

# LP.30 Filtrage

Lise

## | Élément imposé – Fonctionnement d'un sismomètre

**Niveau :** L1

**Pré-requis :**

- Notions d'électrocinétique : composants linéaires (résistane, bobine, condensateur), circuit linéaire
- Etude de circuits linéaires : RC, RLC (L1)
- Notations complexes (L1)
- Equations différentielles (terminale)
- Etude mécanique du sismomètre (L1)

**Difficultés :**

- Différence gain et gain en dB
- Résolutions d'équations différentielles
- Notion de fonction de transfert

**Activité :**

- TP : tracé du diagramme de Bode du RLC
- TD : Etude de filtre passe-haut et passe-bas

**Biblio :**

- Salamito PCSI
- Renvoisé MPSI-PTSI-PCSI
- Dictionnaire de la physique
- Côte BCPST2
- Sujet Agreg B 2020
- Duffait
- Houard

## Plan proposé

1	Etude théorique d'un quadripole . . . . .	2
1.1	Fonction de transfert . . . . .	2
1.2	Diagramme de Bode . . . . .	3
2	Etude d'un filtre du premier ordre . . . . .	3
2.1	Etude théorique d'un circuit RC . . . . .	3
3	Mesure expérimentale . . . . .	3
4	Vers les autres types de filtres . . . . .	3

## Intro pédagogique

Suite de l'étude en électrocinétique  
Décomposée en série de fourier déjà vu

## Leçon

### Intro

Interet du filtrage, avec l'essor des télécommunications. Outils pour améliorer les transmissions. Quadripole : circuit qui a 2 bornes en entrée et 2 bornes en sortie. On met en place des filtres

**Quadripole** : Dispositif électrique qui comporte deux bornes en entrée et en sortie [schéma quadripole]

**Filtrage** : Transformation d'un signal par l'intermédiaire d'un filtre

**Filtre** : Dispositif permettant de séparer les composantes d'un signal selon une propriété physique. [schéma Cote p472 : sélection d'une seule fréquence par le filtre]

**Objectifs** : Différencier les types de filtres et choisir un filtre pour une application

## 1 Etude théorique d'un quadripole

### 1.1 Fonction de transfert

On s'intéresse à un circuit linéaire (quadripole), avec un signal en entrée  $e(t)$  et un signal en sortie  $s(t)$ . la linéarité permet  $s(t) = H \times e(t)$ . On étudie  $H$  par la suite

**Passage par les notations complexes :**

—  $e(t) = E_0 \cos(\omega \times t + \Phi_e)$  devient  $\underline{e} = E_0 e^{j\phi_e} e^{j\omega t}$  ou  $\underline{e} = \underline{E_0} e^{j\omega t}$

—  $s(t) = S_0 \cos(\omega \times t + \Phi_s)$  devient  $\underline{s} = S_0 e^{j\phi_s} e^{j\omega t}$  ou  $\underline{s} = \underline{S_0} e^{j\omega t}$

**Fonction de transfert** : Fonction de la variable  $j\omega$  et qui vérifie  $H(j\omega) = \frac{\underline{s}}{\underline{e}}$ . On

l'écrit en fonction de :

— **Gain en amplitude** :  $G(\omega) = |H(j\omega)|$

— **Phase** :  $\Phi(\omega) = \arg(H(j\omega))$

de telle sorte que  $\underline{H(j\omega)} = G(\omega) e^{j\Phi(\omega)}$

**En sortie :**

— Amplitude en sortie :  $S_0 = |\underline{s}| = |\underline{H}| |\underline{e}| = G(\omega) E_0$

— Phase initiale de sortie :  $\Phi_s = \arg(\underline{s}) = \arg(\underline{eH}) - \omega t = \arg(\underline{H}) + \arg(\underline{e})$  Donc  
 $\Phi_s = \Phi(\omega) + \phi_e$

[exemple RCR (à partir du **pont diviseur de tension**), avec étude des grandeurs de sortie en fonction de la fréquence]

**Bande passante** : Intervalle de pulsations telles que  $G(\omega) > \frac{G_{max}}{\sqrt{2}}$

**Pulsation de coupure** :  $\omega_c$  tel que  $G(\omega) = \frac{G_{max}}{\sqrt{2}}$

## 1.2 Diagramme de Bode

Comme l'intensité sonore au lycée, on va passer en échelle log, le décibel

**Gain en décibel** :  $G_{dB} = 20\log(G(\omega))$ . pour ça on mesure  $E_0$  et  $S_0$  et on trace  $20\log(\frac{S_0}{E_0})$  en fonction de  $\omega$

### Diagramme de Bode :

- Diagramme en amplitude  $G_{dB} = f(\omega)$
- Diagramme de phases  $\Phi(\omega) = f(\omega)$

## 2 Etude d'un filtre du premier ordre

### 2.1 Etude théorique d'un circuit RC

Mesure de la tension aux bornes du condensateur. En notation complexe :  $\underline{H}(j\omega) = \frac{1}{1 + jRC\omega}$  à l'aide d'un pont diviseur de tension

Le gain est donc  $G(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + (RC\omega)^2}}$ . Tend vers 1 en 0, et tend vers 0 en l'infini : c'est un **filtre passe-bas**.

[tracé par script python du Bode - raphael]

## 3 Mesure expérimentale

[manip quantitative : tracé du Bode]

## 4 Vers les autres types de filtres

[Côte p472 : filtres passe haut et passe bande, même principe]

Un exemple de passe bande est le RLC (tensions au bornes de R). Comparable à un sismomètre qui détecte les vibrations légères du sol. [schéma équivalent]

## Conclusion

Filtrage en électrocinétique, mécanique, optique

## Questions/Réponses

---

### Questions

*Filtrage optique*

### Réponses

Passé bas = diffraction + plan de Fraunhofer, passé haut = pastille dans le

## L. Titre

---

<i>Fréquence spatiales par la diffraction ?</i>	Transformée de fourier
<i>Filtre actif</i>	Avec ampli op, donc avec <b>alimentation</b> (programme PCSI)
<i>Ordre 1/ordre 2</i>	Etude asymptotique
<i>Effets non linéaires</i>	Perte de proportionnalité, on peut créer des fréquences qui ne sont pas en entrée (multiplier par exemple)
<i>Puissance ?</i>	
<i>Pk racine de 2 bande passante ?</i>	Divisé par 2 la puissance (gain au carré)
<i>Filtre courant ?</i>	Empêche certaines choses de passer (comme certaines fréquences)
<i>Sismomètre filtre ?</i>	Choix de la pulsation de coupure, pour avoir toutes les infos du seisme

---

## Debrief

Problèmes de mesure à haute fréquence ou basse fréquence  
Diminuer la partie 1

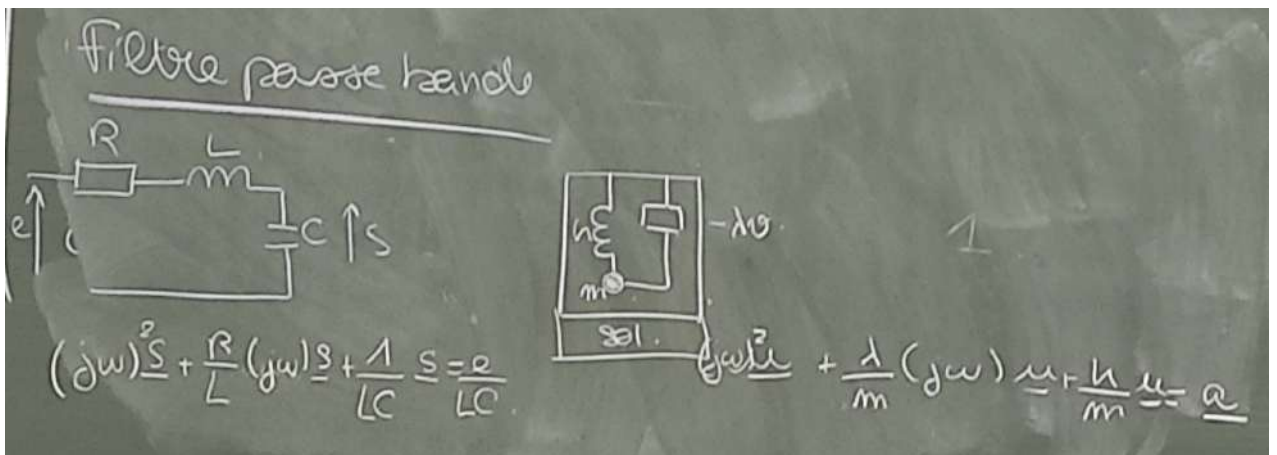


Figure 1 – Schéma équivalent du sismomètre