



- Mode propre
- Transitoire
- Réponse harmonique pour différents amortissements
- Excitation résonante de pendules
- Excitation résonante de diapasons

Mécanique | 2013 7

Bonjour, bienvenue au cours de physique générale de l'EPFL. Dans cette leçon et dans ce module en particulier, je vais montrer les aspects importants du phénomène de résonance. D'abord on va regarder un oscillateur harmonique libre de toute force extérieure. On observera ce qu'on appelle le mode "propre". Ensuite on va ajouter une sollicitation extérieure, on verra qu'il y a des transitoires qui apparaissent, et une fois que ces transitoires sont amorties, on a ce qu'on appelle la réponse harmonique. Et on verra cette réponse harmonique pour un système pratiquement libre d'amortissements ou bien notoirement amortis. Ensuite on regardera des résonances entre des pendules. Et enfin, pour illustrer le caractère général du phénomène de résonance, on regardera des résonances acoustiques.

Notes

Summary



0m 03s



- On tire sur le plot et on le laisse osciller dans l'air
- On mesure la fréquence, approx. 1.4 Hz

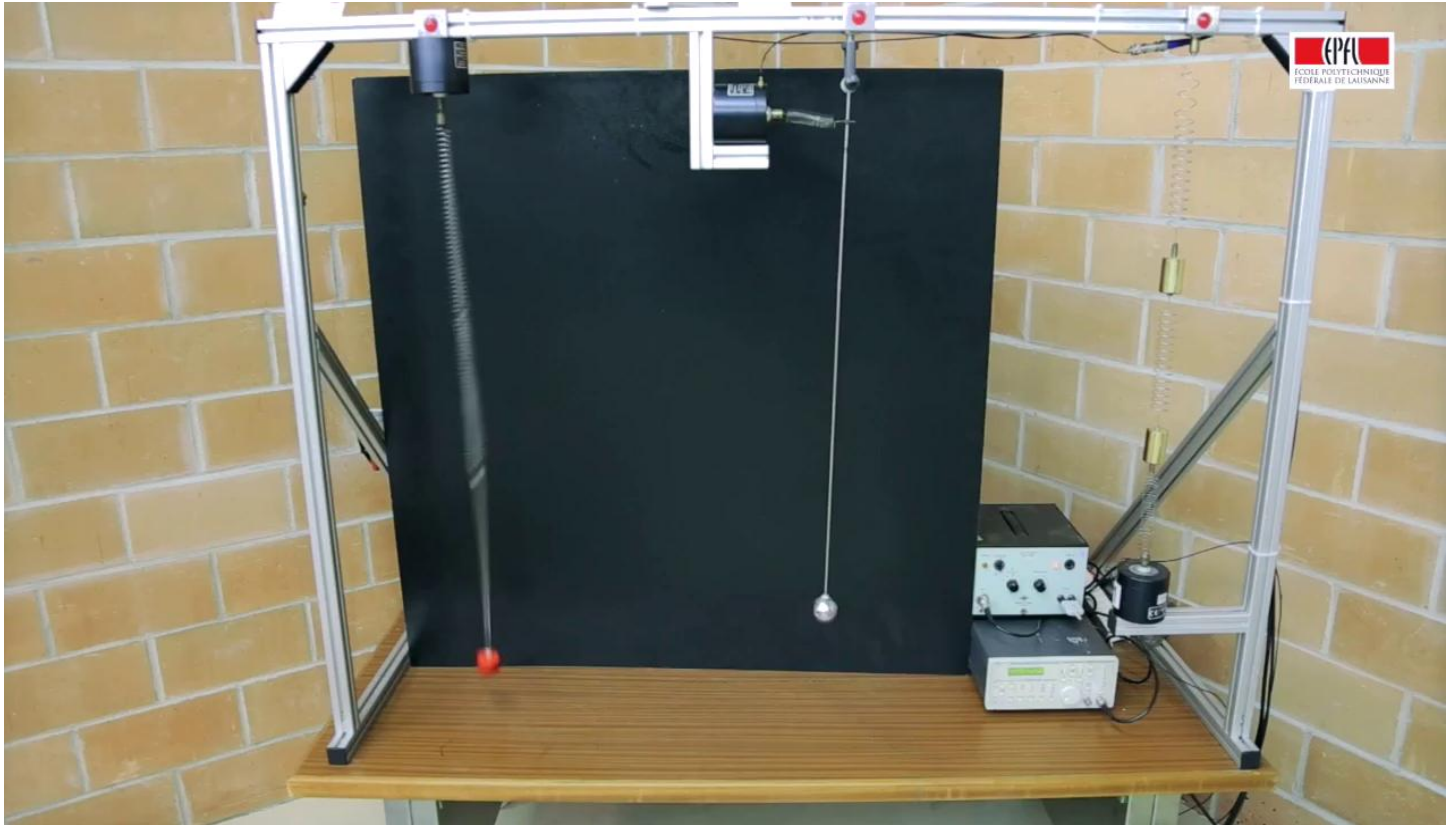
Mécanique | 2013 8

Alors, je commence avec une masse pendue à un ressort, il n'y a rien d'autre qui agit sur ce ressort que la pesanteur. Et je vais enclencher le système. On va observer les oscillations et un détecteur permettra de nous dire quelle est la fréquence propre de ce système.

Notes

Summary





On lit, on se souviendra de cette valeur qu'on utilisera plus tard : 1,40 Hz. Maintenant, on va s'amuser à enclencher le pot vibrant qui est contrôlé de façon électromagnétique en haut du ressort et on va faire osciller ce pot vibrant à une fréquence qui diffère de la fréquence propre par 0,1 Hz. Ce qui va se passer c'est que le système va osciller avec deux modes d'oscillation, celui qu'on impose avec la fréquence du pot vibrant et le mode propre. Les deux diffèrent de 0,1 Hz. Ça va nous donner un battement toutes les dix secondes. Je vous invite à regarder. Voilà, on enclenche le système. Vous pouvez regarder le temps qui s'écoule. Vous voyez, là il y a un battement. Le plot s'arrête. Et en voici un nouveau. Et à peu près toutes les dix secondes, il y a un battement. Maintenant on montre ce qui se passe quand on se met exactement à la fréquence de résonance, on a une immense oscillation qui se développe assez rapidement. Au point que, d'ailleurs, on a plus tout à fait un oscillateur harmonique. Voilà, vous voyez on sort même du régime linéaire.

Notes

Summary



1m 35s



- On enclanche le pot vibrant à une fréquence décalée de 0.20Hz de la fréquence propre.
- On constate un battement
- Le battement dure aussi longtemps que l'oscillation libre.

Mécanique | 2013 10

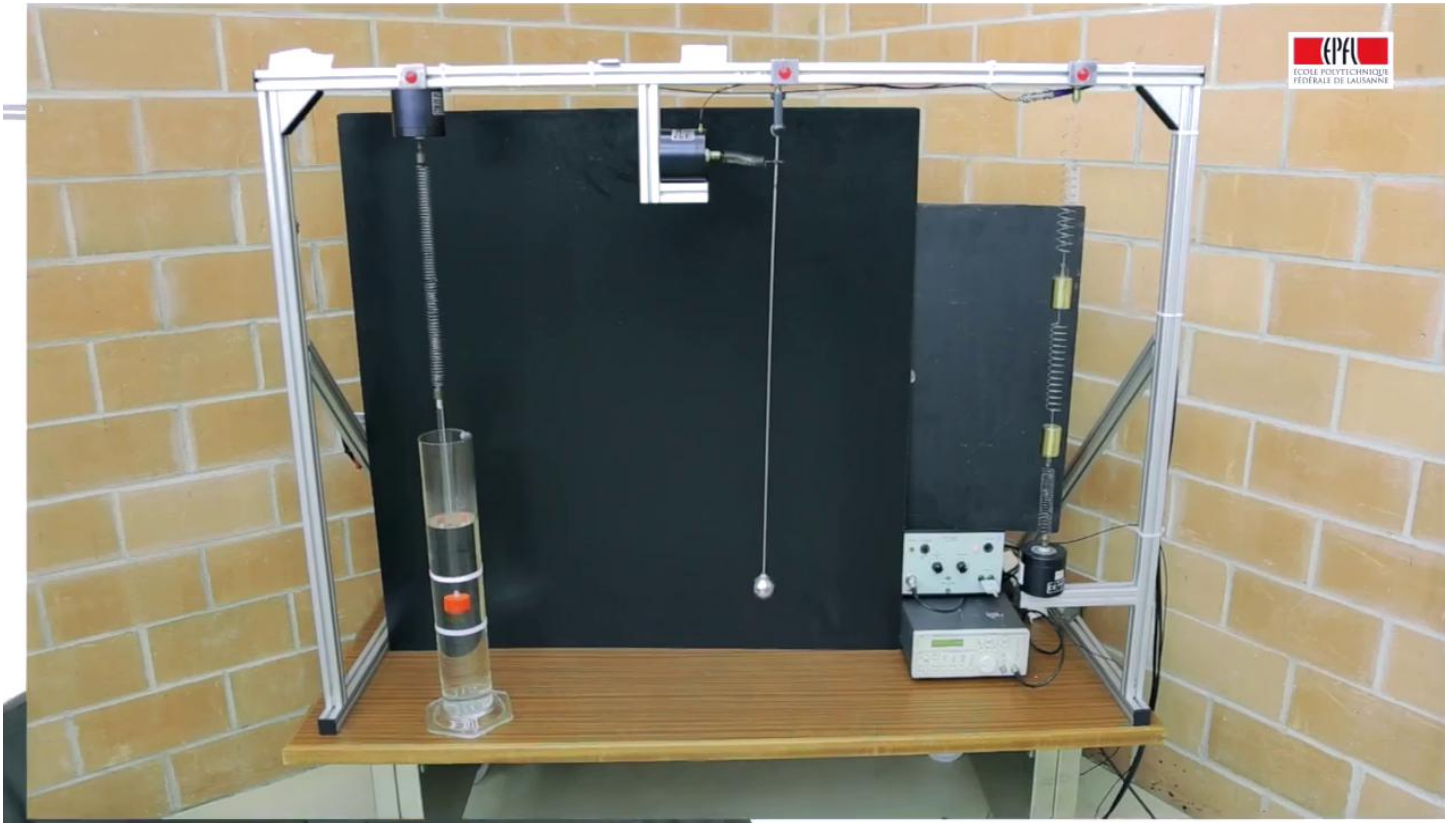
Maintenant on va mettre l'oscillateur dans l'eau. J'aimerais aussi montrer ce phénomène de battement entre le mode propre et le mode qu'on impose avec le pot vibrant. Comme l'amortissement a lieu très vite, je dois mettre une différence de fréquence plus grande. Je vais mettre 0,20 Hz de différence entre le mode propre et la fréquence de l'excitation. Donc il y aura un battement toutes les cinq secondes. Et vous verrez que le battement disparaît, s'estompe rapidement.

Notes

Summary



3m 09s



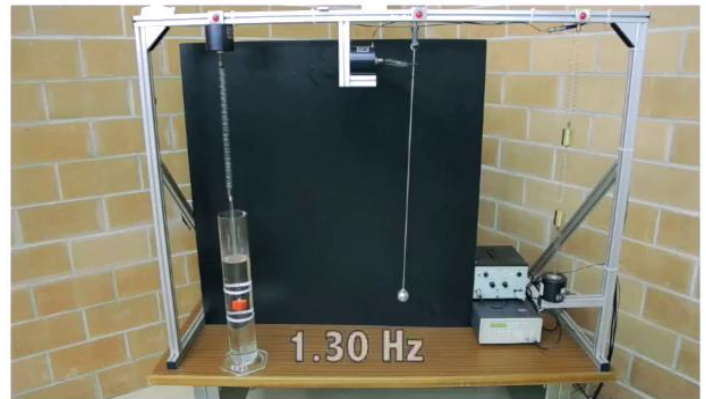
Observons. Là il y a un battement. Là on le distingue encore un peu. La troisième fois ce sera plus difficile de dire si le pot s'arrête.

Notes

Summary

3m 44s





- On enclanche le pot vibrant légèrement hors résonance
- On note l'amplitude à la résonance.
- Même amplitude à une fréquence voisine

Mécanique | 2013 11

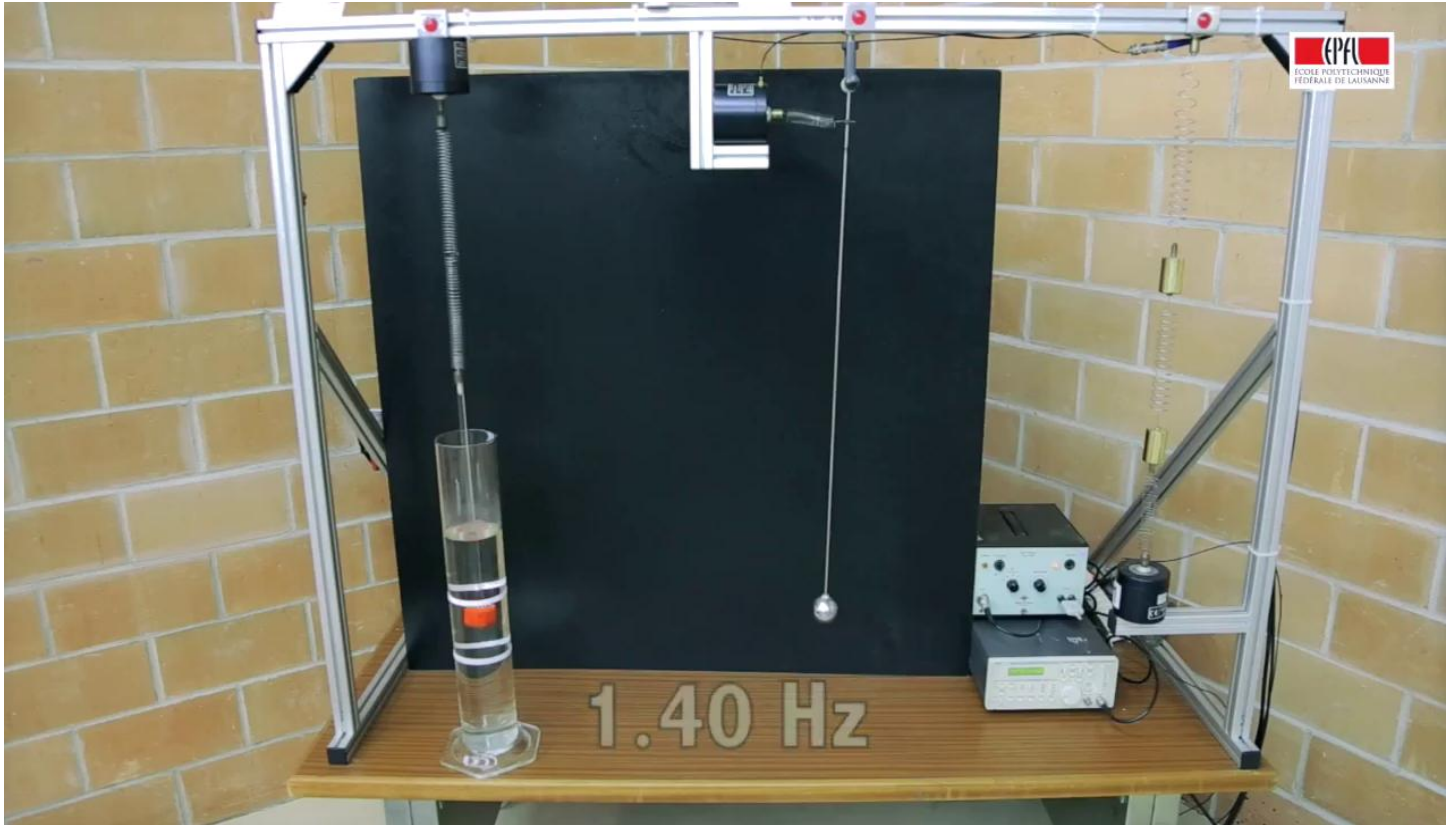
Et si on attend, on voit qu'on arrive dans un régime stationnaire qu'on va appeler la réponse harmonique. Vous aurez remarqué que la fréquence était de 1,15 Hz. Il se trouve que lorsqu'on fait des mesures un peu précises, on trouve que le mode propre, la fréquence lorsqu'il n'y a pas de force extérieure, la fréquence est de 1,35 Hz, n'est plus de 1,40 Hz comme dans l'air. Et ça correspond à ce qu'on avait vu quand il y a du frottement, la fréquence propre ω_1 , enfin, la pulsation propre ω_1 , vaut racine carrée de ω_0^2 moins γ^2 où γ qualifie le frottement ou l'amortissement. Maintenant on va regarder cette réponse harmonique, je commence dans l'eau et on va observer que l'on peut se mettre à peu près à la fréquence de résonance, ça veut dire la fréquence du mode propre ou bien on peut se mettre à côté et on a à peu près toujours la même amplitude.

Notes

Summary



4m 10s



Observons Voyez les deux bandes blanches qui vous permettent de repérer l'amplitude d'oscillation. Si maintenant on change à 1,40 Hz, vous pouvez attendre, vous aurez la même amplitude.

Notes

Summary



5m 12s

Spectre de la réponse harmonique



- On enclanche le pot vibrant :
- Amplitude modérée à 1.30 Hz (réponse harmonique)
- Amplitude énorme à 1.40 Hz

Mécanique | 2013 12

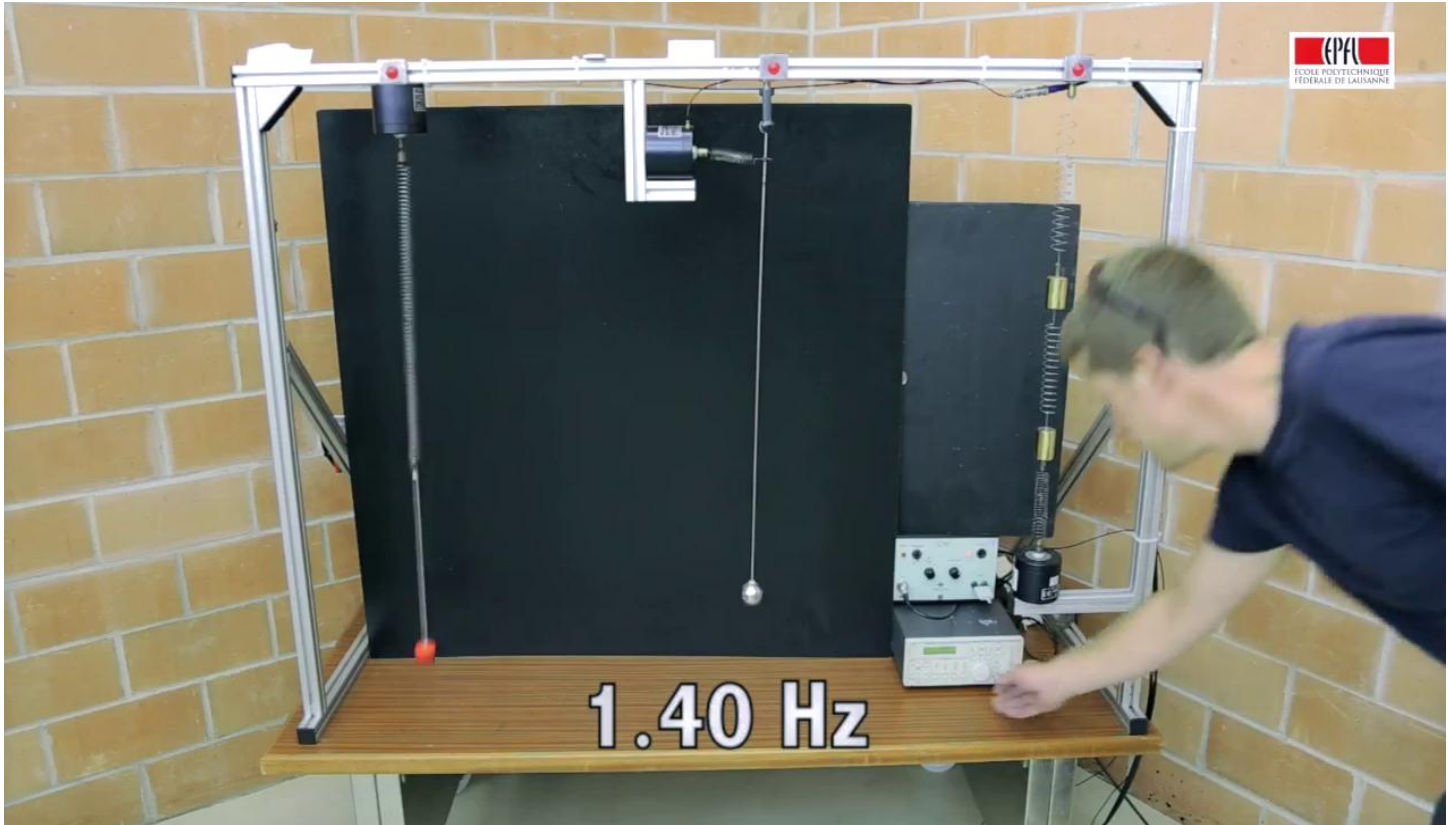
Voilà Maintenant on va faire la même expérience dans l'air. Alors dans l'air, il y a des battements qui durent très longtemps. Parce que dans l'air, le mode propre s'amortit mais très lentement. Il faut plusieurs minutes pour qu'il s'arrête. Donc le film commence longtemps après avoir enclenché le système à 1,30 Hz. Ensuite, et vous verrez que l'amplitude est notoire, elle n'est pas de bien loin aussi grande que lorsque l'on est à la résonance à 1,40 Hz.

Notes

Summary



5m 44s



On observe ça, ce n'est pas le début de l'oscillation c'est après avoir enclenché le système il y a à peu près trois minutes. Maintenant on passe à 1,40 et, tout de suite, une amplitude beaucoup plus grande se développe. Donc vous voyez que, dans l'air, l'amortissement est très faible. Il suffit de changer la fréquence un tout petit peu et on change complètement l'amplitude. C'est ce qu'on avait prédit. Et là on sort complètement du régime de l'oscillateur harmonique.

Notes

Summary



6m 17s



- On lance un pendule ...
- Après un moment, seul celui qui a la même longueur (donc la même fréquence) oscille grandement
- Les autres sont amortis

Mécanique | 2013 13

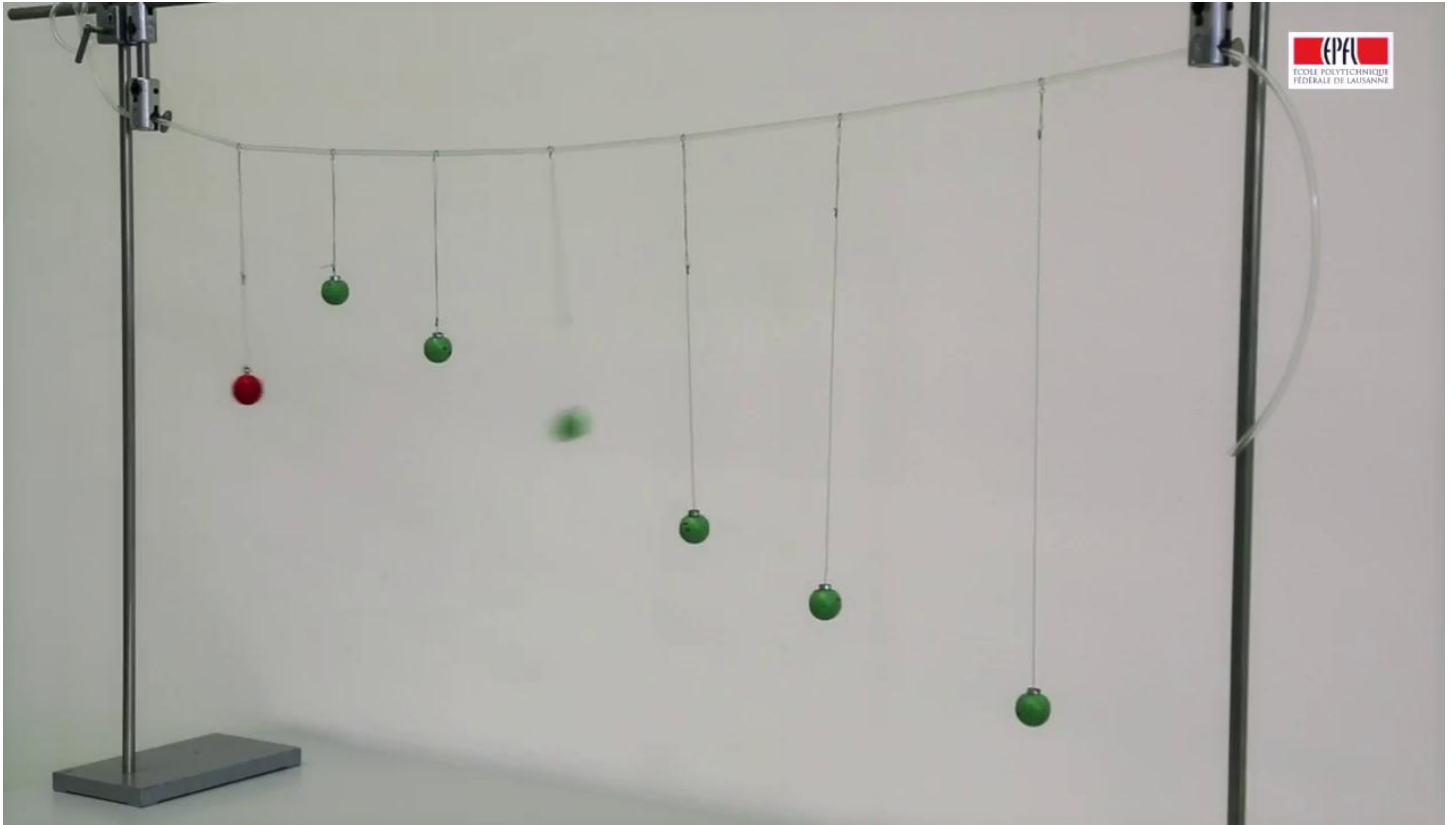
Maintenant voilà un système dynamique où vous avez plusieurs pendules qui sont couplés parce qu'ils sont montés sur un tube en plastique mou et on va lancer la boule rouge et vous allez voir que de tous ces oscillateurs, il y en a un qui va répondre à la sollicitation. C'est celui qui a la même longueur.

Notes

Summary



6m 53s



Allons-y. Voilà, au début, tout secoue un peu et il y en a un qui a une amplitude beaucoup plus grande que tous les autres. C'est, encore une fois, le phénomène de résonance.

[illegible]

Summary





- On frappe un diapason, puis on le stoppe
- le deuxième génère un son, si les deux ont la même note.

Mécanique | 2013 14

Pour illustrer le fait que ces phénomènes de résonance sont très généraux, je vous propose maintenant de regarder une expérience avec des diapasons. Vous avez deux diapasons ici, montés sur une caisse de résonance. Chacun résonne à 440 Hz. On va frapper sur l'un. Et on va observer que l'autre se met, entre en résonance comme on dit, Il va se mettre à osciller aussi.

Notes

Summary



7m 46s



Vous avez un micro, un oscilloscope.

Notes

Summary



8m 18s



- On frappe un diapason, puis on le stoppe
- le deuxième ne vibre pas, s'ils sont différents.

Mécanique | 2013 15

Voilà, donc, encore une fois, on a montré que le diapason de droite était excité par le diapason de gauche. Et pour montrer encore une fois la sensibilité à la fréquence quand on a un système qui a peu d'amortissements. On va prendre deux diapasons de fréquences différentes, ces deux diapasons ne diffèrent que de 5 Hz.

Notes

Summary



8m 25s



Refaisons la même expérience.

Notes

Summary



8m 55s



- On frappe un diapason, puis on le stoppe
- le deuxième ne vibre pas, s'ils sont différents.

Mécanique | 2013 15

Et voilà, l'autre diapason n'avait pas été excité.

Notes

Summary



9m 05s