

Correction du TP de Physique n°5 : Les lois de Newton

Objectifs du TP :

- Utiliser la première loi de Newton pour déterminer la valeur d'une force de frottement fluide et la viscosité d'un liquide.
- Elaborer la deuxième loi de Newton en reliant force et mouvement.

I) Mesure d'une force de frottement fluide et de la viscosité d'un fluide.

On étudie le mouvement de chute d'une bille dans un fluide.

A) Etude préliminaire :

I-A-1) Le référentiel d'étude est celui du laboratoire qui est considéré comme Galiléen pendant le temps de l'expérience.

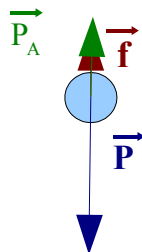
I-A-2) Le système étudié est la bille.

I-A-3) La première loi de Newton indique que dans un référentiel galiléen, si le vecteur vitesse \vec{v}_G du centre d'inertie ne varie pas, alors la somme des forces qui s'exercent sur le solide est nulle et réciproquement.

I-A-4) Bilan des forces s'exerçant sur la système :

Le système subit deux forces :

- ➔ Son poids \vec{P} : origine au centre de gravité du solide, direction verticale, sens vers le bas, et intensité $P = mg$
- ➔ La poussée d'Archimède : origine au centre de gravité du fluide déplacé qui correspond au centre de gravité du système, direction verticale, sens vers le haut, et intensité $P_A = m_f g$ ou m_f est la masse du volume de fluide déplacé.
- ➔ Force de frottement fluide \vec{f} : origine centre de gravité du solide, direction du mouvement (verticale), sens qui s'oppose au mouvement (donc vers le haut), intensité inconnue.



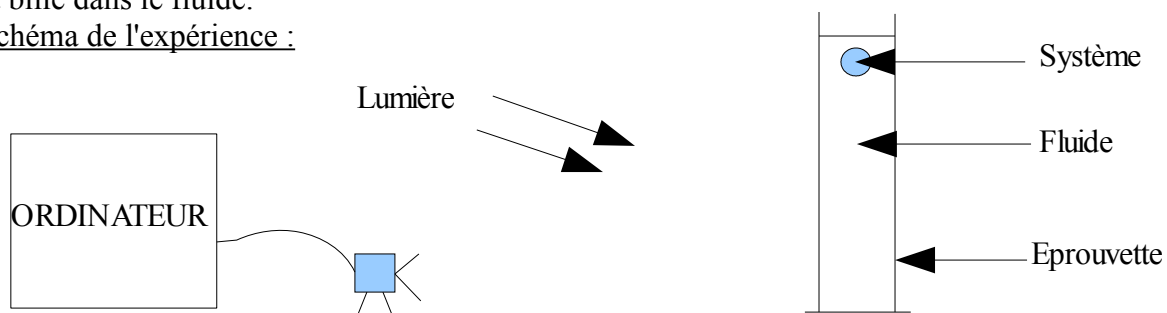
I-A-5) Nature du mouvement :

A l'état initial, le système est immobile, la force de frottement est donc nulle. On observe donc au début un mouvement rectiligne accéléré. La force de frottement étant proportionnelle à la vitesse du système, elle augmente donc au cours du mouvement, et sa valeur finit par devenir égale à la valeur du poids. A ce moment la la somme des forces qui s'exercent sur le système devient nulle, et en vertu de la première loi de Newton (principe d'inertie), le système à un mouvement rectiligne uniforme.

B) Expérience :

On réalise à l'aide d'une webcam et d'un logiciel de capture vidéo, l'acquisition vidéo de la chute de la bille dans le fluide.

Schéma de l'expérience :



C) Exploitation de la vidéo :

I-C-1) L'évolution de la coordonnée y en fonction du temps est bien conforme à ce que l'on avait prévu à la question I-A-5. On observe au départ un mouvement accéléré, puis au bout de quelques temps un mouvement rectiligne uniforme ($y=f(t)$ est alors une droite).

I-C-2) La vitesse limite correspond à la pente de la portion droite de la courbe.

D) Détermination de la force de frottement fluide :

I-D-1) Valeur de la force de frottement :

Lorsque la vitesse du système est constante, on a selon la première loi de Newton : $\vec{P} + \vec{f} + \vec{P}_A = \vec{0}$

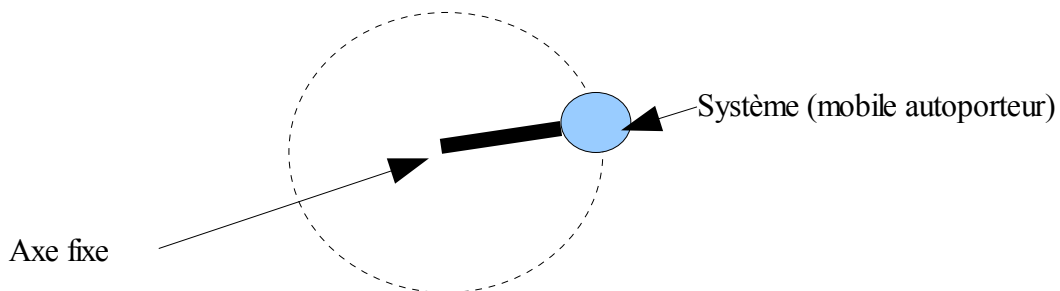
On en déduit alors que $f = P + P_A = mg + \rho_f V g =$

I-D-2) Viscosité du fluide :

D'après la formule de Stokes on en déduit que la viscosité du fluide vaut : $\eta = \frac{f}{6 \pi R v}$

II) Deuxième loi de Newton :

On étudie maintenant le mouvement de rotation d'un système autour d'un axe fixe sans frottement avec le support (table à coussin d'air).



A) Etude préliminaire :

II-A-1) Référentiel et système étudié :

Référentiel de la salle de classe (supposé galiléen pendant le temps de l'expérience, le système est le mobile autoporteur.

II-A-2) Bilan de forces :

Le système subit trois forces :

→ Son poids \vec{P} : point d'application : centre de gravité du système

- direction : verticale
- sens : vers le bas
- valeur : $P = mg$

→ La réaction du support \vec{R} : point d'application : centre de la surface de contact entre le mobile et le support

direction : perpendiculaire au support, donc verticale ici.

Sens : vers le haut

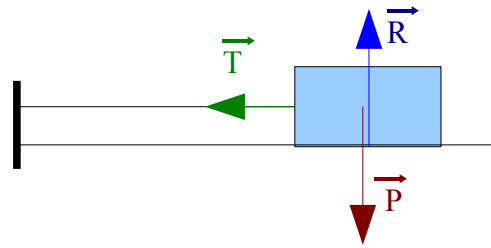
valeur : $R = P = mg$

→ La tension du fil \vec{T} : point d'application : point de contact entre le mobile et le fil

direction : celle du fil

sens : vers l'axe fixe

valeur : inconnue.



II-A-3) Le poids et la réactions du support ont la même valeur, la même direction et sont de sens opposés. Ces deux forces se compensent donc et tout se passe comme si le système ne subissait qu'une seule force, la tension du fil.

B) Etude de l'enregistrement :

a) Les distances séparant chacune des positions successives du centre d'inertie du mobile sont identiques. Le mouvement de celui ci est donc bien uniforme.

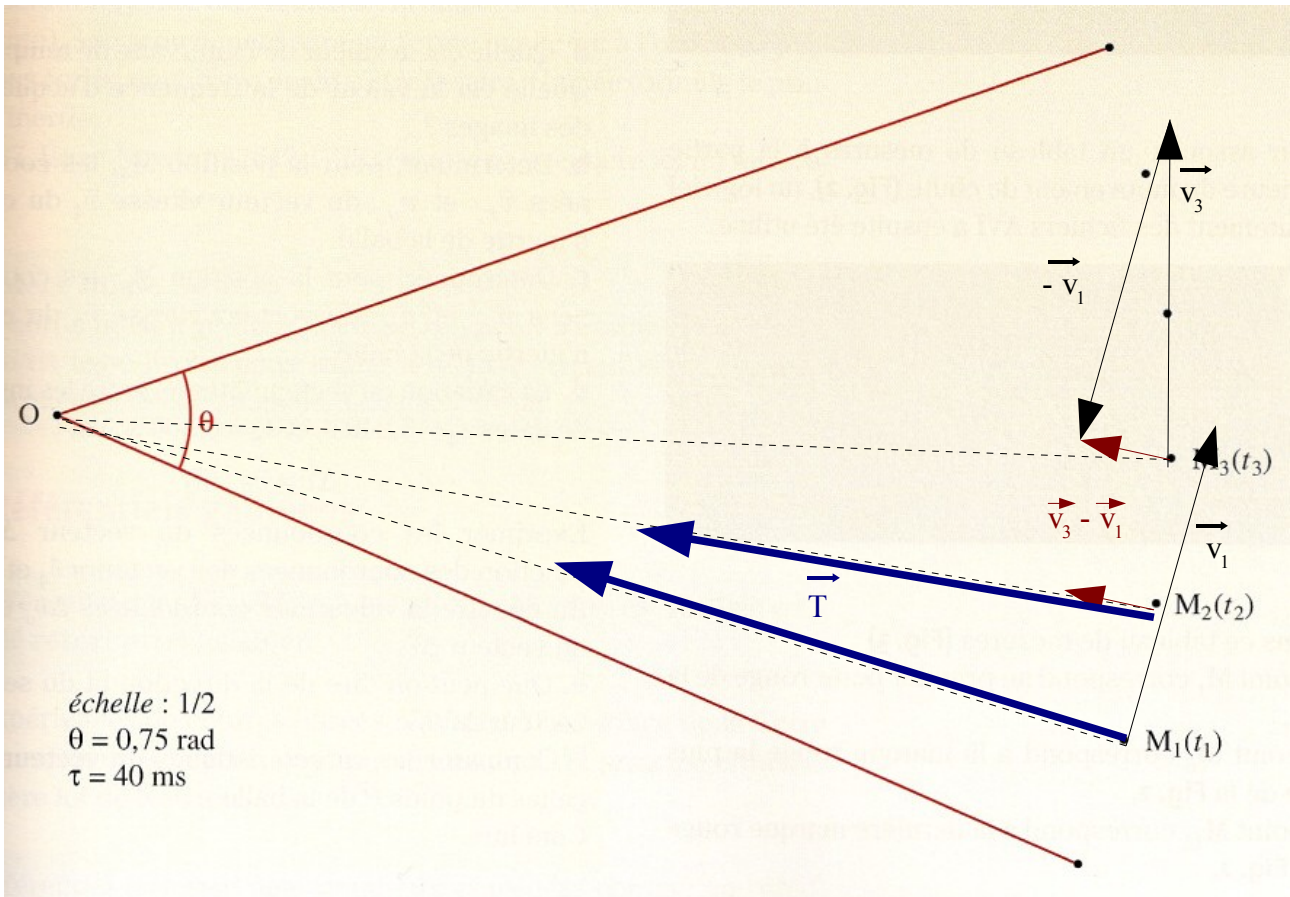
b) Calcul de la vitesse angulaire :

$$\omega = \frac{\alpha}{t} = \frac{\alpha}{6\tau} = \frac{0,75}{0,240} = 3,1 \text{ rad.s}^{-1}$$

Calcul de la vitesse instantanée :

$$v = R \times \omega = 2 \times 13 \cdot 10^{-2} \times 3,1 = 0,81 \text{ m.s}^{-1}$$

d et e)



f) \vec{F} et $\Delta\vec{v}$ ont même sens et même direction.

C) La deuxième loi de Newton :

Dans un référentiel galiléen, si le vecteur vitesse \vec{v}_G du centre d'inertie varie, la somme des forces qui s'exercent sur le solide n'est pas nulle. Sa direction et son sens sont ceux de la variation de \vec{v}_G entre deux instants proches.