

CORRECTION : LP48 – PHÉNOMÈNE DE RÉSONANCE DANS DIFFÉRENTS DOMAINE DE LA PHYSIQUE

12 avril 2017

Samuel Paillat & Lucile Sanchez

Note : B
THIBAUT CLARTÉ

Extraits des commentaires du jury

2010 : L'analyse du seul circuit RLC est très insuffisante pour cette leçon. Le phénomène de résonance ne se limite pas aux oscillateurs à un degré de liberté.

2008,2007 : Le jury regrette que les cavités résonnantes soient rarement présentées.

2006 : L'aspect énergétique de la résonance est ignoré la plupart du temps. Trop souvent, la notion même de résonance n'est liée qu'à l'existence d'un maximum d'amplitude. Les applications dans le domaine microscopique sont rarement abordées.

2003, 1998 : La leçon porte sur l'étude de résonance dans différents domaines de la Physique. Le candidat ne doit pas se limiter à l'électricité et à la mécanique. Il doit prendre soin de dégager les propriétés communes aux différents exemples présentés. Les relations entre le comportement des systèmes forcés et les propriétés des mêmes systèmes libres, doivent être soulignés, de même que les aspects énergétiques.

On remarquera que le jury met bien l'accent sur les liens qu'il y a entre les différents systèmes présentés, les définitions doivent ainsi être transposables pour les différents exemples présentés lors de la leçon. De plus, l'idée principale soulignée par le titre est de présenter la résonance comme un phénomène transverse dans toute la Physique, et donc impératif de bien choisir les systèmes étudiés pour balayer les différents domaines et échelles de la Physique dans lequel le phénomène apparaît.

Remarques générales

La leçon proposée était intéressante et relativement bien exécutée. La leçon a bien été traitée dans le temps imparti, le plan constitue une proposition acceptable et le tableau bien tenu. Les parties écrites sur transparents étaient bien choisies. L'ensemble des questions ont été abordées de manière correcte. Cependant quelques remarques sont à noter :

- **Sur la forme** : 1- Les aller-retour entre le tableau et les transparents étaient trop rapides, il n'était pas possible de suivre le discours. Il aurait fallu plus décrire les courbes (axes, légendes) pour laisser le temps au jury de comprendre de quoi vous parliez. 2- Il est impératif de ne pas faire d'erreur lors de l'expérience illustrative, surtout quand il s'agit d'un RLC! Si jamais, il arrive que l'on ne soit pas sur un matériel connu lors de l'oral et qu'on a quelques difficultés pour le régler, essayez de meubler en parlant de la leçon ou du montage que l'on est en train d'effectuer.
- **Sur le fond** : Les définitions ne sont pas très claires dans cette leçon, notamment sur la notion même de résonance. De plus, il faut faire des liens plus clairs entre les différentes parties de la leçon, les points communs et les différences des résonances mises en jeu.

Dans cette leçon qui appelle à balayer de nombreux domaines, quelques exemples d'application et des ordres de grandeurs seraient les bienvenus!

Plan

Le plan présenté est assez classique pour la leçon. Il a le mérite de pouvoir traiter à la fois un système mécanique et un système électrique et de passer d'un degré de liberté à une infinité de degré de liberté.

I-Systèmes à degré de liberté unique

- A) Introduction, circuit RLC
- B) Généralisation

II-Système à degrés de liberté multiples

- A) Couplage d'oscillateurs
- B) Milieu continu, infinité de degrés de liberté

Dans cette leçon, le titre permet plusieurs angles d'attaque. On pourrait utiliser un système optique (cavité résonante...), un système microscopique (résonance atomique...) ainsi que parler de résonance non linéaire (oscillateur paramétrique...). Cette leçon vous laisse beaucoup de liberté, vous pouvez donc faire preuve d'originalité tout en choisissant des systèmes avec lesquels vous êtes confortables.

Remarques détaillées

Dans l'introduction, vous posez très intelligemment le cadre d'étude à savoir celui des oscillateurs en régime permanent soumis à un forçage. Vous auriez pu aussi dire que vous vous restreigniez à un forçage harmonique et à des systèmes résonants linéaires.

I -Système à degré de liberté unique

Circuit RLC : Il est en effet judicieux de commencer par le RLC, un système modèle sur lequel les calculs sont rapides et faciles. Ici vous utilisez pour la résolution les amplitudes complexes, une notion importante à savoir maîtriser en L2/CPGE. Les hypothèses sous lesquelles il est possible d'avoir recours aux impédances complexes sont bien exposées. Le but de faire le lien entre le forçage et la réponse du système (tension et intensité ici) est bien mis en avant. La réponse est ensuite étudiée en module (où l'on montre le maximum d'amplitude) et la phase (celle-ci a en effet son importance, notamment dans de nombreux systèmes résonants permettant un asservissement. Il ne faut donc pas négliger son étude!).

Dans cette partie, vous donnez une définition "courante" de la résonance comme étant "un maximum d'amplitude à $\omega = \omega_0$ pulsation propre du système en l'absence de forçage". La définition de résonance en Physique est assez floue. Elle comporte deux définitions : Celle où la résonance est l'apparition d'un maximum d'amplitude d'une grandeur pour une fréquence donnée et l'autre, le transfert maximal d'énergie entre le forçage et le résonateur pour une fréquence donnée. Cependant, même s'il est parfois le cas, la fréquence de résonance n'est pas la fréquence propre du système. Vous pouvez aussi mettre en avant la phase lorsque le système est à la résonance.

Lors de l'expérience, vous avez perdu beaucoup de temps lors du réglage d'un oscilloscope... Cette erreur est à éviter absolument, en testant votre expérience lors de la préparation, et vous remémorez les boutons usuels de l'oscillo, sans quoi vous perdez un peu de votre crédibilité... A propos de cette expérience, il serait intéressant de montrer en balayant rapidement que vous avez une variation de l'amplitude, ensuite vous "zomez" pour montrer que au niveau de la résonance l'amplitude varie peu, et qu'il est judicieux de regarder la phase en XY pour déterminer la résonance. La partie énergétique avec la puissance fournie était survolée un peu rapidement, surtout qu'il s'agit d'une des remarques présentes dans les rapports du jury.

Sur transparent, vous tracez rapidement les graphes de la résonance en tension. Pour ma part, je trouve plus judicieux de traiter l'une des résonances (passe-bas résonant/passe-bande) sur ce système mais de traiter le second sur un autre système pour ne pas s'attarder sur l'électricité. Cependant, il serait intéressant avant de conclure sur la partie de mettre plus en avant le rôle du facteur de qualité et ce qu'il représente.

Généralisation : L'analogie électro-mécanique est intéressante ici, mais vous ne mettez pas en avant la physique. Certes, il s'agit de montrer que l'écriture mathématique reste similaire avec d'autres grandeurs, mais il serait souhaitable d'ajouter un exemple d'application ou un ordre de grandeur, pour ne pas donner l'impression que vous "cochez" la case "système mécanique".

C'est bien de parler de bande passante à -3 dB, de puissance et d'illustrer sur un graphe, mais encore une fois, il ne s'agit pas juste de définir des outils, encore faut-il les ancrer dans le réel, avec notamment l'intérêt de définir une bande passante ou encore des ordres de grandeur.

Le cas limite de l'oscillateur non amorti est curieux à ce stade là, surtout que vous dites qu'il n'est pas physique... on comprend par la suite que cela vous évite des calculs fastidieux. Je pense que ce serait mieux de le mettre dans votre seconde partie lorsque vous en avez besoin.

I -Système à degré de liberté multiple

Couplage de deux oscillateurs Je pense que ici vous pourriez prendre plus votre temps pour expliquer le système. On a deux pulsations propres identiques pour chacune des deux masses, et le découplage lève cette dégénérescence pour faire apparaître deux fréquences de résonances. Il faudrait associer les pulsations aux deux modes de vibrations (il s'agit bien ici de modes normaux de vibration, en gros les deux vecteurs propres associés à la diagonalisation de la matrice 2×2). Le mode symétrique possède la fréquence la moins élevée et le mode antisymétrique, la plus énergétique.

La généralisation à une chaîne de N oscillateurs est une bonne transition pour passer au milieu continu.

Système a une infinité de ddl Vous explicitez le passage au continu, la présence d'onde stationnaire par les conditions aux limites (ici vous pouvez en effet vous arrêter pour faire remarquer que vous avez une cavité résonante, que les résonances sont dues ici aux C.L.). Vous donnez la formule des noeuds de vibration et montrez bien que vous en avez une infinité.

Pour ce qui est du traitement du Fabry Péro sur transparent, c'était beaucoup trop vite pour être compréhensible ! De plus, votre ordre de grandeur de taille de cavité est quand même beaucoup sous-estimée !

Questions posées

-Donnez des ordres de grandeurs des facteurs de qualité (oscillateur à quartz, cavité optique, système masse-ressort...) - Ici vous parlez beaucoup de forçage harmonique, connaissez vous un système en musique pour lequel le forçage n'est pas harmonique ? Pourquoi cela fonctionne t-il encore ? (stick-slip de l'archet du violon, traitement de Fourier...) - Est ce que le forçage doit toujours se faire à la fréquence de résonance ? (non, oscillateur paramétrique, optique non linéaire et SHG...)