La Physique
Autour de la notion de fréquence

I TP1 : La corde de Melde

Manipulation 1: Forme de la corde. Correction

On observe que la corde a une forme sinusoïdale. On a donc une forme identique à celle présentée avant **mais dépendant de l'espace et non du temps** car on décrit ici la forme d'une corde, donc une dépendance spatiale :

$$y(x) = y_m \sin(2\pi k x + \phi) \tag{1}$$

La fréquence est noté k car elle n'a pas la même unité que f. C'est une fréquence **spatiale** et son inverse est la période spatiale de la corde appelée **longueur d'onde.** soit :

$$y(x) = y_m \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \phi\right) \tag{2}$$

Pour aller plus loin : La forme donnée ici est la forme à un instant t (comme une photographie de la corde). En réalité, cette forme reste varie dans le temps mais la corde garde une forme sinusoïdale, c'est l'amplitude y_m qui dépend du temps : $y_m(t)$ et la fonction devient une fonction de deux variables :

$$y(x,t) = y_m(t)\sin(2\pi k x + \phi) = y_0 \sin(2\pi f t + \psi)\sin(2\pi k x + \phi) \tag{3}$$

Ce genre d'expression sera utilisé en classe prépa (plutôt en 2ème année).
On peut remarquer néanmoins que les points où $y(x) = 0$ ne vibrent jamais, on les appelle des ***noeuds****. Les point où la vibration est maximum sont aussi toujours les mêmes, on les appelle de ventres.*

Manipulation 2: Phénomène de résonance

On observe que pour certaines fréquences, l'amplitude de vibration devient maximale [a]. C'est le phénomène de **résonance** : l'existence, pour certaines fréquences, d'un maximum de vibration d'un système.
On le rencontre dans de nombreux cas : vibrations d'un transport (voiture, métro, train), d'une molécule (spectroscopie), d'un circuit électrique (radio, expérimentation)...
Si l'on veut étudier un phénomène de résonance, on va devoir mesurer, pour chaque résonance :

— **Fréquence de résonance** : le(les) fréquence(s) pour laquelle(lesquelles) on observe un phénomène de résonance.

— **L'amplitude** de vibration à la résonance

Pour aller plus loin : On observe ici que les fréquences de résonance sont toutes des multiples de la fréquence de résonance la plus basse f_0 qu'on appelle le fondamental. Les suivantes : $f_n = n f_0$ avec $n \in \mathbb{N}$ sont appelées les harmoniques.

a. extremum local

Exercice 1: Interprétation théorique sur un cas plus simple

1. $y(x) = y_m \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \phi\right)$. y_m, ϕ et donc λ sont des inconnues a priori.
2. $y(x = 0) = y(x = L) = 0$
3. (a) L'amplitude n'est pas contrainte.
   (b) La longueur d'onde est contrainte, on observe que la longueur L doit être un nombre

entier de longueur d'onde ou un demi-entier de longueur d'onde soit :

$$L = \frac{n}{2}\lambda \tag{4}$$

avec $n \in \mathbb{N}$

4. Il vient :

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{nc}{2L} \tag{5}$$

On retrouve des fréquences multiples du fondamental.

Pour aller plus loin : *On peut retrouver le résultat précédent par une étude mathématique de la fonction $y(x)$. En effet, les conditions aux limites s'écrivent :*

$$\begin{aligned}
&\begin{cases} y(x=0) & = y_m \sin\phi = 0 \\ y(x=L) & = y_m \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}L + \phi\right) = 0 \end{cases} \\
\Longrightarrow &\begin{cases} \phi & = 0 \ \textit{ou} \ \pi \\ y_m \sin\frac{2\pi}{\lambda}L & = 0 \end{cases} \\
\Longrightarrow &\frac{2\pi}{\lambda}L = n\pi
\end{aligned}$$

avec $n \in \mathbb{N}$. On retrouve la même condition sur λ.

II TP2 : La résonance en électrocinétique. Correction

Manipulation 3: Etudier un signal sinusoïdal

On observe que la tension aux bornes de la résistance est aussi sinusoïdale et de même fréquence que la tension que l'on a choisi sur le générateur. Le circuit est donc "forcé" à évoluer de manière sinusoïdale à la même fréquence que l'entrée. D'où le nom.
Pour aller plus loin : L'existence d'un tel régime dépend de caractéristique que doit avoir le circuit. En classes préparatoires, on verra que le circuit doit être **linéaire et stable**[a].

a. On n'entre pas ici dans les définitions de ces termes.

Manipulation 4: Phénomène de résonance

On observe que pour une fréquence, l'amplitude de vibration devient maximale[a]. C'est le phénomène de **résonance** : l'existence, pour certaines fréquences, d'un maximum de vibration d'un système. On le rencontre dans de nombreux cas : vibrations d'un transport (voiture, métro, train), d'une molécule (spectroscopie), d'un circuit électrique (radio, expérimentation)...
Si l'on veut étudier un phénomène de résonance, on va devoir mesurer, pour chaque résonance :

— **Fréquence de résonance** : le(les) fréquence(s) pour laquelle(lesquelles) on observe un phénomène de résonance.

— **L'amplitude** de vibration à la résonance

Pour aller plus loin : Ici on pourrait observer que la fréquence de résonance vaut $f_0 = \sqrt{1/(LC)}$ avec L et C des valeurs des composants.

a. extremum local

Exercice 2: Etude théorique

1. $s_m = \frac{e_m}{\sqrt{1+Q^2\left(\frac{f}{f_0}-\frac{f_0}{f}\right)^2}}$
2. Il faut minimiser le dénominateur soit annuler le terme entre parenthèse soit $f = f_0$.
   Pour aller plus loin : On devrait remarquer que cela correspond à la fréquence trouvée expérimentalement si l'on avait l'expression de f_0. Mais une telle comparaison théorie-expérience nécessite un calcul d'incertitude sur la valeur mesurée de f_0. C'est une pratique qui sera faite en TP.

III Le spectre d'un signal

Manipulation 5: Obtention des spectres de signaux lumineux

On distingue ici deux types de spectres : les spectres **discrets** et les spectres **continues**.
Pour aller plus loin : Lorsqu'on étudie mathématiquement de tels signaux, leur écritures est aussi différentes (une somme dans le premier cas et une intégrale dans le second). Seul la manipulation mathématique des spectres discrets est au programme en classes préparatoires mais on ne peut se passer de manipuler les spectres continus en TP.

Manipulation 6: Effet de filtrage

On remarque que seules certaines fréquences "passent", c'est-à-dire sont encore présentes après le filtre.
Les fréquences qui passent et la largeur de la bande de fréquence qui passent (on parle de *bande passante*) dépend du filtre étudier.
Pour aller plus loin : L'action ici de **filtrage** est très importante en physique et ne se limite pas au signaux lumineux. On procédera notamment à l'utilisation de filtres sur des signaux électriques ou l'étude de comportement de filtre *naturels*.