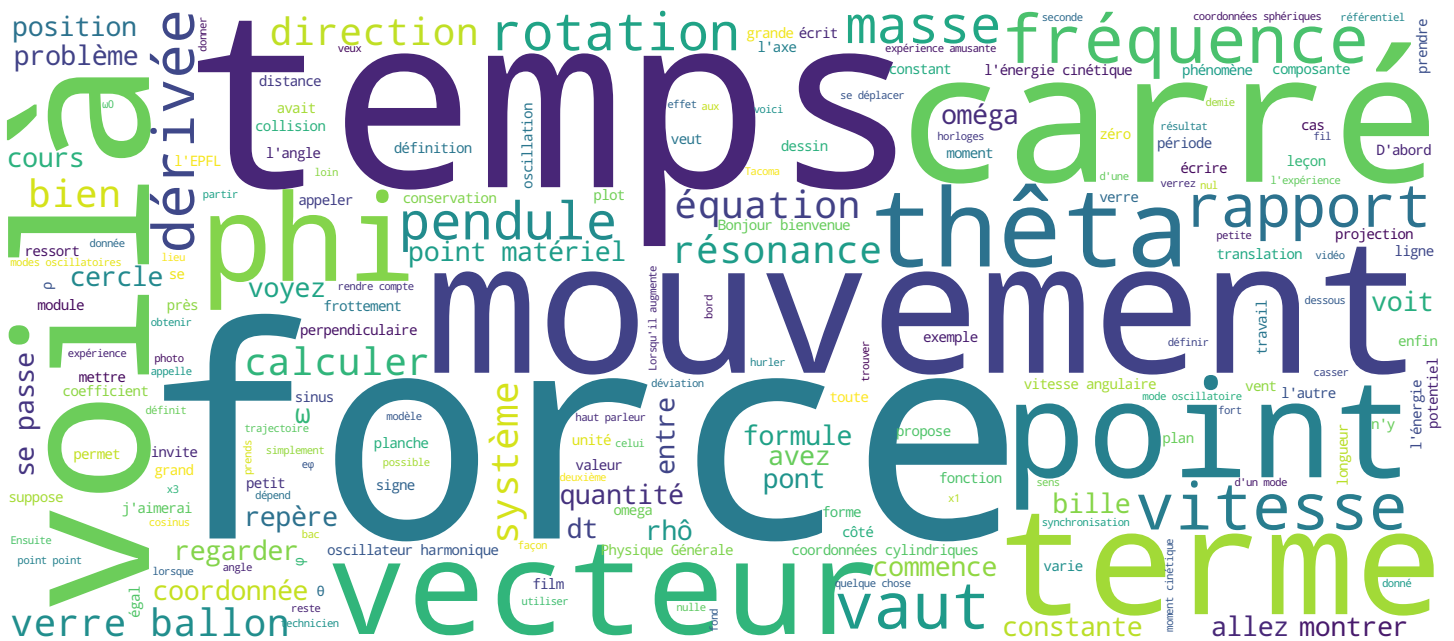


Expériences : énergie et résonances

Mécanique, cours 11.exp

Jean-Philippe Ansermet





- Hurler dans un verre
- Pont de Tacoma
- Transfert d'énergie entre modes : Wilberforce
- Synchronization

Mécanique | 2013 6

Bonjour. Bienvenue au cours de Physique Générale de l'EPFL. Dans cette leçon, on a regardé l'énergie d'un oscillateur harmonique. Ici, j'aimerais aller un peu plus loin en regardant quelques expériences. D'abord, on va s'amuser à hurler dans un verre et vous verrez que, enfin j'espère que vous le verrez, vous l'entendrez, qu'il faut hurler très, très fort pour arriver à casser un verre, en criant dans le verre. Ensuite, je discuterai un petit moment du pont de Tacoma, le fameux pont qui s'était cassé, suite à une oscillation du vent, que je vais qualifier plus tard. Ensuite, on va regarder le phénomène suivant. On va montrer qu'il est possible qu'il y ait plusieurs modes oscillatoires, à un système et que l'énergie passe d'un mode oscillatoire à l'autre. Et enfin, on va finir sur une expérience amusante, qui montre la synchronisation des horloges lorsque ces horloges sont légèrement couplées.

Notes

Summary



0m 03s

Hurler dans un verre



- Un son excite la résonance d'un verre ballon.
- La déformation à haute fréquence est considérable !

Mécanique | 2013 7

Je commence avec l'expérience du verre ballon. Vous voyez sur cette photo, un dispositif qui sert essentiellement à alimenter un haut-parleur, qui se trouve sur la gauche d'un verre ballon. Il y a un bac. Vous présumez que le verre va casser, donc le bac est là, en-dessous du verre, pour récolter les débris. Et le technicien va ajuster la fréquence du son, pour exciter la résonance du verre ballon. Lorsqu'il augmente, là, il y a une subtilité. Lorsqu'il augmente l'amplitude du son, l'amplitude d'oscillation du verre ballon augmente, ce qui fait que le verre ballon brasse plus d'air, ce qui fait que l'amortissement augmente, et donc la fréquence propre change légèrement. C'est pour ça que vous le verrez ajuster finement la fréquence du haut parleur. Observons et écoutons. Malheureusement, il est difficile de rendre compte, sur le mooc, du tintamarre que cette expérience fait dans l'auditoire.

Notes

Summary



1m 12s



Le stroboscope permet de visualiser les oscillations du bord du verre ballon. Vous allez voir. Voilà justement les ajustements finis. Maintenant on voit le bord du verre ballon osciller beaucoup plus lentement que le son, ça c'est le stroboscope qui permet de voir ça. Et voilà.

Notes

Summary



2m 33s



En général, les étudiants sont particulièrement amusés au moment où le verre casse, alors je vous offre une vidéo au ralenti de la rupture du ballon. Si vous permettez, j'aimerais quand même faire une remarque. Vous observez ici une propriété singulière des matériaux, c'est la possibilité d'avoir une déformation d'une amplitude considérable à haute fréquence. Si on voulait faire la même déformation à une fréquence quasi nulle, donc à la main ou avec des pinces, on n'aurait jamais une déviation aussi grande. Je continue. Et voilà.

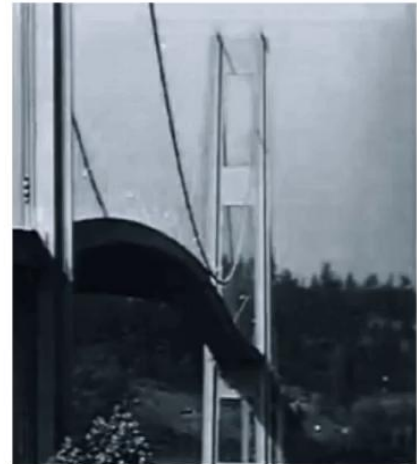
Notes

Summary

3m 11s



Pont de Tacoma



- Oscillation entretenue par l'effet combiné (complexe) du vent et de la déformation du pont.
- Amplitude sans rupture : remarquable !

Mécanique | 2013 9

Souvent lorsqu'on parle de résonance, les gens aiment montrer le film du pont de Tacoma, un pont qui venait d'être construit et qui a été soumis à des vents très forts et, comme on le voit sur cette photo, le tablier du pont s'est mis à osciller. C'est un film très spectaculaire qu'on trouve facilement sur internet. J'aimerais quand même vous signaler ici que, quand on a défini la résonance, on a pris un oscillateur harmonique, on l'a soumis à une force qui oscille dans le temps, comme un $\sin \omega t$ ou $\cos \omega t$, donc c'est une force avec une dépendance en temps harmonique à la fréquence, et on est au voisinage de la fréquence du mode propre de résonance. Ce n'est pas ce qui se passe ici. Loin du pont on peut s'imaginer que le vent est uniforme et constant. Et c'est une interaction particulière entre le vent, les turbulences, et les modes oscillatoires du pont qui génèrent, au fond, ce qu'on doit appeler une auto-résonance.

Notes

Summary



4m 10s



- Mouvement harmonique de translation
- Mouvement harmonique de rotation ...

Mécanique | 2013 10

Dans l'expérience suivante, appelée le pendule de Wilberforce, j'aimerais montrer comment l'énergie peut passer d'un mode oscillatoire à un autre. Ce que vous voyez sur l'image, c'est une potence qui tient un très long ressort avec une masse au bout. Et on regarde, la caméra est en dessous du système. Je ne dis rien de plus, je vous laisse observer.

Notes

Summary



5m 18s



On va tirer. Donc on fait un mouvement de translation et une rotation s'enclenche, à tel point que, vous voyez là, l'énergie de translation est nulle, et toute l'énergie est dans la rotation. Et après l'oscillation, donc, la translation reprend et la rotation s'arrête. Et ça recommence.

Notes

Summary



5m 45s



- L'énergie passe d'un mode d'oscillation en translation à un mode en rotation

Mécanique | 2013 11

Je vous invite maintenant à regarder le même système de côté. Dans un premier temps, on va enclencher un mode de translation, et on va voir le système partir en rotation, et après on fera l'inverse.

Notes

Summary



6m 27s

Synchronisation des pendules couplés



- Les métronomes ont des fréquences propres différentes.
- Sur la planche, ils battent la mesure ensemble.

Mécanique | 2013 13

Pour terminer ce module, j'aimerais vous montrer une expérience amusante, sur la synchronisation des horloges. Si on voulait rendre compte de ce phénomène, il faudrait faire de la mécanique beaucoup plus avancée que ce qu'on cherche à faire dans ce cours. Il faudrait examiner les systèmes mécaniques non linéaires. Alors, voilà, vous avez six métronomes, tous identiques, réglés, aussi bien que possible, à la même fréquence. Alors quand vous les lancez, ils battent la mesure ensemble. Mais très rapidement, il y a des différences. Le film commence après quelques minutes, et les pendules, les métronomes, ne sont plus à l'unisson. Ensuite, on va mettre la planche sur un support qui permet un léger roulement, et vous allez voir que les pendules, enfin les métronomes, se synchronisent.

Notes

Summary



7m 34s



Il faut être un peu patient. L'effet est assez fin. On commence à détecter que quelque chose se passe.

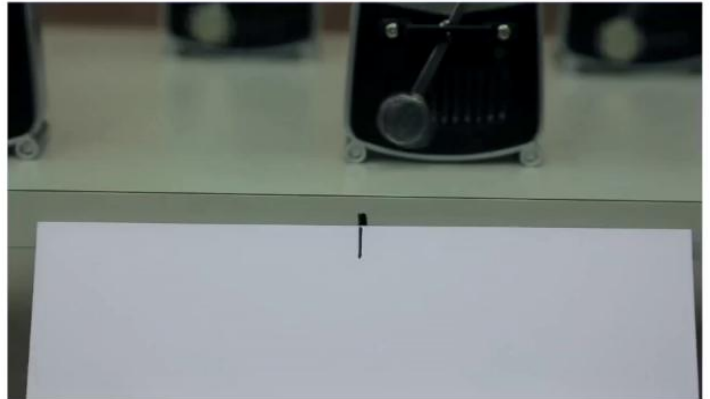
Notes

Summary



8m 42s

Synchronisation des pendules couplés



- Le couplage entre les métronomes provoque leur synchronisation !

Mécanique | 2013 14

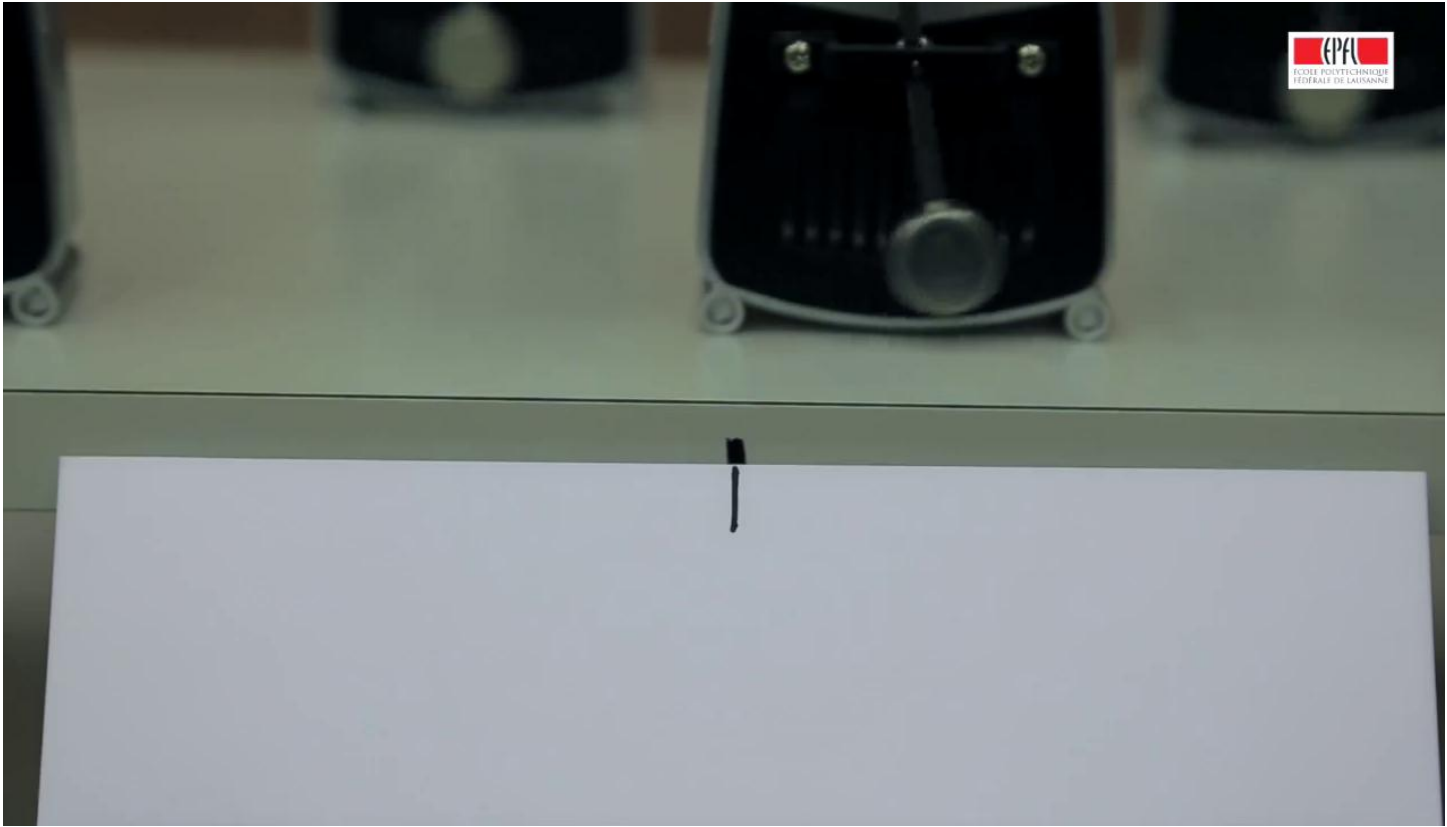
Voilà. Pour illustrer le fait qu'il existe un couplage entre les métronomes, lorsqu'on pose la planche sur les deux cylindres, le technicien a fait un petit repérage de la position de la planche. Et vous allez voir que la planche bouge un petit peu.

Notes

Summary



9m 51s



Comme ceci.

Notes

Summary

10m 14s

