

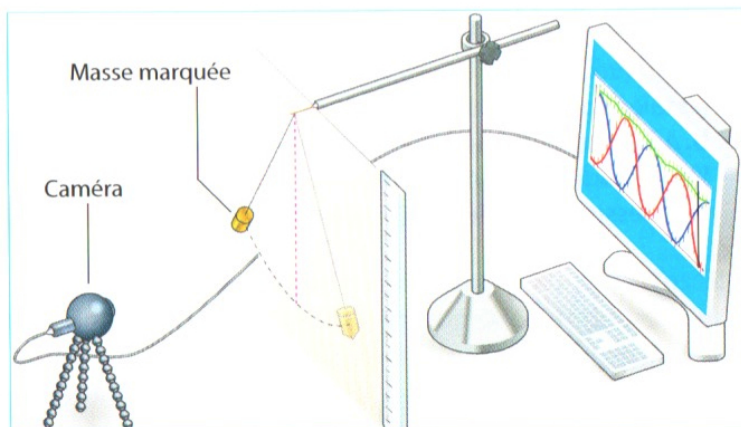
## ÉTUDE ÉNERGÉTIQUE DES OSCILLATIONS MÉCANIQUES

L'objectif de cette séance est d'étudier, sous l'angle énergétique, les oscillations d'un pendule simple dans le champ de pesanteur uniforme d'intensité  $g$  lorsqu'il est lâché sans vitesse initiale. Pour ce faire, on réalisera l'acquisition d'un clip vidéo à l'aide d'une webcam. Il s'agira de faire osciller le pendule dans un plan perpendiculaire à l'axe de la caméra et de procéder aux réglages appropriés de cette dernière. Ensuite, l'exploitation de ce clip vidéo sera menée à l'aide du logiciel Latis Pro qui contient un module de pointage des images d'un clip vidéo.

### 1. Préparation de l'acquisition

#### 1.1. Cadrage de la scène à filmer

- ➡ Brancher la webcam Philips SPZ5000 sur un port USB de l'ordinateur.
- ➡ Ouvrir le logiciel **Virtual Dub**.
- ➡ Cliquer sur **File** puis **Capture Avi**.
- ➡ Cliquer ensuite sur **Device** et sélectionner la caméra Philips SPZ5000. Une fenêtre de l'assistant **CamSuite Control Philips** apparaît.
- ➡ Positionner la webcam de sorte à cadrer la zone de mouvement à étudier et en vérifiant que l'axe optique de la caméra soit perpendiculaire au plan du mouvement. Ne pas placer la webcam trop près du plan du mouvement de sorte à éviter les distorsions de l'image.



- ➡ Fixer une toise dans le plan du mouvement afin de pouvoir procéder, par la suite, à l'étalonnage des longueurs dans le clip vidéo. Régler le cadre vertical de l'image parallèlement à une ligne verticale du dispositif afin de s'assurer de l'horizontalité de la caméra.
- ➡ Si l'image obtenue est floue, faire la mise au point à l'aide de l'objectif de la caméra.

#### 1.2. Paramétrage de la caméra

- ➡ Dans **CamSuite Control**, cliquer sur la roue bleue puis sur **Vidéo** et désactiver les réglages automatiques en décochant la case **Contrôle automatique complet**.
- ➡ Désactiver l'exposition automatique, choisir une **Fréquence d'image** de 30 fps, augmenter la **vitesse d'obturation** presque au maximum (afin d'éviter les traînées sur la vidéo) et augmenter le **gain** à peu près au tiers de sorte à compenser la perte de luminosité due à la plus grande vitesse d'obturation.
- ➡ Adapter ces réglages à la luminosité ambiante jusqu'à obtenir une image satisfaisante. Si la vidéo ne s'affiche pas correctement, poursuivre à l'étape précédente et adapter les réglages dès que la vidéo est affichée convenablement.

### 1.3. Paramétrage de l'acquisition

- ➡ Dans le logiciel **Virtual Dub**, cliquer sur **Video** puis sur **Preview** pour visualiser la capture en cours.
- ➡ Toujours dans le menu **Video**, cliquer sur **Capture pin** et régler la **fréquence d'images** sur 30 images par secondes et la **taille de sortie** sur  $320 \times 240$ .
- ➡ Cliquer ensuite sur **Audio** et décocher l'option **Enable audio capture** car le son ne nous intéresse pas.
- ➡ Dans le menu **File**, cliquer sur **Set capture file**, nommer le fichier **pendule01**, choisir le format **Audio-Video Interleave** et indiquer votre espace réseau sur le NAS1 comme espace de stockage du fichier.
- ➡ Cliquer enfin sur **Capture** puis sur **Settings**, cocher **Wait for OK to capture**, régler le paramètre **Frame rate** sur 30 images par seconde et cliquer sur **OK**.

## 2. Acquisition du clip vidéo

- ➡ Choisir une des masses (laiton, Téflon ou aluminium), l'accrocher au pendule et choisir une assez grande longueur de fil (de l'ordre de 80 cm) et noter la valeur de la longueur  $\ell$  du pendule (du point d'attache au centre de la masse).
- ➡ Lorsque tout est prêt pour le démarrage des oscillations, cliquer sur **Capture** puis sur **Capture Vidéo**.
- ➡ Cliquer sur **OK** pour lancer l'acquisition et lâcher le pendule de sorte qu'il oscille dans le champ de la webcam.
- ➡ Une fois quelques périodes d'oscillations effectuées, arrêter l'acquisition et quitter le mode d'acquisition en cliquant sur **File** et **Exit capture mode**.
- ➡ Cliquer ensuite sur **File** puis **Open video file** et ouvrir le fichier pendule01 qui vient d'être enregistré. Visualiser la vidéo et vérifier que la masse du pendule soit nette en regardant la vidéo image par image. Si tel n'est pas le cas, recommencer une acquisition vidéo en modifiant un peu les paramètres de la caméra.
- ➡ Une fois un clip vidéo satisfaisant obtenu, faire avancer la vidéo jusqu'à la première image où le pendule a quitté la main de l'opérateur. Marquer cette image à l'aide du bouton  $\leftarrow$ . Avancer jusqu'à la dernière image souhaitée puis marquer cette image à l'aide du bouton  $\rightarrow$ .
- ➡ Enregistrer alors la sélection en cliquant sur **File** puis sur **Save as avi** et renommer le fichier avec le nom **pendulecut**.

## 3. Exploitation du clip vidéo

### 3.1. Réalisation des pointages

- ➡ Dans le logiciel **Latis Pro**, cliquer sur l'icône de lecture des séquences AVI puis, dans le menu **Fichier**, cliquer sur **Ouvrir** et recherche le fichier nommé **pendulecut**.
- ➡ Faire avancer la vidéo image par image (origine des dates) jusqu'à ce que le pendule quitte la main de l'opérateur : il s'agira de l'origine des temps  $t_0$ .
- ➡ Cliquer ensuite sur **Sélection de l'origine** pour placer l'origine du référentiel d'étude sur la position d'équilibre de la masse du pendule.
- ➡ Cliquer sur **Sélection de l'étalon** et cliquer sur les extrémités de la toise. Lorsqu'un segment bleu apparaît, indiquer la longueur réelle de la toise.
- ➡ Cliquer sur **Sens des axes** et choisir l'axe ( $Ox$ ) orienté vers la droite et l'axe ( $Oy$ ) orienté vers le haut.
- ➡ Dans le cadre **Déplacement**, cocher l'option **absolu**.
- ➡ Choisir une **sélection manuelle des points** et pointer à l'aide de la souris les positions successives du centre M de la masse du pendule. Utiliser éventuellement le zoom de sorte à améliorer la précision des pointages. Fermer ensuite la fenêtre.

### 3.2. Étude de l'écart angulaire $\theta$ du pendule au cours du temps

- ➡ Renommer **x** et **y** les coordonnées du point M.
- ➡ On appelle écart angulaire ou abscisse angulaire du pendule l'angle  $\theta$  que fait le pendule avec la verticale. On démontre que cet angle est donné par la relation suivante :  $\theta = \arctan\left(\frac{x}{\ell - y}\right)$
- ➡ Dans le tableur de Latis Pro, créer la variable  $\theta$  en utilisant la fonction ArcTan de Latis Pro.
- ➡ Sur le graphique, représenter la courbe représentative de  $\theta(t)$  puis mesurer l'amplitude des oscillations ainsi que la période des oscillations à l'aide du réticule.
- ➡ Vérifier la cohérence des résultats avec la relation suivante donnant l'expression de la période d'oscillation du pendule simple :  $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$
- ➡ Modéliser la courbe obtenue, noter les résultats de la modélisation et commenter-les, notamment en identifiant les paramètres mesurés précédemment.
- ➡ Comment peut-on qualifier les oscillations du pendule simple dans l'air ?

### 3.3. Étude des énergies cinétique, potentielle et mécanique du pendule

- ➡ À l'aide du menu **Traitements**, calculer la coordonnée  $v_x$  du vecteur vitesse selon l'axe ( $Ox$ ) et la nommer **vx**. Calculer de même la coordonnée  $v_y$  du vecteur vitesse selon l'axe ( $Oy$ ) et la nommer **vy**.
- ➡ Dans le tableur, créer une nouvelle variable, nommée **v** telle que  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ .
- ➡ Peser la masse  $m$  du pendule et créer une grandeur notée **m** dans la feuille de calcul, lui affecter la valeur de la masse mesurée et effectuer les calculs (touche F2). Créer de même une grandeur **g** à laquelle on affectera la valeur  $9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .
- ➡ Dans le tableur, créer une nouvelle variable, nommée **Ec** telle que  $E_C = \frac{1}{2}m \cdot v^2$ .
- ➡ Créer de même une variable nommée **Epp** telle que  $E_{PP} = m \cdot g \cdot y$ .
- ➡ Créer enfin une variable nommée **Emeca** telle que  $E_{meca} = E_C + E_{PP}$ .
- ➡ Sur le même graphique, représenter les fonctions  $E_C(t)$ ,  $E_{PP}(t)$  et  $E_{meca}(t)$ .
- ➡ Modéliser les courbes obtenues et noter les résultats des modélisations. Interpréter et commenter ces résultats.
- ➡ Comment peut-on interpréter physiquement l'évolution temporelle de l'énergie mécanique du pendule ?