

**Titre :** Phénomènes de résonance dans différents domaines de la physique

**Présentée par :** Frédéric ASSEMAT

**Rapport écrit par :** Frédéric ASSEMAT

**Correcteur :** SF

**Date :** 16/02/2021

Bibliographie		
Titre	Auteurs	Éditeur

## Plan détaillé

(indiquer parties, sous-parties, 1 ou 2 phrases d'explications par sous-partie, et références)

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

Pré-requis :

- Mécanique 1<sup>ère</sup> année
- ELCIN (Bode, notation complexe) 1<sup>ère</sup> année
- Régime Sinusoïdal Forcé
- Interférences à N ondes

Introduction

Définition résonance.

### I. Système à 1 degré de liberté

#### *1.1 Oscillateur harmonique en régime forcé*

Exemple mécanique, système {masse+ressort} écriture de l'équation.

Système analogue RLC en électronique.

#### *1.2 Résonance en position*

Expérience qualitative masse+ressort+vibreux vertical. Comportement à BF et HF en passant par la résonance.

Formalisme complexe, réponse en module et en phase. Mise en évidence de la résonance en calculant le minimum du dénominateur de la fonction de transfert. Dépendance vis-à-vis de Q, courbes pour plusieurs facteurs de qualité sur slide.

#### *1.3 Résonance en vitesse*

Il y a toujours résonance en courant. Dépendance vis-à-vis de Q, courbes pour plusieurs facteurs de qualité sur slide.

Expérience quantitative (manip docteur) RLC diagramme de Bode mesure de la pulsation de résonance (propre)

#### *1.4 Aspect énergétique*

On multiplie l'équation mécanique par  $dx/dt$ . A la résonance le transfert d'énergie est optimal.  $Q$  à la fois largeur de la résonance et relié à la dissipation en énergie.

### II. Système à N degrés de liberté

#### *2.1 Deux oscillateurs couplés*

LC//LC : calcul de la fonction de transfert. Donne deux pulsations de résonance. Si on répète ça  $N$  fois, équation des télégraphes, cf TD.

Expérience qualitative. Wobulation pour montrer les deux résonances.

#### *2.2 Cavity Fabry-Pérot*

Calcul de l'intensité transmise en fonction de l'intensité entrante et des coefficients de réflexion/transmission. Slide intensité transmise en fonction de la fréquence. Permet de filtrer.

Conclusion : ici étude linéaire, que se passe-t-il dans cas non-linéaire ? par exemple pendule paramétrique -> nouveaux phénomènes, nouvelles harmoniques qui apparaissent.

## Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

*(l'étudiant liste les questions posées, ainsi que les réponses données par l'enseignant. Si certaines réponses manquent, l'enseignant pourra compléter le document)*

Sur la manip du ressort, est-ce qu'on n'aurait pas pu visualiser simplement l'opposition de phase entre la masse et le ressort ? Utilisation d'un stroboscope.

T'as donné le facteur de qualité, quelle signification physique ? Le facteur de qualité correspond à la largeur du pic de résonance :  $1/Q = \Delta f/f$ . Le facteur de qualité correspond à la perte d'énergie en fonction du temps.

Estimer le temps caractéristique des amortissements par rapport à  $\Delta f$  ? Plus  $\Delta f$  est large, plus  $\tau$  est court. Donc  $\tau \cdot \Delta f = 1$ .

Ca rappelle quoi ? Inégalité d'Heisenberg.

Que signifie physiquement que  $\tau \Delta \omega$  d'ordre 1 ? Si jamais je veux mesurer une fréquence à une certaine précision, il faut que je fasse une mesure sur un temps suffisamment long.

Remarque sur les calculs. Quand on se trompe, il faut essayer d'en tirer parti : insister sur l'erreur, la trouver et l'erreur finit par rapporter plus de points qu'elle n'en a coûté.

Petite erreur : est-ce que pour la résonance de position, la fréquence de résonance est la fréquence de résonance de l'oscillateur amorti ?

Pourquoi l'amortisseur de voiture c'est  $Q=1/\sqrt{2}$  ? On ne veut pas d'oscillations longues, mais on veut quand même que ça amortisse, donc c'est un bon compromis. On veut être au niveau de l'amortissement critique pour que ce soit aperiodique.

Résonance en énergie : Pourquoi le terme en  $d/dt$  est toujours nul ?

Sur le Fabry-Perot : Ce n'est pas une résonance en temps mais une résonance en distance, est-ce que ça ressemble aux résonances présentées précédemment ? Mais on peut se ramener à une résonance en temps en divisant la distance par  $c$  et on revient au temps que met la lumière à parcourir la cavité.

Ici contrairement à avant on a une infinité de résonance, pourquoi ? Ici on peut voir ça comme une infinité d'oscillateurs d'où le nombre infini de résonances.

A quoi ça ressemble cette formule ? Formule de Bragg

Où est-ce qu'on retrouve cette formule en physique du solide ? Dans les bandes de conduction, donné avec le nombre d'onde.  $e$  est la périodicité du cristal. C'est la même formule :  $k = n \cdot \pi / e$

Oscillation paramétrique : on va essayer de retrouver ensemble les solutions d'une équation paramétrique

On retrouve l'expression du fabry pérot qui ressemble donc plus à une oscillation paramétrique qu'à une chaîne d'oscillateurs.

## Commentaires lors de la correction de la leçon

*(l'étudiant note les commentaires relatifs au contenu de la leçon : niveau, sujets abordés, enchaînement, réponses aux questions, etc. L'enseignant relit, et rectifie si besoin)*

Pas passer tant de temps sur les calculs de début, les mettre en prérequis.

Quand le facteur d'amortissement est trop grand ( $Q$  faible), on n'a plus vraiment de résonance.

Que se passe-t-il si je force un OH non amorti à une fréquence très proche mais différente de la fréquence de résonance ? Le  $Q$  est infiniment fin. Donc si je suis un tout petit peu à côté de la résonance, et qu'on force, on ne va pas réussir à transmettre de l'énergie au système. Ressemble au modèle de l'atome : il n'absorbe que des fréquences qui sont exactement à la bonne énergie. Pour qu'on puisse transférer de l'énergie d'un forçage à un système, il faut qu'il y ait un accord de fréquence. Il faut qu'il y ait un verrouillage de phase. C'est le point important du mécanisme de résonance. On voit que sur le système non amorti, l'amplitude va diverger à la résonance exactement parce que c'est la seule fréquence à laquelle je vais transférer de l'énergie au système.

## Partie réservée au correcteur

**Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.) :**

**Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates :**

**Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur) :**

**Bibliographie conseillée :**