

C13 – TP 2 : Applications de la mécanique des fluides

Groupe 1 : Un glaçon qui fond dans un verre rempli à ras-bord le fera-t-il déborder ?

Données :

- Masse volumique de l'eau liquide à 0°C : $\rho_{liq} = 999,841 \text{ g/L}$
- Masse volumique de l'eau solide à 0°C : $\rho_{sol} = 931 \text{ g/L}$
- Volume d'un glaçon $V = 10 \text{ cm}^3$

Document : La poussée d'Archimède

Tout corps plongé dans un fluide au repos subit de la part de celui-ci une force verticale, dirigée vers le haut et de valeur égale à celle du poids du fluide déplacé.

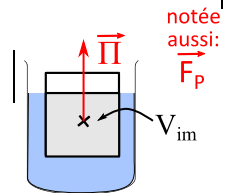
Cette force est appelée poussée d'Archimède. Elle vaut donc :

$$\vec{\Pi} = -\rho_{fluide} \times V_{im} \times \vec{g}$$

Avec ρ_{fluide} la masse volumique du fluide en kg/m^3

V_{im} le volume immergé du corps en m^3

Et $g = 9,81 \text{ m/s}^2$



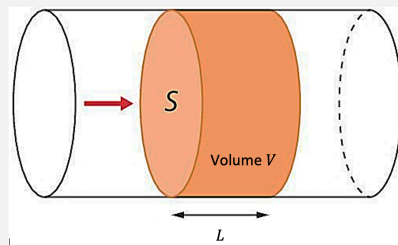
1. Faire un schéma de la situation (verre plein avec le glaçon qui flotte) en faisant apparaître le volume immergé du glaçon.
2. Exprimer le volume immergé du glaçon en fonction du volume du glaçon en appliquant la première loi de Newton
3. Exprimer le volume du glaçon fondu en fonction du volume du glaçon en appliquant la conservation de la masse au cours de la fusion du glaçon.
4. Répondre à la question posée.

Groupe 2 : Quelle aiguille choisir lors de l'injection d'un vaccin ?

Document 1 : Débit volumique d'un fluide

On considère un fluide qui s'écoule en régime **permanent stationnaire**, la vitesse en tout point du fluide est donc indépendante du temps.

On considère un fluide **incompressible** (masse volumique uniforme et constante) dont l'écoulement est **canalisé** et **uniforme** (la vitesse est la même sur la totalité de la surface d'aire S), voir schéma ci-dessous.



Lorsqu'un volume V de fluide s'écoule au travers d'une surface d'aire S pendant une durée Δt , le **débit volumique** D_V est donné par :

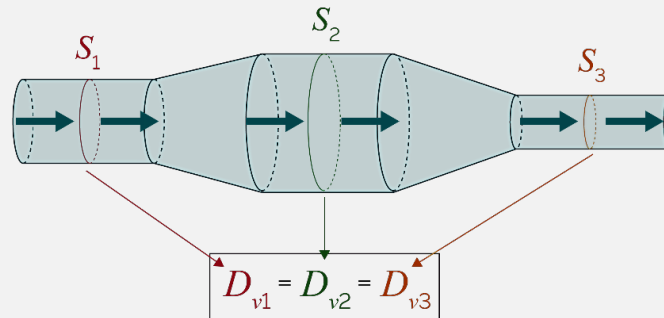
$$D_V = \frac{V}{\Delta t} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} V \text{ le volume de fluide (m}^3\text{)} \\ \Delta t \text{ la durée (s)} \\ D_V \text{ le débit volumique (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)} \end{cases}$$

Le volume de fluide qui s'écoule pendant la durée Δt est donné par : $V = S \times L$. De plus, on a $L = v \times \Delta t$ où v est la vitesse du fluide au niveau de la surface d'aire S .

Le débit volumique est donc également donné par :

$$D_V = S \times v \quad \text{avec} \quad \begin{cases} S \text{ l'aire de la surface (m}^2\text{)} \\ v \text{ la vitesse du fluide au niveau de la surface (m/s)} \\ D_V \text{ le débit volumique (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)} \end{cases}$$

Au cours d'un écoulement permanent stationnaire, **le débit volumique** d'un fluide incompressible **ne varie pas**, il se conserve :



D'après https://manuelnumeriquemax.belin.education/physique_chimie-terminale/

D'après <https://www.maxicours.com/se/cours/exploiter-la-conservation-du-debit-volumique/>

Document 2 : Informations sur le vaccin injecté et sur la seringue utilisée

La dose de solution injectée a un **volume de 0,30 mL** et elle contient 30 microgrammes de tozinaméran, un vaccin à ARN messager contre la COVID-19 (encapsulé dans des nanoparticules lipidiques).

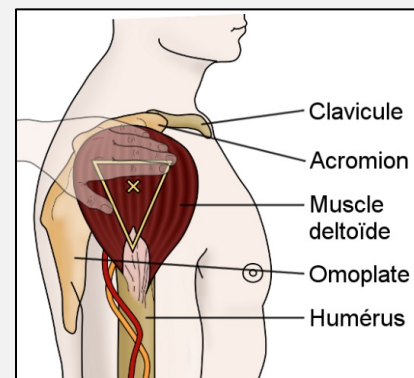
La seringue pour prélever et injecter le vaccin au patient est une seringue de 1 mL dite à tuberculine, permettant une mesure la plus précise de la dose à injecter.

Seringue à tuberculine :

- Capacité : 1 mL
- Graduation : 0,01 mL
- Diamètre interne de la seringue : 4,70 mm
- Longueur de la seringue : 75 mm



L'administration du vaccin doit se faire en intramusculaire (IM) au niveau du muscle deltoïde.



L'injection se fait à 90° sans pincer la peau.

Le choix de l'aiguille repose d'une part sur son diamètre et d'autre part sur sa longueur.

- Le diamètre le plus fin est le moins douloureux.
- La longueur idéale pour répondre à la notion d'intramusculaire est supérieur ou égale à 25 mm.

D'après <https://www.cpias-ile-de-france.fr/>

Document 3 : Aiguilles hypodermiques disponibles

Diamètre et couleur	Gauge	Longueurs
5/10 mm = 0,5 mm (jaune)	25G	25 mm ou 40 mm
6/10 mm = 0,6 mm (bleue)	23G	30 mm ou 60 mm
7/10 mm = 0,7 mm (noire)	22G	30 mm ou 40 mm

D'après <https://www.cpias-ile-de-france.fr/>

Document 4 : Injection sans douleur : la durée compte aussi

Injecter la solution lentement et à rythme constant permet de réduire la douleur. Plus précisément, le volume de solution injectée dans le corps doit être de **1 millilitre** pendant une durée de **10 secondes**.

Suivre cette règle favorise l'absorption du produit et réduit la douleur.

D'après <https://www.picsolution.com/fr/conseils/quelques-astuces-utiles/5-astuces-pour-une-injection-indolore.html>

Un médecin souhaite administrer un vaccin contre la COVID-19 à son patient de la manière la moins douloureuse possible. Il a en sa possession une seringue à tuberculine contenant la dose de solution à injecter et 3 boîtes d'aiguilles différentes (jaunes, bleues et noires).

Questions :

1. En sachant que la vitesse de la solution injectée ne doit pas dépasser 0,40 m/s dans l'aiguille, déterminer quelle aiguille le médecin doit-il choisir afin de minimiser la douleur du patient.
2. Déterminer la valeur de la vitesse à laquelle le médecin doit pousser le piston de la seringue afin de minimiser la douleur du patient.
3. Déterminer alors la valeur de la durée de l'injection dans ces conditions.

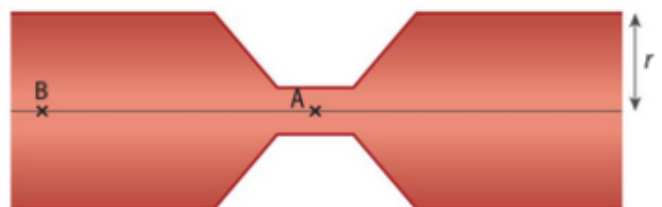
Groupe 3 : Le patient souffre-t-il d'hypertension artérielle ?

Document 1 : Thrombose artérielle

Dans l'artère d'un patient, assimilée à un cylindre horizontal de rayon intérieur $r = 1,00\text{cm}$, on observe une thrombose. Celle-ci correspond à la diminution de l'aire de la section intérieure de l'artère, provoquée par un caillot sanguin ou un dépôt sur les parois internes de l'artère appelé athérome.

On modélise ce dépôt par une zone cylindrique de longueur comparable au diamètre de l'artère et de rayon $r/4 = 0,25\text{ cm}$. On admet qu'en A, la pression artérielle $P_A \gg 101\text{ kPa}$

Donnée : Aire d'un disque de rayon r : $S_{\text{disque}} = \pi r^2$



Document 2 : Données sur le sang et la circulation sanguine

Le sang est assimilé à un fluide incompressible, de masse volumique $\rho_{\text{sang}} = 1,06 \times 10^3\text{ kg.m}^{-3}$

Le besoin des cellules alimentées par l'artère étudiée nécessite un débit volumique $D_V = 125\text{ mL/s}$

Document 3 : Hypertension artérielle

La pompe cardiaque et les vaisseaux sanguins souffrent lorsque la pression maximale qui y règne (lorsque le cœur se contracte), appelée pression systolique, dépasse 120 kPa. On parle alors d'hypertension artérielle.

Document 4 : Débit volumique d'un fluide

Le débit volumique D_V d'un liquide correspond au volume de fluide écoulé par unité de temps :

$$D_V = \frac{V}{\Delta t}$$

Avec V : volume de fluide en m^3 et Δt : durée en s . D_V s'exprime donc en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

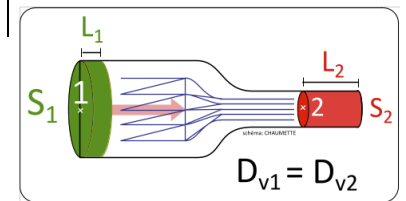
Le débit volumique est lié à la vitesse d'écoulement v du fluide par la relation :

$$D_V = S \times v$$

où S est la section à travers laquelle coule le fluide en m^2

Pour un fluide incompressible, le débit volumique dans un tuyau reste constant. Si la section de celui-ci varie passant de S_1 à S_2 , cela entraînera une variation de vitesse du fluide telle que :

$$S_1 \times v_1 = S_2 \times v_2$$

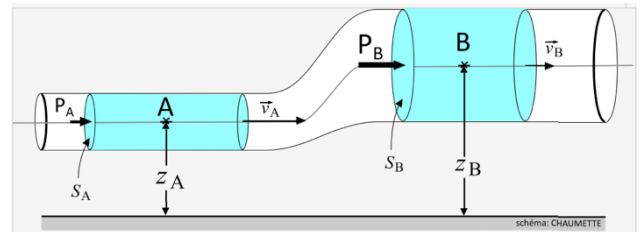


Document 5 : Relation de Bernoulli

Lorsqu'un fluide s'écoule, la trajectoire d'un élément de volume de fluide (appelé *particule de fluide*) est appelée *ligne de courant*. Pour un fluide incompressible, non visqueux et en régime permanent, la relation de Bernoulli relie en toute position du fluide appartenant à une même ligne de courant AB, la pression P , la valeur de la vitesse et l'altitude z du fluide :

$$P_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g z_A = P_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \rho g z_B$$

ρ est la masse volumique du fluide en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
 $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ est l'intensité de la pesanteur.

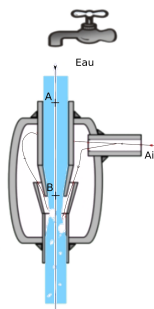


Groupe 4 : Quel est l'intérêt d'utiliser une trompe à eau en chimie ?

Document 1 : La trompe à eau

Une trompe à eau, représentée ci-dessous est utilisée pour faire le vide par une dépression importante à l'aide d'un écoulement d'eau.

La trompe à eau se raccorde sur un robinet afin de faire circuler l'eau dans une canalisation dont le diamètre diminue. La pièce interne et démontable utilisée s'appelle un Venturi.



Document 2 : Extrait de notice de la trompe à eau

- Consommation d'eau : 330 L/h
- Hauteur du Venturi (distance entre les points A et B) : 6,5 cm
- Rayons intérieurs : Entrée d'eau : $r_A = 4,4$ mm et sortie d'eau : $r_B = 1,5$ mm

Document 3 : Conservation du débit volumique

Au cours d'un écoulement permanent, le débit volumique du fluide incompressible est constant.

On écrit alors $D_V = S \times v = \text{constante}$

Avec :

- D_V : le débit volumique en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- S : la surface de la section traversée en m^2
- v : la vitesse d'écoulement du fluide en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Document 4 : Relation de Bernoulli.

Pour un écoulement d'un fluide non visqueux permanent et incompressible dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen, on peut écrire pour une particule de fluide se déplaçant sur une ligne de courant :

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z = \text{constante}$$

- ρ : la masse volumique du fluide en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- v : la vitesse d'écoulement du fluide en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- g : l'intensité de pesanteur
- z : l'altitude de la particule de fluide considérée en m
- P : la pression au point considéré en Pa

Un cas particulier de la relation de Bernoulli est l'effet Venturi, il s'agit de l'étude de l'écoulement permanent d'un fluide non visqueux et incompressible dans un tube dont la section se resserre.

- 1) Calculer les vitesses v_A et v_B .
- 2) Calculer la différence de pression entre les points A et B.
- 3) Répondre alors à la question posée.