



- Point matériel : collisions élastiques sur banc à air, masses égales
- Limite du modèle : la roue en précession horizontale
- Chaos :
 - Pendule double
 - Rebond d'une balle sur une table oscillante

Mécanique | 2013 2

Bonjour, bienvenue au cours de physique générale de l'EPFL. Dans le cours de mécanique, comme on va le voir, on va souvent traiter un objet, comme s'il s'agissait d'un point auquel on attribue toute la masse de l'objet. Ici, j'aimerais montrer une expérience, une collision élastique sur un banc à air, et vous montrer que ce modèle peut marcher très très bien. Ensuite, j'aimerais vous montrer la précession d'une roue de vélo suspendue par son axe. Et là, je veux faire l'argument, pour vous convaincre que, il n'est pas toujours possible d'associer simplement un point qui a toute la masse de l'objet, pour décrire la dynamique de cet objet. Enfin, j'aimerais faire une mise en garde de type conceptuelle, et j'aimerais vous parler du chaos, en vous illustrant de quoi il s'agit par deux expériences.

Notes

Summary



0m 03s

Collision élastique sur banc à air



- Deux masses égales, une immobile
- Une deuxième entre en collision avec la première.
- La deuxième s'arrête et c'est la première qui repart avec la vitesse de la masse incidente.

Mécanique | 2013 3

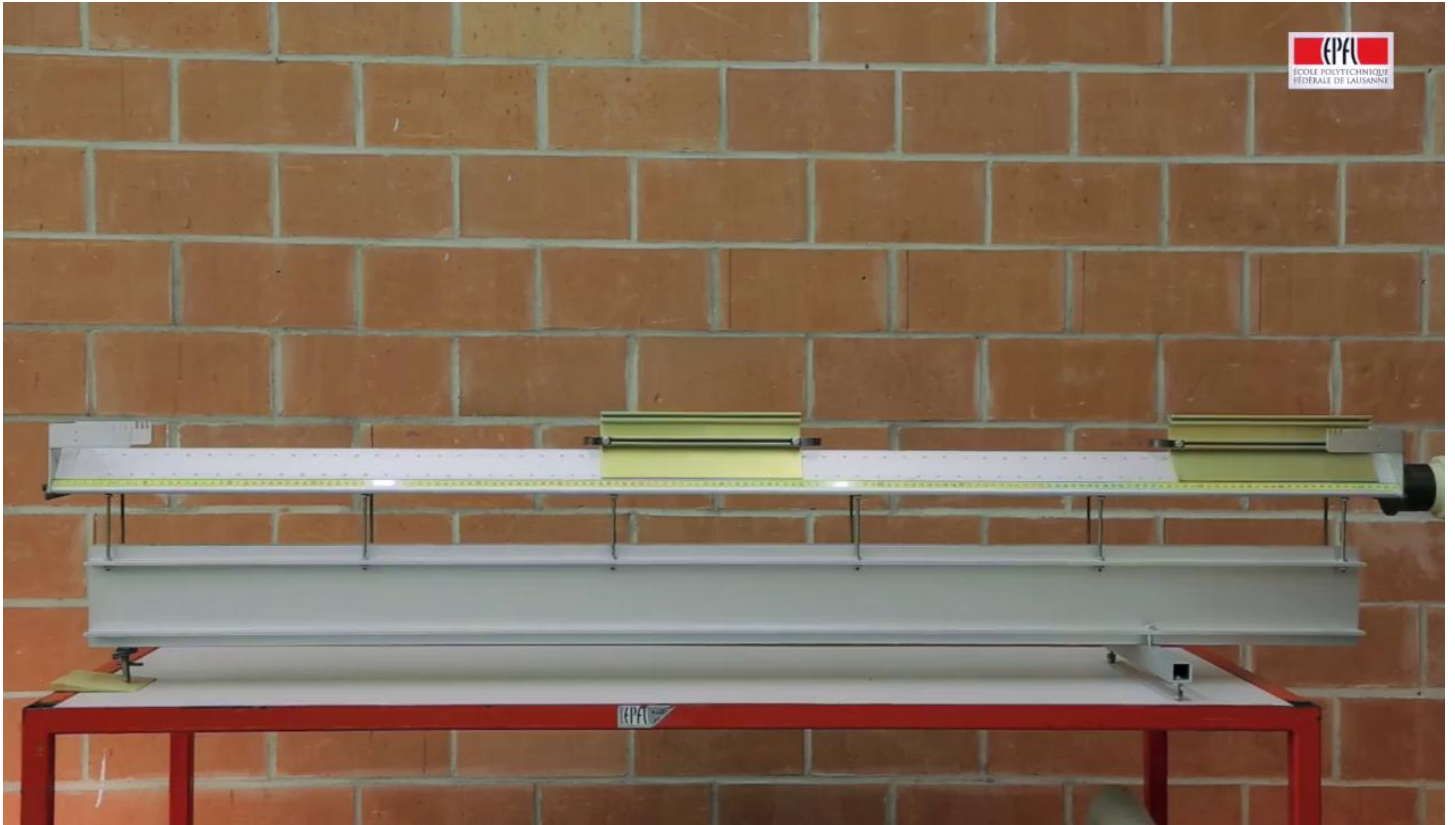
Je commence avec une collision sur un banc à air. Vous voyez, ici, un banc muni de petits trous. Il y a de l'air qui sort des trous, ce qui permet de faire glisser des plots. Ces plots ont une couleur jaunâtre, euh, avec un minimum de frottement. Je vous invite à voir ce qui se passe.

Notes

Summary



1m 06s



Voilà. Je le refais encore une fois.

Notes

Summary

1m 34s



Collision élastique sur banc à air



- Deux masses égales, une immobile
- Une deuxième entre en collision avec la première.
- La deuxième s'arrête et c'est la première qui repart avec la vitesse de la masse incidente.

Mécanique | 2013 3

Ce qui est absolument remarquable dans cette expérience toute simple, c'est comme, avec la, la précision avec laquelle un plot s'arrête, et l'autre part avec la vitesse du premier.

Notes

Summary



1m 38s



Regardez encore une fois.

Notes

Summary

1m 51s



Roue suspendue à un fil



- La roue est suspendue à deux fils attachés à l'axe de la roue.
- On coupe un fil, l'axe de la roue reste horizontal.
- Une précession est observée.

Mécanique | 2013 4

Dans le cours de mécanique, on verra que, les grands principes permettent de rendre compte d'une telle expérience. Et il suffira de traiter ces deux plots, comme s'il s'agissait de point matériel, auquel on attribue la masse des plots. Voici, maintenant, l'expérience de la roue de vélo. Je vous invite à la regarder.

Notes

Summary



2m 00s



Et qu'est-ce qu'on voit? Il y a, ça secoue un peu. Mais l'axe reste pratiquement horizontal et tourne, comme vous le voyez, ici. Vous vous imaginez bien, que si on veut décrire ce système, en attribuant à un point, toute la masse de la roue de vélo.

[illegible]

Summary



Roue suspendue à un fil



- La roue est suspendue à deux fils attachés à l'axe de la roue.
- On coupe un fil, l'axe de la roue reste horizontal.
- Une précession est observée.

Mécanique | 2013 4

Imaginons, peut-être mettre la masse au centre de la roue de vélo. On va jamais arriver à cette, cette observation-là. Au moment où on coupe la corde, et bien, l'axe va tomber et se mettre à la verticale du fil. Vous pourriez dire, euh, essayons de mettre la, toute la masse de la roue sur le bord. Je pense que votre intuition suffit à suggérer que, on va avoir un mouvement très irrégulier, très saccadé, et certainement pas le mouvement qu'on vient d'observer. Donc, il faudra, dans un cas pareil, tenir compte de la distribution spatiale des masses. C'est ce, c'est ce qu'on fera, quand on fera la mécanique du solide indéformable.

Notes

Summary



3m 01s



- Deux pendules à deux bras.
- S'ils sont lancés avec de petites amplitudes d'oscillations, ils suivent le même mouvement.
- A grande amplitude, très rapidement, leurs mouvements sont radicalement différents.

Mécanique | 2013 5

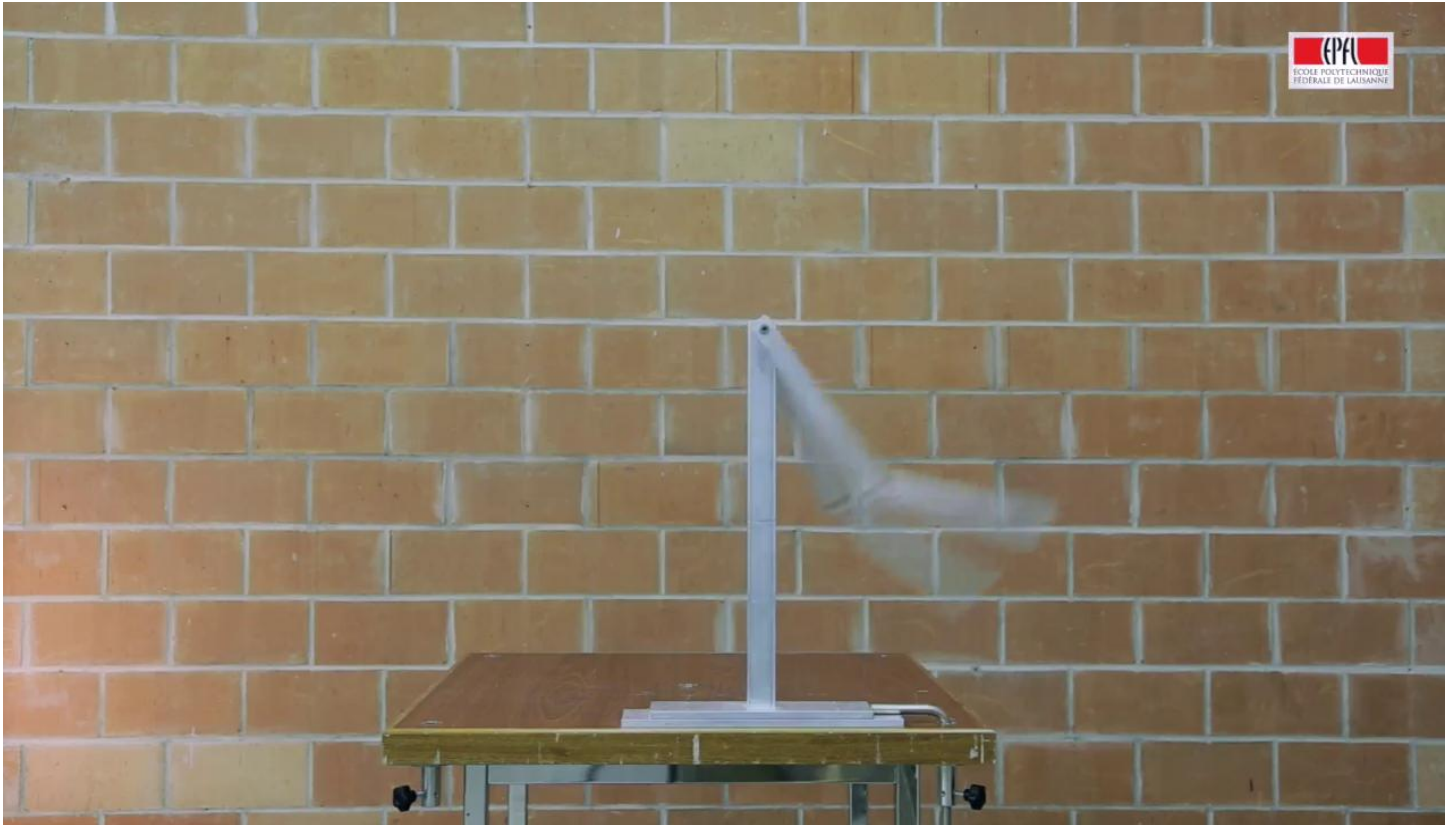
Je passe, maintenant à, au chaos. J'aimerais faire cette mise en garde, parce que quand on s'engage dans l'apprentissage de la mécanique, on a l'impression d'entrer dans un monde très pur, très rigoureux, et avec des lois physiques bien établies. Moyennant la connaissance exacte des conditions initiales, on a l'impression qu'on va pouvoir tout prédire sur le système. C'est ce qu'on appelle le déterminisme. Pendant deux siècles, le, on s'est tous bercé d'illusion, mais finalement, les scientifiques ont réalisé que les équations que prédisent la mécanique donnent, euh, lieu à des évolutions dans le temps qui peuvent être très complexes. Pour illustrer ce propos, je vous invite à regarder le dispositif suivant. Vous avez un double pendule fait de deux barres articulées, et vous ne le voyez pas encore, mais il y en a deux: une montée en avant, et l'autre, à l'arrière du, du, du poteau qui les soutient. Regardez ce qui se passe.

Notes

Summary



3m 50s



On observe des petites différences de comportement, mais ce sont des, seulement des petites différences, probablement dues à des imperfections dans la façon de lancer, et des toutes petites différences entre les deux, euh, pendules, mais il n'y a rien d'essentiel là-dedans.

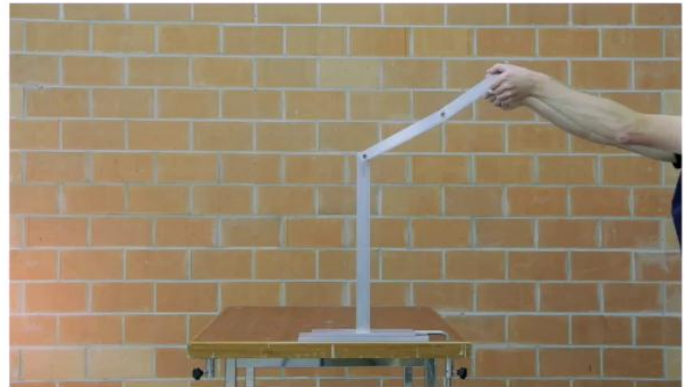
Notes

Summary



5m 10s

Sensibilité aux conditions initiales



- Deux pendules à deux bras.
- S'ils sont lancés avec de petites amplitudes d'oscillations, ils suivent le même mouvement.
- A grande amplitude, très rapidement, leurs mouvements sont radicalement différents.

Mécanique | 2013 6

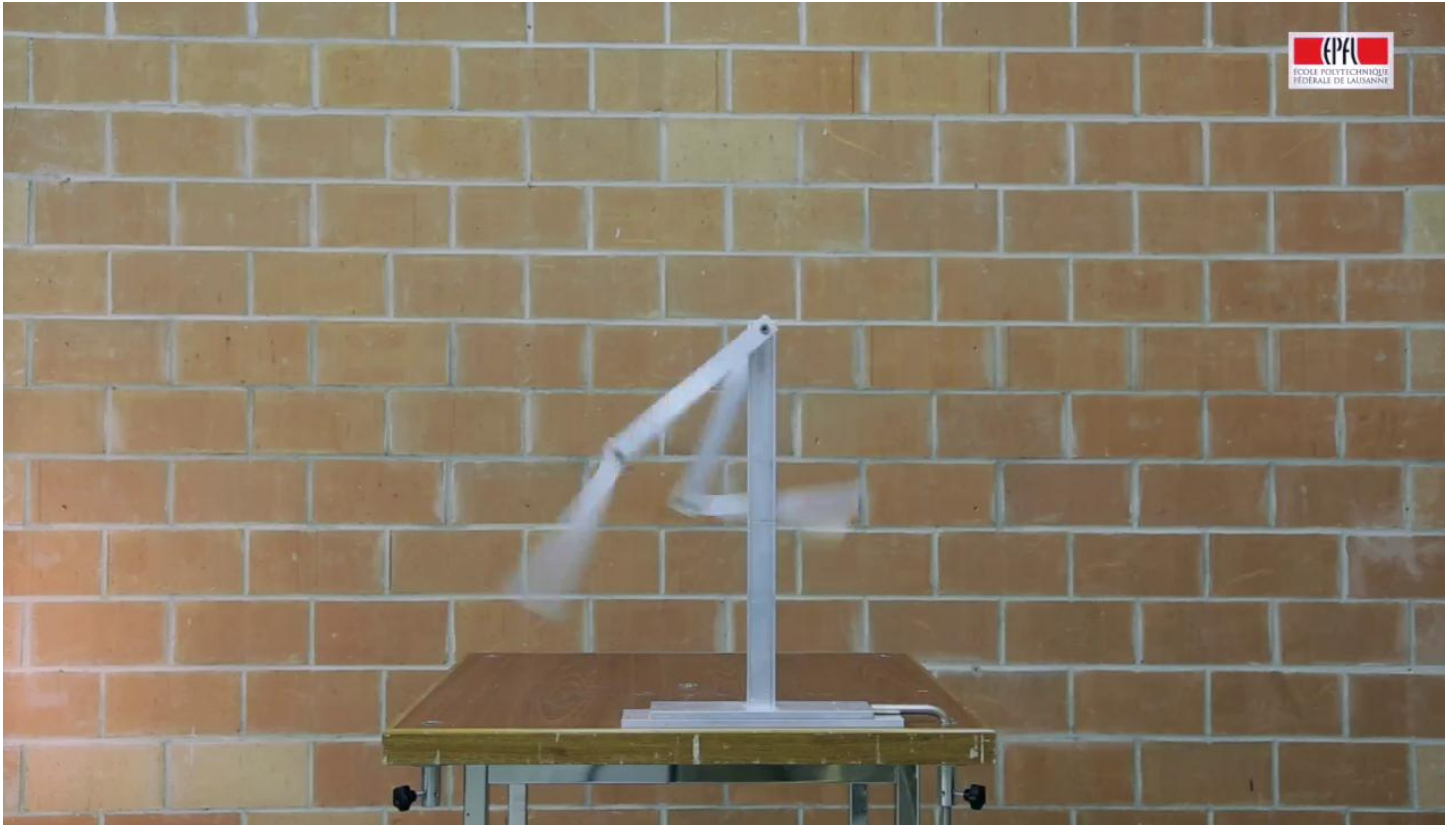
Maintenant, on va prendre les mêmes deux pendules, et on va les lancer d'un peu plus haut. Vous voyez, on va partir de, d'à peu près trente centimètres plus haut que la première fois. Regardez ce qui se passe.

Notes

Summary



5m 31s

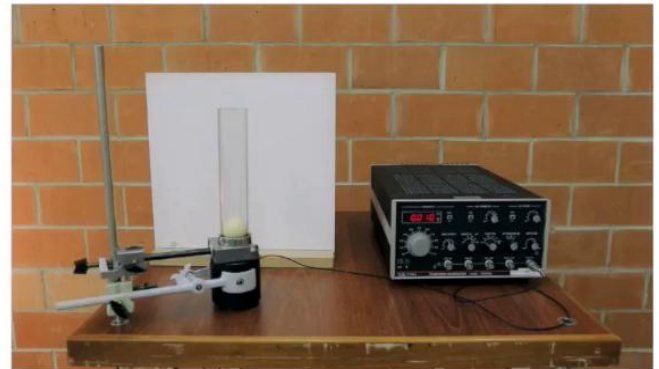


On voit que très rapidement, les deux pendules ont des comportements radicalement différents. Ça, cette, euh, au fond, de toutes petites différences dans les conditions initiales, ont suffit pour créer des, des évolutions dans le temps très différentes. C'est ça qui est caractéristique d'un comportement chaotique.

Notes

Summary





- Une balle de ping-pong rebondit sur une plateforme astreinte à un mouvement périodique bien déterminé.
- Les rebonds ne sont jamais deux fois pareils.
- Avec le frottement imposé par le bouchon, le mouvement devient périodique.

Mécanique | 2013 7

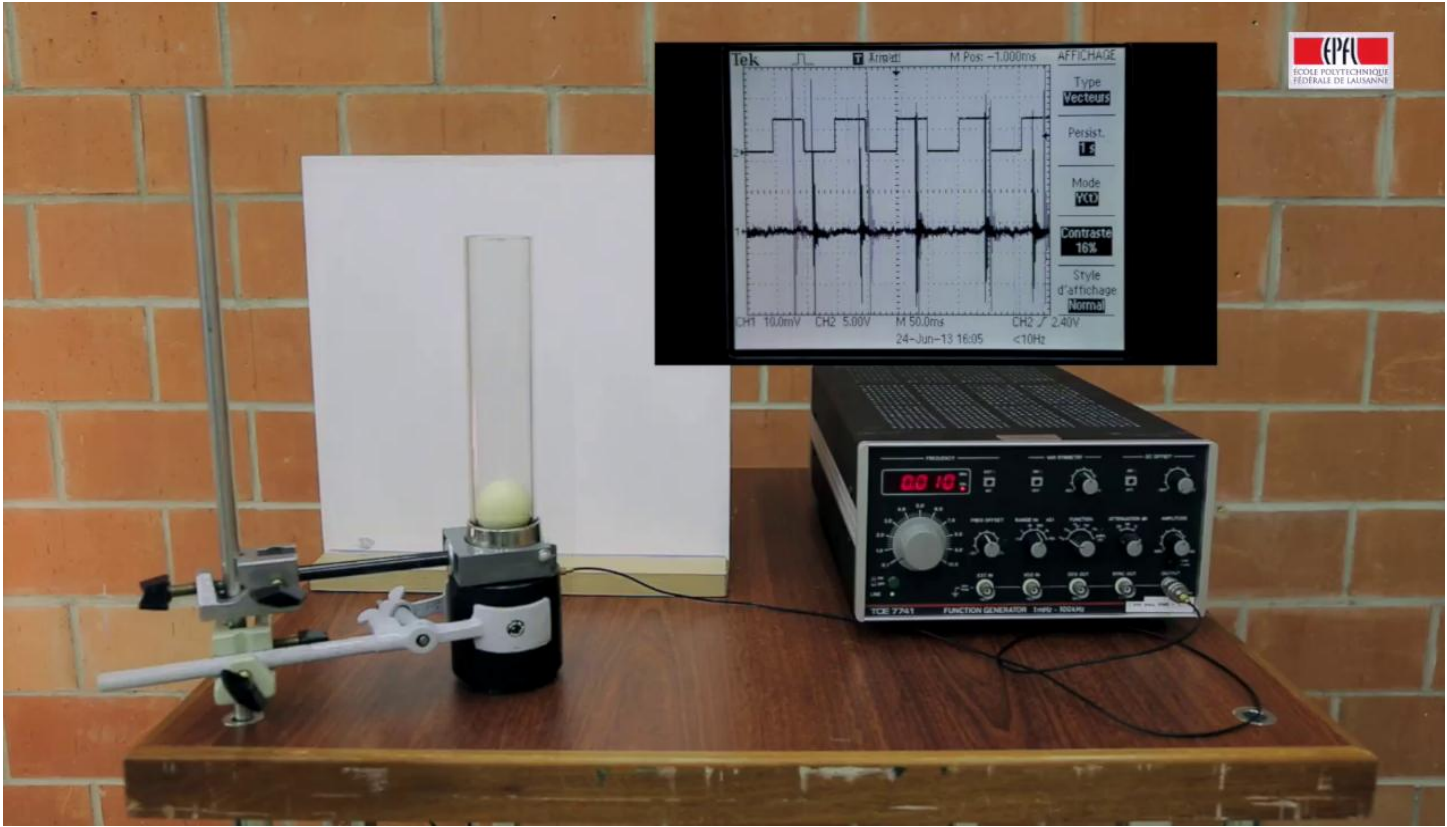
Je passe, maintenant, à une autre expérience, qui à mon avis, illustre bien le phénomène du chaos. On va examiner le rebond d'une balle de ping-pong, sur un piston. Le piston est actionné par un, un pot vibrant, un système électromécanique. Le fait que la balle rebondisse sur le piston, ne change en rien le mouvement du, du piston. Le piston est, est, est, est mû par un dispositif très puissant. Donc le, l'effet de la balle de ping-pong est parfaitement négligeable. On peut complètement caractériser le rebond de la balle sur le piston. On a donc un problème répétitif de type balistique. Et, on peut très bien calculer ce mouvement, mais voilà, ce qui se passe lorsque, euh, on regarde comment le système évolue. Je vous invite à le voir sur la vidéo.

Notes

Summary



6m 20s



La vidéo montre, également, sur un écran de, d'oscilloscope, euh, un, un enregistrement du son. Alors là, le technicien vient de mettre un bouchon, ce qui crée du frottement, et on observe, euh, on entend un mouvement régulier. Quand on enlève le bouchon, on a des sauts de toutes sortes de hauteurs, et des sons irréguliers.

Notes

Summary





- Une balle de ping-pong rebondit sur une plateforme astreinte à un mouvement périodique bien déterminé.
- Les rebonds ne sont jamais deux fois pareils.
- Avec le frottement imposé par le bouchon, le mouvement devient périodique.

Mécanique | 2013 7

Ça, ce type de comportement, est caractéristique du chaos. Ce chaos intervient, dépendant de la fréquence, et de l'amplitude, et du frottement.

Notes

Summary



7m 46s