

# M31 : Résonance

Louis Heitz et Vincent Brémaud

# Sommaire

Rapport du jury	3
Bibliographie	3
Introduction	4
I RLC passe-bas	4
II Confocale	4
III Diapason champ magnétique	5
Conclusion	6
A Correction	6
B Commentaires	6
C Matériels	6
D Expériences faites les années précédentes	6
E Tableau présenté	6

Le code couleur utilisé dans ce document est le suivant :

- → Pour des éléments de correction / des questions posées par le correcteur
- Pour les renvois vers la bibliographie
- Pour des remarques diverses des auteurs
- ⚠ Pour des points particulièrement délicats, des erreurs à ne pas commettre
- Pour des liens cliquables

## Rapports du jury

- **2017** : 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.
- **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.
- **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.

## Bibliographie

## Introduction

Résonance : transfert d'énergie maximal de l'excitateur au résonateur. De quoi ça dépend ? Exemple ressort ou balançoire.

## I RLC passe-bas

△ **Pas de résonance sur  $R$ , à voir pourquoi (proprement).**

On a pris  $L = 60mH$ ,  $r = 5.2\Omega$  de résistance interne,  $C \sim 500 nF$  et  $R \in [0, 10^3]\Omega$ .

On fait une réponse impulsionnelle, avec  $T_p = 1/f_e = 1/(2f_{\max}) = 25 \mu s$ . Il faut prendre une période entre deux pulses suffisamment longue pour qu'il n'y ait pas de recouvrement entre deux signaux. Soit pour cette manip  $T = 0.1 s$ , à adapter en fonction de la résistance du circuit (et donc du nombre d'oscillation).

On fait varier la valeur de la résistance et on regarde la largeur à -3dB en fonction de  $1/R$

## II Confocale

ISL de la confocale :  $ISL = 1.5 GHz$ .

On mesure 16.25 ms pour 2 ISL, soit  $\Delta t = 8.15 ms$  correspond à 1.5 GHz.

On mesure la largeur typique de la courbe de gain :  $\Delta t(G) = 8.04 ms$ , soit une largeur de la courbe de gain  $\sigma(G) \sim 1.5 GHz$

On mesure l'ISL du laser :  $\Delta t(ISL_{las}) = 3.76 ms$ , soit  $ISL_{las} = 0.69 GHz$ .

On mesure enfin la largeur d'un pic laser  $\Delta t = 1.26 ms$  soit  $\delta f = 0.23 GHz$ . C'est une estimation basse, car la confocale peut encore élargir le pic. On estime alors  $\mathcal{F} \sim f_0/\delta f \sim 2 \cdot 10^6$ .

Principe de la manip :

On dispose d'une cavité confocale, c'est-à-dire deux miroirs sphériques en regard, dont on peut régler la longueur. C'est analogue à une cavité Fabry-Perot, à la différence près qu'il y a 2 aller-retour dans la cavité au lieu d'un seul. Elle laissera passer toutes les fréquences qui vérifient :

$$f_p = pISL \quad ISL = 4c/L$$

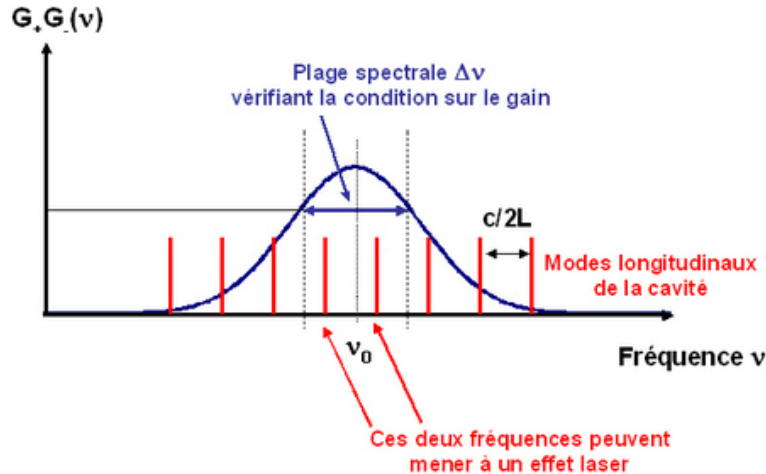
Où  $L$  est la longueur de la cavité. À l'aide d'un piezo, on peut régler la largeur de la cavité, donc jouer finement sur la valeur de l'ISL.

À côté de cela, on dispose d'un laser. Celui-ci est composé d'une cavité et d'un milieu amplificateur. Le milieu amplificateur permet d'amplifier l'amplitude du champ électrique dans la cavité, la cavité permet de sélectionner les fréquences :

Le but va être de sonder la courbe de gain du Laser et de mettre en évidence les différents modes de celui-ci.

On utilise deux choses cruciales :

- La laser doit se thermaliser, donc  $L_{las}$  augmente avec le temps : les fréquences du laser dérivent.



- On se place à un ordre très élevé pour la cavité confocale : avec  $\lambda_0 \sim 60^{-7}m$  soit  $f_0 \sim 10^{15}$  Hz et  $ISL \sim 1$  GHz, on a  $p \sim f_0/ISL \sim 10^6 \gg 1$ .

Il y a deux données dynamiques : la thermalisation du laser, qui fait varier  $f_{las}$  et le mouvement du piezo qui fait varier l'ISL. Séparons les deux.

#### Thermalisation du laser

Supposons la longueur de la cavité fixée, donc l'ISL est fixé. Du fait de la thermalisation du laser, on verra deux pics en sortie de la cavité confocale, correspondant aux deux modes du laser utilisé, lorsque leurs fréquences s'ajustent à l'ISL de la confocale.

#### Variation de l'ISL

Supposons le laser thermalisé. On fait légèrement varier l'ISL, mais puisqu'on est à un ordre très grand, ce qu'on verra c'est un balayage en fréquence : les peignes restent quasiment équidistants, mais il se décaleront de  $p\delta$  ISL de part à d'autre de la position initiale. Donc en envoyant une rampe de tension, en supposant que la réponse du piezo est linéaire, on va balayer toute une plage de fréquences. On verra donc apparaître une répétition deux pics (espacés de  $ISL_{las}$ ) eux-mêmes espacés de ISL.

#### Combinaison des deux

En combinant les deux effets, on verra, avec le mode persistance, la courbe de gain se dessiner. En effet, verra la dérive en fréquence du laser, balayée par l'ISL petit à petit. On peut alors remonter à la largeur de la courbe de gain du laser, à l'ISL de ce dernier et à sa finesse.

### III Diapason champ magnétique

⚠ Les ampli de courant n'en sont pas : ce sont des convertisseurs courant tension. On a  $I = 0.132U_e$  cf notice sur la base de données !

## Conclusion

Résonance super utile partout : laser, oscillateur. Permet d'avoir une grandeur physique très fine.  
Problématique : problème des ponts si résonance peut casser.

## A Correction

## B Commentaires

## C Matériels

## D Expériences faites les années précédentes

- Circuit RLC
- Corde de Melde (introductif)
- Résonateur de Helmholtz (bouteille en verre)
- Cavité cofocale
- diapason
- Fabry-Perot

D'après rapport précédents, difficulté réside dans le lien à faire entre les résonances dans différentes domaines → trouver un fil conducteur

## E Tableau présenté