

# Pendule pesant

Au cours de la séance, vous rédigerez un compte-rendu dans votre cahier de TP. Un bon compte-rendu doit faire figurer l'**objectif** de l'expérience, un **protocole** expérimental accompagné d'un **schéma**, l'**allure des courbes** obtenues et le **résultat** des mesures accompagné d'une discussion des **incertitudes**. Pour vous aider, plus de détails sont parfois donnés au fil de l'énoncé. Bien que n'étant pas toujours rappelés, les éléments cités ci-dessus sont un **minimum** qui doit apparaître à chaque expérience.

Un compte-rendu de TP n'est ni un brouillon, ni une copie : sa vocation première est d'être un outil pour vous aider à réutiliser en autonomie les techniques étudiées. N'hésitez pas à me solliciter si vous vous interrogez sur l'intérêt d'écrire certains détails dans le compte-rendu !

Un binôme présentera son travail au reste de la classe en fin de séance et quelques cahiers seront évalués.

## Matériel :

- ▷ Un pendule pesant interfaçable ;
- ▷ Une carte d'acquisition ;
- ▷ Un rapporteur.

## Documents :

- ▷ Fiche « Mesures et incertitudes » (classeur de TP) ;
- ▷ Notice simplifiée du logiciel Regressi (classeur de TP).

L'objectif de la séance est d'étudier le mouvement d'un pendule pesant, en particulier son portrait de phase et son énergie mécanique.

## 1 Prise en main du dispositif et étalonnage du capteur (10 minutes)

Les pendules disponibles sont reliés au niveau de la liaison pivot à un capteur potentiométrique, qui délivre par le principe du pont diviseur de tension une tension de sortie  $u$  dépendant de l'angle  $\theta$  du pendule par rapport à la verticale par une relation a priori affine,

$$u = a\theta + b.$$

Les facteurs de conversion  $a$  et  $b$  sont a priori pris en compte par Latis Pro, qui affiche directement une valeur de  $\theta$ . Vérifier par quelques tests simples que l'étalonnage est correct, c'est-à-dire que la valeur affichée par le logiciel correspond bien à la valeur réelle de l'angle.

## 2 Portrait de phase (25 à 30 minutes)

Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant d'acquérir quelques trajectoires de phase du pendule pesant. Latis Pro possède des fonctionnalités de dérivation des grandeurs mesurées. Il peut être utile de lisser la courbe expérimentale au préalable. Discuter le caractère périodique et conservatif du mouvement du pendule par analyse du portrait de phase.

Observer les deux types de comportement, pendulaire et révolatif. Interpréter les observations dans le cas d'un mouvement révolatif.

## 3 Effets non-linéaires : perte d'isochronisme et enrichissement spectral (45 à 50 minutes)

Une analyse théorique permet de montrer que la période des oscillations de moyenne amplitude est donnée par la formule de Borda,

$$T = T_0 \left( 1 + \frac{\theta_0^2}{16} \right),$$

où  $T_0$  est la période des petites oscillations du pendule et  $\theta_0$  l'angle duquel il est lâché sans vitesse initiale. Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de tester le domaine de validité de cette relation.

Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de montrer l'enrichissement spectral des oscillations lorsque leur amplitude augmente. Par enrichissement spectral, on entend le fait que le spectre de Fourier du signal  $\theta(t)$  contient d'autant plus d'harmoniques que l'angle initial est grand.

## Évaluation

En plus des savoirs-faire exigibles en autonomie figurant dans le programme, les points les plus importants du TP sont indiqués d'une étoile (★).

Au vu du travail au cours de la séance et de la présentation, un savoir-faire semble (A) acquis ; (B) à consolider ; (C) en cours d'acquisition ou (D) pas encore acquis.

Savoir-faire	Compétence	Éval.
<b>(★) Compétences exigibles en autonomie (extrait du programme) :</b> Obtenir expérimentalement le portrait de phase d'un pendule pesant. Mettre en évidence une diminution de l'énergie mécanique.	Réaliser Réaliser	
<b>Comprendre et s'approprier une problématique scientifique :</b> Énoncer une problématique d'approche expérimentale et définir les objectifs correspondants. Choisir, concevoir ou justifier un protocole ou un dispositif expérimental, en particulier en estimant des ordres de grandeur pertinents.	S'approprier, analyser  Analyser	
<b>Obtenir des résultats de mesure :</b> Mettre en œuvre un protocole avec précision et rigueur. Utiliser le matériel de manière adaptée, éventuellement à l'aide d'une notice.	Réaliser Réaliser	
<b>Analyser des résultats de mesure :</b> (★) Représenter graphiquement des résultats expérimentaux. (★) Analyser les résultats de manière critique, maîtriser les unités et les ordres de grandeur. (★) Confronter un modèle à des résultats expérimentaux, confirmer ou infirmer une hypothèse. Proposer des améliorations de la démarche ou du modèle.	Réaliser Valider  Valider  Analyser, valider	
<b>Présenter des contenus scientifiques dans un discours adapté :</b> Présenter les différentes étapes du travail : problématique, dispositif et protocole de mesure, exploitation des résultats, conclusion. S'appuyer sur des supports graphiques pertinents (schémas et courbes). Rédiger ou mener la présentation orale avec précision et rigueur en utilisant un vocabulaire scientifique adéquat. Parler sans attendre d'approbation et imposer le rythme de la présentation.	Communiquer  Communiquer Réaliser, communiquer  Être autonome et faire preuve d'initiative	
<b>Faire preuve d'écoute et de réactivité :</b> Travailler seul ou en équipe, confronter son point de vue en faisant preuve d'écoute. Solliciter une aide de manière pertinente.  S'impliquer, prendre des décisions, anticiper.	Être autonome et faire preuve d'initiative  Être autonome et faire preuve d'initiative  Être autonome et faire preuve d'initiative	