

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

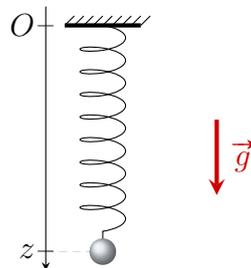
- Utiliser la fonction `polyfit` de la bibliothèque `numpy` pour exploiter des données.
- Simuler, à l’aide d’un langage de programmation ou d’un tableur, un processus aléatoire de variation des valeurs expérimentales de l’une des grandeurs – simulation Monte-Carlo – pour évaluer l’incertitude sur les 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

1. 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.

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. Dans ce cas, la force de rappel exercée par le ressort sur la masse s’exprime selon la loi de Hooke :

$$\vec{F}_H = -k(z - \ell_0)\vec{e}_z.$$



2. On suppose que les frottements sont négligeables. Montrer que l’équation du mouvement s’écrit :

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

où ω_0 et $z_{\text{éq}}$ sont deux constantes que l’on exprimera en fonction de ℓ_0 , g , m et k . Commenter.

3. Que représente la position de cote $z = z_{\text{éq}}$? Représenter graphiquement l’évolution de $z_{\text{éq}}$ en fonction de m .
4. À un instant $t = 0$, on lâche la masse depuis la position $z = \ell_0$ sans vitesse initiale. 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 .

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

5. 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 (phyphox.org) 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.

Il est possible d'exporter les données issues d'une mesure avec Phyphox :

- appuyer sur les trois points en haut à droite de l'écran ;
- puis sur « Exporter les mesures » ;
- choisir « CSV (Comma, decimal point) » ;
- appuyer sur exporter les mesures.

Document 2 – Matériel

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

Document 3 – Ajustement linéaire et incertitude

Vous trouverez sur Capytale le notebook [Incertitude ajustement linéaire](#) qui présente la méthode Monte-Carlo appliquée à l'estimation de l'incertitude-type des paramètres d'un ajustement linéaire.

`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 : $[a, b]$.