

LP n° 48 **Titre :** Phénomènes de Résonance dans différents domaines de la physique

Présentée par : Bruno Naylor

Rapport écrit par : Guillaume Boucher

Correcteur : Arnaud Raoux

Date : 25/10/2018

Bibliographie de la leçon :

| Titre | Auteurs | Éditeur | Année |
|-------------------------|----------------|------------|-------|
| Physique Spé. PC*, PC | Olivier et al. | Tec et Doc | 2000 |
| Électromagnétisme 2 | Bertin, F, R | | |
| Intro to quantum optics | Grynberg et al | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : Fin CPGE

Pré-requis :

Mécanique du point
Electrocinétique
Ondes stationnaires
Interférences

Introduction
exemple : balançoire

nombre de résonances = nombre de degrés de liberté d'un système

I-Circuit RLC série forcé

1-Résonance en intensité

Détermination de l'expression de $i(\omega)$ (via la tension aux bornes de la résistance)
Expression de la fréquence propre du système (qui correspond aussi à la fréquence de résonance en intensité)
Expression du facteur de qualité

Expérience : tracé du diagramme de Bode en suivant la tension aux bornes de R

2-Résonance en charge

Expression de la tension aux bornes du condensateur (proportionnelle à la charge via le facteur C)

Détermination de la fréquence de résonance en charge (différente de la fréquence propre)
Condition de résonance en charge sur le facteur de qualité

diapositives montrant l'effet de Q sur la réponse en charge.

3-Analogie Mécanique

Établissement de l'équation de l'oscillateur harmonique forcé pour le circuit RLC

Même chose pour un ressort avec masse m , une constante de raideur k , des frottements
On en déduit la fréquence propre et le facteur de qualité du système mécanique.

Transition : systèmes étudiés jusque là : une seule fréquence propre

II-Corde de Melde

expérience : corde de Melde

Plusieurs fréquences de résonance multiples les unes des autres.

Détermination de ces fréquences propres pour une corde où la dissipation est négligée.

III-Cavité Fabry-Perot

Calcul du facteur de transmission de la cavité en fonction de λ (suite géométrique)
diapositive : illustration fonction d'Airy

ordre de grandeur facteur Q pour caractéristiques de cavité typiques

Conclusion

Ouverture sur les résonances au niveau microscopique

Questions posées par l'enseignant

- Balançoire : pourquoi motiver la leçon par ce système ?
- Comment montrer physiquement qu'il faut se placer proche de la résonance pour avoir de fortes amplitudes
- Choix du RLC plutôt qu'autre chose ?
- Temps de relaxation ?
- Régime forcé ? Permanent ?
- ARQS ?
- Passage au module => perte d'informations ? Phase ?
- A quoi ça sert le facteur Q ?
- On veut plutôt des grands ou des petits Q ?
- Tension de claquage ? Ordre de grandeur ?
- Transformateur d'isolement ?
- Amplificateur en $X1$? Adaptation d'impédance ?
- Comment retrouver l'équation de D'Alembert pour la corde de Melde ? Hypothèses importantes ?
- Comment choisir T et R pour un Fabry-Perot ?
- Expression de t et r en fonction des indices (ou impédances)
- Pourquoi est-ce qu'on est sensible aux intensités ?
- Comment ça marche un sismographe ?
- Grand facteur de qualité ou petit pour le sismographe ?
- Résonance en mécanique quantique ?
- Qu'est-ce qui résonne en RMN ?

Commentaires donnés par l'enseignant

- Écrire la définition de résonance (ne pas se contenter de le dire)
 - Trop de matériel pour ce plan (corde de Melde à dégager – en tout cas pas avec le modèle sans dissipation utilisé ici).
 - Autres domaines abordables : RMN, RPE, Electron élastiquement lié, acoustique, laser, guitares, résonance optique (sodium), mécaQ (barrière de potentiel)
 - Autres : résonance paramétrique, et effets non-linéaires (cf Landau de mécanique), couplage d'oscillateurs
 - Ne pas être possessif (mon GBF, ma bobine, ...)
 - Pas de plotter, fit
 - Traiter absolument résonance en intensité, en charge
 - Parler d'aspect énergétique
 - Donner plus de détails sur le Fabry-Perot
 - Sismographe avec Q juste au dessus du Q_{limite} pour avoir résonance mais pas trop d'oscillations pour ne pas louper un choc qui suivrait le précédent.
- Acoustique : couplage entre corde vibrante, caisse de résonance (cf acoustique des instruments de chez Belin – certains chapitres).

Partie réservée au correcteur

Avis sur le plan présenté

Plan trop ambitieux. En l'état, la partie 2 sur la corde de Melde est superflue.
Très bien d'avoir abordé de nombreux domaines de la physique (élec, méca, optique)

Concepts clés de la leçon

Définition de la résonance, exemples en charge (ou position) et en intensité (ou vitesse). Les calculs là-dessus sont indispensables (au tableau)
Aspects énergétiques

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)

RLC
Résonance mécanique
Fonctionnement d'un Fabry-Pérot
Corde de Melde
Résonateur de Helmholtz

Concepts secondaires mais intéressants

Effets non-linéaires (doublements de fréquence, modification de la fréquence de résonance, instabilité)
Résonance paramétrique
Couplage de deux résonateurs

Points délicats dans la leçon

Bien séparer les deux résonances !

Bibliographie conseillée

Dunod PC pour la base sur les résonances
Landau, Mécanique (résonance paramétrique et effets non-linéaires)
Acoustique des instruments (pour parler de couplage à une cavité résonante)