Mécanique
TP

TP : Étude du pendule pesant

Matériel (par groupe) : pendule interfacé avec Latis Pro, avec l'ailette en plastique jaune, règle de 50 cm. Pour la classe : un niveau à bulle et une balance (0,1 g et jusqu'à 200 g).
Objectifs : Comparer deux modélisations du pendule, et mettre en évidence leurs limites.

Les sciences physiques consistent à effectuer des modèles de la réalité afin d'en déduire des prédictions. Ces modèles peuvent être plus ou moins simples. Nous allons comparer deux modèles du pendule, décrits ci-dessous.

Modèle du pendule simple (ponctuel)

Hypothèses du modèle :

- Toute la masse m est concentrée en un unique point M, situé à une distance L de l'axe de rotation Oz. En particulier la masse de la tige est négligée.
- Oscillations de faible amplitude pour avoir $\sin\theta \simeq \theta$.

Prédictions théoriques du modèle (cf chapitre 2) :

- Période T des oscillations donnée par $T^2 = 4\pi^2 \dfrac{L}{g}$.
- Période T indépendante de l'amplitude des oscillations.

Modèle du pendule pesant (prise en compte de la tige)

Hypothèses :

- On note J_{tige} le moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe Oz. On prend donc bien en compte le rôle de la tige.
  On fait en sorte que la tige soit équilibrée, c'est-à-dire que son centre de masse soit sur l'axe de rotation Oz (si bien qu'elle ne tourne pas lorsqu'elle est lâchée dans n'importe quelle position).
- On suppose que la masse métallique m est d'extension négligeable. On note L sa distance à l'axe Oz.
- Oscillations de faible amplitude pour avoir $\sin\theta \simeq \theta$.

On prend donc en compte la tige (contrairement au modèle précédent), mais on suppose tout de même que la masse M est ponctuelle au bout de la tige

Prédictions théoriques du modèle (chapitre de mécanique du solide, EC2) :

- Période T des oscillations donnée par $T^2 = 4\pi^2 \dfrac{J_{\text{tige}} + ML^2}{MgL}$.
  Le numérateur est en fait le moment d'inertie total, $J_{\text{tot}} = J_{\text{tige}} + ML^2$.
- Période T indépendante de l'amplitude des oscillations.

I Comparaison des deux modèles et influence de la tige

I.1 Expérience

- Commencer par enlever la masse métallique et par équilibrer la tige. Pour cela placer l'ailette en plastique jaune tout au bout en haut, et ajuster la position de la tige pour qu'elle ne tourne pas quelle que soit la position d'où on la lâche.
  Ce qu'on note J_{tige} est donc en fait le moment d'inertie de l'ensemble {tige+ailette}.
- Remettre la masse. Puis mesurer la période des oscillations pour plusieurs valeurs de la distance L (la faire varier entre 10 cm et le maximum). On utilisera Latis Pro.
- On se place dans le cadre des oscillations de faible amplitude : ne pas lâcher le pendule avec une amplitude trop importante.
- Utiliser Capytale (`81bd-1517320`) pour entrer les données.

1 - Réaliser le protocole décrit ci-dessus.

I.2 Test du modèle du pendule simple (ponctuel)

2 - Écrire la relation entre L et T^2 prédite par la théorie.
Avec les données expérimentales, que faut-il tracer en fonction de quoi pour se ramener à une loi linéaire ?
Le faire, et conclure : les données sont-elles en accord avec le modèle du pendule ponctuel ?

I.3 Test du modèle du pendule pesant (prise en compte tige)

3 - D'après le second encadré page précédente, la relation entre L et T^2 prédite par la théorie est :

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{J_{\text{tot}}}{MgL} \quad \text{avec} \quad J_{\text{tot}} = J_{\text{tige}} + ML^2. \tag{1}$$

Pour tester si cette relation est compatible avec les données, nous écrivons cette relation sous la forme :

$$\underbrace{ML^2}_{y} = g \times \underbrace{\frac{MLT^2}{4\pi^2}}_{x} - J_{\text{tige}}. \tag{2}$$

Calculer les valeurs de y et de x avec le script Python. Puis à l'aide d'un graphique, conclure : les données sont-elles en accord avec le modèle du pendule pesant ? (on vérifiera si la pente est compatible avec la valeur attendue, qui est ?)
Si oui, en déduire la valeur du moment d'inertie de l'ensemble {tige+ailette} (attention à l'unité).