

Trois expériences fondamentales d'excitation magnétique enregistrées à l'oscillo.

par Irène TIRASPOLSKY
Lycée Mistral, 84000 Avignon

1. LE RESSORT HORIZONTAL

1.1. Photographie

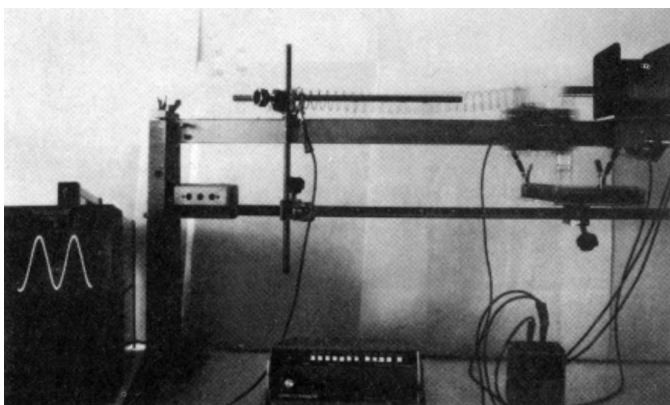


Photo 1 : Le ressort : oscillations entretenues. Enregistrement à l'oscillo : période d'environ 1 s. (photo 2 s)

1.2. Matériel

- un banc d'accéléromètre avec son mobile. On fixe une tige en cuivre à l'extrémité du mobile pour établir le contact avec le sulfate de cuivre,
- un ressort de jeu stupide d'enfant (objet mal défini qui sort en «couinant» lorsqu'on ouvre une boîte cylindrique),
- une tige métallique pour guider le mouvement du ressort. On fixe le ressort guidé au mobile de l'accéléromètre,
- un aimant droit posé sur une lame de fer fixée au mobile,
- une bobine de transformateur 1000 tours,

- deux morceaux de bois fixés avec un serre-joint de chaque côté du banc pour poser la bobine,
- un générateur B.F. (utilisé en signaux carrés) descendant jusqu'à 0,2 Hz (CIRCUIT MAT FG2),
- une cuve plate à sulfate de cuivre avec deux électrodes de cuivre, une pile 4,5 V. On relie les deux électrodes à la pile,
- un oscillo ayant un balayage lent (par exemple Téléquipement D61a). On relie à l'oscillo, l'une des électrodes et l'extrémité du mobile.

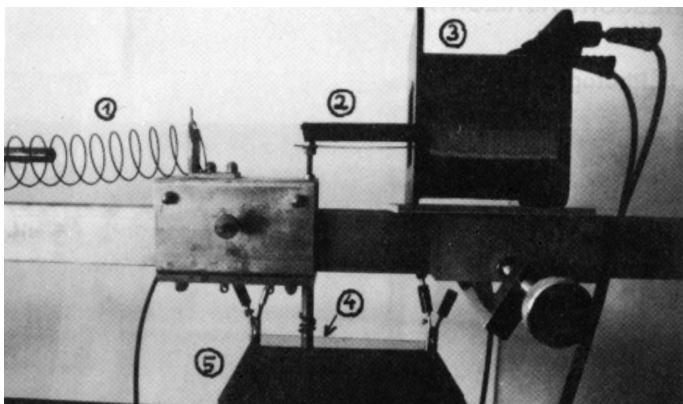


Photo 2 : Détails matériels : (1) ressort, (2) aimant droit, (3) bobine, (4) tige de cuivre, (5) cuve à sulfate de cuivre.

1.3. Expérience

- en l'absence d'excitation magnétique, on mesure à l'oscillo la période des oscillations libres du mobile lié au ressort. Elle est voisine d'une seconde,
- puis, en envoyant dans la bobine des signaux carrés de fréquence voisine de 1 Hz, on obtient des oscillations d'amplitude maximum. On règle la position de l'aimant droit dans la bobine pour avoir l'effet maximum.

1.4. Interprétation

En première, ce sont des oscillations entretenues et en terminale c'est de la résonance avec une fréquence de résonance légèrement inférieure à la fréquence propre.

2. OSCILLATION ET ROTATION D'UNE MASSE DE 5 kg SUSPENDUE

2.1 Photographie

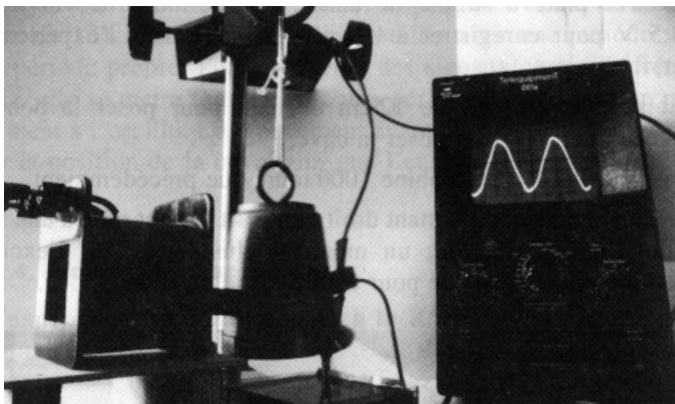


Photo 3 : Oscillations de la masse de 5 kg suspendue : période d'environ 1 s. (photo 2 s)

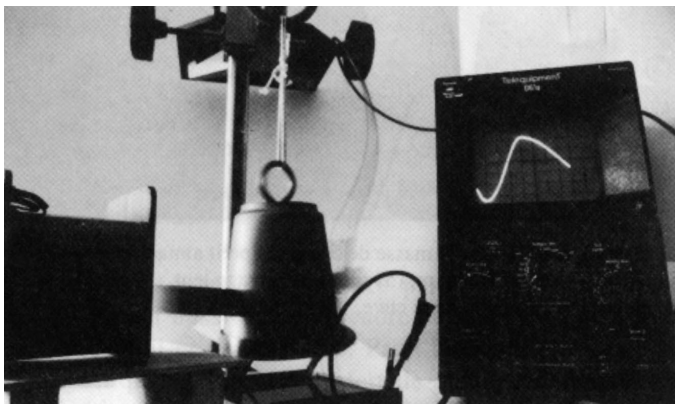


Photo 4 : Rotation de la masse suspendue. Période d'environ 4 s (photo 4 s)

2.2 Matériel

– une masse de 5 kg (masse bleue d'appareil à effet Joule) au bas de laquelle on fixe à l'aide d'un serreflex une tige de cuivre qui fera le contact avec le sulfate de cuivre,

- un anneau métallique relié au crochet de la masse par un cordon solide. La masse est ainsi suspendue sans favoriser certains mouvements,
- un support bien solide, équilibré par une autre masse de 5 kg,
- une cuve plate à sulfate de cuivre et électrodes de cuivre. Une pile 4,5 V pour enregistrer à l'oscillo, comme dans l'expérience du ressort,
- petit support en bois de 12 cm de haut pour poser la bobine et 2 morceaux de bois pour poser la cuve,
- même oscillo, B.F. et bobine 1000 tours que précédemment,
- plusieurs morceaux d'aimant droit : un petit aimant relié à une ficelle à l'aide d'une fil de fer ; un morceau plus long pour l'excitation magnétique et un troisième pour équilibrer le deuxième.

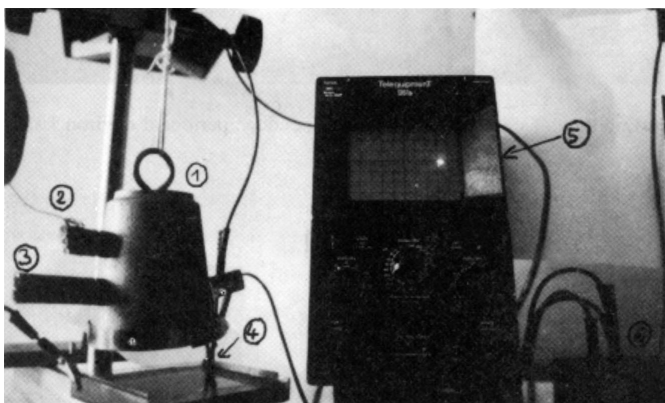


Photo 5 : Détails matériels : (1) masse de 5 kg, (2) petit aimant tenu à la main, (3) aimant droit, (4) tige de cuivre, (5) spot en balayage lent, (6) pile 4,5 V reliée au électrodes de cuivre de la cuve.

2.3. Expérience

Il y a cette fois-ci deux modes différents que l'on peut exciter :

- la masse peut osciller comme un pendule avec une période de 1 s,
- la masse peut effectuer des oscillations de rotation de période 4 s.

a) Oscillations entretenues à la main

Le petit aimant lié à la ficelle exerce une force de l'ordre de 1 N (mesure au dynamomètre) perpendiculaire au poids de 50 N. Cette force

permet d'amplifier les oscillations quand on tire avec une période de 1 s. Si la période est différente, le petit aimant se détache.

b) Excitation magnétique

On envoie comme pour le ressort des signaux carrés de fréquence voisine de 1 Hz. La masse se met à osciller avec une période voisine de sa période propre. Puis on envoie des signaux carrés de fréquence 0,2 Hz, elle se met à tourner avec une période de 4 s que l'on mesure facilement à l'oscillo. Le mouvement ayant changé de direction, il faut régler la position de la cuve pour que l'enregistrement à l'oscillo soit correct.

2.4. Prolongement scientifique

a) L'expérience 2.3.a. fait penser à la RMN (résonance magnétique nucléaire) où «les petits aimants» constitués par les spins des noyaux des atomes sont orientés dans un champ magnétique important. Ensuite un petit champ magnétique perpendiculaire au premier, de fréquence caractérisant ces noyaux leur donne un mouvement de précession autour de cette orientation. Ici la force importante est le poids et la petite force supplémentaire perpendiculaire au poids, exercée par le petit aimant, permet de faire osciller la masse.

b) L'excitation de deux modes d'oscillation pour un même système peut s'appliquer aux molécules qui absorbent différentes radiation pour vibrer ou pour tourner. L'énergie correspondant à la rotation est toujours la plus faible. En suspendant la masse à un ressort on peut d'ailleurs retrouver des vibrations.

c) Cet échange d'énergie à distance par l'intermédiaire du champ magnétique permet aussi de comprendre ce qui s'est passé lors de la formation du soleil et des planètes. Par l'intermédiaire des lignes de champ magnétique, il y a eu transfert de quantité de mouvement ou moment cinétique du centre de la nébuleuse qui se condensait à ses bords où se sont formées les planètes. C'est pourquoi le Soleil ne tourne pas en 0,02 jour comme le donnerait la conservation du moment cinétique mais avec une période de 25,3 jours compatible avec sa stabilité. Lorsque le rayon du proto-soleil atteint les 2/5 du rayon de l'orbite de Mercure, les forces centrifuges deviennent trop importantes, il se forme un disque de matière dont la masse est 1750 masses terrestres. (obtenu en comparant les proportions des éléments C, N, O

dans la nébuleuse initiale et dans Neptune et Uranus). En 4 000 ans il y a transfert de moment cinétique vers le disque, les lignes de champ magnétique agissant comme un peigne. Puis en 10 millions d'années, hydrogène et hélium s'évaporent à la périphérie du disque au niveau des orbites d'Uranus, Neptune et Pluton (faible vitesse de libération). Ensuite il y a formation des grains qui donneront les Planètes. La masse totale des planètes n'est plus que 450 masses terrestres dont 318 pour Jupiter. (d'après Hoyle «The cosmogony of the Solar System»)

3. VIBRATIONS D'UNE LAME DE SCIE

3.1. Matériel

- lame de scie fixée dans un étau. On fixe un petit aimant au bout de la lame,
- bobine de transfo 1000 tours munie de son noyau,
- générateur B.F. précédent,
- stroboscope.

3.2. Expérience

Pour une longueur de lame de scie de 10 cm environ, on obtient la résonance pour 10 Hz. On stroboscope la lame vibrante.

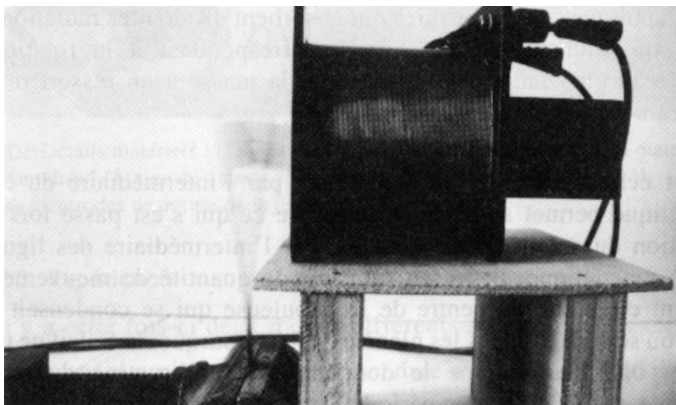


Photo 6 : Lame de scie : vibrations entretenue par la bobine avec noyau de fer doux.

3.3. Interprétation

Cette expérience illustre un exercice de première. Elle illustre aussi la résonance en terminale.

Ces expériences sont un effet de résonance au lycée de l'Empéri à Salon de Provence.

Nous remercions M. l'I.G. Hubert Gié pour sa suggestion impromptue concernant la transfert de moment cinétique dans la nébuleuse du Soleil en formation.

Éric Burel, Janine Delcros, Pierre Luciani, Jean-Yves Moisan, Lucien Roux et Irène Tiraspolsky ont participé à l'élaboration des expériences.