

PROGRAMMER EN PYTHON FICHE N°5 : ANALYSE D'UNE FORCE DE FROTTEMENT

Cette ressource anticipe pour certains aspects sur le programme de la spécialité physique-chimie de terminale.

Cette fiche aborde l'étude de la chute d'une bille dans un liquide visqueux afin de proposer une expression pour modéliser la force de frottement exercée par le fluide sur la bille.

Capacité numérique

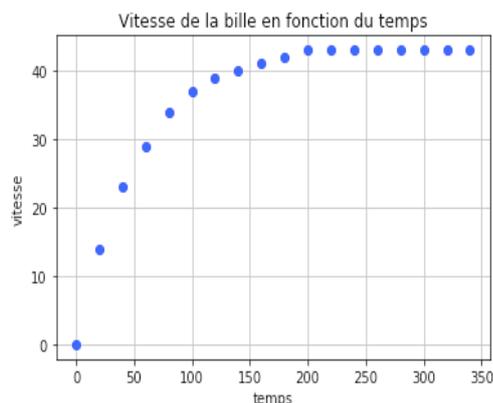
Utiliser un langage de programmation pour étudier la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci.

Tracé de la vitesse et analyse qualitative

À partir d'une exploitation préalable d'une chronophotographie, les valeurs de la vitesse de la bille à chaque position sont entrées, puis la courbe illustrant son évolution au cours du temps est tracée pour en faciliter l'analyse.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

t = 20*np.arange(18)
v=np.array([0,14,23,29,34,37,39,40,41,42,43,43,43,43,43,43,43,43])
plt.plot(t,v,'bo')
plt.grid()
plt.xlabel("temps")
plt.ylabel("vitesse")
plt.title("Vitesse de la bille en fonction du temps")
plt.show()
```



Analyse : il est possible de faire constater aux élèves l'existence d'une vitesse limite, vitesse qui correspond à la situation dans laquelle les forces qui s'exercent sur la bille se compensent. La seconde loi de Newton s'écrit :

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{g} - m_f\vec{g} - \vec{F}_f$$

où $m_f\vec{g}$ est la poussée d'Archimède et \vec{F}_f la force de frottement. En classe de première, on peut affirmer que les variations du vecteur vitesse sont la conséquence de l'action de ces trois forces.

Comme les deux premiers termes restent constants au cours du mouvement, les variations de l'accélération au cours du temps peuvent être attribuées à une variation de la force de frottement au cours du temps. Cela permet de proposer que la force de frottement dépende de la vitesse : $\vec{F}_f(v)$. D'autre part, la pente de la tangente à la courbe $v(t)$ a tendance à décroître au cours du temps, ce qui laisse penser que la norme de la force de frottement est une fonction croissante de la vitesse. À ce stade, il paraît difficile d'aller beaucoup plus loin.

Modélisation de la force de frottement

Pour parvenir à proposer une forme analytique modèle pour cette force, il faut préciser la nature de la dépendance de la force avec la vitesse. Le tracé de $\left\| m \frac{d\vec{v}}{dt} \right\|$ en fonction de la vitesse est engagé.

L'obtention d'une droite de pente négative permettrait de proposer une loi de type $\left\| \vec{F}_f(v) \right\| = kv$.

L'obtention d'une branche de parabole permettrait de proposer une loi de type $\left\| \vec{F}_f(v) \right\| = kv^2$.

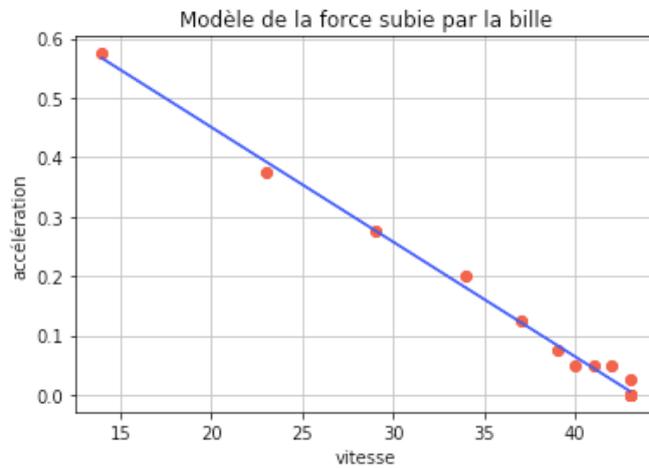
Le script utilisé pour calculer l'accélération est directement adapté des fiches précédentes. Pour tracer la norme de la variation de vitesse par unité de temps en fonction de la vitesse, il faut cependant penser à redimensionner la liste des valeurs de vitesse. En effet, il faut prendre garde à faire correspondre les valeurs de vitesse et d'accélération calculées (c'est le sens de la commande $v0=v[1:-1]$ qui enlève le premier terme et le dernier terme de la liste v).

```
al=[]
m=np.arange(len(t)-2)
for i in m :
    a=(v[i+2]-v[i])/(t[i+2]-t[i])
    al.append(a)

v0=v[1:-1]
mod=np.polyfit(v0,al,1)
model=mod[0]*v0+mod[1]
print(mod)
plt.plot(v0,al,'ro')
plt.plot(v0,model,'b-')
plt.grid()
plt.xlabel("vitesse")
plt.ylabel("accélération")
plt.title("Modèle de la force subie par la bille")
plt.show()
```

Retrouvez éducol sur :





Conclusion

La modélisation affine de la force (ici par unité de masse) semble pertinente, ce qui permet de proposer une modélisation de la force linéaire avec la vitesse (type formule de Stokes). Une utilisation du modèle de Stokes permet éventuellement de compléter cette activité par l'évaluation de la viscosité du fluide, à condition de connaître les caractéristiques de la bille (masse, rayon...).

Retrouvez éduscol sur :

