

P3 : OSCILLATEURS MÉCANIQUES

Plan du chapitre

Oscillateur non amorti

- Équation du mouvement
- Énergie mécanique

Oscillateur amorti

- Relaxation pseudo-périodique
- Relaxation apériodique
- Énergie mécanique

Mesure du temps

- Les horloges mécaniques
- Les horloges à quartz
- Les horloges atomiques

TP P3 : Le pendule

Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence les différents paramètres influençant la période d'un oscillateur mécanique

Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence l'amortissement d'un oscillateur mécanique

Pratiquer une démarche expérimentale pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un oscillateur.

Objectifs : Mettre en évidence les facteurs influençant la période d'un pendule ; Mettre en évidence le mouvement sinusoïdal ou pseudo-sinusoïdal dans le cas du pendule et d'oscillateur à ressort ; étude énergétique du pendule avec ou sans frottements.

Oscillateur non amorti

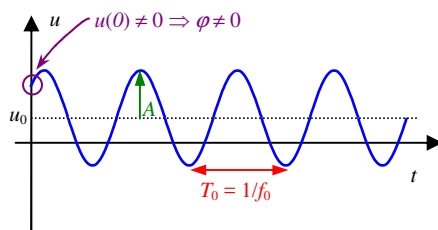
En physique, un oscillateur est un système évoluant de part et d'autre d'un équilibre stable. On distingue plusieurs types d'oscillateurs selon leur fonctionnement et leurs effets. Les exemples les plus courants proviennent de la mécanique classique (pendule, système masse-ressort) et de l'électricité, mais on les retrouve dans tous les domaines de la chimie et de la physique et notamment en mécanique quantique.

Un oscillateur libre (sans excitateur extérieur) possède une fréquence propre f_0 qui dépend de paramètres internes du système (longueur du fil, raideur du ressort, etc).

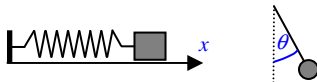
■ Équation du mouvement

Le mouvement d'un oscillateur mécanique est sinusoïdal. Forme générale :

$$u(t) = u_0 + A \cdot \sin(2\pi f_0 t + \varphi)$$



La grandeur u peut être la position x d'une masse attachée à un ressort, l'angle θ d'un pendule.



Le facteur $2\pi \cdot f_0$ permet de rendre la fonction sinus périodique de période $1/f_0$. Il est appelé pulsation et souvent noté ω_0 .

u_0 est la valeur de u lorsque le système est dans sa position d'équilibre stable. Le plus souvent, cette valeur est nulle.

A est l'amplitude du mouvement.

φ est la phase. Elle dépend de la position du système à $t = 0$.

Remarque : il est souvent possible, par un choix judicieux de coordonnée(s) de position et d'origine des dates, de se ramener à l'expression simple : $u(t) = A \cdot \sin(2\pi f_0 t)$

■ Énergie mécanique

Un système oscillant transforme son énergie cinétique en énergie potentielle de pesanteur [$E_{pp} = mgz$] et/ou élastique [$E_{pe} = 0,5 \cdot k \cdot (x - x_0)^2$] pendant une phase de son mouvement, puis effectue la transformation inverse pendant l'autre phase.

Si les frottements sont négligeables, l'oscillateur est dit non amorti et son énergie mécanique reste constante.

[Le pendule simple](#)

[Oscillateur élastique horizontal](#)

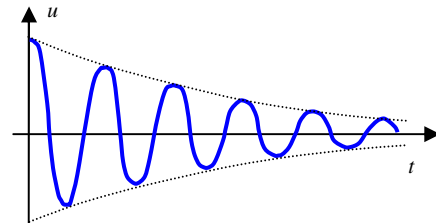
[Danse des pendules](#)

Oscillateur amorti

Lorsque les frottements ne sont pas négligeables, il y a relaxation de l'oscillateur : l'oscillateur finit par s'immobiliser plus ou moins rapidement dans sa position d'équilibre stable.

■ Relaxation pseudo-périodique

Si les frottements sont relativement faibles, il y a des oscillations d'amplitude décroissante.



Si l'amortissement est faible, la période T de l'oscillateur amorti est proche de la période propre T_0 qu'il aurait s'il n'était pas amorti.

■ Relaxation apériodique

Si les frottements sont suffisamment importants, la relaxation n'est plus périodique.



[Oscillation d'un pendule dans divers cas d'amortissement](#)

■ Énergie mécanique

Les frottements dissipent l'énergie mécanique de l'oscillateur.

[Exercice 1](#) ■ Mesure du temps par Galilée

[Exercice 2](#) ■ Pendule simple

Mesure du temps

Extraire et exploiter des informations sur l'influence des phénomènes dissipatifs sur la problématique de la mesure du temps et la définition de la seconde.

Le fait que les oscillateurs non amortis aient une fréquence propre peut servir à mesurer le temps.

La présence de frottement entache d'erreur la mesure du temps.

■ Les horloges mécaniques

Elles sont basées sur un oscillateur mécanique (pendule, ressort) pour mesurer le temps. Elles pouvaient être assez précises (quelques secondes par jour d'erreur).

[How a mechanical watch works](#)

[Échappement à ancre](#)

■ Les horloges à quartz

Elles sont basées sur la mesure de la fréquence de vibration d'un cristal de quartz. Elles sont beaucoup plus précises que les horloges mécaniques (quelques secondes par mois)

 [How does a quartz clock work](#)

■ Les horloges atomiques

Beaucoup plus complexes, elles sont d'une précision extrême et permettent notamment des expériences de validation de la théorie de la relativité d'Einstein (voir chapitre P5) ou une meilleure géolocalisation par GPS. La plus précise à ce jour (2015) commet une erreur inférieure à 1 seconde sur 15 milliards d'années.

 [How does an atomic clock work](#)

 [Une horloge bat le record de précision](#)

Exercice 3  *La mesure du temps*