

TP17 : Dynamique

Capacités travaillées :

- Réaliser et exploiter quantitativement un enregistrement vidéo d'un mouvement : évolution temporelle des vecteurs vitesse et accélération.
- Mettre en oeuvre un protocole expérimental de mesure de frottements fluides.
- Évaluer, par comparaison à un étalon, une longueur (ou les coordonnées d'une position) sur une image numérique et en estimer la précision.

Matériel :

- 1 ordinateur
- logiciel *Regressi*.

I Acquisition numérique

Cette partie n'est pas exploitée dans ce TP mais les contraintes rencontrées lors de l'acquisition sont à connaître. L'acquisition de la vidéo (c'est-à-dire une suite d'images) se fait à l'aide d'une caméra numérique (webcam, smartphone, ...). Plusieurs précautions sont à prendre en compte :

★ Il faut effectuer une **calibration spatiale** de l'observation. En effet, les distances et notamment la taille des objets sur l'image dépendent de la distance à la caméra ! Il faut donc placer dans le champ de la caméra (au moins) un objet dont la taille est précisément connue. Il faut aussi se placer suffisamment loin de l'expérience pour soigner la parallaxe.

★ Il faut aussi effectuer une **calibration temporelle**. Par exemple en connaissant, voire en choisissant, le nombre d'images acquises par seconde. Néanmoins, cette opération peut en général être effectuée *a posteriori*. Une autre astuce un peu archaïque consiste à placer l'écran d'un chronomètre dans le champ de la caméra.

★ En vue d'un traitement automatisé par détection de contour, il faut soigner l'éclairage et judicieusement choisir les textures et couleurs des objets à filmer. En effet, la détection automatique est d'autant plus efficace que le contraste entre objets mobiles et le fond est grand.

II Traitement des vidéos.

Il est possible de repérer manuellement image par image la position d'un objet mobile. Mais ce travail s'avère fastidieux si le nombre d'image est grand, ou si le travail doit être effectué fréquemment. On peut utiliser un logiciel qui mesure automatiquement pour chaque image la position d'un objet pointé. Ces logiciels se basent sur la différence de luminosité entre pixels pour détecter et suivre un objet désigné par l'utilisateur¹.

Dans ce TP, nous réaliserons une acquisition manuelle des données (peu d'image à traiter) à l'aide du logiciel *Regavi/Regressi*.

1. À l'aide de l'annexe, extraire d'une vidéo l'évolution de la position d'une bille en fonction du temps à l'aide d'une détection manuelle.

1. Numériquement, une dérivée première discrète (c'est-à-dire une différence entre deux pixels adjacents) permet de repérer un contour donné. La détection peut aussi être peaufinée en prenant en compte une annulation de la dérivée seconde discrète.

III Exploitation des mesures

1 Visualisation des grandeurs du mouvement.

Protocole

Matériel : Tableau de l'évolution de la position d'une bille (voir partie ci-dessus)

- Exporter les données vers **Regressi**.
- Tracer la position de la bille en fonction du temps.
- À partir des positions, calculer et tracer l'évolution temporelle de la vitesse et de l'accélération.
- Répéter l'expérience pour différents rayons de bille .

Répondre aux deux questions suivantes pour chaque rayon de bille disponible.

2. Le mouvement semble-t-il uniforme à partir d'un certain temps ?
3. En déduire une estimation de la vitesse limite (si elle est atteinte).

2 Aspect dynamique.

Définition de la loi de Stokes (force de frottement fluide).

Soit une sphère solide de rayon R se déplaçant dans un fluide de viscosité dynamique η à une vitesse relative au fluide \vec{v} (loin de la bille). Dans la limite des faibles vitesses, et si l'influence des parois fixes est négligeable, la force de frottement du fluide sur la sphère est décrite par l'expression :

$$\text{Loi de Stokes : } \vec{F} = -6\pi\eta R\vec{v}$$

Fluide	air sec	eau liquide	eau liquide	glycérine pure	glycérine avec 5% d'eau	miel
T (°C)	0	20	60	20	20	20
η (Pa.s)	$1,74 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$0,47 \cdot 10^{-3}$	1,49	0,62	2 - 10

4. Écrire le principe fondamentale de la dynamique suivant l'axe vertical orienté vers le bas. En déduire l'expression de l'accélération verticale en fonction de la vitesse et des paramètres du problème.
5. Pour une bille donnée, quelle courbe peut-on tracer pour vérifier si la force de frottement du fluide vérifie bien la loi de Stokes ? donner les expressions de la pente et de l'ordonnée à l'origine.
6. Donner l'expression de la vitesse limite d'une bille en fonction de son rayon et de sa masse.
7. Utiliser les questions précédentes pour valider le modèle de la loi de Stokes (utiliser deux méthodes si le temps le permet).
8. En déduire la valeur de la viscosité du fluide. Quel fluide est-ce ?
9. Conclure.