

TP9 : Étude dynamique de systèmes physiques

I Étude de la chute d'une bille dans un fluide visqueux

Objectifs : .

-Réaliser et exploiter quantitativement un enregistrement vidéo d'un mouvement : évolution temporelle du vecteur vitesse

-Mettre en œuvre un protocole expérimental de mesure de frottements fluides.

CONTEXTE DU SUJET

Nous avons utilisé un logiciel de pointage pour analyser une vidéo, puis à obtenir un graphe à l'aide d'un programme en langage Python. Cette fois-ci, nous utiliserons ces compétences pour tracer l'évolution du vecteur vitesse lors de la chute d'une bille dans du glycérol (un fluide visqueux)

A partir du logiciel Tracker nous allons donc dans un premier temps pointer, dans un repère choisi, les positions successives occupées par la bille au cours du temps. Ensuite, nous exploiterons via Python les données recueillies avec le logiciel pour déterminer la viscosité du glycérol

I.1) Pointage de la courbe

→ Récupérer la vidéo sur cahier de prépa. Chemin : TP / Bille_glycerol_dilue.avi

L'ouvrir sur Tracker et réaliser le pointage

→ choisir l'origine



→ Pour l'étalon choisir la longueur L entre les deux traits dont la valeur est indiqué ci-contre



Une fois le pointage effectué :

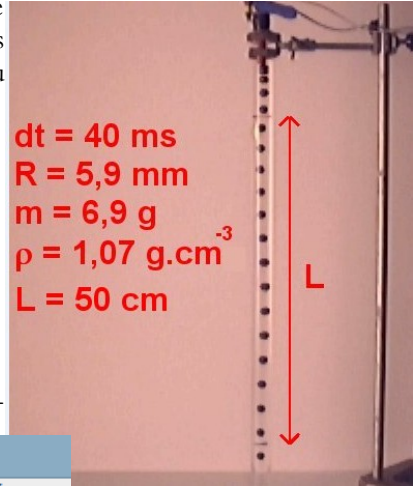
→ aller dans fichier/exporter/fichier de donner

choisir plein précision et séparateur Point-virgule

- enregistrer le fichier

Informations sur les paramètres

dt = 40 ms
R = 5,9 mm
m = 6,9 g
 $\rho = 1,07 \text{ g.cm}^{-3}$
L = 50 cm



👉 Appeler le professeur pour qu'il vérifie vos résultats ou en cas de difficultés

Représenter sur votre copie l'allure de $v_y(t)$

I.2) Tracé des vecteurs vitesses sur python

Si on réalise un développement de Taylor à l'ordre 1 de $s(t)$: $s(t+dt) = s(t) + \frac{ds}{dt} dt + o(dt)$

On fait donc l'approximation $s(t+dt) = s(t) + \frac{ds}{dt}(t) dt$

si on ne considère que des instants discrétisés on a

$$s(t) = s(i dt) \underset{\substack{\uparrow \\ \text{En python}}}{=} s[i] \quad \text{et} \quad s(t+dt) = s(i dt + dt) = s((i+1) dt) \underset{\substack{\uparrow \\ \text{En python}}}{=} s[i+1]$$

ainsi la valeur de la dérivée à l'instant t de s (t) est :

$$\frac{ds}{dt}(t) \approx \frac{s[i+1] - s[i]}{dt}$$

on note $v_y(t) = \dot{y}(t)$ la composante selon l'axe y du vecteur vitesse

On veut construire une liste v_y qui contient les valeurs de $\dot{y}(t)$ aux différents instants $dt, 2dt, 3dt, \dots$

à partir de la liste des coordonnées selon l'axe y du vecteur position $y = [y(0), y(dt), y(2dt), \dots, y(Ndt)]$

Q1 Exprimer $v_y[i]$ en fonction $y[i+1]$, $y[i]$ et dt .

Travail à effectuer

→ Ouvrir le programme python (vecteur_vitesse.py) :

→ compléter la ligne `vy.append(...)` à l'aide de votre réponse à la question précédente

→ Lancer le programme, **une fenêtre va s'ouvrir (regarder dans la barre de tâche)**, sélectionner le document .txt que vous avez enregistré à la fin de la partie 1

→ vous pouvez zoomer sur les 4 premières positions puis sur les 4 dernières positions

→ Représenter sur votre compte rendu l'allure de svecteurs vitesses



Appeler le professeur pour qu'il vérifie votre courbe ou en cas de difficultés

Q2) Quelles affirmations sont justes (en justifiant soigneusement chaque affirmation juste à l'aide des vecteur vitesses)

Le mouvement est rectiligne

Le mouvement est rectiligne uniforme sur l'intégralité de la vidéo

Le mouvement est accéléré pendant le régime transitoire

le mouvement est ralenti pendant le régime transitoire

le mouvement finit par devenir rectiligne uniforme

les forces ne se compensent jamais lors du mouvement

Les forces finissent pas se compenser

Q3 À l'aide de python, Déterminer la valeur de la vitesse limite atteinte (à partir de la liste `vy`) noté v_{lim} sur votre compte rendu. Pour cela on fera une moyenne sur les 8 dernières valeurs et noter la valeur.

On va aussi déterminer une incertitude-type sur v_{lim}

On créera une liste v_{lim} dans laquelle on placera les 8 dernières valeurs

on calcule l'écart-type `np.std(vlim)`

on divise par la racine du nombre de mesure pour avoir l'incertitude type notée u_{vlim}

I.3) Analyse quantitative

les forces qui s'appliquent sur le système sont les suivantes :

-Le poids $\vec{P}$

-La force de frottement visqueux $\vec{f} = -6\pi\eta R\vec{v}$ avec η le coefficient de viscosité dynamique du glycérol (en Pa.s)

R est le rayon de la bille (donné au début de l'énoncé du TP sur la photo)

-La poussée d'Archimède $\vec{\Pi} = -\rho V \vec{g}$ où ρ est la masse volumique du fluide(donnée au début) et $V = 4/3 \pi R^3$ le volume de la bille de rayon R

Q4 Représenter ces 3 forces s'appliquant sur la bille **lorsque le régime permanent** est atteint (sans soucis d'échelle mais avec un soucis de cohérence physique entre le schéma et la réalité)

Q5 En déduire l'expression de η en fonction de v_{lim} , ρ , g , R . **Détermine l'expression de son incertitude-type en fonction de $u(v_{\text{lim}})$ par propagation**

Q6 Faire l'application numérique pour η . ($R = 5,9 \cdot 10^{-3}$ et $\rho = 1070 \text{ kg/m}^3$ m et comparer votre valeur à celle des autres groupes et déterminer une incertitude sur η par une méthode statistique



Appeler le professeur pour qu'il vérifie votre courbe ou en cas de difficultés

Partie II : Étude d'un oscillateur amorti mécanique

Objectifs :

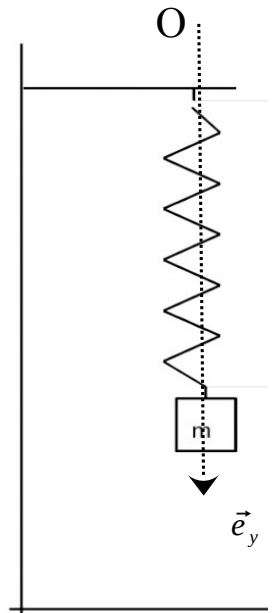
- Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire pour un système linéaire du deuxième ordre et analyser ses caractéristiques.
- Mettre en œuvre un accéléromètre,

on rappelle que $y(t) = e^{\frac{-\omega_0}{2Q}t} (A \cos(\Omega t + \phi)) + y_{eq}$ si $Q > 1/2$, ce qui est le cas ici

avec $\Omega = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}$ la pseudo pulsation

On peut montrer que l'accélération possède quasiment la même forme

$a_y(t) = e^{\frac{-\omega_0}{2Q}t} (A' \cos(\Omega t + \phi'))$ avec le même facteur de qualité Q que $z(t)$ et la même pulsation propre



II.1) facteur de qualité et pseudo-période

- Enlever la masselotte du ressort.
- Trouver un moyen de fixer votre téléphone au ressort avec un morceau de ficelle et du scotch
- vous pouvez placer le ressort sur la paillasse supérieure (à côté du GBF et de l'oscilloscope)
 - Si vous n'avez pas confiance dans votre montage, faire contrepoids sur le pied de la potence avec le GBF.
- Vous pouvez aussi placer un vêtement à la verticale sous le téléphone en guise d'« airbag » .**
- Télécharger l'application phyphox, Aller dans **accélération avec g** ou **accélération sans g**
cette application permet de réaliser l'acquisition au cours du temps de l'accélération selon les différents axes du téléphone .

Si vous tenez votre téléphone verticalement et que vous l'agitez de **haut en bas**, la courbe $a_y(t)$ représente l'évolution de l'accélération selon l'axe vertical au cours du temps

Important : Dans l'onglet accéléromètre avec g il faut retrancher $g=9,81$ S.I à la valeur affichée pour connaître la « vraie » valeur de l'accélération.

- Réaliser l'acquisition de l'accélération pendant au moins 1 minute 30

 **Appeler le professeur pour qu'il vérifie vos résultats ou en cas de difficultés**

Q1) Le facteur de qualité est-il plus grand que 100 d'après le résultat expérimental ?

Simplifier $\Omega = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}$ et la pseudo-période T (on supposera Q infini).

Q2) Mesurer T à l'aide des curseurs et écrire la valeur sur votre compte rendu avec l'incertitude--type

Q3) Proposer puis réaliser un protocole permettant de déterminer la masse de votre téléphone avec son incertitude
On précisera la méthode utilisée pour déterminer les différents paramètres d'intérêt.

Q4) Vérifier **quantitativement (z-score) la cohérence du résultat** avec la masse mesurée avec la **balance**

 **Appeler le professeur pour qu'il vérifie vos résultats ou en cas de difficultés**