

# Filtrage

Valentin TUGOT

18 Décembre 2023

## Définition

Filtres:

- Système (ensemble de composants)
- Schema: (Une boîte, 2 entrées, 2 sorties)  $\rightarrow$  Système multivariables
- Schema: (Une boîte, 1 entrée, 1 sortie)  $\rightarrow$  Système monovariable

On utilise des systèmes linéaires Un système linéaire obéit au principe de superposition

## Système Linéaire

Si:  $e_1(t) \rightarrow s_1(t)$  et  $e_2(t) \rightarrow s_2(t)$

Alors:  $a.e_1(t) + b.e_2(t) \rightarrow a.s_1(t) + b.s_2(t)$

Les systèmes modifient les signaux qui les traversent.

## Analyse harmonique d'un filtre

L'analyse harmonique d'un filtre consiste à appliquer des signaux sinusoïdaux à l'entrée du filtre et à étudier sa sortie.

On prend un filtre linéaire avec  $e(t)$  signal sinusoïdale en entrée.

$$e_1(t) = 1.\sin(\omega_1 t) \text{ avec } \omega_1 = 2\pi f_1$$

Entre le signal en sortie et le signal en entrée on remarque une différence d'amplitude  $\Delta A$  et une différence de phase  $\Delta \Phi$ .

$$s_1(t) = a_1(\omega_1(t) + \phi_1)$$

## Représentation d'un filtre par un diagramme de Bode

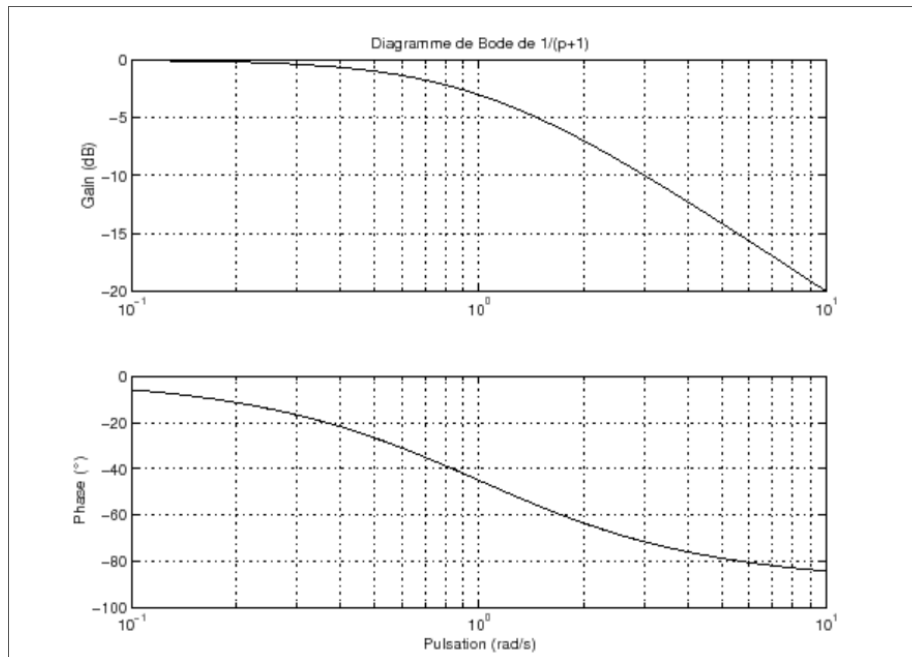


Figure 1: Exemple de Diagramme de Bode

Le Gain en dB, c'est l'amplitude du signal de sortie, sur l'amplitude du signal en entrée. On a :  $G(dB) = 20 \cdot \log(G)$  avec  $G = \frac{S}{E}$   $G = 10^{(\frac{G_{dB}}{20})}$ , on peut en déduire l'amplitude du signal en sortie:  $S = G \times E$

Dans le diagramme de phase, cette dernière peut être soit en degrés, soit en radian.

### Comment obtenir un diagramme de Bode

- Python, plusieurs librairie permettent de tracer un diagramme de Bode en fonction de la fonction de transfert du système
- Scilab
- Matlab (payant)

On place notre fréquence sur les 2 diagrammes et on peut observer sur l'axe des ordonnées le gain et la phase correspondant. Cela explique que si j'applique un filtre à une fréquence  $f_1$ , j'obtiendrais un gain  $G_1$  en dB grâce au diagramme.

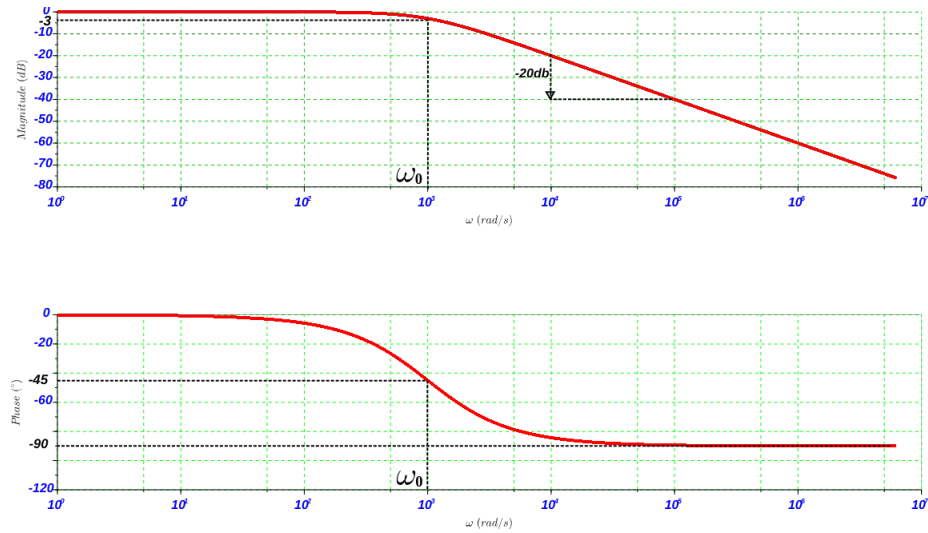


Figure 2: Lecture à la fréquence  $\omega_0$

Pour trouver la fréquence de coupure du filtre, on se place sur l'axe du gain et on descend de 3dB. A 3dB, la puissance du signal est divisé par 2 et l'amplitude A est divisé par  $\sqrt{2}$ . Sur la figure précédente,  $\omega_0$  est la fréquence de coupure.

### Différents types de filtres

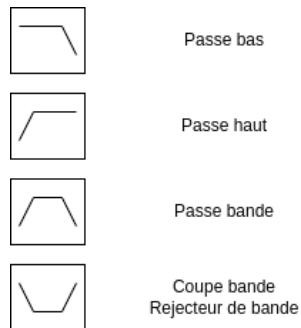


Figure 3: Exemples de filtres de base

### **Ordre du filtre**

Pente: Pour chaque ordre on descend de 20 dB/décade.

Exemple:

- Si on perd 20 dB/décade on a un filtre d'ordre 1
- Si on perd 40 dB/décade on a un filtre d'ordre 2
- Si on perd 100 dB/décade on a un filtre d'ordre 5

Dans GNU Radio, l'ordre est défini par la transition, plus la transition est faible plus l'ordre est grand mais la consommation de processeur est plus importante.