

MP31 – RÉSONANCE

4 juin 2021

Deleuze Julie & Jocteur Tristan

Niveau : Classes préparatoires

Bibliographie

- ♣ *Fascicule de TP Electromagnétisme, Partie Matériaux,*
Quelqu'un-e
- ♣ *Fascicule de TP Optique, Partie Photorécepteurs,*
Quelqu'un-e

Table des matières

1	RLC Série	2
2	Étude d'une cavité LASER	3
3	Résonnance paramétrique	4

Remarques sur les montages précédents

- **2014,2015** : 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.
- **2010 et 2013** : Les phénomènes non linéaires, paramétriques pourraient aussi être abordés. Les critères de détermination expérimentale de la fréquence de résonance ne sont pas toujours pertinents. Le rapport entre la largeur de la résonance et la durée du transitoire est trop souvent ignoré.
- **2011 et 2012** : La résonance ne se limite pas à l'étude du circuit RLC. Les critères de détermination expérimentale de la fréquence de résonance ne sont pas toujours pertinents. Le rapport entre la largeur de la résonance et la durée du transitoire est trop souvent ignoré. La notion de facteur de qualité ou un équivalent est trop souvent absente.
- **2008** : Le phénomène de résonance n'apparaît pas qu'en électricité. En outre, le circuit RLC est souvent mal connu. Le jury apprécierait de voir des résonances dans d'autres domaines de la physique, ainsi que des facteurs de qualité importants.
- **2006** : La résonance n'est pas une amplification. L'influence de l'amortissement est souvent négligée.
- **2004** : L'étude de la phase est trop souvent absente de ces montages alors qu'elle fournit des relations complémentaires non redondantes à celle de l'amplitude.

1 RLC Série

🔗 Bellier p.98 et Krob p.199

- Excitateur = GBF
- Résonateur = Circuit RLC
- Fréquence de résonance = fréquence propre

On excite le circuit RLC avec un GBF et on regarde la réponse. Lorsque l'on envoie de l'énergie dans une fréquence proche de la fréquence propre du système, il y a transfert maximal d'énergie et donc résonance. La force de la résonance dépend alors du rapport entre transfert d'énergie et amortissement.



Mesure de la fréquence propre



On place en série : Le GBF, un suiveur, L,C,R. On regarde le signal aux bornes R, à l'oscilloscope et sur une carte d'acquisition. Le but est de tracer le diagramme de Bode, on a trois méthodes possibles : Le faire "à la main", la réponse indicielle et envoyer du bruit blanc+TF (à tester et valider). Lorsque l'on a le diagramme de Bode, on trouve f_0 , à la fois par maximum de l'amplitude mais aussi par la phase qui est nulle à la résonance.

- L et C : On prend 47 mH et 470 nF de sorte à avoir une fréquence de résonance dans la bande passante de l'AO. On mesure la valeur de ces composants au RLC-mètre à 1 kHz.
- Suiveur : Permet de s'affranchir de la résistance de sortie du GBF et comme $Q = \frac{1}{R_{tot}} \sqrt{\frac{L}{C}}$ on augmente le facteur de qualité. Aussi le GBF n'est pas perturbé par le circuit.
- R variable on peut commencer à 50Ω.
- Pour l'acquisition on met un créneau à 2 V et 5 Hz, 100 ms de durée totale et 20 μs d'échantillonnage

Principe : Il faut quantifier la largeur fréquentielle pour laquelle on a une résonance. Pour cela, on procède de la même manière que pour un filtre, on mesure la bande passante à -3 dB, ce qui correspond à une amplitude divisée par $\sqrt{2}$. Cette largeur est reliée au facteur de qualité : $Q = \frac{f_0}{\Delta f}$. On peut donc mesurer Q pour notre système.



Facteur de qualité



On prend le même montage que précédemment, on modifie R (en préparation). Par la méthode de la réponse indicielle, on retrouve Q. (on peut éventuellement refaire un autre point par réponse indicielle devant le jury) On trace $1/Q = aR + b$. On attend $a = 1/S$, et $R_0 = a/b$ la résistance de la bobine et du circuit (de l'ordre de $1\text{ à }10\Omega$ pour la bobine seule) que l'on peut vérifier au RLC-mètre ou à l'Ohmmètre)

2 Étude d'une cavité LASER

☞ Duffait p97, Jolidon p206, Notice FB

Excitateur : pompe électrique du laser. Résonateur : cavité Laser. L'interféromètre de Fabry-Pérot sert à analyser les modes propres du laser en modifiant la taille de la cavité (du Fabry-Pérot). Les fréquences de résonance correspondent aux modes propres de la cavité Fabry-Pérot qui sont inclus dans le spectre d'émission du Laser.



Analyse des fréquences propres



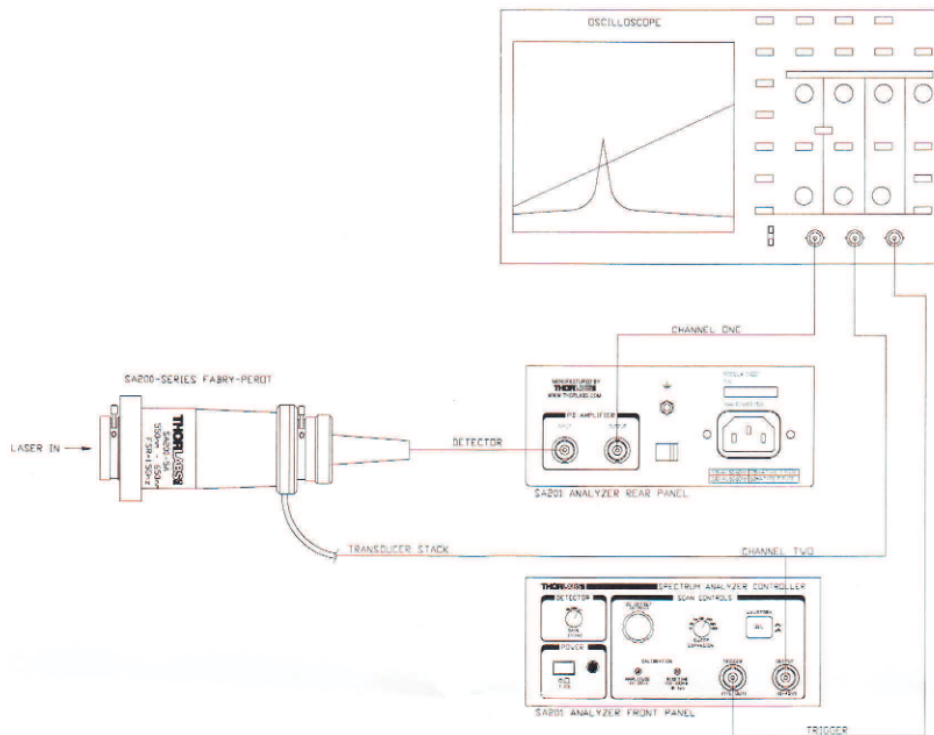
On mesure des FSR (Free Spectral Range). $Q = \nu_0/\delta\nu$ En faisant varier l'épaisseur de la cavité (rampe de tension sur le piezo), on observe les différents ordres émis sur l'oscilloscope. On utilise la valeur connue du FSR de la cavité FP pour établir une correspondance temps-fréquence.

$$\Delta f = \Delta t \frac{f_{FSR}}{\Delta t_{FSR}}$$

On mesure ensuite l'écart entre deux pics et la largeur à mi-hauteur d'un pic, d'où $Q = \frac{\nu_0}{\delta\nu}$:

Remarques Fermer le diaphragme pour régler. Le laisser chauffer mini 30 min et ne pas souffler dessus sinon on fait disparaître le deuxième mode. suivre les branchements de la notice. Pas besoin de se faire plus chier que ça tant que c'est joli à l'oscillo.

Recommended Set-up



3 Résonance paramétrique

✚ BUP 747, Quaranta, Landau On va ici présenter un autre type de résonance : la résonance paramétrique. Il s'agit de modifier l'un des paramètres du système (ici sa pulsation propre) de façon périodique. On remarque qu'à une certaine fréquence de cette excitation, le système "résonne" et gagne en amplitude. On veut caractériser ça.

- On utilise le moteur p95.28 avec la petite poulie qui s'adapte sur la roue.
- Un pendule (ficelle + masse), une poulie un GBF

✚ Landau : on a un certain intervalle de fréquence pour lequel la résonance a effectivement lieu : $f - \epsilon < f < f + \epsilon$ avec $\epsilon = \sqrt{\left(\frac{h\omega_0}{2}\right)^2 - 4\lambda^2}$ avec λ l'inverse du temps caractéristique d'amortissement (donné par $\exp(-\lambda t)$), h l'amplitude de l'excitation, ω_0 le bon bail qu'on connaît.



Intervalle de résonance



- On fixe une longueur de corde l_0
- On mesure la longueur maximale et la longueur minimale de la corde (en fonction de la position du moteur), et on remonte alors à $l_0 = \frac{l_{\max} + l_{\min}}{2}$ et $h = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{2}$.
- On peut estimer le coefficient d'amortissement λ éventuellement si on a le temps (VideoCOM?).
- On lance le GBF à basse fréquence. On augmente progressivement la fréquence. On se donne un critère pour dire "il y a résonance" : on attend par exemple 1 ou 2 seconde pour voir si les oscillations démarrent vénéres ou pas. On a une relation de proportionnalité entre la fréquence GBF et la fréquence moteur.
- Même chose pour une fréquence maximale en commençant à haute fréquence (attention, le moteur ne monte que jusqu'à 700 Hz).
- On en tire $\epsilon_{\text{moy}} = \frac{f_{\max} + f_{\min}}{2}$

- On trace $\epsilon^2 = f(\frac{1}{l})$, on s'attend à une droite d'ordonnée à l'origine $b = -4\lambda^2$ et de coefficient directeur $a = \frac{h^2 g}{4}$