

Masse volumique

Du tableau de proportions à la formule

1) Définition pour une substance homogène

On considère une substance homogène dans un état solide, liquide ou gazeux :

Un exemple pour chaque état :

- Glace, morceau de métal
- Eau, huile alimentaire
- air, dioxygène pur, dioxyde de carbone pur

questions :

- Nommer un métal se trouvant à l'état liquide aux températures ordinaires.
- Nommer une substance pouvant se trouver dans les trois états aux températures habituelles

La masse volumique d'une substance homogène est définie tout naturellement comme étant la masse d'un volume unité.

Ainsi, si l'unité de masse est le gramme (symbole g) et celle de volume le centimètre-cube (symbole cm^3) alors la masse volumique de la substance est la masse d'un volume de $1 cm^3$ de cette substance. Son unité est alors le gramme par centimètre-cube (symbole g/cm^3)

Mais si l'unité est le kilogramme (symbole kg) et celle de volume le mètre-cube (symbole m^3) alors la masse volumique de la substance est la masse d'un volume de $1 m^3$ de cette substance (symbole kg/m^3).

2) Formule

La valeur de la masse volumique dans un système de mesures donné (g/cm^3 ou kg/cm^3) est généralement notée par une lettre grecque ρ (rho) ou μ (mu). Si la valeur de la masse de la substance homogène est notée m et celle de son volume V , on peut établir un lien entre ces grandeurs en utilisant un tableau de proportions illustré sur un exemple pour le cuivre de masse volumique $8,96 g/cm^3$:

Volume de cuivre (cm^3)	1	2	3	V
Masse de cuivre (g)	$\rho = 8,96$	$8,96 \times 2 = 17,92$	$8,96 \times 3 = 26,88$	$8,96 \times V = m$

Dans le cas général, le tableau se présente ainsi

Volume de substance	1	V
Masse de substance	ρ	m

Il permet de dégager deux formules à connaître par cœur (le signe multiplié est omis)

1^{ère} formule :

$$m = \rho V$$

qui s'interprète par :

Masse d'un volume de substance = masse d'un volume unité fois nombre d'unités de volume

2^{ème} formule :

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

qui s'interprète par :

Masse d'un volume unité de substance = masse du volume total divisée par nombre d'unités de volume

3) Définition pour un système matériel quelconque

Si on considère un système matériel quelconque donc non nécessairement homogène (exemple : un sous marin), la masse volumique est définie comme étant la masse qu'aurait un volume unité de ce système si ce dernier avait une masse uniformément répartie dans le volume qu'il occupe. Autrement dit, elle est définie par les mêmes formules encadrées ci-dessus.

4) Intérêt de la masse volumique – Vers la densité

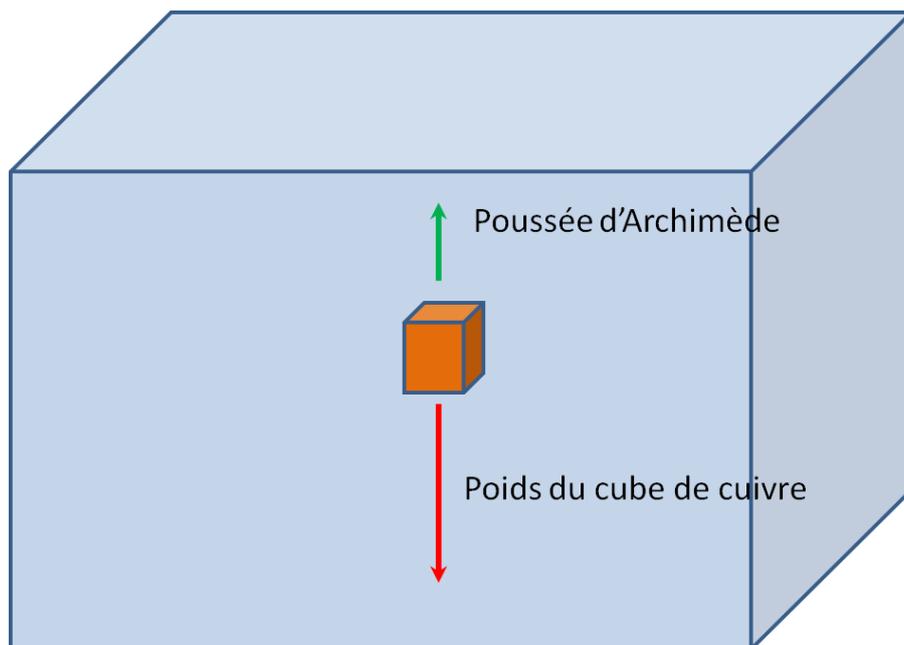
a) Système plongé dans un liquide

Question :

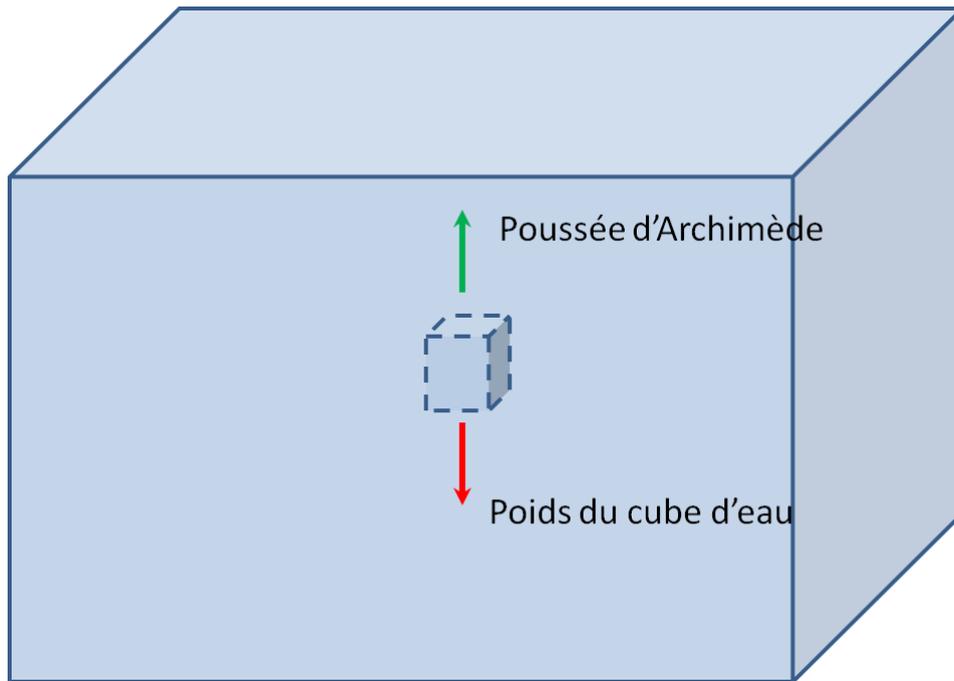
Considérons une substance, par exemple un cube de cuivre plein et immergeons le dans de l'eau. Pourquoi coule-t-il alors qu'un cube de glace de même volume lui va remonter et flotter comme un iceberg ? (réfléchir à la maison)

Réponse :

Considérons l'espace occupé par le cube.



Avant que le cube n'en prenne la place, il y avait à cet endroit un cube d'eau qui était immobile.



Or pour être ainsi, sachant que son poids devrait l'entraîner vers le bas, il faut qu'une force s'y oppose, c'est la poussée d'Archimède, celle qui fait remonter un ballon immergé vers la surface. Son origine est facile à comprendre. La surface supérieure de ce cube d'eau est soumise à une pression moins forte que la surface inférieure (on le constate sur nos tympans en plongeant que la pression augmente avec la profondeur). Cette différence de pression produit une poussée vers le haut. Le cube d'eau étant en équilibre, elle compense le poids du cube d'eau. Mais la masse volumique du cuivre étant supérieure à celle de l'eau, elle ne peut compenser le poids du cube de cuivre. Ce dernier est donc forcé de couler

En revanche, si on remplace le cube de cuivre par un cube de glace, la masse volumique de la glace étant inférieure à celle de l'eau liquide, la poussée d'Archimède est plus forte que le poids du cube de glace. Ce dernier remonte donc vers la surface.

A retenir :

Si un système a une masse volumique plus grande que celle d'un liquide dans lequel il est plongé alors il coule.

Si un système a une masse volumique plus petite que celle d'un liquide dans lequel il est plongé alors il remonte.

Expliquer :

- Pourquoi un plongeur immobile dans l'océan, donc équilibré, se met à couler s'il vide l'air de ses poumons et pourquoi il remonte s'il gonfle ses poumons à bloc ?

- Pourquoi l'huile qui ne se mélange pas à l'eau se met toujours dans une phase séparée au dessus de cette dernière ?

Si un système a une masse volumique plus grande que celle d'un gaz dans lequel il est plongé alors il coule.

Si un système a une masse volumique plus petite que celle d'un gaz dans lequel il est plongé alors il remonte.

Expliquer :

- Pourquoi Nicolas Hulot fait il brûler du gaz pour faire remonter sa montgolfière et comment elle fait pour redescendre toute seule ?

5) Densité d'un système par rapport à l'eau

On définit la **densité d'un système par rapport à l'eau** comme étant le rapport de sa masse volumique à celle de l'eau soit en formule :

$$d = \frac{\rho_{\text{système}}}{\rho_{\text{eau}}}$$

Sachant que :

$$\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ kg/L} = 1 \text{ g/cm}^3$$

On pourra retenir pour l'eau la règle des trois « 1 »

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 \text{ d'eau a pour masse } 1 \text{ kg}$$

On retiendra :

Si un système immergé dans un liquide est plus dense que ce liquide, alors il coule, sinon il remonte

Expliquer ce que signifient les expressions : plus lourd que l'eau, plus léger que l'eau, donner des exemples

Question : Un sous marin immergé est il un plus lourd ou un plus léger que l'eau ou ni l'un ni l'autre ?

6) Densité d'un système par rapport à l'air

On définit la **densité d'un système par rapport à l'air** comme étant le rapport de sa masse volumique à celle de l'air soit en formule :

$$d = \frac{\rho_{\text{système}}}{\rho_{\text{air}}}$$

Sachant que :

$$\rho_{\text{air}} = 1,29 \text{ kg/m}^3$$

On retiendra :

Si un système baignant dans l'air est plus dense que l'air, alors il coule sinon il remonte

Expliquer ce que signifient les expressions : plus lourd que l'air, plus léger que l'air, donner des exemples

Question : Un ballon sonde est il un plus lourd ou un plus léger que l'air ou ni l'un ni l'autre ? Expliquer pourquoi. Mêmes questions avec une montgolfière, puis un avion.

7) Les conversions d'unités de volume

Evaluer une masse volumique suppose utiliser un système d'unités. Il faut donc parfois effectuer des conversions et pour les volumes, il existe un système fondé sur le litre et un sur le système métrique, le mètre-cube et ses sous unités. Voyons comment se déplacer au sein de ces dernières.

Observer combien de cubes d'une sous unité il faut pour remplir le cube de la sous unité supérieure. Exemple :

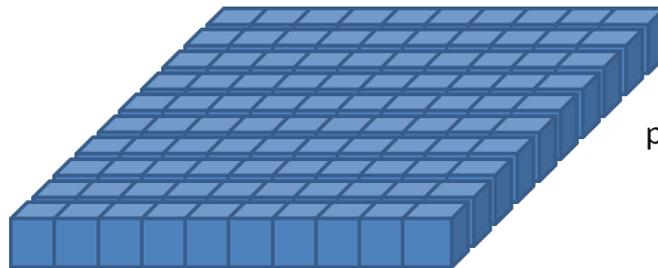
A partir d'un cube de 1 cm de côté, on peut constituer une ligne de 10 cubes, puis une plaque de 10 lignes, soit, 100 cubes, puis un cube de 10 plaques soit 1000 cubes. On remplit alors exactement un cube de 1 dm de côté.



cube



ligne



plaque

Cela permet de constater les conversions :

$$1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3, \quad 1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3, \text{etc}$$

ou à l'inverse :

$$1 \text{ cm}^3 = 1/1000 \text{ dm}^3, \quad 1 \text{ mm}^3 = 1/1000 \text{ cm}^3, \text{etc}$$

Une conséquence pratique est de pouvoir facilement convertir d'une sous unité à l'autre comme dans l'exemple :

$$10,253 \text{ cm}^3 = 10\,253 \text{ mm}^3$$

En notant que le chiffre 2 représente des dixièmes du cm^3 , le chiffre 5 des centièmes, le chiffre 3 des millièmes donc des mm^3

Une autre manière de procéder issue de cette propriété est de faire un tableau dont les colonnes sont séparées en 3 sous colonnes comme dans l'exemple :

cm^3				mm^3				
	1		0	2		5		3