

Expérimenter avec un densimètre fabriqué par nos soins

D'après une idée de Marc Debusschere, inspecteur pédagogique en physique.

Qu'est-ce qu'un densimètre?

Un densimètre est un appareil utilisé pour mesurer la masse volumique d'un liquide (« densus » signifie « dense » en latin). On peut l'utiliser facilement en plongeant l'appareil dans le liquide et lorsqu'il flotte, on lit sur l'échelle le niveau du liquide. Ceci est très utile dans le raffinage du sucre pour déterminer la teneur en sucre (densité du sucre), ou dans la vinification pour surveiller le pourcentage d'alcool, car le sucre est alors transformé en alcool ce qui diminue la densité du mélange. Un densimètre est également utilisé dans de nombreux laboratoires.

Sur la gauche, on peut voir une image d'un densimètre tel qu'il peut être trouvé dans le commerce.

Vous avez probablement entendu parler du concept de « densité » pendant les cours de physique à l'école. Il s'agit d'un concept de base important qui reflète la « densité » de la matière dans une substance. En physique, elle est définie comme « masse par unité de volume » et donc calculée par la fraction $\frac{m}{V}$.

Si m représente la masse d'une quantité de matière et V le volume occupé par cette quantité de matière. Cette fraction est notée par la lettre grecque ρ (rho) et exprimée dans l'unité SI $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Ainsi nous obtenons la formule de base :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

On sait également que le volume d'une quantité de matière change avec la température (et non la masse !) et donc aussi sa densité. C'est pourquoi un densimètre est également utilisé par un mécanicien pour déterminer la température jusqu'à laquelle le liquide de refroidissement d'une voiture est protégé contre le gel.

Que faut-il faire?

Dans ce descriptif, vous utiliserez une version simple et faite par vous-même d'un tel densimètre. Vous le calibrez et par la suite, vous l'utiliserez pour estimer la densité d'un liquide inconnu afin de savoir de quel liquide il s'agit.



Qu'avez-vous à votre disposition?

1. Un tube à essai avec des grains de plomb comme ballast, fermé avec un morceau de parafilm et scellé avec du ruban adhésif et muni d'un fil.
2. Trois verres à pied gradués de 100 mL :
 - un avec de l'eau, étiqueté **H₂O** ($\rho = 1\,000\text{ kg/m}^3$),
 - un avec une solution saline à 20 %, étiquetée **NaCl**, ($\rho = 1\,159\text{ kg/m}^3$) et
 - un avec un liquide inconnu, étiqueté **INC**.
3. Un pied à coulisse.
4. Une balance électronique.
5. Une règle de 30 cm.
6. Un marqueur avec de l'encre indélébile.
7. Bandes de papier dur pour aider à déterminer les longueurs/distances.
8. Quelques feuilles d'essuie-tout pour sécher les tubes à essai entre les expériences

Commençons!

1. Expérience introductive

Placez successivement le tube à essai scellé avec le ballast dans deux liquides différents dont vous connaissez déjà la densité, c'est-à-dire de l'eau ($1\,000\text{ kg/m}^3$) et une solution saline ($1\,159\text{ kg/m}^3$) et marquez deux lignes sur le tube à essai au niveau du liquide avec le marqueur à l'encre indélébile. Expliquez.

La partie du tube à essai située au-dessus de la surface du liquide est un cylindre de section A et hauteur h_{liquide} .

Indiquez h_{eau} et $h_{\text{NaCl-sol}}$ sur le dessin:

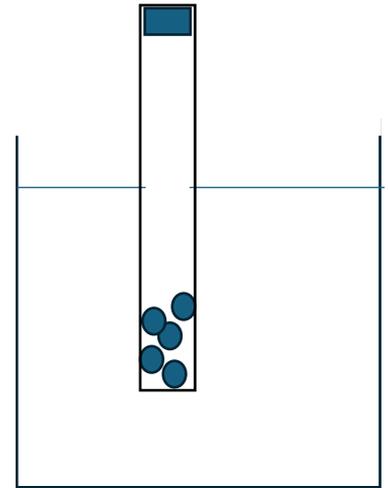


2. Étalonnage du densimètre

Trouvez la fonction qui donne la relation entre la densité du liquide et la longueur du morceau de tube à essai qui dépasse du liquide (h_{liquide}) car nous pouvons facilement mesurer cela. Commençons par les forces qui agissent sur le tube à essai lorsqu'il est à l'équilibre.

Le problème est que la partie immergée du tube à essai n'est pas un véritable cylindre (il est arrondi en bas). C'est pourquoi nous considérons l'ensemble du tube à essai comme un cylindre fictif, comme le montrent les dessins, avec une hauteur b que nous ne pouvons pas mesurer directement, mais que nous pouvons déterminer indirectement.

Indiquez b sur le dessin de droite et exprimez la hauteur à considérer de la partie immergée pour n'importe quel liquide.



Dans cette formule $m_{\text{tube à essai}}$, A et b sont des constantes que l'on peut mesurer directement ou indirectement avec le matériel fourni.

Expliquez comment ?

- $m_{\text{tube à essai}}$:

- A :

- b :

Déterminez les valeurs de $m_{\text{tube à essai}}$, A et b en appliquant tes méthodes avec le matériel fourni.

- $m_{\text{tube à essai}}$:

- A :

- b :

Écrivez de façon plus courte la formule de la masse volumique d'un liquide, c'est-à-dire avec une seule autre constante a en plus de la constante b :

Quelles sont les unités SI dans lesquelles ces constantes sont exprimées?

- a :

- b :

Dessinez avec précision sur une feuille de papier millimétré jointe, dans l'intervalle $[0, b[$, le graphique de la masse volumique des liquides en fonction de la longueur du tube à essai qui dépasse au-dessus de ces liquides.

Pour ce faire, divisez b en 4 parties égales et indiquez les distances sur l'axe horizontal en taille réelle.

Travaillez avec des lettres au lieu de valeurs numériques.

Sur la base de ces mesures, indiquez l'eau et la solution saline sur la courbe d'étalonnage.

3. Votre densimètre en pratique

À quelle distance ce densimètre dépasserait-il d'un liquide d'une densité de 1800 kg/m^3 à l'équilibre ?

Notez brièvement votre méthode de travail :

Utilisez ce densimètre pour déterminer la densité du liquide inconnu aussi précisément que possible.

Notez brièvement votre méthode et vos résultats :

Dans le tableau ci-dessous, recherchez de quel liquide il pourrait s'agir et mettez une croix à côté du bon liquide.

Nom	ρ à 20 °C (kg/m^3)
Carbolineum	996
Crésol	1 024
Décane	726
Diéthylène glycol	1 106
Acide hexanoïque	921

Méthanol	791
Octane	703
Éther de pétrole	640
Huile de ricin	956
Solution de saccharose (65%)	1 316
Acide trifluoroacétique	1 489

Pour quels liquides le densimètre que vous avez fabriqué vous donne-t-il la meilleure valeur pour la densité? Indiquez la bonne réponse :

- **liquides d'une densité inférieure à 1200 kg/m^3**
- **Liquides d'une densité supérieure à 1200 kg/m^3 ?**

Justifie ton choix.

Bonne chance!