

## Exercices de mécanique

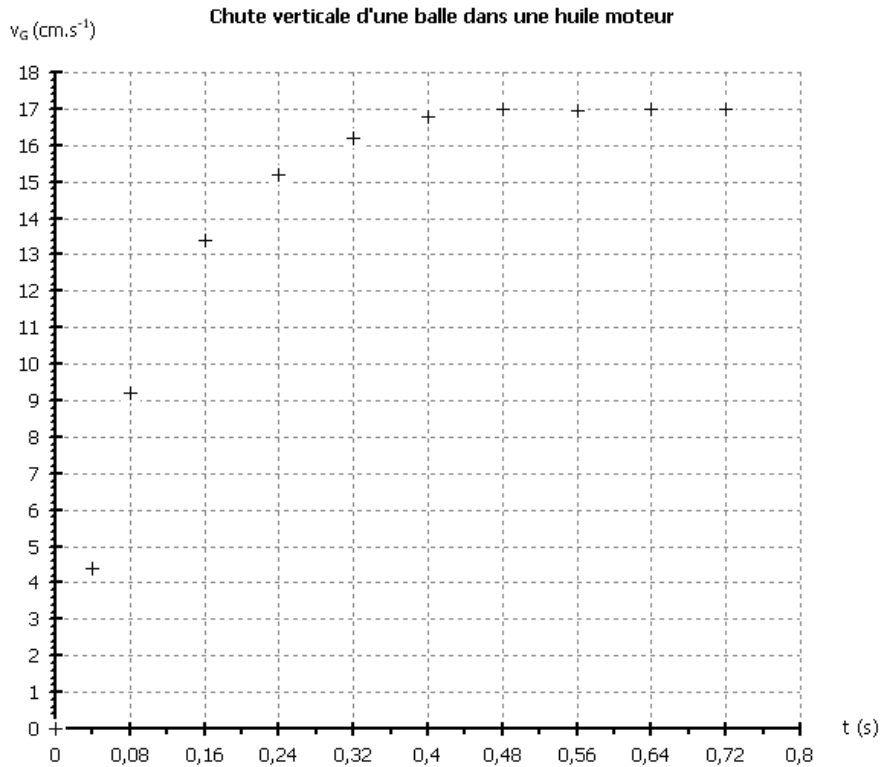
### Exercice 1 : détermination de la viscosité d'une huile moteur

Dans les moteurs à combustion, on minimise les frottements entre les pièces mécaniques en utilisant des huiles afin d'obtenir un frottement visqueux. Plus une huile est épaisse, plus sa viscosité est élevée.

On souhaite déterminer expérimentalement la viscosité d'une huile moteur. Pour cela on filme la chute verticale d'une balle dans cette huile moteur avec une caméra numérique.

L'exploitation du film avec un ordinateur permet de déterminer les valeurs de vitesse de la balle en fonction du temps.

On obtient le graphe ci-dessous



Pour étudier le mouvement de la balle, on se place dans le référentiel du laboratoire. On prendra l'axe vertical  $Oz$  dirigé vers le bas.

Les caractéristiques de la balle sont : masse  $m = 35,0 \text{ g}$  ; rayon  $R = 2,00 \text{ cm}$  ; volume  $V = 33,5 \text{ cm}^3$ .

La masse volumique de l'huile est  $\rho_{\text{huile}} = 0,910 \text{ g.cm}^{-3}$ .

On suppose que la force de frottement s'exprime sous la forme  $\vec{f} = -k \times \vec{v}_G$  où  $\vec{v}_G$  est la vitesse du centre d'inertie de la balle. On appellera  $v_G$  la composante de la vitesse suivant l'axe  $Oz$ .

La bille est aussi soumise à la poussée d'Archimède, vers le haut qui a pour expression :

$$\vec{\pi} = -\rho_{\text{huile}} \times V \times \vec{g}$$

1) Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à la balle en chute verticale dans l'huile, puis les représenter sur un schéma.

2) Etablir l'équation différentielle vectorielle en fonction de  $\vec{v}_G$  du mouvement de la balle dans le référentiel du laboratoire.

3) Le mouvement de chute de la balle présente deux régimes visibles sur la représentation graphique  $v_G = f(t)$ .

a) Séparer, par un axe vertical les domaines des deux régimes. On précisera le domaine du régime permanent et le domaine du régime transitoire du mouvement de la balle. Relever la valeur de la vitesse de la bille en régime permanent.

b) Lors du régime permanent, en justifiant, établir l'expression de  $\vec{v}_G$  en fonction de  $k$ ,  $m$ ,  $V$ ,  $\rho_{\text{huile}}$  et  $\vec{g}$ . En déduire l'expression de  $v_G$  lors de ce régime.

c) Pour des vitesses faibles, la formule de Stokes permet de modéliser plus précisément la force de frottement fluide  $\vec{f}$  agissant sur un corps sphérique en fonction de la viscosité  $\eta$  de l'huile, du rayon de la balle  $R$  et de la vitesse de déplacement  $\vec{v}_G$  de la balle telle que :

$$\vec{f} = -6 \pi \eta R \vec{v}_G \quad \text{avec } \eta \text{ en Pa.s, } R \text{ en m et } v_G \text{ en m.s}^{-1}$$

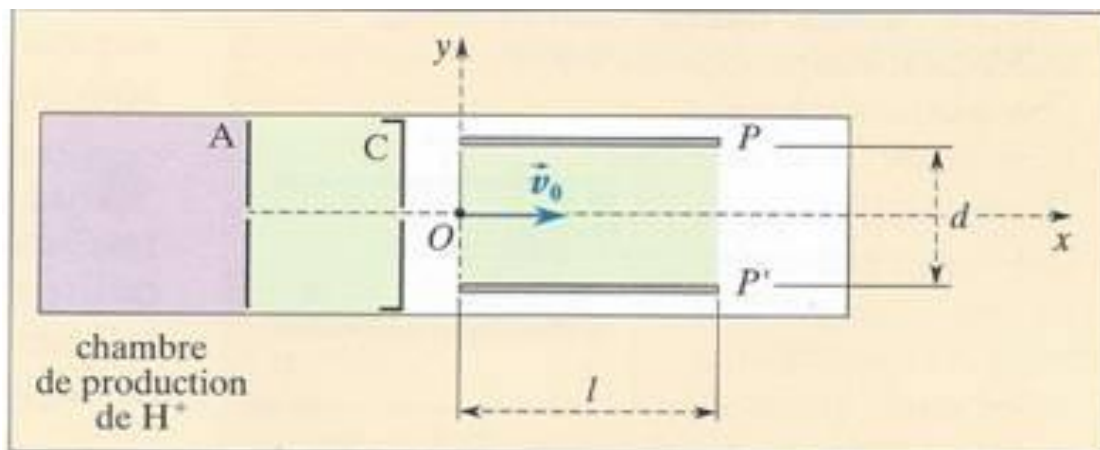
- i) En déduire une nouvelle expression de  $v_G$  en régime permanent faisant intervenir la viscosité de l'huile.
- ii) À l'aide des valeurs de viscosité données ci-dessous, identifier l'huile de moteur étudiée.

	Huile moteur à 20°C		
	SAE 10	SAE 30	SAE 50
$\eta$ (Pa.s)	0,088	0,290	0,700

### Exercice 2 : accélérateur et déviateur de protons

Dans le dispositif ci-contre, règne un vide poussé. Un faisceau homocinétique de protons est d'abord accéléré par une tension appliquée entre deux plaques A et C.

Les protons pénètrent en O avec une vitesse  $v_0 = 800 \text{ km.s}^{-1}$  à mi-chemin entre deux plaques parallèles P et P' distantes de  $d = 2,5$  cm et de longueur  $l = 10$  cm, comme le montre le schéma ci-dessous



Données :  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  et  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

Un champ électrique est toujours dirigé vers les potentiels décroissant et a pour valeur  $E = U/d$  entre deux plaques distantes de  $d$  lorsqu'elles sont soumises à une différence de potentielle (ou tension)  $U$ .

- 1) Voir le contrôle sur les rayons X pour calculer la valeur de  $U'$  appliquée entre A et C afin d'avoir  $v_0 = 800 \text{ km.s}^{-1}$  sachant que les protons sont issus de A sans vitesse initiale (se réentraînent).
- 2) On applique entre les plaques P et P' la tension  $U$  pointant vers P créant un champ uniforme de valeur  $E$ .
  - a) Déterminer la valeur du poids (on prendra  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ ) du proton. A partir de quelle valeur de  $E$  le poids est-il négligeable face à la force électrique ? On admet qu'il en sera ainsi dans la suite de l'exercice.
  - b) Quel doit être le sens du champ électrique et donc le signe de  $U$  pour que la déviation soit dirigée vers le haut ? Justifier.

c) Montrer que l'équation cartésienne de la trajectoire entre les plaques est donnée par 
$$y = \frac{q \cdot E}{2m \cdot v_0^2} \cdot x^2$$
.

d) Déterminer la valeur de  $U$  à ne pas dépasser si l'on veut que le faisceau ne soit pas capté par l'une des plaques.

### Exercice 3 : planètes et satellites

Refaire l'exercice sur Philae et l'exercice sur les quatre satellites principaux de Jupiter.