



- 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

Guten Tag, willkommen zur Lektion für allgemeine Physik der EPFL. In diesem Mechanik Kurs, wie wir es später sehen werden, werden wir oft ein Objekt betrachten als wäre es ein Punkt, der die ganze Masse des Körpers enthalten würde. Hier möchte ich Ihnen ein Experiment vorstellen (ein elastischer Zusammenstoss auf einer Luftkissenbahn) und Ihnen zeigen, dass dieses Modell sehr gut funktioniert. Danach möchte ich Ihnen die Präzession eines Velorads zeigen, das an seiner Achse aufgehängt wird. Und dann, werde ich Sie mit einem Argument überzeugen, dass es nicht immer möglich ist, einfach einen Punkt zu betrachten, dass die ganze Masse des Objekts besitzt, und damit dessen Dynamik zu beschreiben. Am Ende, möchte ich Sie vor einer konzeptuellen Darstellung warnen, und Ihnen mit Hilfe von zwei Experimenten vom Chaos sprechen.

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

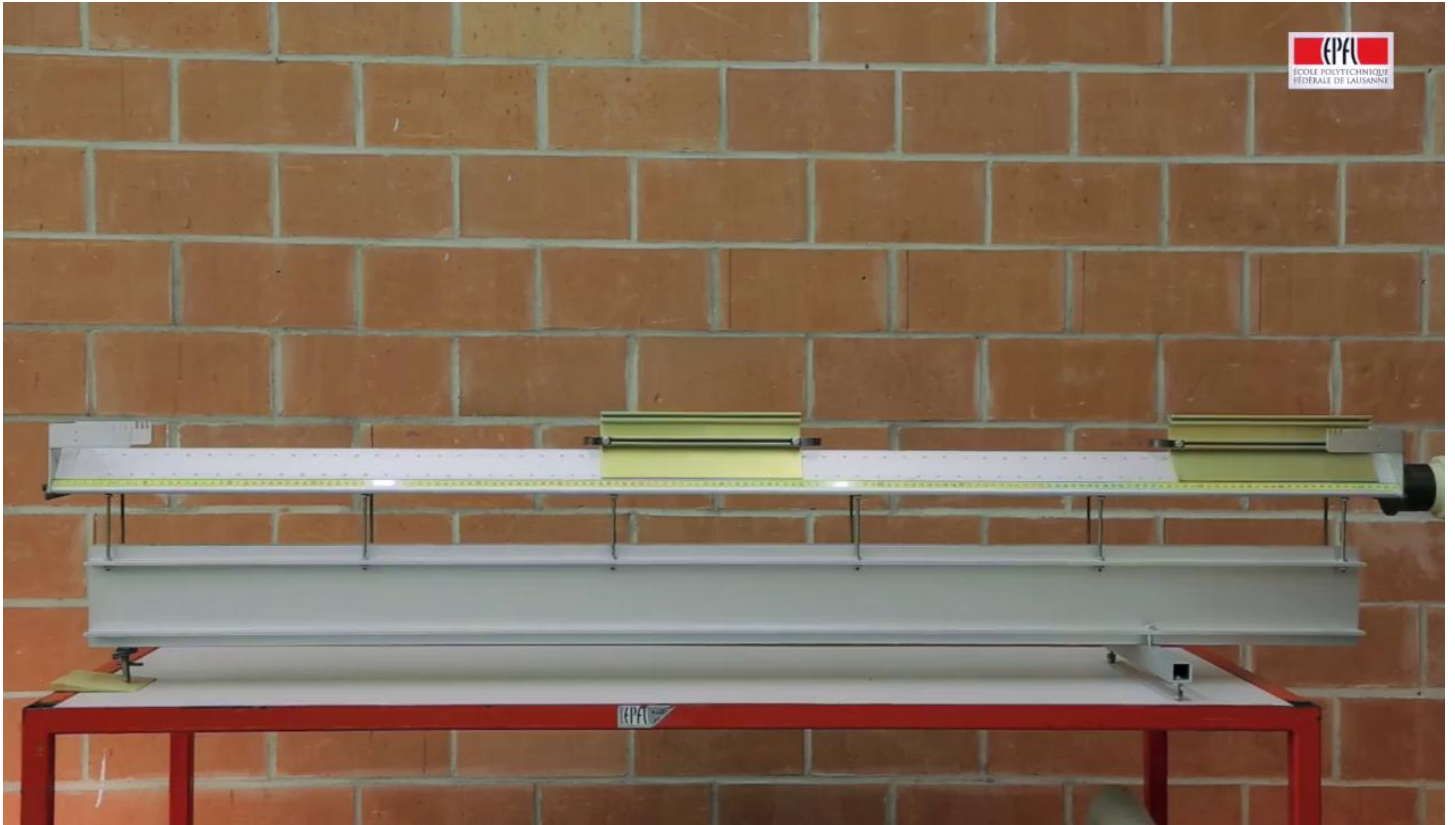
Ich beginne mit einem elastischen Zusammenstoss auf einer Luftkissenbahn. Hier sehen Sie eine Bahn, die Löcher hat. Luft fliesst durch diese Löcher, darum können die gelben Gegenstände darauf mit geringer Reibung gleiten. Bitte beachten Sie was jetzt geschieht.

Notes

Summary



1m 06s



So. Ich wiederhole es noch einmal.

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

Was in diesem einfachen Experiment wirklich bemerkenswert ist, ist die Präzision mit welcher der erste Gleiter anhält, und wie der zweite mit der Geschwindigkeit des erstens wegkommt.

Notes

Summary



1m 38s



Schauen Sie bitte noch einmal zu.

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

In dem Mechanik Kurs, werden wir sehen, dass die grossen Prinzipien ein solches Experiment beschreiben können. Und dafür kann man diese Gleiter als einfache Massepunkte betrachten. Hier ist nun das Velorad Experiment. Bitte schauen Sie es gut an.

Notes

Summary



2m 00s



Was sieht man? Es schüttelt ein bisschen, aber die Achse bleibt fast waagrecht und dreht sich, wie Sie es sehen können.

[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

Sie können sich gut vorstellen, dass wenn man dieses System als einen Punkt, welcher die ganze Masse des Rades enthält beschreiben würde und behaupten würde, dass diese Masse sich im Zentrum des Rades befindet, würde man nie ein solches Verhalten sehen. Sobald man die Schnur schneidet, wird die Achse fallen und sich in einer senkrechten Lage stabilisieren. Man könnte behaupten, dass die ganze Masse des Rades sich am Rand des Systems befindet. Ich glaube, dass Sie sich da intuitiv gut vorstellen können, dass man eine Bewegung sehen würde, die viel unregelmässiger wäre, als diejenige, die wir gerade beobachtet haben. Also muss man in diesem Fall auf die Verteilung der Masse achten. Mit dem werden wir uns im Kapitel "Mechanik starrer Körper" beschäftigen.

Notes

Summary



2m 52s



- 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

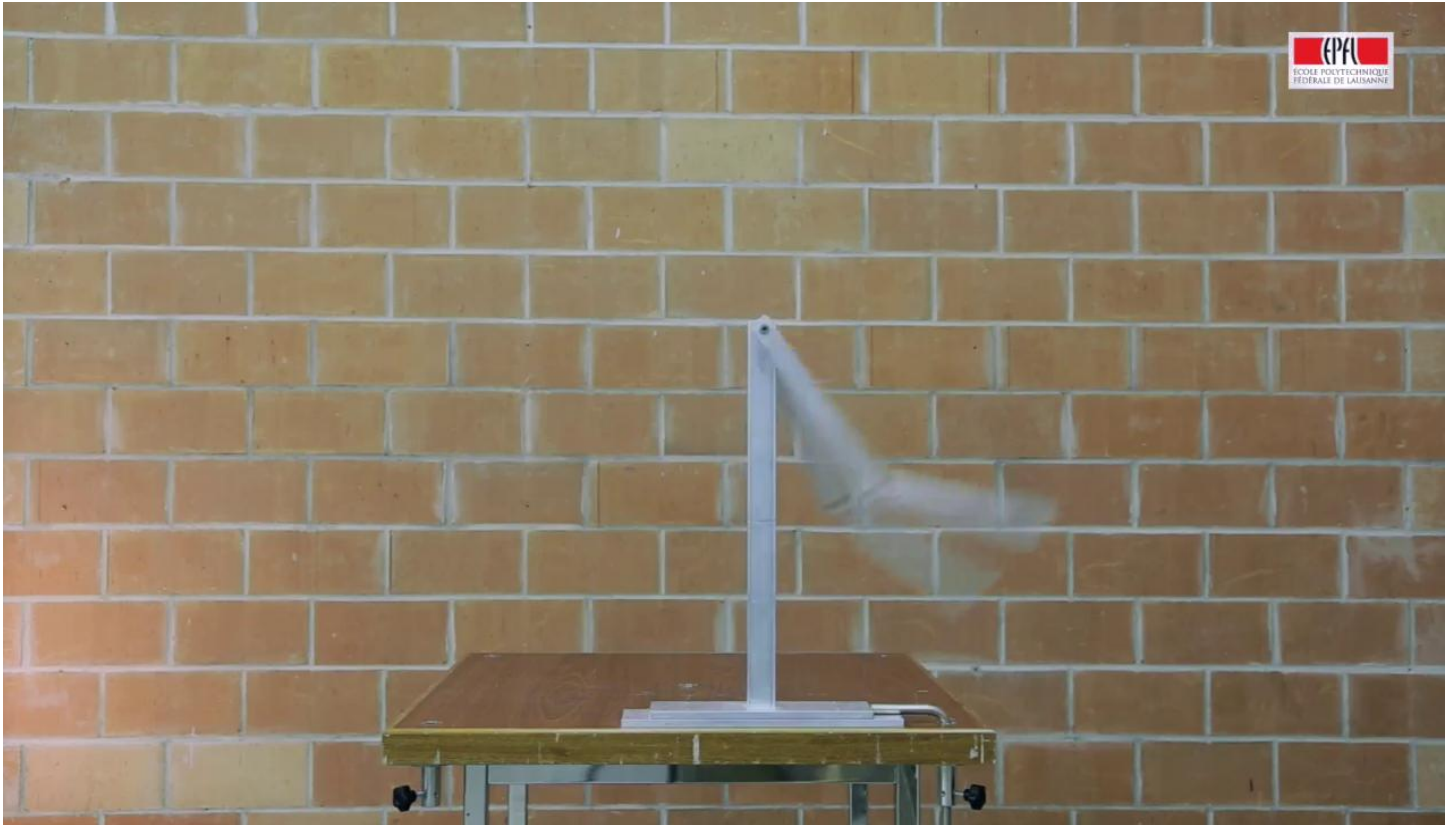
Nun, gehen wir weiter zum Thema des Chaos. Ich möchte Sie damit warnen, dass wenn man die Welt der Mechanik entdeckt, scheint diese extrem rein und rigoros zu sein, die von seit langem etablierten Prinzipien bestimmt wird. Sobald man die Anfangsbedingungen genau kennt, hat man den Eindruck, dass man das Verhalten des ganzen Systems vorhersagen kann. Dies nennt man "Determinismus". Zweihundert Jahre lang herrschte diese Idealisierung. Danach haben die Wissenschaftler gemerkt, dass ihre Gleichungen, zu denen die Mechanik führt, manchmal sehr komplexe zeitliche Entwicklungen beschreiben. Um Ihnen dies zu zeigen, bitte ich Sie das folgende System anzuschauen. Sie sehen ein doppeltes Pendel, das aus zwei artikulierten Stangen besteht. Sie sehen es noch nicht, aber es sind zwei davon. Die Eine im Vordergrund und die andere im Hintergrund vom Pfosten die sie aufhält. Schauen Sie jetzt was passiert.

Notes

Summary



3m 50s



Man merkt kleine Unterschiede bei der Bewegung, aber es sind eben nur kleine Unterschiede welche wahrscheinlich entstehen weil der Wurf von beiden nicht genau gleich war und weil geringe Unterschiede zwischen den Pendeln existieren.

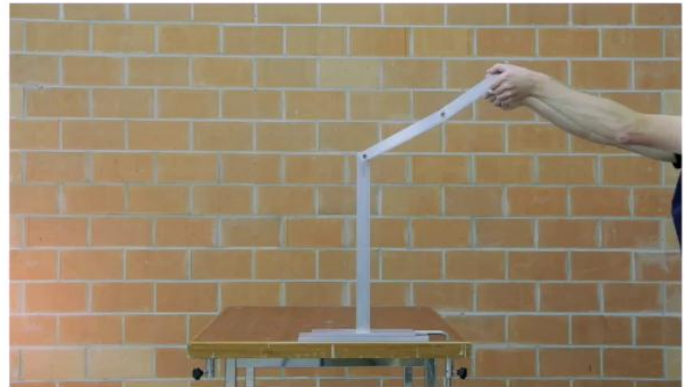
Notes

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

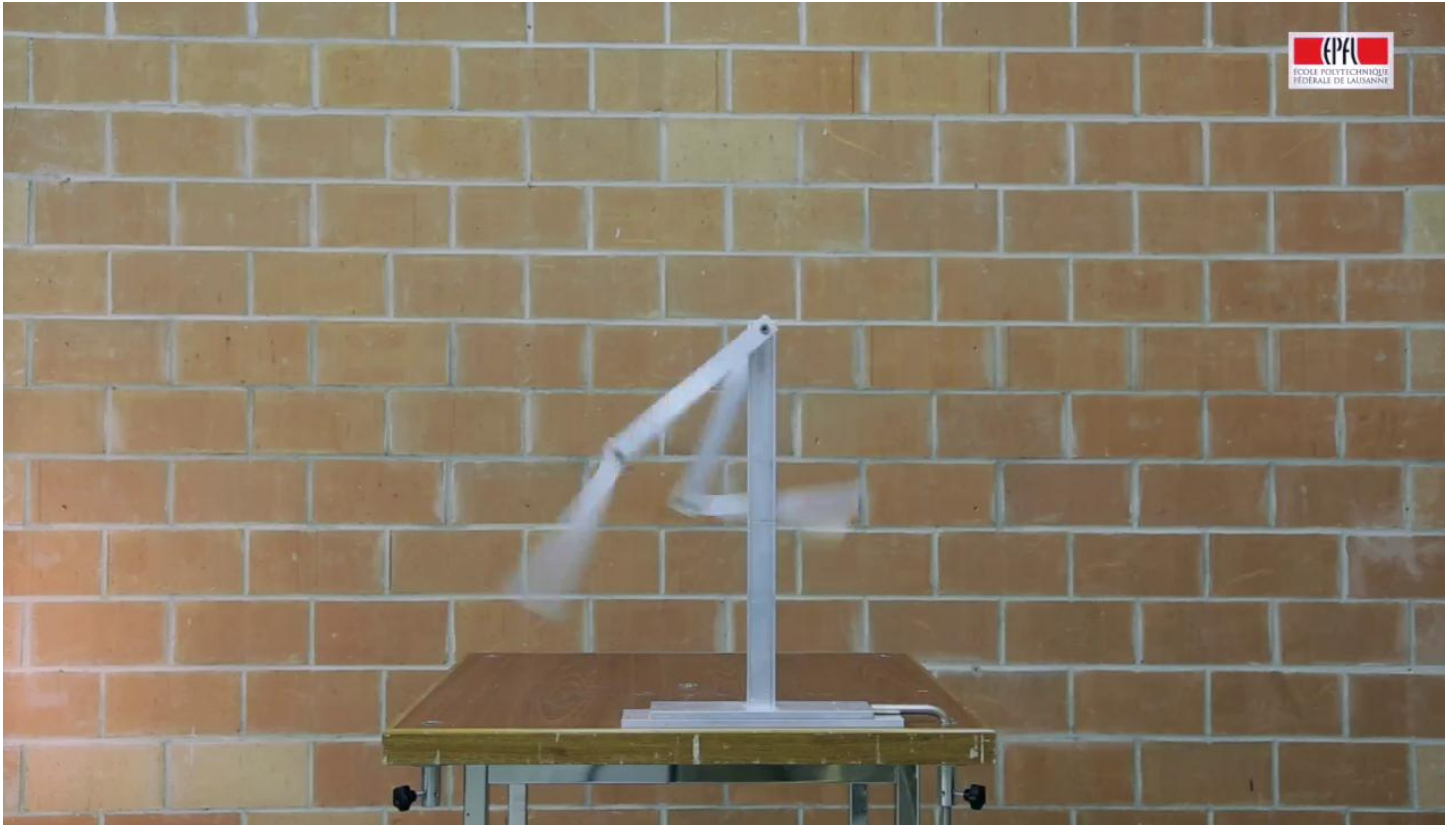
Aber das Ganze ist nicht so wichtig. Wir nehmen jetzt dieselben Pendel und werfen sie von höher aus als zuvor. Sie sehen, dass wir circa dreissig Zentimeter höher sind als beim ersten Mal. Schauen Sie bitte was passiert.

Notes

Summary



5m 29s

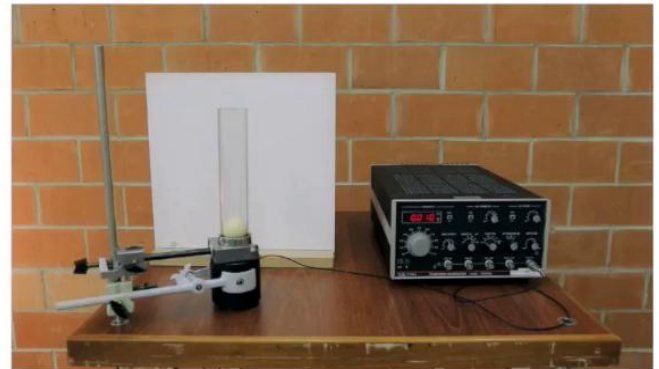


Man sieht sehr schnell, dass beide Pendel ganz verschiedene Verhalten zeigen. Die kleine Unterschiede zwischen den Anfangsbedingungen reichen also um das zeitliche Verhalten radikal zu verändern. Dies ist typisch einer chaotischen Entwicklung.

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

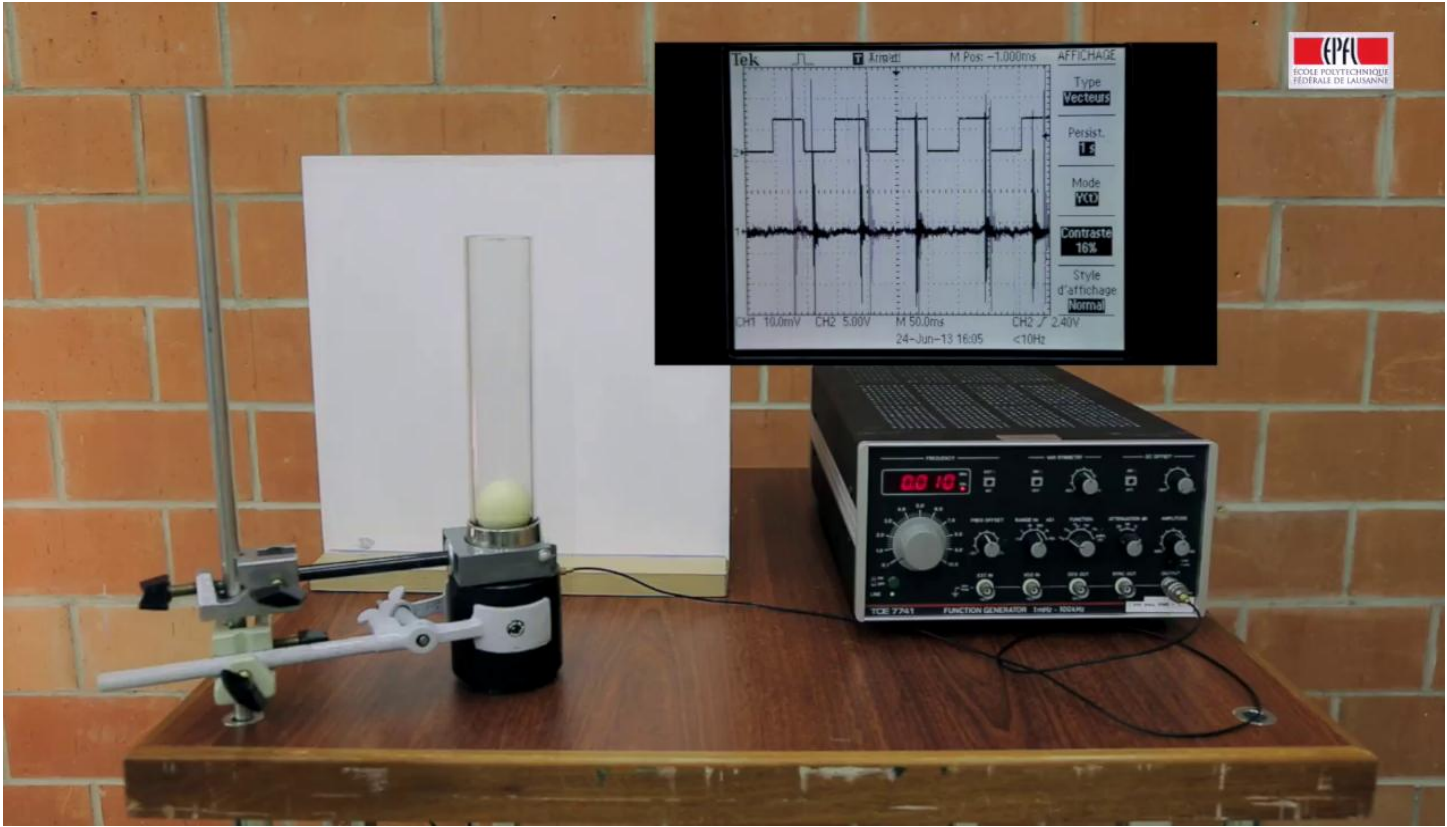
Nun mache ich weiter mit einem anderen Experiment, das meiner Meinung nach ein gutes Beispiel des Chaos ist. Wir werden einen Tischtennisball auf einem Kolben beobachten. Der Kolben wird von einem elektromechanischen Gerät bewegt. Dass der Ball auf dem Kolben herumspringt hat keinen Einfluss auf die Bewegung des Kolbens. Der Kolben bewegt sich mithilfe eines leistungsstarken Systems. Also ist der Effekt vom Ball unbedeutend. Man kann den Aufprall vom Ball auf dem Kolben vollständig beschreiben. Dies ist also ein ballistisches Problem welches mehrmals wiederholt wird. Und diese Bewegung kann man problemlos berechnen. Sehen wir mal wie sich das System entwickelt. Ich bitte Sie es gut anzuschauen.

Notes

Summary



6m 20s



Das Video zeigt uns auch eine Aufnahme des Tons auf einem Oszilloskop. Hier hat jetzt der Techniker einen Zapfen eingesetzt, der für Reibung sorgt. Man hört eine regelmässige Bewegung. Wenn man den Zapfen wegnimmt, sieht man ganz verschiedene Sprünge und man hört unregelmässige Töne.

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

Dieses Verhalten ist typisch des Chaos. Der Chaos kommt vor bei gewissen Frequenzen, gewissen Amplituden und gewisse Reibung.

Notes

Summary



7m 46s