

# Le filtrage

## I Définition



Soit  $V_E$  une différence de potentiel analogique.

Soit  $V_S$  la différence de potentiel analogique filtrée.

Le filtrage permet de **supprimer** certaines fréquences du **spectre** de la différence de potentiel  $V_E$  (**spectre** : voir synthèse sur la **décomposition en série de Fourier**).

On obtient en sortie une différence de potentiel  $V_S$  dont le **spectre** correspond au spectre de  $V_E$  auquel on a supprimé les fréquences filtrées.

## II Caractérisation d'un filtre

Un filtre se caractérise par les points suivants :

Le **nature** du filtre.

Le **type** de filtre

La **fréquence de coupure, bande passante, bande réjectrice,**

L'**ordre** d'un filtre.

### II.1 La nature du filtre

La nature d'un filtre définit quelles sont les fréquences que le filtre supprime.

Il existe des filtres de 4 natures différentes :

- le filtre **passé bas**,
- le filtre **passé haut**,
- le filtre **passé bande**,
- le filtre **réjecteur de bande**.

#### Le filtre passé bas

C'est un filtre qui laisse passer les basses fréquences et supprime les hautes fréquences.

#### Le filtre passé haut

C'est un filtre qui laisse passer les hautes fréquences et supprime les basses fréquences.

#### Le filtre passé bande :

C'est un filtre qui laisse passer une plage de fréquences (qui supprime les basses et hautes fréquences).

#### Le filtre réjecteur de bande

C'est un filtre qui supprime une plage de fréquences (qui laisse passer les basses et hautes fréquences).

### II.1.1 Détermination de la nature du filtre par analyse de son diagramme de Bode du gain

Le diagramme de Bode du gain représente l'évolution du gain  $G(\text{dB})=20 \times \log\left(\frac{V_S}{V_E}\right)$  en

fonction de la fréquence  $f$  en Hz (l'échelle du gain est linéaire tandis que l'échelle des fréquences est logarithmique)

Par conséquent en analysant les fréquences supprimées (fréquences pour lesquelles  $G(\text{dB}) < 3\text{dB}$ ) on peut déterminer la nature du filtre.

# Le filtrage

## II.1.2 Détermination de la nature du filtre par analyse de la structure

Le principe est de faire deux schémas équivalent en remplaçant les condensateurs et les inductances par leurs modèles en basses fréquences et en hautes fréquences.

### Rappel :

#### **modèle en haute fréquence :**

- le condensateur : circuit fermé.
- l'inductance : circuit ouvert.

#### **modèle en basse fréquence :**

- le condensateur : circuit ouvert.
- l'inductance : circuit fermé.

Lorsque ces deux schémas équivalents sont réalisés on peut en déduire si la tension de sortie est égale à 0V ou non en fonction des fréquences et donc en déduire la nature du filtre.

## II.1.3 Détermination de la nature du filtre par analyse de l'expression de la fonction de

transfert  $T = \frac{V_S}{V_E}$

La fonction de transfert **T** d'un filtre est une expression qui est exprimée en fonction :

- des composants du montage (résistances, condensateurs et inductances) : ce sont des éléments constants.
- de la fréquence **f** qui elle est variable.

Pour connaître il suffit de **calculer** la fonction de transfert :

$$- \left| T \right|_{f \rightarrow 0} = \left| \frac{V_S}{V_E} \right|, \text{ on en déduit si le filtre laisse passer ou non les basses fréquences,}$$

$$- \left| T \right|_{f \rightarrow \infty} = \left| \frac{V_S}{V_E} \right|, \text{ on en déduit si le filtre laisse passer ou non les hautes fréquences,}$$

## II.2 Filtre actif ou passif

Dans ces différents types de filtres, on peut rencontrer des filtres actifs ou passifs :

- **d'un filtre passif** : le gain maximal est inférieur ou égal à 0dB : **G<sub>max</sub> ≤ 0dB** (la structure est réalisée uniquement à l'aide de composants passifs : résistances, condensateurs, inductances),
- **d'un filtre actif** : le gain minimal est strictement supérieur à 0dB : **G<sub>max</sub> > 0dB** (la structure est organisée autour d'un ALI).

## II.3 La fréquence de coupure, la bande passante, la bande réjectrice

### II.3.1 La fréquence de coupure

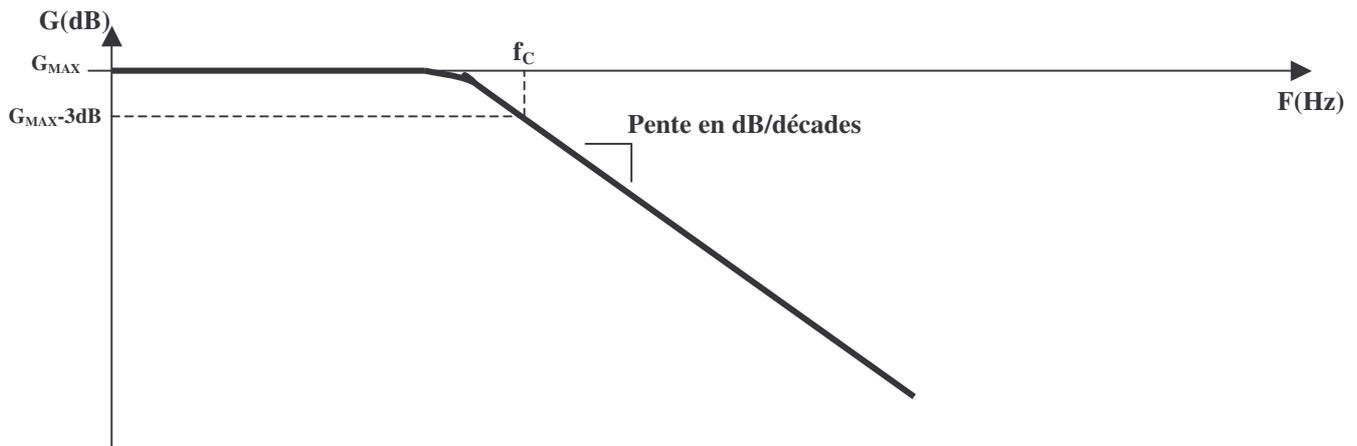
Pour les filtres **passé haut** et **passé bas** on définit la **fréquence de coupure** **f<sub>C</sub>** comme étant la fréquence pour laquelle **G(dB) = G<sub>MAX</sub> - 3dB**.

Elle s'obtient directement grâce au diagramme de Bode du gain

**On peut trouver aussi la pulsation de coupure (en radians/s)  $\omega_C = 2\pi \times f_C$ .**

# Le filtrage

## Diagramme de Bode du gain d'un filtre passe bas :



### II.3.2 La bande passante BP

Pour les filtres **passé bande** on définit **la bande passante BP** comme étant la plage de fréquences pour laquelle le filtre laisse passer les fréquences.

En définitive il existe 2 fréquences de coupures  $f_{C1}$  et  $f_{C2}$ . Si on considère que  $f_{C2} > f_{C1}$  alors  $BP = f_{C2} - f_{C1}$ .

### II.3.3 La bande réjectrice BR

Pour les filtres **réjecteur de bande** on définit **la bande réjectrice BR** comme étant la plage de fréquences pour laquelle le filtre supprime les fréquences.

En définitive il existe 2 fréquences de coupures  $f_{C1}$  et  $f_{C2}$ . Si on considère que  $f_{C2} > f_{C1}$  alors  $BR = f_{C2} - f_{C1}$ .

## II.4 L'ordre d'un filtre

L'ordre d'un filtre définit l'efficacité avec laquelle on supprime les fréquences par rapport à la ou les fréquences de coupures.

Plus l'ordre du filtre est élevé plus son efficacité est élevée.

### II.4.1 Détermination de l'ordre d'un filtre par l'analyse de son diagramme de Bode du gain

L'ordre du filtre dépend de la pente du diagramme de Bode du gain.

- **pour les filtres passe haut et passe bas :**
  - ✓ une pente de  $\pm 20dB/décade$  est équivalent à un filtre d'ordre 1,
  - ✓ une pente de  $\pm 40dB/décade$  est équivalent à une filtre d'ordre 2,
  - ✓ une pente de  $\pm 60dB/décade$  est équivalent à un filtre d'ordre 3.
  - ✓ ...
- **pour les filtres passe bande et réjecteur de bande :**
  - ✓ si la somme des pentes en valeur absolue est égale à  $20dB/décade$ , c'est équivalent à un filtre d'ordre 1,
  - ✓ si la somme des pentes en valeur absolue est égale à  $40dB/décade$ , c'est équivalent à un filtre d'ordre 2,
  - ✓ si la somme des pentes en valeur absolue est égale à  $60dB/décade$ , c'est équivalent à un filtre d'ordre 3.
  - ✓ ...

## Le filtrage

### II.4.2 Détermination de l'ordre d'un filtre par l'analyse de l'expression de sa fonction de

transfert  $T = \frac{V_S}{V_E}$

L'ordre du filtre dépend de l'exposant maximum de  $f$  du polynôme se trouvant au dénominateur de la fonction de transfert.

En effet l'expression de la fonction de transfert d'un filtre se mettra toujours sous la forme :

$$T = A_0 \times \frac{1 + jb_1f + (j)^2b_2f^2 + \dots + (j)^mb_mf^m}{1 + ja_1f + (j)^2a_2f^2 + \dots + (j)^na_nf^n}$$

L'ordre du filtre sera défini par le nombre  $n$ .

### IV Quelques fonctions de transfert à connaître

#### Filtre passe bas du premier ordre :

$$T = A_0 \times \frac{1}{1 + j\frac{f}{f_0}}$$

#### Filtre passe haut du premier ordre

$$T = A_0 \times \frac{j\frac{f}{f_0}}{1 + j\frac{f}{f_0}}$$