

TP 11 : Détermination de la constante de raideur d'un ressort



Compétences expérimentales exigibles du programme :

- ✓ *Mettre en œuvre un protocole expérimental permettant d'étudier une loi de force en analysant un signal enregistré*
- ✓ *Utiliser les fonctions `polyfit` et `random.normal` de la bibliothèque `numpy`*



But du TP

Déterminer par deux méthodes la constante de raideur d'un ressort, et vérifier la compatibilité des résultats obtenus.

Matériel :

- potence avec règle graduée
- ressort de constante de raideur inconnue

- application Phyphox (sur smartphone)
- ordinateur avec tableur (regressi)
- balance

I Expérience en statique

- Q1. Rappeler la loi de Hooke, reliant la force de rappel élastique d'un ressort à son allongement, en définissant précisément chaque terme de la formule.
- Q2. Représenter (sur 3 schémas différents) la force de rappel exercée par un ressort vertical sur une masse m suspendue à son extrémité inférieure :
 - à l'équilibre
 - hors d'équilibre, le ressort étant étiré
 - hors d'équilibre le ressort étant comprimé
- Q3. Rédiger le plus clairement possible un protocole, basé sur une dizaine de mesures, permettant de déterminer la constante de raideur k du ressort grâce à une expérience en statique.



Méthode pour rédiger un protocole

- Utiliser tirets et des verbes à l'infinitif pour bien distinguer la succession d'étapes à effectuer.
- Accompagner le texte d'un schéma détaillé de l'expérience : matériel, appareils de mesure, grandeurs physiques
- Expliquer les mesures à réaliser : Quelles grandeurs devront être mesurées ? Comment ? Quel(s) paramètre(s) fera-t-on varier ? Quel matériel utiliser ? Quelles sont les précautions à prendre ?
- Expliquer l'exploitation des mesures : quelles sont les grandeurs à calculer à partir des grandeurs mesurées ? Quelle courbe doit être tracée (en privilégiant les droites) ? Que pourra-t-on espérer en déduire ?

- Q4. Évaluer les incertitudes sur les mesures en précisant les sources d'erreur.
- Q5. Lire le programme Python « TP11_statique_eleves.py » et expliquer le rôle des lignes 22, 23, 25, 26, 30.
- Q6. Compléter les lignes 10, 11, 14 et 15 puis exécuter le programme.

- Q7. En suivant les étapes ci-dessous, compléter le programme « TP11_eleves.py » afin de lui faire déterminer les incertitudes associées aux coefficients retournés par `polyfit` :
- Fixer un nombre N très grand.
 - Créer deux listes vides `liste_a` et `liste_b` pour stocker les pentes (a) et les ordonnées à l'origine des régressions (b).
 - Pour chaque i compris entre 0 et `Nmes-1`, réaliser :
 - Créer 2 listes vides `e11_tirage` et `F_tirage` pour stocker les valeurs de `e11` et `F` tirées au sort.
 - Pour chaque k compris entre 0 et N , réaliser un tirage aléatoire d'une valeur `e11k` donnée par une loi de probabilité uniforme entre `e11k - √3u(e11k)` et `e11k + √3u(e11k)`, et l'ajouter à la liste `e11_tirage`. Rappel : `np.random.uniform(a,b)` génère un nombre aléatoire entre a et b avec une loi uniforme.
 - Coder de la même façon un tirage aléatoire pour `F`.
 - Réaliser une régression linéaire sur les listes `e11_tirage` et `F_tirage`. Puis ajouter dans les listes correspondantes la pente et l'ordonnée à l'origine de cette régression.
 - Calculer la valeur moyenne (`np.mean`) de `liste_a` et de `liste_b`, ce qui donne les valeurs moyennes de `a` et `b`. Calculer l'écart-type (`np.std`) de `liste_a` et de `liste_b`, ce qui donne les incertitudes-type sur `a` et `b`, ce qui était l'objectif de cette méthode.
- Q8. Donner le résultat du mesurage de k par la méthode « statique ».

II Expérience en dynamique

- Q9. Établir l'équation différentielle régissant le mouvement de la masse m suspendue à un ressort de constante de raideur k , puis vérifier que la période propre d'un tel oscillateur harmonique est donnée par la relation $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.
- Q10. Rédiger le plus clairement possible un protocole, à partir d'une acquisition réalisée avec PhyPhox (voir mode d'emploi ci-dessous), permettant de déterminer la constante de raideur k du ressort grâce à une expérience en dynamique.
- Q11. Évaluer les incertitudes sur les mesures en précisant les sources d'erreur.
- Q12. Lire le programme Python « TP11_dynamique_eleves.py », compléter les lignes 7, 8, 12, 13, 19 et 23 puis exécuter le programme.
- Q13. Donner le résultat du mesurage de k par la méthode « dynamique ».

Acquisition avec Phyphox

- Dans l'application PHYPHOX installée sur votre smartphone, sélectionner « RESSORT ».
- Dans la barre d'icône, cliquer sur « DONNEES BRUTES ».
- Insérer le smartphone dans un sachet plastique et l'accrocher au ressort de façon à ce qu'il soit le plus vertical possible
- Écarter le téléphone de sa position d'équilibre, démarrer l'enregistrement avec ► puis lâcher le téléphone.
- Appuyer sur pause ■■ pour terminer l'enregistrement.
- Cliquer sur ■ puis « Exporter les mesures / Excel / OK » et se les envoyer par mail.
- Ouvrir le fichier Excel sur l'ordinateur et copier les mesures.
- Ouvrir Regressi puis « Fichier/Nouveau/Presse-papier ».
- Renommer les variables. Attention ce sont les trois coordonnées de l'accélération qui sont enregistrées ! Réfléchir à celle qui est intéressante pour l'étude des oscillations.

III Compatibilité des résultats

- Q14. Évaluer l'écart normalisé entre les résultats des deux mesurages effectués, puis conclure sur la compatibilité des deux valeurs.