

Fiche de synthèse n°1.a

Oscillations libres

1. Vibrations et oscillations

1.1. Vibration, grandeur vibratoire

Vibration

Un système est en vibration si l'une des grandeurs qui le caractérisent évolue autour d'une position d'équilibre. Cette grandeur est appelée une **grandeur vibratoire**.

Le phénomène périodique

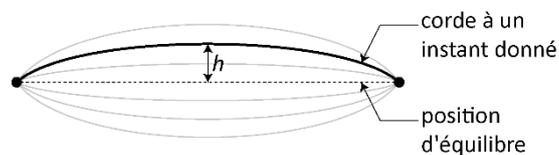
Un phénomène est périodique s'il se répète identique à lui-même à **intervalles de temps réguliers**.

1.2. Oscillations, période et fréquence

L'oscillation est un cas particulier de vibration. Un système est en oscillation si les grandeurs vibratoires qui le caractérisent **évoluent de manière périodique**.

Un système est en oscillation si au moins l'une des grandeurs qui le caractérise évolue de manière périodique. Cette grandeur est appelée une grandeur vibratoire.

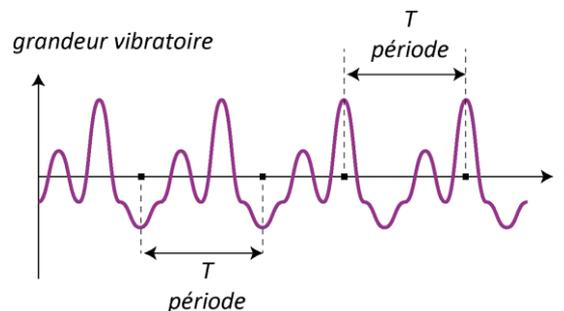
Exemple :



La corde de guitare effectue un mouvement périodique autour de sa position d'équilibre horizontale. La distance h représentée sur la figure est une grandeur vibratoire.

La période des oscillations

La plus petite durée au bout de laquelle le phénomène périodique se reproduit est appelé sa période, usuellement notée T .



La fréquence des oscillations

La fréquence f est le nombre d'oscillation par seconde. On l'exprime **en hertz** (symbole Hz).

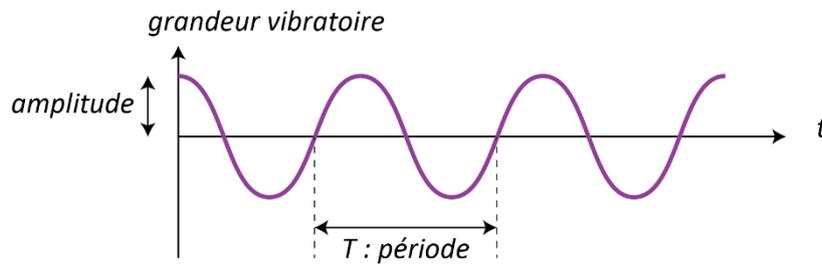
La fréquence est reliée à la période par :

$$f = \frac{1}{T}$$

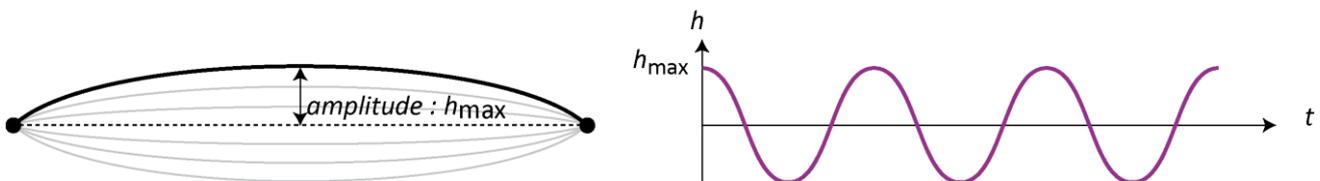
2. L'oscillateur harmonique

L'oscillateur harmonique est un cas particulier d'oscillateur. Un système est un oscillateur harmonique si les grandeurs vibratoires qui le décrivent évoluent **de manière sinusoïdale** en fonction du temps.

La valeur maximale prise par la grandeur vibratoire est appelée **amplitude** des oscillations.



Exemple de la corde de guitare :



3. Différents régimes d'oscillations libres

3.1. Oscillations libres

L'oscillation est dite « libre » si, après qu'il a été écarté de son état initial, **aucune énergie n'est apportée** à l'oscillateur par l'extérieur.

3.2. Les quatre régimes d'oscillations libres

Le régime périodique

Dans le cas présenté au paragraphe 2.1 l'amplitude des oscillations est constante : c'est un cas idéal appelé **régime périodique**.

Il s'agit d'un cas idéal qui n'est jamais rigoureusement atteint mais de nombreuses situations peuvent être considérées comme quasi-périodiques.

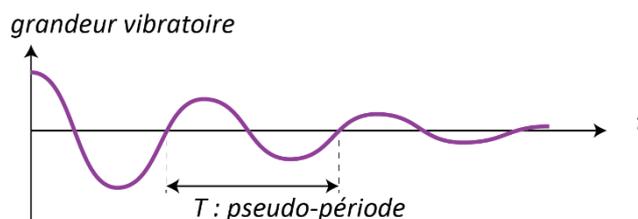
La période des oscillations est alors **la période propre** de l'oscillateur.

Le régime pseudopériodique et la pseudopériode

L'amplitude des oscillations est généralement décroissante. Cela peut-être dû aux frottements dans le cas des oscillateurs mécaniques, à l'effet Joule dans le cas des oscillateurs électriques, etc.

On dit que les oscillations sont **amorties**. Le régime d'oscillation est alors qualifié de **pseudopériodique**.

Un oscillateur est en **régime pseudopériodique** s'il est en vibration mais si l'amplitude décroît en fonction du temps. La durée qui sépare deux oscillations successives est alors appelée la **pseudopériode**.



La pseudopériode est généralement très voisine de la période propre de l'oscillateur.



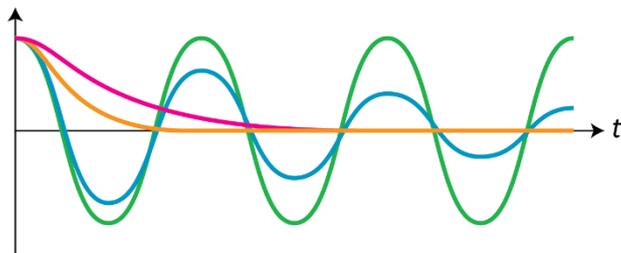
Les régimes critique et apériodique

Il existe une limite à partir de laquelle l'amortissement est assez important pour que, lorsqu'il en est écarté, l'oscillateur revienne à sa position d'équilibre sans vibrer.

- Si l'amortissement est juste suffisant pour que la vibration n'ait pas lieu, le régime obtenu est appelé **régime critique** : c'est celui qui permet le retour le plus rapide à l'état d'équilibre.
- Si l'amortissement est au-delà de cette limite, le régime est **apériodique**.

Les quatre régimes possibles :

grandeur vibratoire



Régimes :

- périodique
- pseudopériodique
- critique
- apériodique

amortissement

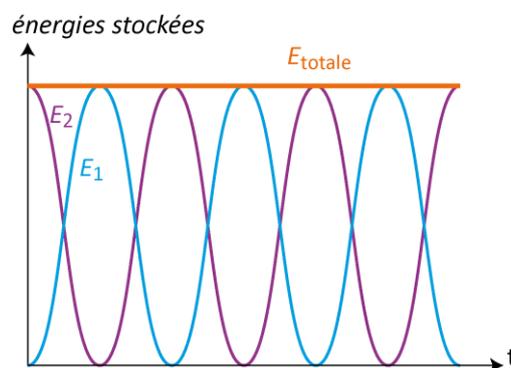
3.3. Interprétation énergétique

Interprétation énergétique du régime périodique

Un oscillateur stocke toujours au moins deux formes d'énergie ; par exemple :

- de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle s'il s'agit d'un oscillateur mécanique ;
- de l'énergie magnétique et de l'énergie électrostatique s'il s'agit d'un oscillateur électrique.

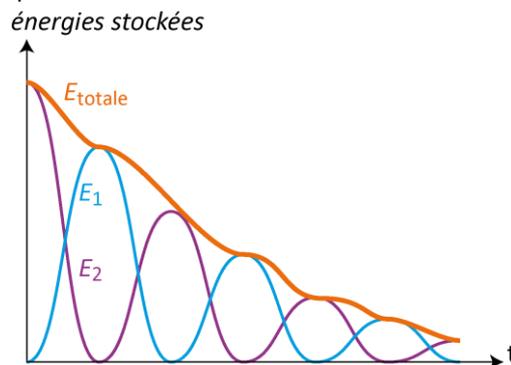
En régime périodique, l'énergie change de forme périodiquement sans transfert vers l'extérieur. L'énergie totale stockée par l'oscillateur est alors constante.



E_1 et E_2 sont deux formes d'énergie stockées par l'oscillateur

Interprétation du régime pseudopériodique

En régime pseudopériodique, chaque fois que l'énergie change de forme, une partie est transférée vers l'extérieur de l'oscillateur : l'énergie totale stockée par l'oscillateur est alors décroissante :

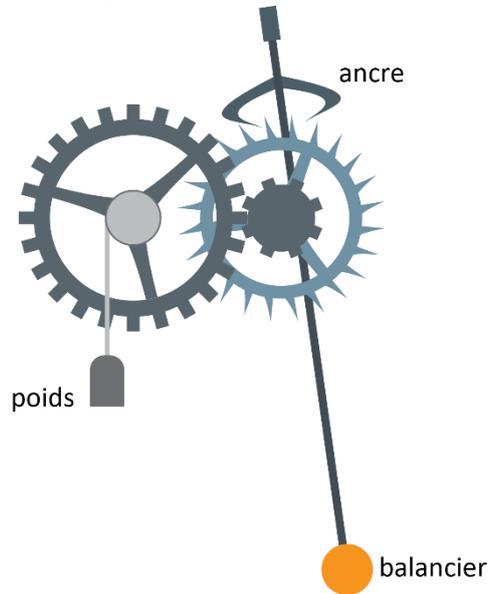


3.4. Oscillations entretenues

Le régime périodique, expérimentalement, n'est jamais parfaitement atteint car les phénomènes à l'origine de l'amortissement des oscillations, même s'ils sont faibles, ne sont jamais tout-à-fait absents.

L'entretien des oscillations consiste à apporter à l'oscillateur périodiquement l'énergie qu'il a perdue à cause de l'amortissement.

- ▶ **Exemple en mécanique** : le mouvement du balancier d'une horloge est périodique car il est entretenu par la descente des poids. Celui-ci cède au balancier l'énergie qu'il perd à cause des frottements.



- ▶ **En électricité** : c'est souvent l'effet joule qui est la cause de l'amortissement des oscillations. On peut alors ajouter un composant actif, alimenté par un générateur, qui compense ces pertes et cède à chaque instant au circuit l'énergie dissipée par effet Joule. On appelle souvent ces dispositifs d'entretien des « composants à résistance négative ».

