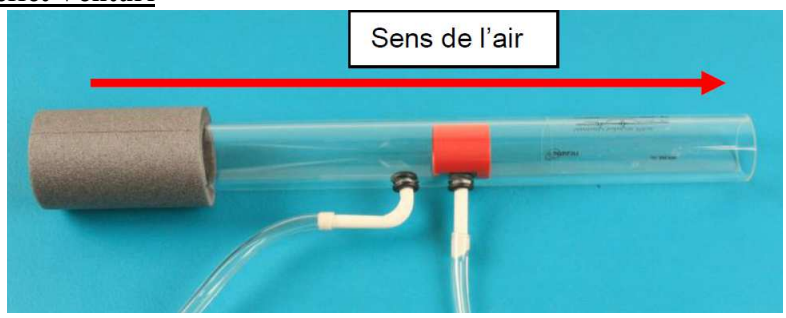
TP McA. Étude d'écoulements de fluides

Objectifs
– Validation d'un modèle par calcul d'ordres de grandeur et tracé de courbe
– Acquisition et exploitation d'une vidéo
– Détermination de la vitesse d'un gaz, de la viscosité dynamique d'un liquide

1. Mesure de la vitesse d'un écoulement d'air par effet Venturi

➲ **Question 1**

Avec un sèche-cheveux, on envoie un flux d'air à la vitesse v_1 dans un tube cylindrique (diamètre $d_1 = 32$ mm) muni d'un rétrécissement ($d_2 = 14$ mm). On mesure les pressions P_1 et P_2 au niveau des deux sections. Exprimer v_1 en fonction de P_1, P_2, d_1, d_2 et $\rho = 1{,}2$ kg·m^{-3}.



➲ **Protocole 1**

Allumer le sèche-cheveux à puissance maximale. Noter les pressions indiquées par les deux capteurs, et en déduire v_1. Vérifier alors les hypothèses faites pour ce calcul.

2. Mouvement d'une bille dans le glycérol : préliminaires théoriques

a) Ordres de grandeur et modélisation

On étudie la chute d'une bille d'acier, de quelques millimètres de diamètre, dans une éprouvette remplie de glycérol (ou glycérine ou propane-1,2,3-triol), liquide très visqueux dont la viscosité dynamique η est de l'ordre de 1 Pa·s. Nous allons voir que la vitesse de chute est de l'ordre de quelques centimètres par seconde.

➲ **Question 2**

Évaluer le nombre de Reynolds caractérisant cette situation, et justifier que la force de traînée du glycérol sur la bille est bien modélisée par la formule de Stokes : $\vec{F} = -3\pi\eta d\vec{v}$, où d est le diamètre de la bille.

b) Mise en équation et solution théorique

Le glycérol exerce la force de traînée et la poussée d'Archimède $\vec{A} = -\rho_{gly} V \vec{g}$ où $\rho_{gly} = 1260$ kg·m^{-3} est la masse volumique du glycérol et V le volume de la bille (masse m). Le PFD pour la bille s'écrit : $m\dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} = -3\pi\eta d\vec{v} + (m - \rho_{gly}V)\vec{g}$.

➲ **Question 3**

Donner la solution générale de cette équation différentielle, et en déduire les expressions :
– du temps caractéristique τ du régime transitoire, en fonction de m, d et η, puis en fonction de η, d et ρ_{bille} ;
– de la vitesse limite $\overrightarrow{v_{lim}}$, en fonction de m, d, η, V, ρ_{gly} et $\vec{g}$, puis en fonction de m, d, η, ρ_{gly}/ρ_{bille} et $\vec{g}$.

3. Acquisition du mouvement et détermination de la viscosité du glycérol

a) Mise en place

➲ **Protocole 2**

● Prendre avec précaution une bille en acier de taille moyenne (diamètre de l'ordre de 6 mm). Mesurer ce diamètre d avec le micromètre de Palmer, à 0,01 mm près, ou même moins si vous pouvez lire une fraction de graduation. Mesurer aussi sa masse m avec la balance de précision.



Micromètre de Palmer : on lit ici 3,74 mm

● Sur le bureau de l'ordinateur, ouvrir le logiciel d'acquisition AMCap (l'icône est nommée *Setup*). Placer une règle graduée verticalement contre l'éprouvette, pour mesurer les distances parcourues. Positionner et régler la caméra de façon à filmer environ la moitié haute de l'éprouvette et la règle, en évitant au maximum les erreurs de parallaxe.
Dans l'onglet *File*, choisir le dossier de destination des vidéos (dans vos dossiers personnels, ou sur une clé USB…). Dans l'onglet *Capture*, régler le nombre d'images par seconde à 30 (nos caméras ne peuvent pas faire mieux).

b) Acquisition des positions de la bille

➲ **Protocole 3**

● Tenir la bille au-dessus du glycérol. Lancer l'acquisition, puis projeter la bille dans le glycérol, avec une vitesse initiale assez importante ; il n'est pas nécessaire qu'elle soit verticale, il faut juste éviter que la bille touche les parois.

● Vous pouvez répéter ce protocole pour avoir la meilleure vidéo possible. Pour cela il suffit de repêcher la bille au fond de l'éprouvette.

c) Exploitation de l'enregistrement

➲ **Protocole 4**

● Ouvrir le logiciel Latis-Pro. Sur la ligne d'icônes, la cinquième (Lecture de séquence AVI) permet d'ouvrir le fichier vidéo enregistré. Choisir une origine des axes avec *Sélection de l'origine* (ce point n'est pas très important). Puis avec *Sélection de l'étalon*, cliquer sur deux points de la règle graduée et indiquer la distance entre les deux. Si nécessaire, cliquer dans la partie *Sens des axes* pour avoir un axe vertical descendant.

● Les boutons sous la vidéo permettent de la lire image par image. À partir de la première image du lâcher de la bille, cliquer dans chaque image sur le centre de la bille : on acquiert ainsi un ensemble de valeurs (t, x, y) [l'axe Ox étant l'axe horizontal].

● Ouvrir la fenêtre graphique (pour tracer des courbes) avec l'icône représentant une courbe verte. Dans la colonne de gauche, cliquer sur le nom *Mouvement Y* et le faire glisser jusqu'à la fenêtre graphique : on voit alors apparaître l'ensemble des points expérimentaux repérés. En cliquant avec le bouton droit de la souris sur la fenêtre graphique, on peut régler les échelles, faire apparaître un curseur (réticule), etc.

● Évaluer l'ordre de grandeur du temps de relaxation τ du régime transitoire, et comparer à la valeur attendue.

d) Détermination de la viscosité dynamique du glycérol

➲ **Protocole 5**

● À partir de vos données, déterminer une valeur de la vitesse limite v_{lim} de chute de la bille, avec trois chiffres significatifs, et évaluer son incertitude.

● Calculer alors une valeur de la viscosité dynamique η du glycérol, à la température de l'expérience.

Pour obtenir l'incertitude de cette mesure finale, on peut proposer deux méthodes.

● Évaluation de type B
À partir des incertitudes sur m, d et v_{lim} (négliger celle sur le facteur $1 - \rho_{\text{gly}} / \rho_{\text{bille}}$), calculer l'incertitude sur η.

● Évaluation de type A
À partir de plusieurs résultats de ce protocole de mesure (les vôtres et aussi ceux d'autres groupes), faire un calcul statistique de l'incertitude-type sur η. Comparer les deux incertitudes trouvées. Qu'en pensez-vous ?

● Résultat final : $\boxed{\eta = \qquad \pm \qquad \text{Pa} \cdot \text{s}}$.