

TP de mécanique : Etude du mouvement d'une goutte

On souhaite étudier le mouvement (trajectoire + vitesse) d'une goutte de solution aqueuse de permanganate de potassium lâchée à la surface de l'huile, contenue dans une éprouvette.

- Quels critères doit avoir le liquide de la goutte pour que celle-ci traverse l'huile et se place en-dessous :
- Préciser : - le système étudié :
- le référentiel d'étude
- Faire l'expérience suivante et observer la trajectoire de la goutte :

I) Réalisation qualitative de l'expérience

A l'aide d'une pipette, lâcher une goutte de solution aqueuse de permanganate de potassium, au-dessus de la surface libre de l'huile. Cette goutte peut rester accrochée à la surface de contact huile / air; il suffit alors de la toucher à l'aide d'une baguette en verre pour qu'elle se mette en mouvement.

Conclusion : la trajectoire de la goutte dans ce référentiel est _____

II) Réalisation quantitative de l'expérience

- Refaire l'expérience, en déclenchant le chronomètre au moment où la goutte est à la graduation 250 mL.
- Lire l'indication du chronomètre lorsque la goutte passe à différentes graduations et compléter la deuxième ligne du tableau. Il faut être rapide et être bien coordonné au sein du groupe.
- A l'aide d'une règle, déterminer la distance parcourue par la goutte, par rapport à la graduation 250 mL et compléter la troisième ligne du tableau.

passage de la goutte à la graduation....	250 mL	220 mL	190 mL	160 mL	130 mL	100 mL	70 mL	40 mL
temps t (en s)	0							
distance d parcourue par la goutte (en m)	0							

- Tracer la courbe $d=f(t)$, avec d, la distance parcourue par la goutte en fonction de la durée du parcours : échelle : en abscisse : 1 cm → _____ en ordonnée : 1 cm → _____
- Que peut-on conclure sur la variation de d en fonction de t ?
- Quelle remarque peut-on faire sur la vitesse de la goutte entre la graduation 250 mL et la graduation 40 mL ?
- Quelle est l'équation de la courbe obtenue ?

Rappel de mathématiques : Dans le repère (xOy), une droite a pour équation $y = a.x + b$, avec :

- b, l'ordonnée à l'origine

- a, le coefficient directeur que l'on détermine en choisissant 2 points A(x_A, y_A) et B(x_B, y_B) et en utilisant la relation suivante : $a = (y_B - y_A) / (x_B - x_A)$

➤ Obtiendra-t-on toujours le même mouvement (trajectoire + vitesse) de la goutte si on renouvelle l'expérience ? Si non, préciser les paramètres qui peuvent influencer le mouvement de la goutte.

➤ En s'aidant de la courbe tracée, représenter, sur l'éprouvette ci-contre, les positions de la goutte toutes les _____ s, à partir de l'instant origine $t=0s$ (moment où la goutte est à la graduation 250 mL), et numéroter les positions $M_0, M_1, M_2 \dots$

➤ Déterminer, en $m.s^{-1}$, la vitesse instantanée $V_{inst}(M_3)$ en M_3 , ainsi que la vitesse moyenne V_{moy} entre M_0 et M_3 . Comparer les valeurs et conclure sur les propriétés d'un solide en mouvement uniforme.

$V_{inst}(M_3) =$

$V_{moy} =$

Conclusion :

Analyse de l'expérience

énoncé du PRINCIPE D'INERTIE pour un observateur terrestre:

“Tout corps persévère, dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme, si les forces qui s'exercent sur lui se compensent”

➤ A quelles forces est soumise la goutte lorsqu'elle passe à la graduation 160 mL ?

➤ D'après le principe d'inertie énoncé ci-dessus, que peut-on dire sur les forces s'exerçant sur la goutte lorsqu'elle passe à la graduation 160 mL ?

➤ Lorsque la goutte reste accrochée au niveau de la surface de contact huile / air, que peut-on affirmer à propos des forces qui s'exercent sur elle ?

Eléments de correction

- la goutte doit avoir une densité inférieure à celle de l'huile
- - le système étudié : la goutte de permanganate de potassium
- le référentiel d'étude : le référentiel terrestre

Conclusion : la trajectoire de la goutte dans ce référentiel est rectiligne

passage de la goutte à la graduation....	125	115	105	95	85	75	65	55	45	35	25	15
temps t (en s)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	39	43
distance d parcourue par la goutte (en m)	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22

La distance varie linéairement en fonction du temps.

- Quelle remarque peut-on faire sur la vitesse de la goutte entre la graduation 250 mL et la graduation 40 mL ? **La vitesse reste la même**
- Quelle est l'équation de la courbe obtenue ? **C'est une droite qui passe par l'origine d'où $d = v \times t$**
- **La trajectoire sera toujours une droite, mais si la taille de la goutte augmente, la vitesse sera plus grande.**

$$V_{\text{inst}}(M_3) = \frac{M_4 - M_2}{t_4 - t_2} = \frac{0.08 - 0.04}{16 - 8} = 0.005 \text{ m/s} = 5 \text{ mm/s}$$

$$V_{\text{moy}} = \frac{M_3 - M_0}{t_3 - t_0} = \frac{0.06}{12} = 0.005 \text{ m/s} = 5 \text{ mm/s}$$

Conclusion : le mouvement est bien rectiligne uniforme

- **Son poids (vertical, dirigé vers le bas) la poussée d'Archimède (verticale, dirigée vers le haut) et une force de frottement fluide : pas sûr qu'ils connaissent tous la poussée d'Archimède.**
- D'après le principe d'inertie énoncé ci-dessus, que peut-on dire sur les forces s'exerçant sur la goutte lorsqu'elle passe à la graduation 160 mL ? **elles se compensent.**
- Lorsque la goutte reste accrochée au niveau de la surface de contact huile/air, que peut-on affirmer à propos des forces qui s'exercent sur elle ? **elles se compensent.**

Pour aller plus loin :

La goutte est soumise à trois forces :

- Le poids de la goutte : $P = m(\text{goutte}) \times g = \rho(\text{goutte}) \times V(\text{goutte}) \times g$ avec V le volume.
 $\rho(\text{goutte}) = \rho(\text{permanganate de potassium})$: pour une solution de permanganate de potassium à 0,1 mol/L, comme $M(K^+ + MnO_4^-) = 158 \text{ g/mol}$, $\rho(\text{goutte}) = 1016 \text{ g/L} = 1016 \text{ kg.m}^{-3}$
- La poussée d'Archimède : $Pa = \rho(\text{huile}) \times V(\text{goutte}) \times g$ avec $\rho(\text{huile}) = 900 \text{ kg.m}^{-3}$
- La force de frottement fluide : $F = \eta \times v$ (η : coefficient de viscosité en N.s.m^{-1} et v la vitesse)
 $P = Pa + F$

$$\text{D'où } F = P - Pa = g \times V(\rho(\text{goutte}) - \rho(\text{huile}))$$

$$\text{Calcul du coefficient de viscosité volumique : } \eta/V = g \times (\rho(\text{goutte}) - \rho(\text{huile}))/v$$

Leur donner $g = 9,81 \text{ N/kg}$

Ici, on trouve $\eta/V = 9,81 \times (1016 - 900)/0.005 = 230\,000 \text{ N.s.m}^{-4}$ soit une force par unité de vitesse et par unité de volume...

A comparer avec le coefficient de viscosité de l'air. Si un parachutiste de 80 kg peut atteindre une vitesse limite de 100 km/h, $\eta = 80 \times 9.81 / (100 \times 1000 / 3600) = 30 \text{ N.s.m}^{-4}$