

TP10 – Loi de Hooke

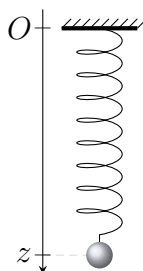
La loi de Hooke permet de relier l'allongement d'un corps élastique à la force qui en est la cause. On souhaite vérifier que cette loi s'applique à un ressort.

Objectifs

- Utiliser la fonction `polyfit` de la bibliothèque `numpy` pour exploiter des données.
- Simuler, à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur, un processus aléatoire de variation des valeurs expérimentales de l'une des grandeurs – simulation Monte-Carlo – pour évaluer l'incertitude sur les paramètres du modèle.
- **Mettre en œuvre un protocole expérimental permettant d'étudier une loi de force à l'aide d'un microcontrôleur ou de l'analyse d'un mouvement enregistré.**

Étude préliminaire

On s'intéresse au mouvement d'une masse m assimilée à son centre de masse M , suspendue à un ressort de raideur k et de longueur à vide ℓ_0 . La position de M est repérée par sa cote z sur un axe (Oz) orienté vers le bas. À un instant $t = 0$, on lâche la masse depuis la position $z = \ell_0$ sans vitesse initiale.



1. Rappeler l'expression de la force de rappel \vec{F}_H associée au ressort.
2. On suppose que le mouvement se fait sans frottement. Montrer que l'équation du mouvement s'écrit :

$$\ddot{z} + \omega_0^2 z = \omega_0^2 z_{\text{eq}},$$

où ω_0 et z_{eq} sont deux constantes que l'on exprimera en fonction de ℓ_0 , g , m et k .

3. Résoudre cette équation en tenant compte des conditions initiales. En déduire l'expression de l'accélération verticale $\ddot{z}(t)$, puis représenter graphiquement l'évolution de $\ddot{z}(t)$. Exprimer la période T des oscillations en fonction de k et m .
4. Que représente la position M_{eq} de cote $z = z_{\text{eq}}$? Représenter graphiquement l'évolution de z_{eq} en fonction de m .
5. Avec l'expérience « Accélération avec g » de Phyphox (Doc. 1), représenter l'orientation et le sens des trois axes de la centrale inertielle de votre smartphone sur un schéma.

Vérification de la loi de Hooke, mesure de la constante de raideur

6. Proposer et mettre en œuvre deux protocoles permettant de vérifier la loi de Hooke sur un ressort et de mesurer sa constante de raideur.

APP ANA
REA VAL
COM

Consignes :

- On attend une mesure **statique** et une mesure **dynamique**.
- Les résultats des mesures de k seront accompagnés de leur incertitude.
- Une comparaison entre les deux méthodes est attendue.
- La rédaction du compte-rendu s'appuiera sur les étapes de la démarche scientifique.

Document 1 – Phyphox

L'application Phyphox permet d'accéder aux données brutes des nombreux capteurs d'un smartphone. Les données issues de la centrale inertielle, composées de trois accéléromètres et de trois gyromètres orientés selon trois axes orthogonaux, permettent par exemple de mesurer l'accélération subie par l'appareil, ainsi que sa vitesse angulaire.



Document 2 – Matériel

- une potence ;
- un ressort ;
- une boîte de masselottes (10, 20, 50, 100 et 200 g) ;
- une balance de précision ;
- un ordinateur ;
- de la ficelle ;
- votre smartphone, muni de l'application Phyphox.

Document 3 – Ajustement linéaire

Le programme `tp10-ajustement.py` disponible sur cahier-de-prepa.fr donne un exemple d'utilisation de cette fonction.

`numpy.polyfit(x, y, 1)` : réalise un ajustement linéaire des données contenues dans les tableaux `x` et `y`. Renvoie les paramètres de la droite d'équation $y = ax + b$ sous la forme d'un tableau : `[a, b]`.