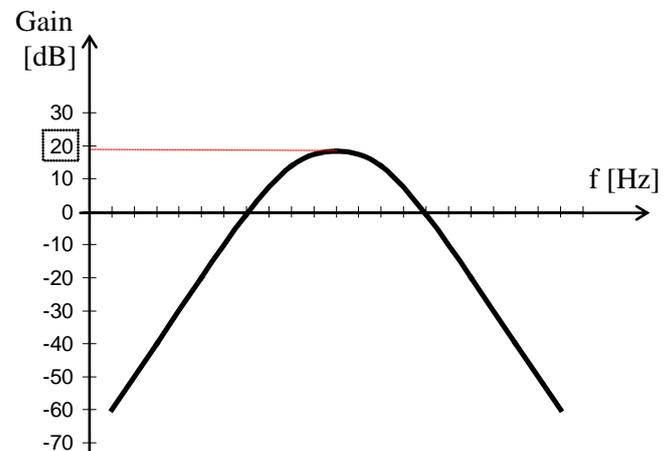
On appelle **filtre actif** une fonction constituée d'éléments passifs (R, L ou C) et d'éléments actifs (A.L.I.). Un filtre actif a besoin d'être alimenté. Il peut apporter du gain.

Les filtres actifs permettent à la fois de filtrer le signal d'entrée mais aussi de l'amplifier. Le gain maximum sera donc au-dessus de 0dB.



Le gain maximum est : $G_{\max} = 6\text{dB}$.

Donc si le signal d'entrée est de basse fréquence, son amplitude sera multipliée par 2.



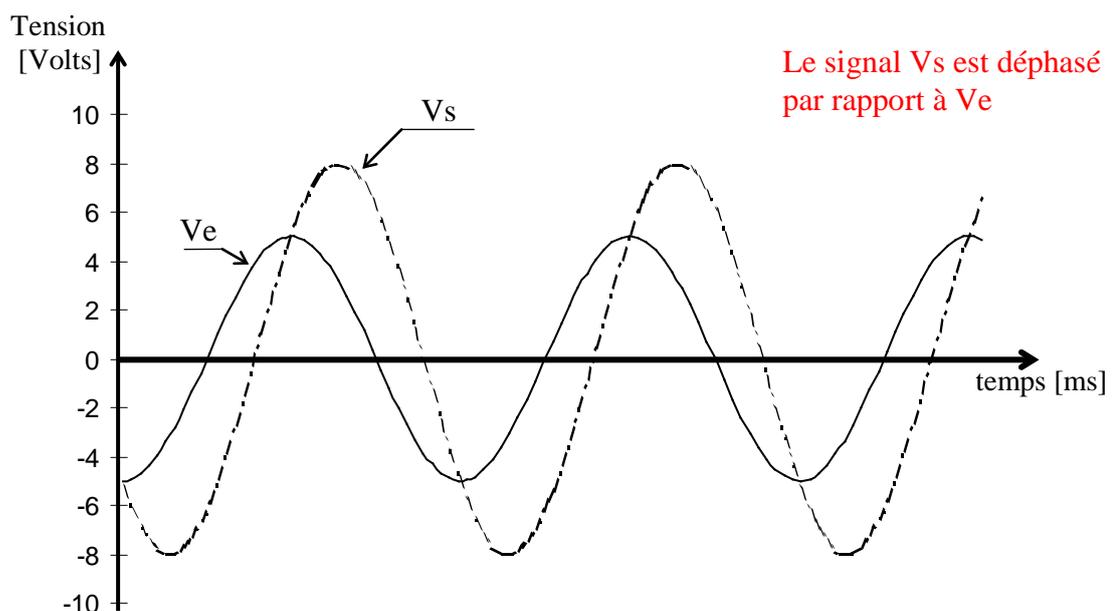
Le gain maximum est : $G_{\max} = 20\text{dB}$.

Donc si le signal d'entrée a pour fréquence F_0 , son amplitude sera multipliée par 10.

Comportement en phase des filtres

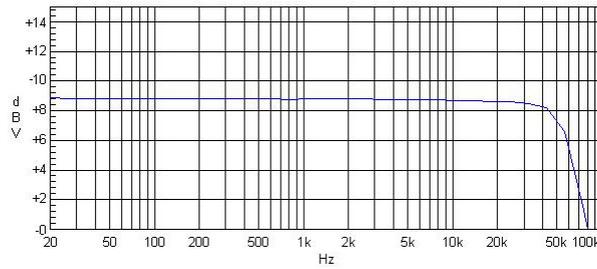
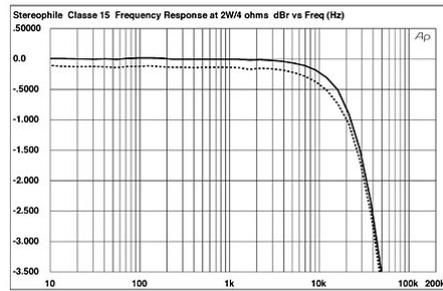
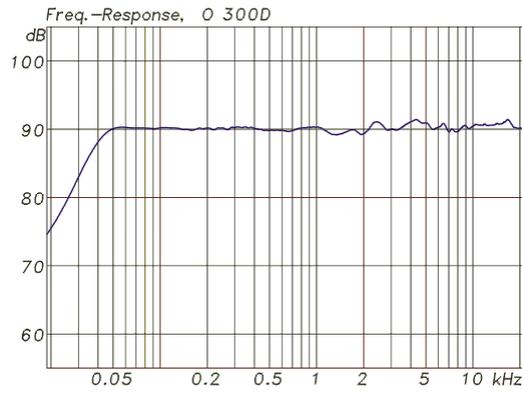
Lorsqu'un signal traverse un filtre, il se produit automatiquement une variation de phase entre l'entrée et la sortie du filtre. Cette variation est appelée **déphasage**.

Exemple :



Réponse en fréquence d'un filtre avec ISIS

Exemples de représentations graphiques



Module amplificateur Class-D Gemincore GEM250

