

Oscillateur masse-ressort

Objectifs

- ▷ Proposer un protocole expérimental permettant d'étudier une loi de force.
- ▷ Utiliser un logiciel de régression linéaire.
- ▷ Réaliser l'acquisition vidéo d'un mouvement et l'exploiter pour mesurer les composantes du vecteur position et du vecteur vitesse.
- ▷ Analyser les caractéristiques d'un régime transitoire du deuxième ordre.

Matériel sur votre paillasse :

- ▷ Un « bâti » composé d'une potence, une noix, une tige percée et une ficelle nouée dans le creux de la tige;
- ▷ Un ressort de faible raideur ;
- ▷ Une boîte de différentes masses toutes munies d'une ficelle ;
- ▷ Une webcam interfacée avec le PC ;
- ▷ CD de pilotes de la webcam si besoin.

Matériel sur le bureau :

- ▷ Une balance.

L'objectif du TP est d'étudier expérimentalement un oscillateur masse-ressort vertical pour comparer son comportement à celui d'un oscillateur harmonique et étudier l'influence des frottements.

I - Rappels théoriques

Dans le système utilisé, la position y de la masse vérifie l'équation différentielle

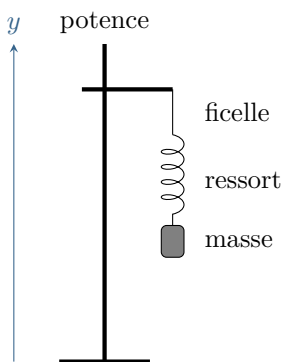
$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{dy}{dt} + \omega_0^2 y = \omega_0^2 y_{\text{éq}}$$

avec $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ la pulsation propre du système, Q le facteur de qualité, et $y_{\text{éq}}$ la position d'équilibre de la masse. Si la masse est lâchée sans vitesse initiale, les solutions de cette équation différentielle s'écrivent

$$y(t) = y_{\text{éq}} + A \cos(\omega_p t) e^{-\mu t}$$

où A est reliée à la position initiale de la masse, alors que la pseudo-pulsation ω_p et le taux d'amortissement μ sont donnés par

$$\omega_p = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}} \quad \text{et} \quad \mu = \frac{\omega_0}{2Q}.$$



II - Étude statique : caractérisation du ressort

Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de mesurer la constante de raideur k du ressort. Pour gagner en précision, vous réaliserez une régression linéaire basée sur cinq mesures au moins.

Mesurer également la longueur à vide ℓ_0 du ressort.

III - Étude dynamique

III.1 - Acquisition vidéo du mouvement d'oscillations

L'objectif est d'obtenir une vidéo exploitable du mouvement avec la webcam et de représenter la position de la masse $y(t)$ au cours du temps pendant une dizaine d'oscillations. Avant de faire l'acquisition « ultime » vous n'hésitez pas à procéder à plusieurs essais pour prendre en main le dispositif (comment obtenir les plus belles oscillations verticales possibles ?) et les logiciels d'acquisition et de pointage.

- ▷ La webcam est pilotée par le logiciel AMCAP. Commencer par la chercher sur le PC : s'il n'est pas installé, il faut l'exécuter directement depuis le CD de pilotes SORDALAB. Exporter le fichier vidéo au format `avi`.
- ▷ La mise au point se règle directement sur la webcam.
- ▷ Les images issues de la vidéo sont exploitées à l'aide de LatisPro, reportez-vous à la notice distribuée.
🚫🚫🚫 **Attention !** Il se peut qu'il y ait des incompatibilités entre logiciels : il faut parfois fermer le pilote de la webcam avant d'ouvrir LatisPro sous peine de devoir redémarrer Windows complètement.
- ▷ Pour avoir un enregistrement précis, choisir une masse telle que la période des oscillations soit suffisamment grande et paramétrer la caméra de sorte à obtenir un nombre d'images par seconde maximal (de toute façon vite limité).
- ▷ Penser à réfléchir au point dont vous suivrez le mouvement, au choix de l'origine du repère et à l'étalon de longueur utilisé. La finalité étant une étude énergétique, vous avez tout intérêt à choisir des points donnant un accès facile à la longueur du ressort.

III.2 - Exploitation de la vidéo

Estimer grossièrement le nombre d'oscillations visibles avant l'amortissement du système. En déduire l'ordre de grandeur du facteur de qualité. Que peut-on dire de la pulsation propre et de la pseudo-pulsation ? En déduire une mesure de la période propre du système et comparer à la valeur attendue.

Cherchons maintenant à estimer plus finement le facteur de qualité. En utilisant l'expression de $y(t)$ rappelée paragraphe I, exprimer l'amplitude A_N de la N -ième oscillation en fonction de Q et de A_1 , amplitude de la première oscillation. Déduire une valeur de Q plus précise à partir de votre enregistrement.

Si le temps le permet en fin de TP (procéder d'abord à l'étude énergétique), vous pourrez comparer votre estimation de Q à celle donnée par une modélisation de la courbe $y(t)$ par une fonction de référence.

IV - Étude énergétique

L'énergie mécanique d'un oscillateur masse-ressort vertical s'écrit comme la somme de trois termes,

$$E_m = \underbrace{\frac{1}{2}mv_y^2}_{\text{cinétique}} + \underbrace{\frac{1}{2}k(\ell - \ell_0)^2}_{\text{pot. élastique}} + \underbrace{mgy}_{\text{pot. pesanteur}}$$

En utilisant la feuille de calcul, créer trois nouvelles variables E_c , $E_p = E_{pe} + E_{pp}$ et $E_m = E_c + E_p$. Représenter leur évolution et interpréter : périodicité, instants auxquels les extrêmes sont atteints, conversion $E_c \leftrightarrow E_p$, évolution de E_m au cours du temps.