

TP18 : Test d'une loi de force

CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES TRAVAILLÉES :

- ▷ Utiliser une balance de précision.
- ▷ Utiliser un dynamomètre.
- ▷ Mettre en oeuvre un protocole expérimental permettant d'étudier une loi de force.
- ▷ Évaluer par comparaison à un étalon, une longueur (ou les coordonnées d'une position) sur une image numérique.
- ▷ Enregistrer un phénomène à l'aide d'une caméra numérique et repérer la trajectoire à l'aide d'un logiciel dédié.
- ▷ Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire pour un système linéaire du deuxième ordre et analyser ses caractéristiques.
- ▷ Utiliser un logiciel de régression linéaire afin d'obtenir les valeurs des paramètres du modèle. Analyser les résultats obtenus à l'aide d'une procédure de validation : analyse graphique intégrant les barres d'incertitude.

MATÉRIEL : Balance de précision au $1/100^{\text{e}}$ de gramme, jeu de masses marquées, dynamomètre à ressort 5N, support avec potence et règle, ressort de raideur 10N/kg, règle graduée au millimètre, chronomètre, webcam avec support, ordinateur avec les logiciels Bandicam, Regressi et Avimeca.

Dans certaines balances rudimentaires, les mesures de masse sont faites avec un dispositif comportant un ressort. C'est sur ce même principe que fonctionne un dynamomètre à ressort.

PROBLÉMATIQUE :

Comment mesurer une masse avec un ressort ?

1 Lois de force

Un dynamomètre à ressort permet de mesurer une force de faible intensité. Il s'agit de la force exercée sur l'extrémité libre du ressort, l'autre extrémité étant fixée.

Dans la configuration que nous étudierons, le ressort est fixé à la verticale, extrémité libre vers le bas. On accroche une masse à l'extrémité libre du ressort.

Q1. Justifier que la masse est soumise à deux forces, que vous identifierez explicitement. Les représenter sur un schéma et donner leur expression.

Q2. En vous appuyant sur la troisième loi de Newton, justifier que le dynamomètre permet de mesurer le poids de la masse marquée.

Q3. Proposer un protocole pour tester la loi de force $\vec{P} = m\vec{g}$, et le faire valider par l'enseignant.

Protocole 1 - utilisation du dynamomètre pour mesurer l'accélération de la pesanteur

- Avec le matériel à disposition, construire une potence et y accrocher le dynamomètre à la verticale.
- Faire les mesures nécessaires pour tester la loi de force $\vec{P} = m\vec{g}$. Vous les consignerez dans un tableau sur votre compte rendu.
- Entrer ce tableau de valeurs sur le logiciel Regressi en faisant fichier -> Nouveau -> Clavier.

- Exploiter les données avec Regressi, en choisant le modèle adapté dans Graphe -> Modèle.

Q4. Noter la valeur de g obtenue. Commenter le résultat.

Q5. Dans la situation où une masse m est suspendue au ressort vertical, proposer par des considérations physiques et de l'analyse dimensionnelle une expression pour la longueur du ressort à l'équilibre l_{eq} en fonction de sa longueur à vide l_0 , de la constante de raideur du ressort k , de la masse m et de l'intensité de l'accélération de la pesanteur g .

Q6. Démontrer ce résultat en appliquant des lois de la mécanique.

Protocole 2 - Construction d'un appareil de pesée

- Mesurer la longueur à vide du ressort, suspendu verticalement à la potence. On mesurera cette longueur du centre de la barre de la potence au point d'accroche de la masse.
- Pour les masses suivantes, mesurer la longueur à l'équilibre du ressort : 0g, 10g, 20g, 50g, 100g, 500g. Vous consignerez les mesures dans un tableau et évalueriez l'incertitude-type associée à la mesure de longueur.
- Entrer ce tableau de valeurs sur Regressi, représenter les données graphiquement et supprimer un éventuel point de mesure qui poserait problème (qualifié de "point aberrant").
- Choisir un modèle adapté et s'en servir pour remonter à la valeur de la constante de raideur du ressort ainsi qu'à son incertitude.
- Utiliser le modèle pour peser un objet de masse inconnue et noter sa masse. Peser ce même objet avec la balance de précision et noter sa masse.

Q7. Pourquoi vaut-il mieux mesurer la longueur à vide du ressort verticalement ?

Q8. Préciser le domaine de validité de la loi de Hooke au vu des résultats expérimentaux.

Q9. Quel modèle mathématique a été choisi pour représenter les données ? Expliquer comment vous êtes remonté à la valeur de la constante de raideur du ressort, et commenter la valeur.

Q10. Commenter l'écart entre la masse inconnue d'un objet mesurée à la balance de précision et avec ce dispositif.

2 Oscillations d'une masse accrochée à un ressort vertical

On souhaite retrouver la constante de raideur du ressort par une autre méthode.

On rappelle que la période propre d'un oscillateur harmonique obtenu en accrochant une masse à un ressort vaut

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Q11. Proposer un protocole pour estimer la valeur de T_0 . Appeler l'enseignant pour le valider.

Protocole 3 - Estimation manuelle de la période propre et du facteur de qualité

- Reprendre le dispositif expérimental de la partie précédente avec la masse de 100g.
- Écartier la masse de sa position d'équilibre et lâcher le ressort pour provoquer des oscillations.
- Estimer la valeur de la période propre T_0 selon la méthode proposée.
- Estimer la valeur du facteur de qualité Q du dispositif.

Q12. Commenter la valeur du facteur de qualité.

On souhaite à présent mesurer T_0 et Q plus précisément. Pour ce faire, on va réaliser un enregistrement vidéo et un logiciel de pointage.

Protocole 4 - Enregistrement d'une vidéo

- Ajouter une règle étalon sur le support de la potence.
- Mettre en place la webcam sur un support, en face du dispositif expérimental.
- Créer un dossier sur le bureau de votre session pour enregistrer les fichiers utiles.
- L'enregistrement de la vidéo sera réalisé avec le logiciel Bandicam.
- Appuyer sur l'onglet HDMI, cela sélectionne le mode vidéo. Accepter les réglages dans la fenêtre bleue qui est apparue.
- Dans l'onglet Video à gauche, cliquer sur Réglages en bas à droite, et choisir le codec MPEG-1. Dans l'écran enregistrement : Mode -> Général : Dossier de sortie à sélectionner.
- Pour déclencher l'enregistrement, appuyer sur la touche rouge Rec (vérifier au préalable que le cadrage est correct).
- Enregistrer la vidéo quand elle est réussie. On doit y voir au moins quatre oscillations complètes.

Protocole 5 -Exploitation de la vidéo

- Lancer Avimeca3.
- Dans l'onglet fichier, choisir ouvrir un clip vidéo, puis sélectionner votre fichier vidéo.
- Dans la barre de tâches, cliquer sur le bouton en forme de cible. On peut alors choisir une forme de cible permettant le pointage.
- À droite de l'écran, les données apparaissent dans un tableur. Au-dessus de ce tableur se situent trois onglets. L'un d'eux sert à fixer un repère. Il est appelé étalonnage. Choisir une origine, l'orientation des axes et la taille de l'étalon.
- Cliquer sur le centre de masse de la masselotte en oscillation. À chaque clic, le logiciel change d'image. Faire ce pointage avec patience et attention.
- Une fois le pointage terminé, enregistrer le fichier : Fichier -> Mesures -> Enregistrement dans un fichier -> Format Regressi Windows (*.rw3)
- Dans Regressi, cliquer sur l'icône graphique, choisir l'abscisse et l'ordonnée pour représenter la coordonnée verticale en fonction du temps.
- Cliquer sur Modélisation -> Oscillations -> Sinusoïde pour modéliser les données et trouver la période T .
- Cliquer sur Modélisation -> Oscillations -> Amorties pour modéliser les données et trouver la pseudo-période T et le temps caractéristique de l'amortissement.

Q13. Comparer la valeur de la (pseudo-)période à celle obtenue dans la partie précédente et commenter.

Q14. Dédire des mesures la valeur du facteur de qualité Q . Comparer à celle trouvée plus haut.