

Activité expérimentale 3 : Modéliser une onde mécanique avec Python

L'objectif est de comprendre l'influence des différents coefficients qui apparaissent dans la modélisation mathématique d'une onde sinusoïdale, en observant leur effet sur une représentation graphique de l'onde. Cette représentation graphique s'appuie sur un script Python. Il s'agit de l'analyser et le modifier pour intervenir sur la représentation graphique de l'onde modélisée.

1. Le code du programme :

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.animation import FuncAnimation

fig,ax = plt.subplots(figsize=(10,5))
ax.set(xlim=(0,3), ylim=(-1,1))
plt.xlabel('X (cm)',fontsize=16)
plt.ylabel('Y',fontsize=16,rotation='horizontal')
x=np.linspace(0,3,300)
t=np.linspace(1,2,300)
X2,T2 = np.meshgrid(x,t)

#paramètres de l'onde
A = 0.9
v = 2
T = 0.25
k = 2*np.pi / (v*T) #vecteur d'onde
F = A*np.sin(2*np.pi/T*T2-k*X2) # F fonction de deux variables
line = ax.plot(x,F[0,:],color='r',lw=2)[0]

def animate(i):
    line.set_ydata(F[i,:])
    line.set_xdata(x)

anim = FuncAnimation(fig,animate,interval=50,frames=300)
plt.show()
```

2. Graphiquement, l'amplitude est de 0,9. La longueur d'onde, distance séparant deux points de l'espace au même état vibratoire (deux maxima par exemple) est de 0,5 cm.

3. Les noms des variables sont assez explicites. L'amplitude est stockée dans la variable A. Cette variable se retrouve devant le sinus dans l'expression de F.

La période temporelle T est stockée dans la variable T. On peut s'en assurer en observant le calcul du coefficient k , qui intervient dans l'argument du sinus : $k = 2\pi \cdot \text{np.pi} / (v \cdot T)$, soit en notation mathématique :

$$k = \frac{2\pi}{v \cdot T}.$$

4. Changement de l'amplitude : comme on ne change pas l'échelle des ordonnées, augmenter l'amplitude au delà de 1 fait « sortir » la courbe de la zone de dessin et les extrema sont tronqués.

Changement de période : augmenter la période temporelle revient à augmenter la période spatiale représentée sur la courbe, puisque les deux sont proportionnelles. Les alternances sont plus « larges ». On remarque l'inverse si l'on diminue la période temporelle.

5. Selon les paramètres de la courbe dans le script, $T = 0,25$ et $v = 2$.

D'après le doc. 4, $\lambda = T \cdot v$, soit $\lambda = 2 \times 0,25 = 0,5$. On retrouve la valeur mesurée, mais les unités n'étant pas précisées, on ne peut pas connaître l'unité de λ .

6. La ligne de code correspondant au calcul des valeurs de la fonction d'onde est la ligne commençant par F : $F = A * \text{np.sin}(2 * \text{np.pi} / T * T2 - k * X2)$.

Synthèse de l'activité

Les limites de la représentation numérique sont le nombre de valeurs forcément fini d'une part mais aussi le fait que les valeurs ne peuvent évoluer continûment et sont nécessairement quantifiées d'autre part. Il est également difficile de simuler de façon simple la diminution de l'amplitude de l'onde au cours du temps. Une onde mécanique réelle ne peut se propager avec une amplitude constante, car il y a toujours une perte d'énergie au cours de cette propagation du fait des frottements ou de l'interaction avec d'autres milieux, ce qui occasionne une diminution de l'amplitude.

