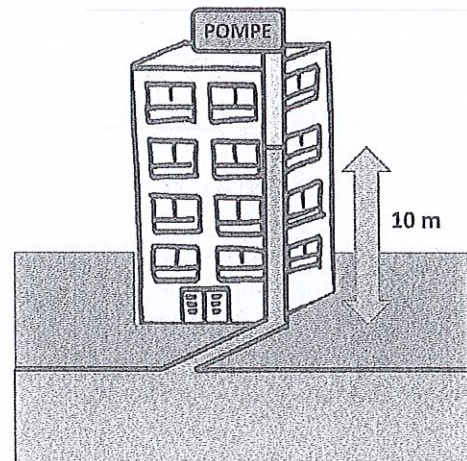


CONTROLE TERMINAL - 1^{ère} session**Durée : 2h***Pas de documents, calculatrice autorisée**Prenez soin de justifier vos réponses et de respecter les notations employées.**Le soin de la rédaction et l'orthographe seront également pris en compte***Données Supplémentaires :** $Re = \rho v D / \mu$ $g = 9,81\text{m/s}^2$ **Exo 1 : Les Fontainiers de Florence et la Découverte de la Pression Atmosphérique (3 pts)**

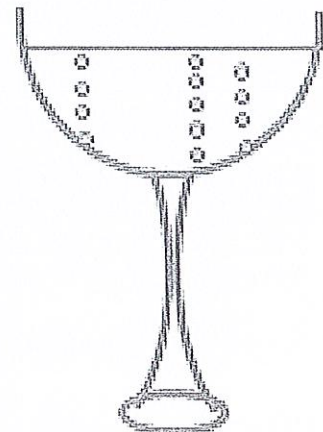
Au XVII^e siècle, les fontainiers de Florence ont été confrontés à un problème majeur qui a finalement stimulé la découverte de la pression atmosphérique. Ils ont constaté qu'il était impossible de monter l'eau du fleuve Arno à plus de dix-huit coudées (environ 10 mètres) de hauteur dans les habitations, même avec les meilleures pompes aspirantes de l'époque, placées en haut des bâtiments.



- Principe Physique de Base (0,5 pt) :** Expliquez pourquoi les fontainiers ne pouvaient pas élever l'eau à plus de 10 mètres, même avec une pompe créant un vide parfait. Discutez le rôle de la pression atmosphérique dans ce phénomène.
- Contexte Historique (0,5 pt) :** Recherchez et décrivez brièvement le contexte historique de cette découverte. Comment ce problème a-t-il contribué à la compréhension de la pression atmosphérique ?
- Application du Principe de Pascal (1 pt) :** Décrivez le principe de Pascal, expliquez comment la pression s'exerce dans un fluide et comment cela se rapporte au problème rencontré par les fontainiers.
- Réflexion Critique (0,5pt) :** Si vous étiez un ingénieur à l'époque, quelles solutions auriez-vous envisagées pour surmonter cette limitation ? Discutez de deux approches possibles, en tenant compte des connaissances et de la technologie disponibles à l'époque.
- Impact Scientifique (0,5 pt) :** Comment la résolution de ce problème a-t-elle influencé le développement ultérieur de la science et de la technologie dans le domaine de la mécanique des fluides ?

Exo 2 : Dynamique des Bulles dans une Coupe de Champagne (4 points)

Dans une coupe de champagne, on observe souvent des "chapelets" de bulles, formant des colonnes montantes comme indiqué sur le schéma ci-contre. Cet exercice vise à expliquer les phénomènes physiques et chimiques sous-jacents à la formation, la taille, et le mouvement de ces bulles. Pour information, la loi de Henry stipule que la quantité de gaz dissous dans un liquide est proportionnelle à la pression du gaz au-dessus du liquide. La loi de Laplace-Young établit que la différence de pression (ΔP) à travers l'interface d'une bulle est directement proportionnelle à la tension superficielle (γ) et inversement proportionnelle au rayon (r) de la bulle.



- Formation des Bulles (0,5 pt) :** Expliquez le phénomène de nucléation des bulles dans le champagne. Qu'est-ce qui détermine les "lieux" de naissance de ces bulles dans le liquide ? Discutez du rôle des impuretés et des irrégularités dans la coupe.

- Taille des Bulles (1 pt) :** Quels facteurs influencent la taille des bulles dans le champagne ? Comment la pression et la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) affectent-elles la taille des bulles ? Utilisez la loi de Henry et la loi de Young-Laplace pour discuter de l'effet de la pression sur la solubilité des gaz.
- Mouvement des Bulles (1 pt) :** Expliquez pourquoi les bulles se déplacent vers le haut dans la coupe. Discutez des forces en jeu, y compris la poussée d'Archimède et la résistance du liquide. Comment la taille des bulles influence-t-elle leur vitesse de montée ?
- Dynamique des Bulles (0,5 pt) :** À mesure que les bulles montent, elles grossissent en accumulant plus de CO₂. Utilisez les lois de la diffusion pour discuter de ce processus. Comment la température de la boisson influence-t-elle cette dynamique ?
- Aspect Visuel des Chapelets de Bulles (0,5 pt) :** Comment la formation de chapelets de bulles contribue-t-elle à l'aspect visuel du champagne ? Discutez de l'importance de l'aspect visuel des bulles pour l'expérience de dégustation du champagne.

Réflexion Additionnelle (0,5 pt) : Si vous deviez concevoir une coupe de champagne idéale pour optimiser la visualisation des bulles, quelles caractéristiques prendriez-vous en compte ? Discutez de l'effet de la forme de la coupe, de la texture de sa surface, et de tout autre facteur pertinent.

Exo 3 Circulation Sanguine (5 points)

Contexte : Le cœur, en fonctionnement normal, assure une circulation sanguine à débit moyen constant de 5 mL/s. Considérons un organe dont le réseau vasculaire est schématisé par $N = 1000$ capillaires identiques, disposés en parallèle. Chaque capillaire a un rayon $r = 0,1$ mm et une longueur $l = 2$ cm.

La viscosité du sang est $\eta = 3 \cdot 10^{-3}$ Pa·s.

Questions

- Pression Artérielle et Veineuse (0,5 pt)** Expliquez pourquoi la pression en sortie d'artère est différente de celle en début de veine.
- Débit dans un Capillaire (1 pt) :** Si le débit moyen du sang dans l'artère est Q , déterminez le débit q dans un capillaire.
- Vitesse et Type d'Écoulement dans un Capillaire (1 pt) :** Calculez la vitesse moyenne v du sang dans un capillaire. Déterminez si l'écoulement est laminaire.
- Perte de Charge et Loi de l'Écoulement (1 pt)** Décrivez les éléments de la loi reliant les pertes de charge au débit d'un écoulement. Précisez les conditions de validité de cette loi. Calculez la perte de charge dans un capillaire.

$$\Pi = 8 \mu L Q / (\pi R^4)$$

- Résistance de Poiseuille Totale de l'Organe (1 pt) :** Avec le débit Q dans l'artère (et dans la veine) et la perte de charge due à l'organe, calculez la résistance de Poiseuille totale de cet organe. Comment retrouver cette résistance à partir de la résistance de Poiseuille des capillaires ? (Faites le calcul.)
- Variation de Vitesse du Sang dans l'Organe (0,5 pt) :** La vitesse du sang a-t-elle augmenté ou réduit dans l'organe ? Est-ce cohérent ? Justifiez.

Exo 4 : Écoulement de l'Eau dans un Tuyau de Jardin (6,5 pts)

Considérons l'eau de masse volumique ρ s'écoulant dans un tuyau de jardin horizontal de diamètre $d = 2$ cm et de longueur $L = 100$ m. L'écoulement est horizontal, incompressible, et la pression atmosphérique est $P_{\text{atm}} = 101,3$ kPa. La pression au robinet, à l'entrée du tuyau, est de 2,5 bars. Le débit d'eau est constant à 12 L/min à l'entrée et à la sortie du tuyau.

La viscosité dynamique de l'eau à température ambiante, μ est d'environ 10^{-3} Pa·s.

On considère un coefficient de friction $f = 0,16$ pour l'écoulement dans le tuyau.

1. **Théorème de Bernoulli (0,5 pt)**: Énoncez le théorème de Bernoulli et discutez les hypothèses sous-jacentes à son application.
2. **Masse volumique de l'eau (0,5 pt)** : Quelle est la masse volumique standard de l'eau ?
3. **Calcul des Vitesse (0,5 pt)** : Calculez la vitesse de l'eau dans le tuyau.
4. **Nature de l'Écoulement (0,5 pt)** : L'écoulement s'effectue-t-il avec ou sans perte de charge ? Justifiez votre réponse.
5. **Régime d'Écoulement (1 pt)** : Comment déterminer si l'écoulement est laminaire ou turbulent ? Calculez le nombre de Reynolds pour justifier votre réponse.
6. **Perte de Charge Laminaire 1 pt)** : Dans le cas d'un flux laminaire, estimez quelles seraient les pertes de charges selon la loi de Poiseuille : $\Pi_l = 8 \mu L Q / (\pi R^4)$
7. **Perte de Charge Turbulente 1 pt)** : Dans le cas d'un flux turbulent, estimez les pertes de charges selon la formule de Darcy-Weisbach : $\Pi_t = f \cdot (L \cdot \rho / D) \cdot (v^2 / 2)$
8. **Pression à la Sortie (1 pt)** : En introduisant les pertes de charges adéquates, déterminez la pression à la sortie du tuyau. Utilisez le théorème de Bernoulli modifié pour ce calcul.
9. **Discussion sur les Lois de Poiseuille et de Darcy-Weisbach (0.5 pt)**: Discutez la validité des lois de Poiseuille et de Darcy-Weisbach dans le contexte de cet exercice. Prenez en compte les effets possibles de la température, des modifications du diamètre du tuyau, et des variations de débit sur la précision de ces lois.