Mécanique
TP

TP 21 – Partie A – Étude du pendule pesant et mesure de g

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, montrer que cette relation s'écrit aussi sous la forme suivante :

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

Calculer les valeurs de y et de x sous Capytale. Puis à l'aide d'un graphique, conclure : les données sont-elles en accord avec le modèle du pendule pesant (points alignés) ?

Si oui, en déduire une mesure de la pesanteur g, ainsi que la valeur du moment d'inertie de l'ensemble {tige+ailette} (attention à l'unité).

Remarque historique : c'est Huygens qui effectue le premier modèle théorique correct du pendule, en 1657. Il comprend que cela lui permet de faire une mesure de g très précise, bien plus qu'en étudiant la chute des objets. Il obtient ainsi $g = 9{,}80\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$. Avez-vous fait mieux que Huygens ?

Mécanique
Chapitres 1 et 3

TP 21 – Partie B – Mesure de g avec un rail incliné

Matériel : bille métallique, plan incliné (banc optique mis à l'envers et surélevé de qq cm à l'aide d'un support boy), chronomètre, règle graduée, mètre, niveau.

Objectifs : mesurer l'intensité de la pesanteur g. Discuter de la précision des mesures.

Côté théorie

Bille roulant sur un plan incliné

On considère une boule de masse m et de rayon R roulant sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. Elle est lachée sans vitesse initiale, et parcourt une distance L le long du plan incliné.
Le temps T mis pour parcourir cette distance L suit la relation :

$$L = \frac{5}{7}\, g \, \sin\alpha \, \frac{T^2}{2}. \tag{3}$$

Côté expérience : manipulations et exploitation des mesures

À partir des informations données dans la partie théorie, proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de mesurer l'intensité de la pesanteur g.
En particulier :

- On réduira l'incertitude en répétant les mesures et en les traitant de façon statistique.

  (On pourra dans un second temps faire varier l'angle α et recommencer la mesure.)

- Le résultat final doit être accompagné d'une incertitude. On attend une conclusion par rapport à la valeur attendue (si incorrect, discuter des erreurs commises ou des limites du modèle).

Remarque historique : c'est Galilée qui, vers 1604, réalise l'expérience du plan incliné. Il étudie les durées mises par des boules pour dévaler la pente, et confirme ainsi la loi de la chute des corps (accélération égale à g) qu'il est le premier à découvrir.