



- Force de rappel d'un ressort
- Oscillateur quasi libre
- Oscillateur faiblement amorti
- Pendule de torsion

Mécanique | 2013 2

Bonjour, bienvenue au cours de Physique Générale de l'EPFL. Dans cette leçon, on a traité le problème de l'oscillateur harmonique. Ici, j'aimerais revenir sur la notion de force de rappel en regardant les propriétés mécaniques d'un ressort. Ensuite, on regardera l'oscillation libre d'une masse pendue à un ressort, et ensuite, l'oscillation de cette même masse lorsqu'elle est immergée, donc il y a un frottement plus grand. Ensuite, j'aimerais vous donner l'impression que ces phénomènes oscillatoires sont très généraux, ils ne se limitent pas simplement à une masse accrochée à un ressort, et pour ce faire, je vais vous montrer un pendule de torsion.

Notes

Summary



0m 03s

Mesure de la force de rappel d'un ressort



- En bas : capteur de déplacement.
- En haut : transducteur mesurant la force.

Mécanique | 2013 3

Alors je commence avec la force de rappel. Je vais vous montrer un dispositif qui permet de mesurer la force en fonction de l'élongation.

Notes

Summary



0m 50s



Vous avez en bas un capteur qui détecte la position, et en haut un capteur qui détecte la force. On va accrocher un ressort comme c'est montré sur la vidéo, et, ensuite, on va actionner sur le levier pour changer le déplacement.

Notes

Summary



1m 00s

Mesure de la force de rappel d'un ressort



- Traction faible : comportement élastique.
- Traction plus grande : déformation plastique.
- Traction faible après déformation plastique : comportement élastique à nouveau.

Mécanique | 2013 4

Dans la vidéo suivante, on va faire des expériences avec des élongations assez grandes. Quand l'élongation est petite, la loi de proportionnalité est vérifiée, et lorsque l'on tire trop sur le ressort, ici, le ressort est fait en cuivre donc c'est un ressort qui entre très rapidement dans un régime plastique, lorsque l'on tire trop sur le ressort on a une déformation dite plastique, elle est permanente, mais on va aussi montrer que, une fois que la déformation est faite, une petite déformation autour du nouvel état d'équilibre a encore une fois, la caractéristique linéaire.

Notes

Summary



1m 25s



Voilà une petite déformation, un peu plus grande, le système revient à l'équilibre, et voilà une déformation beaucoup trop grande pour un ressort en cuivre, et il reste une déformation plastique. Donc maintenant, on a de nouveau le comportement linéaire autour de la nouvelle position.

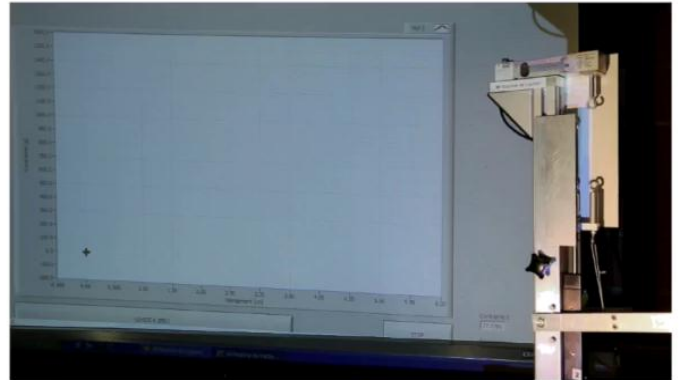
Notes

Summary



2m 10s

Mesure de la force de rappel d'un ressort



- Enregistrement force en fonction de l'élongation
- Régime élastique.
- Régime plastique.

Mécanique | 2013 5

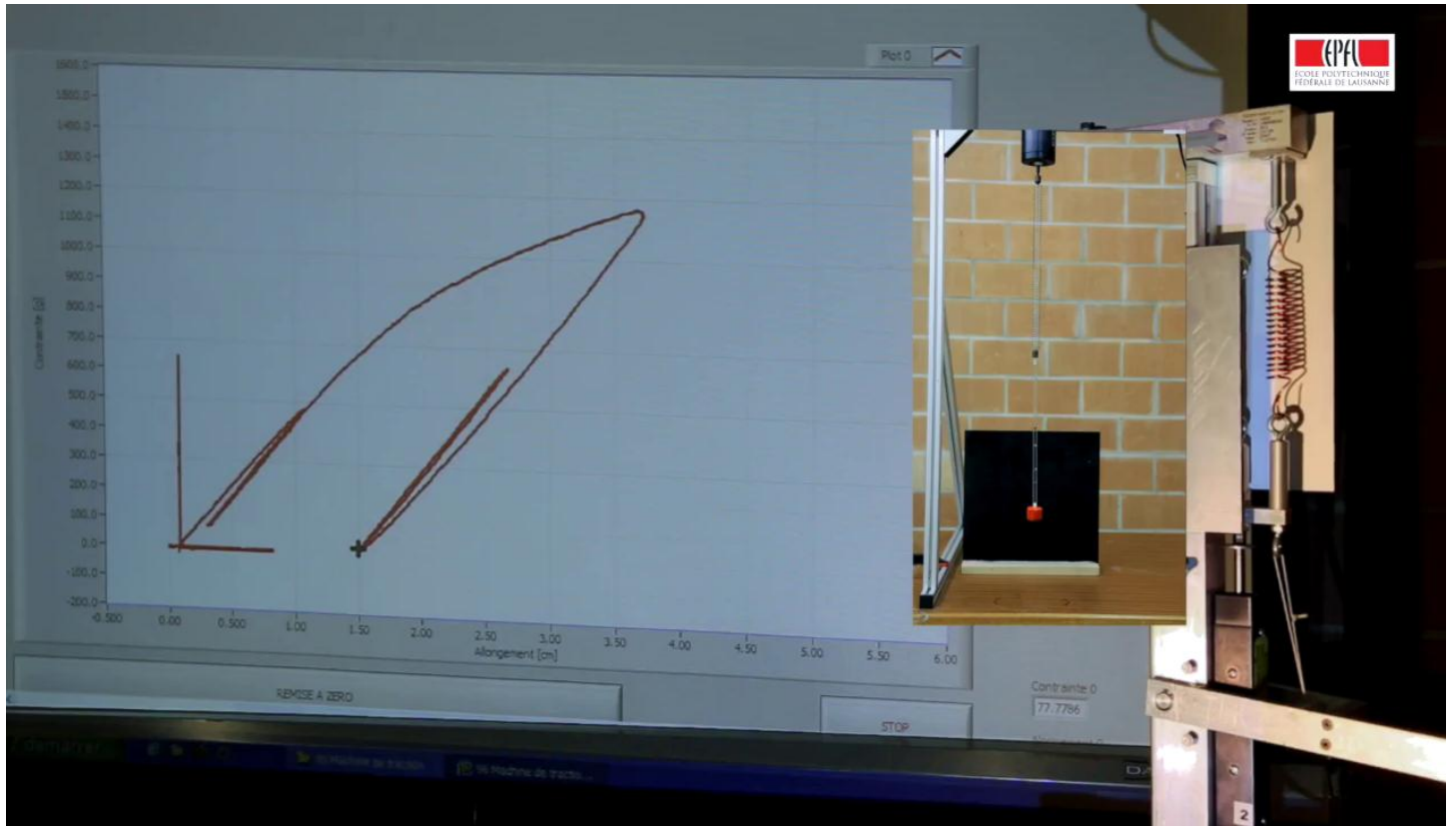
Dans la vidéo suivante, vous avez à droite la machine, que je viens de présenter, et les, il y a des capteurs qui sont branchés sur l'ordinateur, et l'ordinateur est branché sur un "beamer" qui montre la mesure sur un fond d'écran.

Notes

Summary



2m 31s



Vous allez voir maintenant les différentes étapes de la mesure qui sont reproduites sur l'écran. D'abord, le déplacement, ensuite, la force, maintenant, on va accrocher un ressort, si on fait, un petit déplacement, c'est grosso-modo linéaire, si on tire trop, on a une déformation plastique, mais ensuite, on retrouve le régime linéaire.

Notes

Summary



2m 57s



- Un ressort de qualité, (spirale inversée en son milieu)
- Dans l'air, amplitude presque constante après de nombreuses oscillations.

Mécanique | 2013 6

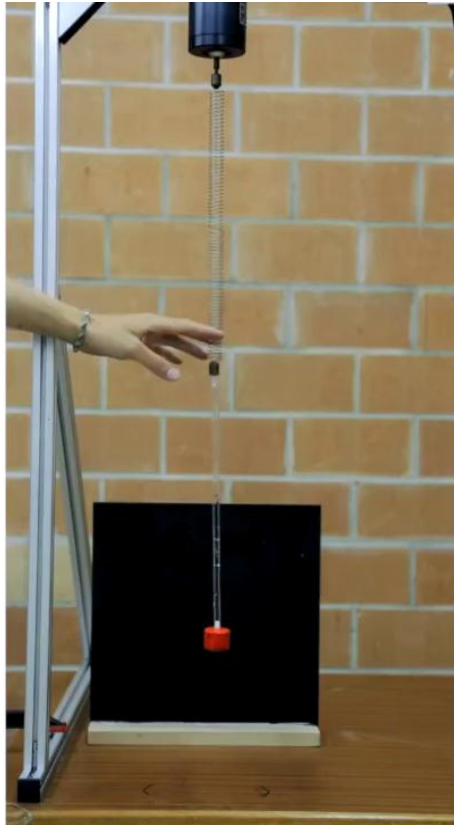
Voici maintenant une masse accrochée à un ressort, c'est un ressort de qualité, ce n'est pas un ressort en cuivre, donc on s'attend à avoir peu de pertes, et c'est en effet ce qui se passe, je vous invite à voir la vidéo. Voilà.

Notes

Summary



3m 31s



On excite le système, et vous avez des oscillations dont l'amplitude est grosso-modo constante, donc là, on a un oscillateur harmonique avec un amortissement négligeable.

Notes

Summary



3m 49s

Oscillateur libre : analyse



Masse suspendue : $m \approx 0.22 \text{ kg}$

Mesure statique de l'allongement du ressort

$$k \approx \frac{mg}{\text{élongation}} \approx 21 \text{ N/m}$$

Fréquence du pendule : $f \approx \frac{14}{10} \text{ s}$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = \omega^2 m \approx 17 \text{ N/m}$$

Mécanique | 2013 7

Je me suis amusé à prendre quelques mesures. J'ai mis le, ce point rouge sur une balance, j'ai trouvé qu'il pesait à peu près 220 grammes, je l'ai ensuite accroché au ressort, j'ai observé une élongation du ressort d'à peu près 10 centimètres, donc, je déduis que cette mesure, la constante élastique du ressort, à peu près 21 newtons par mètre. Maintenant, si vous regardez la vidéo, vous pouvez mesurer la fréquence du pendule. J'ai mesuré 14 battements du pendule en à peu près 10 secondes, c'est une mesure très approximative, j'en déduis la fréquence, de la fréquence je peux déduire le oméga, parce que, ça vous devez savoir le faire, maintenant, vous regarderez dans vos formules, et de cette formule oméga égal racine de k sur m, je peux déduire k du oméga. Je trouve 14 newtons par mètre, ce n'est pas tout à fait juste, mais il y a toutes sortes de problèmes, il y a des incertitudes dans la mesure, et puis il y a aussi le fait que le ressort n'est pas de masse nulle, et il oscille avec le plot.

Notes

Summary



4m 04s

Oscillateur faiblement amorti



quelques oscillations mais
l'amortissement est tout de suite notoire.

Mécanique | 2013 8

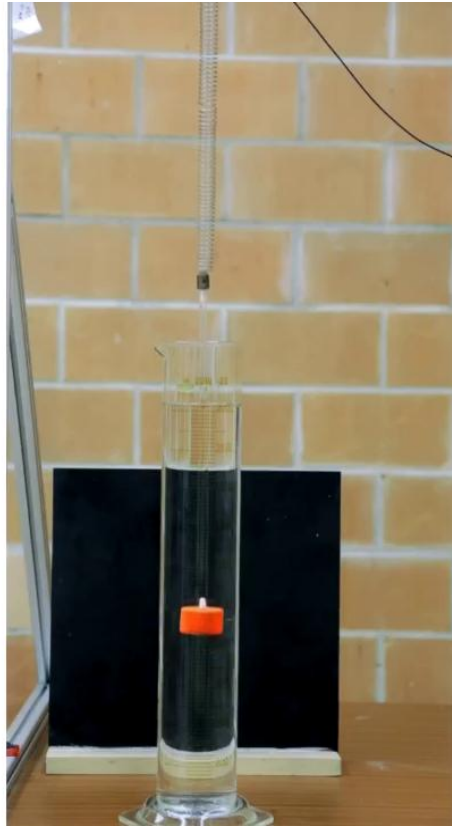
On va regarder maintenant le même oscillateur plongé dans l'eau, ce qui fait qu'il y aura un amortissement notoire, regardons ce que cela donne: vous voyez que, en quelques périodes, le système s'arrête, ou presque.

Notes

Summary



5m 20s



Mais on a quand même ce phénomène oscillatoire, et donc on parle d'amortissement faible.

Notes

Summary



5m 36s

Oscillateur faiblement amorti



- Dans l'eau, on distingue quelques oscillations mais l'amortissement est tout de suite notoire.

Mécanique | 2013 8

Si, à la place de l'eau, j'avais une huile extrêmement épaisse, il n'y aurait aucune, aucune oscillation, alors là ce serait un amortissement dit surcritique. Là, on est dans l'approximation des amortissements faibles, parce que, en effet, on observe plusieurs périodes d'oscillation avant d'avoir un amortissement notoire.

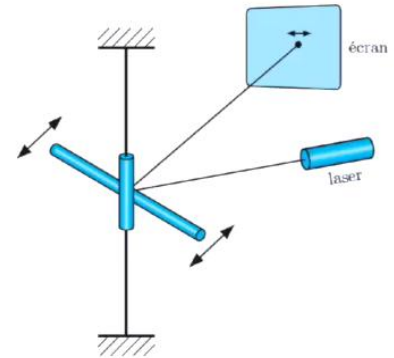
Notes

Summary



5m 46s

Autre forme d'oscillateur : pendule de torsion



- Une structure mécanique différente, un pendule de torsion, peut avoir le même comportement oscillatoire.
- Les oscillations sont visualisées par un faisceau laser réfléchi par un miroir monté sur le pendule,
- ou capté par un détecteur Hall au voisinage d'un aimant monté sur le pendule.

Mécanique | 2013 9

Pour finir, j'aimerais vous laisser avec l'impression que ces comportements avec ces oscillateurs harmoniques est quelque chose de très général, alors je vous propose d'examiner ici un, un pendule de torsion dont voici le schéma: c'est cette tige-là qui va être tordue. Pour voir la torsion, on a fixé une barre horizontale à cette tige verticale. Il y a deux façons de mesurer la rotation de la barre horizontale, l'une, c'est d'avoir un miroir, comme indiqué ici, et l'autre, c'est d'attacher un petit aimant sur la barre, et d'avoir un capteur dit capteur Hal qui mesure le champ magnétique. Et cela permet de traduire le mouvement de la barre en une tension électrique.

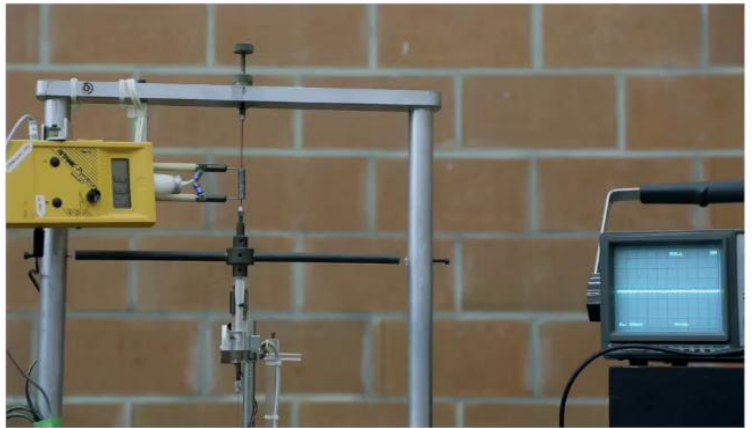
Notes

Summary



6m 13s

Autre forme d'oscillateur : pendule de torsion



- Basse température : amortissement très faible
- Haute température : amortissement après quelques oscillations.

Mécanique | 2013 10

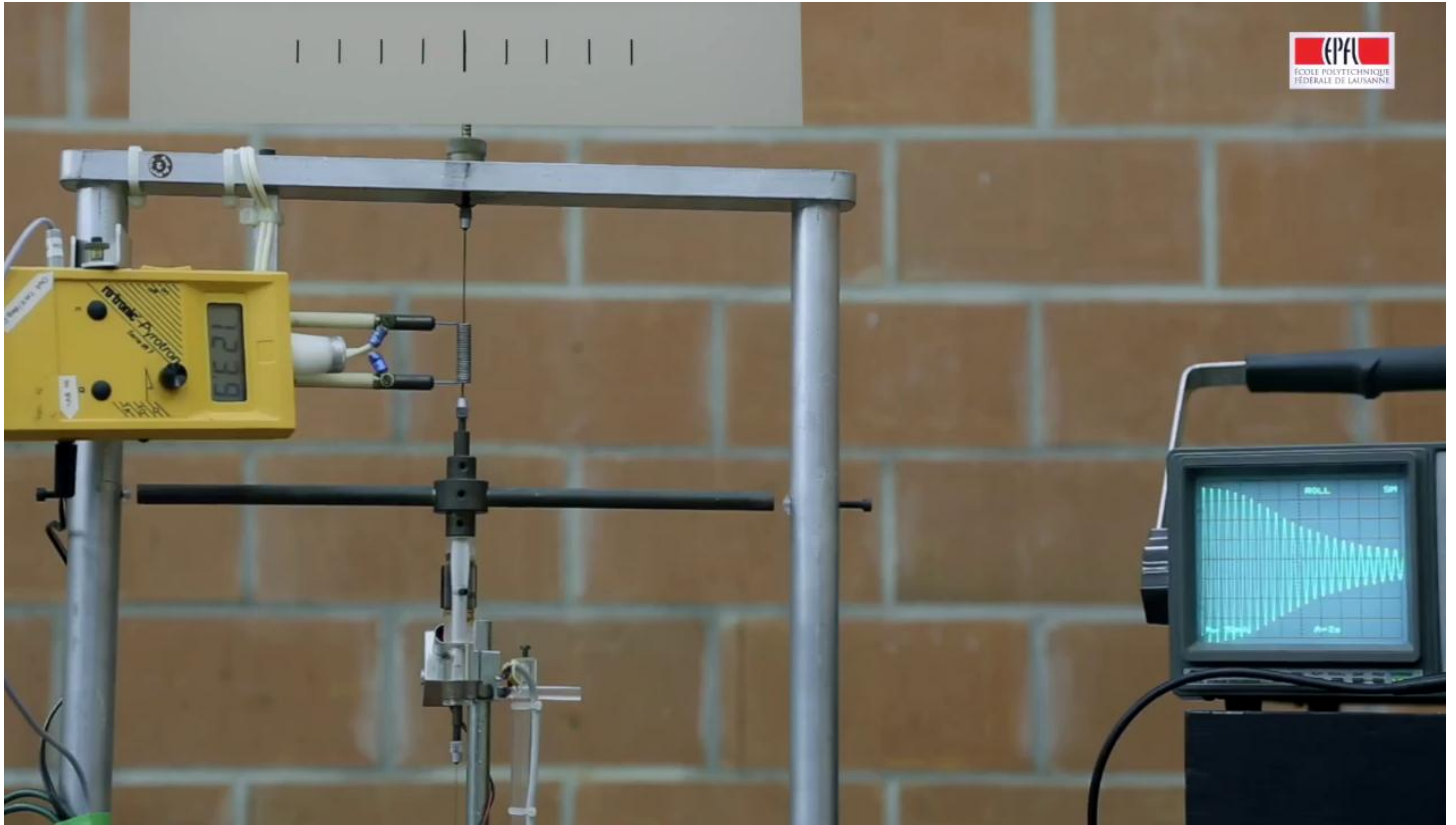
Alors voici le montage: vous avez la tige verticale, la barre horizontale qui va se mettre à osciller, et c'est la tige qui impose un couple de rappels, sur la barre. Vous voyez aussi, une bobine enroulée autour de la tige verticale, mais sans la toucher, et il y a des contacts électriques, ce qui permet de chauffer ce spirale, et l'appareil jaune est un pyromètre qui va mesurer la température de ce spirale. À droite, vous avez un oscilloscope qui détecte, enfin, qui nous donne la tension mesurée par le capteur de Hal.

Notes

Summary



7m 06s



On va regarder cette mesure. Dans un premier temps à température ambiante, voilà, on excite le système, vous voyez sur l'oscilloscope une amplitude à peu près constante, ça, c'est à température ambiante, maintenant il se trouve que lorsque, on augmente la température de la tige verticale, c'est ce qu'on va commencer à faire maintenant, vous pouvez voir sur le pyromètre la température qui monte, elle est indiquée en degrés centigrades, tout à coup vous allez voir un amortissement, ça c'est un frottement intérieur à la tige, qui provoque l'amortissement. Et voilà, vous avez une très nette atténuation sur quelques périodes.

Notes

Summary

