Extrait du programme

Partie : Ondes et signaux.
Chapitre : Ondes mécaniques.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Onde mécanique progressive. Grandeurs physiques associées.	Décrire, dans le cas d'une onde mécanique progressive, la propagation d'une perturbation mécanique d'un milieu dans l'espace et au cours du temps : houle, ondes sismiques, ondes sonores, etc.
Célérité d'une onde. Retard.	Expliquer, à l'aide d'un modèle qualitatif, la propagation d'une perturbation mécanique dans un milieu matériel.
Ondes mécaniques périodiques. Ondes sinusoïdales. Période. Longueur d'onde. Relation entre période, longueur d'onde et célérité.	*Produire une perturbation et visualiser sa propagation dans des situations variées, par exemple : onde sonore, onde le long d'une corde ou d'un ressort, onde à la surface de l'eau.* Exploiter la relation entre la durée de propagation, la distance parcourue par une perturbation et la célérité, notamment pour localiser une source d'onde. *Déterminer, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur ou d'un smartphone, une distance ou la célérité d'une onde.* *Illustrer l'influence du milieu sur la célérité d'une onde.* Distinguer périodicité spatiale et périodicité temporelle. Justifier et exploiter la relation entre période, longueur d'onde et célérité. Déterminer les caractéristiques d'une onde mécanique périodique à partir de représentations spatiales ou temporelles. *Déterminer la période, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale à l'aide d'une chaîne de mesure.* **Capacités numériques** : Représenter un signal périodique et illustrer l'influence de ses caractéristiques (période, amplitude) sur sa représentation. Simuler à l'aide d'un langage de programmation, la propagation d'une onde périodique. **Capacité mathématique** : Utiliser les représentations graphiques des fonctions sinus et cosinus.

1 Onde progressive

1.1 Présentation

Exemples d'ondes : caillou dans l'eau, perturbation sur corde ou ressort, échelle de perroquet, son, onde sismique.

Une onde progressive est la propagation d'une perturbation dans un milieu sans transport de matière mais avec transport d'énergie.

1.2 Retard - Célérité

Célérité d'une onde sur une corde plus ou moins tendue (vidéo).

Célérité du son : méthode du « clap » avec un oscilloscope numérique.

`https://physique-chimie.discip.ac-caen.fr/spip.php?article455`

Une onde se propage avec une certaine **célérité** v (correspond à la vitesse).

Un point B du milieu de propagation atteint le même état de perturbation qu'un autre point A après un **retard** τ tel que :

$$\tau = \frac{AB}{v}$$

v étant la **célérité** de l'onde.

Remarque : la célérité d'une onde dépend des caractéristiques du milieu de propagation (ex : tension d'une corde, température d'un gaz ...) mais pas de la forme de l'onde.

2 Onde progressive périodique sinusoïdale

2.1 Présentation expérimentale

Présentation de la cuve à ondes (vidéo jusqu'à 1min10s).

Voir animation cuve à ondes :
`http://www.ostralo.net/3_animations/swf/cuve_ondes_circulaires.swf`
`https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_fr.html` Tester la relation entre v, f (ou T) et λ en changeant les paramètres.

2.2 Double périodicité

Une onde est **périodique** si la source de l'onde crée périodiquement la même perturbation.

Elle est **sinusoïdale** si l'amplitude de la perturbation varie de façon sinusoïdale.

Une onde progressive sinusoïdale est caractérisée par une période temporelle et une période spatiale.

— La **période temporelle** T est la durée qui sépare deux états successifs de même perturbation d'un point du milieu de propagation.
— On définit aussi la **fréquence** de l'onde qui est l'inverse de la période :

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

— La **période spatiale**, ou **longueur d'onde** λ, est la distance qui sépare deux points consécutifs du milieu de propagation qui vibrent en phase.

La longueur d'onde λ est aussi la distance parcourue par l'onde en une période T. On peut donc écrire :

$$\boldsymbol{\lambda = vT = \frac{v}{f}}$$

Explication :
Considérons un instant où la perturbation est maximum au point M_1. Une période plus tard, ce point M_1 est dans le même état de perturbation. Pendant ce temps, l'onde s'est propagée et la perturbation maximum a atteint un point M_2. Ce point M_2 vibre donc en phase avec le point M_1 : ils sont séparés par une longueur d'onde. Le retard entre M_1 et M_2 est $\tau = \frac{M_1M_2}{v}$ avec ici $\tau = T$ et $M_1M_2 = \lambda$, on a donc bien $\lambda = vT$.

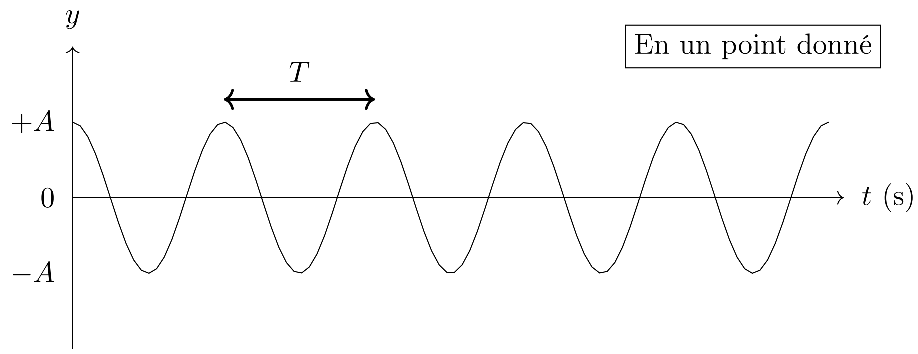
2.3 Expression mathématique de la perturbation

2.3.1 Perturbation en fonction du temps, en un point donné

La perturbation y en fonction du temps est une fonction sinusoïdale et peut s'écrire de la façon suivante :

$$\boldsymbol{y(t) = A \times \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)}$$

A est l'amplitude de l'onde, T est la période.
Complément (sans doute hors programme) : $\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi\right)$ est la phase de l'onde et φ est appelée phase à l'origine.

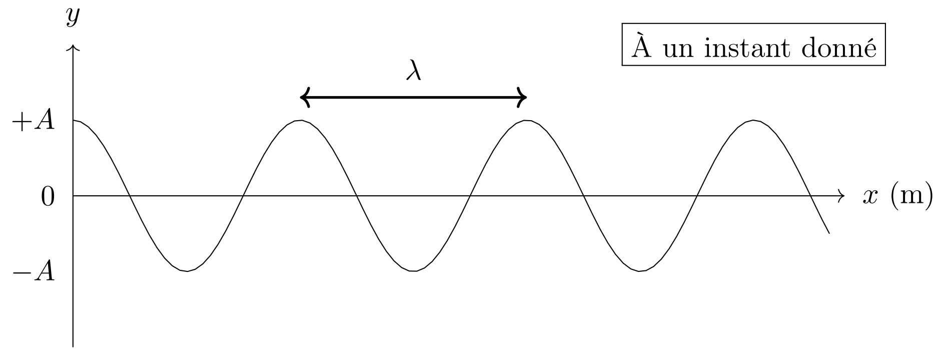


2.3.2 Perturbation en fonction de la position, à un instant donné

La perturbation y en fonction de la position est aussi une fonction sinusoïdale et peut s'écrire de la façon suivante :

$$\boldsymbol{y(x) = A \times \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi'\right)}$$

A est l'amplitude de l'onde, λ est la longueur d'onde.



2.3.3 Perturbation en fonction du temps ET de la position

L'expression générale de la perturbation dans le milieu matériel peut s'écrire de la façon suivante :

$$\boldsymbol{y(x,t) = A \times \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \phi\right]}$$

2.4 En Python

Exemple de code permettant de tracer le signal $y(t) = A \times \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$.

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
A = 3      # amplitude en unité arbitraire (ua)
T = 10     # période en s
t = np.linspace(0, 10*T, 256) # 256 instants entre t=0 et t=10T
y = A*np.cos(2*Pi*t/T)        # calcul de y
# graphique :
plt.plot(t, y)
plt.ylabel('Amplitude (ua)')
plt.xlabel('t (s)')
plt.show()
```

Pour visualiser la propagation de l'onde, on peut par exemple représenter des graphiques $y_t = f(x)$ à différents instants avec l'expression globale $y_t(x) = A \times \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$