

# Pendule pesant

## 1 But

Étude d'un pendule pesant ; équations différentielles ; amortissements.

## 2 Matériel

Un pendule PENDULOR<sup>®</sup> relié à un ordinateur par une interface ORPHY-GTS<sup>®</sup>.  
Une équerre (30 °, 60°, 90°).

## 3 Principe

### 3.1 Notations

On appellera :

- $g$  : l'intensité de la pesanteur
- $m$  : la masse de l'objet coulissant sur la tige
- $d$  : la longueur du pendule (distance du centre de l'objet à l'axe de rotation)
- $a$  : l'angle du pendule (angle entre la tige et la verticale)
- $t$  : le temps
- $a'$  : la vitesse angulaire du pendule :  $a' = da/dt$

### 3.2 Acquisitions

Le logiciel REGRESSI<sup>®</sup> permet de faire les acquisitions de l'angle  $\alpha$  en fonction du temps.  
Faire le schéma du pendule vu de face.

### 3.3 Équation différentielle

En supposant négligeable la masse de la tige et l'objet assimilable à un point matériel, la conservation de l'énergie mécanique du système permet de déduire l'équation différentielle du mouvement :

$$d \cdot a'' + g \cdot \sin a = 0$$

Si les amplitudes sont faibles,  $\sin a \approx a$  donc cette équation se ramène à l'équation différentielle d'un oscillateur harmonique :

$$a'' + w^2 \cdot a = 0$$

avec  $w^2 = g/d$  et  $w = 2\pi/T$ .

## 4 Montage

- ⇒ Réaliser le montage
- ⇒ Mesurer la longueur  $d =$



**Appeler le professeur.**

- ⇒ Relier le cordon à la prise A de l'interface ORPHY<sup>®</sup> ; allumer l'interface puis l'ordinateur et lancer le logiciel REGRESSI<sup>®</sup> et choisir les menus :

- **Fichier** puis **Orphy GTS**
- **Abscisse** : **Temps**
- **Voie**
  - **1 Voie** EA0 **Nom** :  $a$  **Unité** : rad **Commentaire** : angle
  - **Ref** 0V (placer le commutateur dans cette position)
  - **Étalonnage** : interactif

**premier point** : débloquer la vis de fixation de la tige sur l'axe et tourner la poulie pour amener le curseur au milieu de l'écran ; bloquer la vis de fixation de la tige lorsqu'elle est verticale et taper 0.

**deuxième point** : placer la tige horizontalement à l'aide de l'équerre et taper 1,57.

- **Enregistrement**
  - **Longue durée** non **Durée** 2 s **Nombre** 100
  - **Point** non **Monocoup** oui
- **Synchro.** seuil 0 front montant

## 5 Acquisitions

On fera les acquisitions les unes à la suite des autres dans quatre pages. On validera une acquisition par la touche **Entrée** puis par le sous-menu **Nouvelle page**.



**Appeler le professeur.**

⇒ page n°1 : lancer une acquisition de grande amplitude ( $\approx 3$  rad)

Pour les autres acquisitions de faible amplitude, il faut modifier la voie pour avoir une bonne précision et relier le cordon sur la prise C :

- **Voie**

- **1 Voie** EA6 **Nom** :  $a$  **Unité** : rad **Commentaire** : angle

- **Étalonnage** : interactif

**premier point** : débloquer la vis de fixation de la tige sur l'axe et tourner la poulie pour amener le curseur au milieu de l'écran ; bloquer la vis de fixation de la tige lorsqu'elle est verticale et taper 0.

**deuxième point** : incliner la tige à  $30^\circ$  à l'aide de l'équerre et taper 0.5236.



**Appeler le professeur.**

⇒ page n°2 : lancer une acquisition de petite amplitude ( $\approx 0.5$  rad)



**Appeler le professeur.**

⇒ page n°3 : modifier la durée d'enregistrement (30 s), ajouter une ailette à la partie supérieure de la tige pour obtenir un frottement fluide et lancer une acquisition d'amplitude  $\approx 0.5$  rad



**Appeler le professeur.**

⇒ page n°4 : enlever l'ailette et faire passer le fil tendu sur la gorge du réa pour obtenir en frottement solide (faire un essai pour régler la tension du fil de manière à ce que le pendule fasse au moins cinq oscillations avant de s'arrêter) et lancer une acquisition d'amplitude  $\approx 0.5$  rad.

⇒ Enregistrer toutes ces acquisitions en tapant sur **Entrée** puis en validant sur **Fin**.

## 6 Exploitation

Revenir dans la page n°1.

Mesurer la période  $T$  du pendule à l'aide du **Curseur Segment** :  $T =$

Créer une **Constante Nouvelle  $m$**  et donner sa valeur en kg.

Créer une **Constante Nouvelle  $d$**  et donner sa valeur en m.

Modéliser  $a = f(t)$  par l'équation différentielle du 2<sup>è</sup> ordre  $a'' = -w^2 * a$

Puis modéliser  $a = f(t)$  par l'équation différentielle du 2<sup>è</sup> ordre  $a'' = -w^2 * \sin(a)$ .

Quel est le meilleur modèle ? Le pendule pesant est-il un oscillateur harmonique pour de grandes amplitudes ?



**Appeler le professeur.**

Imprimer le graphique et le modèle le meilleur.

Ouvrir la page n° 2.

Modéliser  $a=f(t)$  par l'équation différentielle du 2<sup>è</sup> ordre  $a'' = -w^2 * a$ .

Le pendule pesant est-il un oscillateur harmonique pour de petites amplitudes ?



**Appeler le professeur.**

Imprimer le graphique et le modèle.

Comparer  $w$  et  $2\pi/T$  ; conclure.

En déduire une valeur expérimentale de l'intensité de la pesanteur  $g$ .



**Remettre le poste de travail dans l'état initial.**