

# Pendules

## Capacités exigibles

- Réaliser l'étude énergétique d'un pendule pesant et mettre en évidence une diminution de l'énergie mécanique
- Repérer la position d'un centre de masse
- Mesurer un moment d'inertie à partir d'une pé-

riode

- Enregistrer un phénomène à l'aide d'une caméra numérique et repérer la trajectoire à l'aide d'un logiciel dédié, en déduire la vitesse et l'accélération.

## Document 1 : Pendule simple 3D

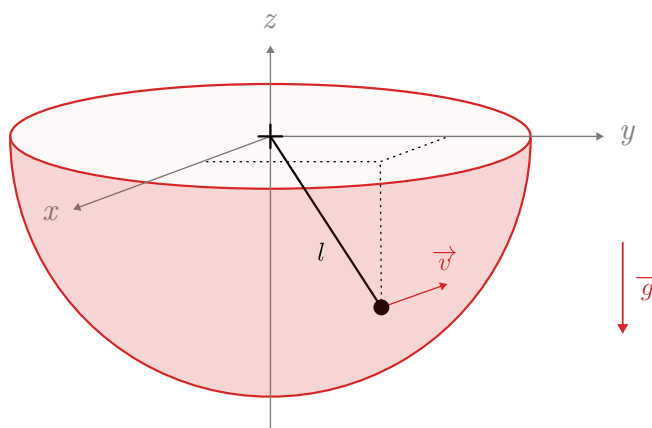
On mènera l'étude d'un pendule simple, en considérant que l'on peut lui donner une vitesse initiale sortant du plan  $(\vec{OM}, \vec{e}_z)$ .

Dans le cadre des petits angles et en considérant les frottements fluides, les coordonnées  $x$  et  $y$  évoluent selon les équations horaires :

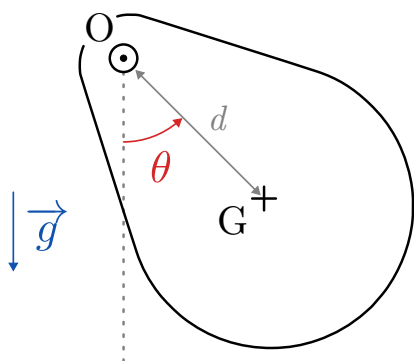
$$\begin{cases} x(t) = x_0 e^{-t/\tau} \cos(\omega t + \varphi_x) \\ y(t) = y_0 e^{-t/\tau} \cos(\omega t + \varphi_y) \end{cases}$$

Avec

- $x_0, y_0, \varphi_x$  et  $\varphi_y$  des constantes d'intégration (déterminées par les conditions initiales)
- $\tau = m/\alpha$  où  $m$  est la masse du pendule et  $\alpha$  le coefficient de frottement fluide avec l'air
- $\omega = \sqrt{g/l}$  où  $g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  est l'accélération du champ de pesanteur et  $l$  la longueur du fil



## Document 2 : Pendule pesant



Le pendule pesant est un solide en rotation attaché à une liaison pivot et soumis à la gravité.

L'équation du mouvement qui en découle (en négligeant les frottements) est la suivante :

$$\ddot{\theta} + \frac{mgd}{J} \sin \theta = 0$$

Avec

- $m$  la masse du pendule
- $g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  l'accélération du champ de pesanteur
- $d$  la distance de la liaison au centre de gravité du pendule

$$d = OG$$

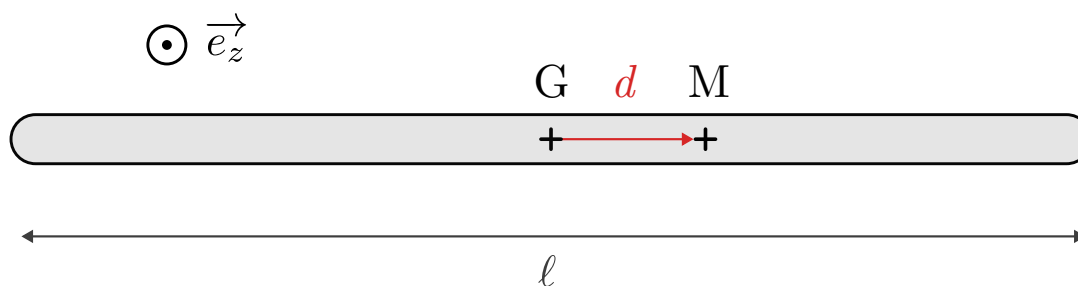
- $J$  le moment d'inertie du pendule par rapport à l'axe de rotation

**Document 3 : Matériel**

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>› Pendule simple (fil masse et potence)</li> <li>› Pendule pesant (règle trouée)</li> <li>› Chronomètre</li> <li>› Balance</li> <li>› Mètre</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>› Étalon</li> <li>› Webcam + Logiciel d'enregistrement de vidéo</li> <li>› Ordinateur + Logiciel de traitement de vidéo</li> </ul> |
|---|---|

**Document 4 : Moment d'inertie d'une tige uniforme**

On considère une tige rectiligne de longueur  $\ell$  et de masse  $m$  uniformément répartie. On repère la position d'un point M quelconque par la distance  $d = GM$  (où G est le centre de gravité).



Alors le moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe  $\Delta = (M, \vec{e}_z)$  s'exprime

$$J_{\Delta} = \frac{1}{12}m\ell^2 + md^2$$

**I Pendule simple**

- ① Avec l'aide du matériel, proposez un protocole basé sur une analyse vidéo, permettant de mesurer  $x(t)$  et  $y(t)$ .

- ② ✂ Réalisez votre protocole.

③ À partir de ces résultats, remontez à la valeur de  $\omega$ . Estimez une incertitude.

④ Remonter alors à la valeur de  $g$ , en donnant son incertitude.

## II Pendule pesant

⑤ Dédurre de l'équation du document 2, une méthode de mesure de  $J$  en se servant notamment du chronomètre.

⑥ Effectuez plusieurs mesures afin de vérifier la formule donnée dans le document 4.

## III Logiciels

### Document 5 : VirtualDub

Pour acquérir une vidéo avec la webcam, vous utiliserez le logiciel VirtualDub :

- › Ouvrez VirtualDub
- › Choisissez **File** → **Capture AVI**
- › Choisissez **Video** → **Preview** pour prévisualiser l'image et ajuster la webcam
- › Choisissez **Video** → **Capture pin** puis choisissez comme taille de sortie  $320 \times 240$  (une trop grande résolution pourrait nuire à la justesse temporelle)
- › Dans **File** → **Capture file** choisissez l'emplacement et le nom de votre vidéo
- › Lancez l'acquisition avec **Capture** → **Capture video**, puis arrêtez la avec la touche "Echape"
- › Choisissez **File** → **Exit capture mode**

Si vous voulez couper le début et/ou la fin de votre vidéo, suivez les instructions suivantes :

- › Ouvrez votre vidéo avec **File** → **Open video file**.
- › La barre en dessous vous permet de couper le début et la fin, afin de ne garder qu'une portion souhaitée. Ce découpage se fait avec les boutons :



définir le début




définir la fin

- › Enregistrez votre vidéo coupée.

### Document 6 : LatisPro vidéo

Pour réaliser le pointage, on utilisera LatisPro qui présente l'avantage d'avoir un module d'acquisition automatique :

- › Ouvrez LatisPro
- › Cliquez sur l'icône  (ou en allant dans **Édition** → **Analyse de séquences vidéos**). Une fenêtre s'ouvre.
- › Dans cette fenêtre, choisissez votre vidéo en cliquant sur **Fichier** (en bas à gauche)
- › La vidéo se lance automatiquement, mettez-là sur pause et revenez à la première image.
- › Suivez l'ordre des réglages proposés :
  - ▶ Sélection de l'origine
  - ▶ Sélection de l'étalon
  - ▶ Sélection auto des points
- › Une deuxième fenêtre s'ouvre alors. Pour indiquer la forme de l'objet à suivre, choisissez un instant initial où celui-ci est bien détaché du décors.
- › Lancer l'acquisition. Si cela ne fonctionne pas, passez à l'acquisition manuelle.