

MP31 : Résonances

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

June 6, 2021

1 Filtre électronique du second ordre actif : résonance en tension [4]

1.1 Principe

Matériel :

- GBF
- Oscilloscope 2 voies
- Carte mère + alim +15/-15 + plaque à trous + carte 2 A.O.P
- 4 résistances de précision $R = 10\text{ k}\Omega$
- 2 capacités $C = 100\text{ nF}$
- RLC-mètre

Réaliser le montage donné dans [4] (bien penser à relier les masses des plaquettes). Prendre $C_1 = C_2 = C = 100\text{ nF}$ et $R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 10\text{ k}\Omega$. Pour R_1 , utiliser le potentiomètre $100\text{ k}\Omega$ de la plaquette double A.O.P. On observe la résonance en tension en sortie de ce filtre actif. La fonction de transfert associée est la suivante, où $x = \frac{\omega}{\omega_0}$, $\omega_0 = \frac{1}{RC}$, et $Q = \frac{R_1}{R}$:

$$H(j\omega) = \frac{H_0}{1 + jQ(x - \frac{1}{x})}$$

de module :

$$|H(j\omega)|^2 = \frac{H_0^2}{1 + Q^2(x - \frac{1}{x})^2}$$

Le maximum d'intensité est à f_0 , et il n'y a pas de déphasage à la résonance **ici**. On détermine donc f_0 en mode XY à l'oscilloscope, en cherchant le déphasage nul entre le

signal du GBF et la tension de sortie.

On détermine Δf avec le critère à -3dB, en cherchant quand les deux fréquences de coupure $f_{c,1}$ et $f_{c,2}$, pour lesquelles l'amplitude est divisée par $\sqrt{2}$, à l'aide de l'oscilloscope. On obtient donc le facteur de qualité via la relation $\Delta f = f_{c,2} - f_{c,1} = \frac{f_0}{Q}$.

1.2 Exploitation

- Mesurer f_0 et Δf , en déduire Q .
- Comparer avec les valeurs attendues vis-à-vis des différents composants, tracer la régression linéaire $Q = f(R_1)$ pour $R_1 \in [0, 50] \text{ k}\Omega$

2 Résonance d'un diapason [3]

2.1 Principe

Matériel :

- diapason + caisse de résonance
- GBF + ampli de GBF
- oscilloscope
- bobine 500 spires + noyau de fer doux "pointu"
- support élévateur pour placer l'ensemble bobine - noyau

On trace le diagramme de Bode du diapason, sur un intervalle de 1 Hz centré sur la résonance qu'on détermine "grossièrement" dans un premier temps à l'aide du mode X et du GBF. On fait varier le pas, en prenant une mesure de l'amplitude pic à pic (avec l'oscilloscope, onglet mesure) tous les 0,01 Hz pour 10 points autour de la résonance, et 10 points de part et d'autre de cet intervalle avec un pas de 0,05 Hz.

2.2 Exploitation

- Mesure de la fréquence de résonance f_0 et de la largeur à mi-hauteur Δf par ajustement lorentzien du diagramme de Bode obtenu (en linéaire - linéaire)
- En déduire le facteur de qualité (de l'ordre de quelques milliers).

2.3 Remarques

- Le diapason paramagnétique est sensible aux variations d'énergie magnétique $\propto B^2$, la fréquence affichée au GBF est deux fois inférieure à la fréquence de vibration du diapason.
- Ne pas oublier de mettre l'ampli de puissance en sortie du GBF avant d'envoyer le signal sur la bobine.
- Placer à l'aide du boy la pointe du noyau de fer doux au plus près du sommet d'une des deux branches du diapason pour maximiser le couplage.
- Moyenner, pour chaque fréquence, le signal obtenu sur 64, afin d'éliminer les sources de bruit parasite auquel le micro est assez sensible.

3 Résonance d'une cavité Fabry-Pérot [1], [2]

3.1 Principe

Matériel :

- Cavité Fabry-Pérot (le plus gros des deux, avec les vis de réglage fin)
- diode laser
- laser épuré
- support élévateur
- jeu de supports d'optiques
- barette CCD
- lampe spectrale sodium + condenseur + dépoli + doublet pour faire le réglage du parallélisme des miroirs.
- Laser He-Ne en Ph 01 D He-Ne1 (sur son socle en bois)
- Malette cavité confocale (Fabry-Pérot sur piezo) avec le générateur de rampes associé.
- Oscilloscope

3.1.1 Calcul de la finesse à partir des anneaux du laser épuré

Régler les miroirs parallèles (diode laser puis sodium), puis au laser épuré, qu'on règle au préalable, observer le système d'anneaux. Placer ensuite la barrette CCD et observer le signal obtenu. La finesse est donnée par le rapport de la taille des pics de transmission sur l'écart entre deux pics. On peut y accéder (à l'aide d'une approximation) en mesurant la taille des anneaux et leur écartement. En effet, pour les faibles angles (ie les petits rayons), on a :

$$\mathcal{F} = \frac{R_{k+1} - R_{k-1}}{2\delta R_k}$$

où R_k est le rayon du k^{eme} anneau et δR_k son épaisseur. Voir démo dans [2].

Transition : application d'une pareille cavité résonante (cavité confocale) à la caractérisation spectrale d'un laser.

3.1.2 Application à la caractérisation spectrale d'un laser [5] p.193 + MP11

- On allume le laser et on le fait pointer dans la cavité
- On mesure son intervalle spectral libre par mesure des différents Δt à l'oscilloscope.

3.2 Exploitation

- Obtenir les anneaux, faire la mesure en direct avec la barrette CCD, en déduire \mathcal{F} .
- Déterminer l'ISL du laser He-Ne avec la cavité confocale, comparer à la valeur attendue

3.3 Remarques

- Garder les miroirs assez proches l'un de l'autre pour pouvoir observer les anneaux du sodium lors du réglage.
- En révision, on a obtenu $R \simeq 0,8$, et donc $\mathcal{F} \simeq 9,6 \pm 1,2$

Biblio

- [1] Taillet Optique chap 4 pour le F-P.
- [2] Compte-rendu MP31 Romain Rescanières
- [3] Compte-rendu MP31 de 2018
- [4] Electronique expérimentale, Michel Krob, chap 2 p.47
- [5] Physique expérimentale, De Boeck

Remarques générales

- A-t-on toujours $Q = \frac{f_0}{\Delta f}$? C'est valable uniquement pour les passe-bandes.
- Ne pas confondre fréquence propre et fréquence de résonance (contre-exemple : résonance en tension aux bornes du condensateur dans un RLC série)
- Faire la différence entre ondes stationnaires et résonance.
- Savoir parler du lien entre dissipation et résonance
- Rapports de jury : "Le lien qui existe entre la largeur de la résonance d'un oscillateur et la durée du régime transitoire est souvent ignoré par les candidats. Des phénomènes non linéaires ou paramétriques pourraient également être abordés."