

TP : Mesure de la masse volumique de métaux usuels

Afin de caractériser certaines substances, on s'intéresse à certaines de leurs propriétés comme :

- L'aspect (terne, brillant)
- La couleur
- La ductilité (se déforment ils facilement ?)
- Leur possibilité d'aimantation en présence d'un aimant
- Leur conductivité (sont-ils de bons conducteurs de l'électricité ?)
- Leur masse volumique

Pour certains métaux comme le zinc, l'acier et l'aluminium, il n'est pas toujours simple de les différencier par leur aspect ou leur couleur. Seul l'acier est attiré par un aimant, ce qui permet de l'identifier facilement. Pour les autres en revanche, il faut regarder la masse volumique car tous les métaux cités sont de très bons conducteurs.

Le tableau suivant résume les propriétés :

	Cuivre	Zinc	Aluminium	Acier	Carbone	Plexiglas	Bois
Aspect	Brillant sauf si oxydé	Brillant sauf si oxydé	Brillant	terne	mat	transparent	
Couleur	orangé	Gris moyen	Gris clair	Gris foncé	Gris noir		
Aimantation	non	non	non	oui	non	non	non
Conducteur	oui	oui	oui	oui	oui	non	non
Masse volumique (g/mL)	8,96	7,1	2,7	7,9	2,3	< 1	< 1

On constate ainsi que le zinc et l'aluminium à l'aspect et la couleur proches qu'ils soient ou non oxydés, se distingueront facilement par leurs masses volumiques très différentes, l'aluminium étant le métal le plus léger.

Protocole opératoire pour mesurer la masse volumique du cuivre par exemple :

Matériel :

- Une éprouvette graduée de faible section
- Un objet en cuivre pouvant entrer dans l'éprouvette et de la taille la plus grosse possible, à défaut, plusieurs objets en cuivre.

Protocole :

- Verser de l'eau du robinet dans l'éprouvette (un tiers à moitié de l'éprouvette) de façon à la remplir jusqu'à une grande graduation
- Peser sur une balance de précision (au moins au décigramme) le ou les objets en cuivre

- Insérer le ou les objets en cuivre dans l'éprouvette et évaluer la variation du niveau d'eau

Calcul :

La variation du niveau d'eau permet de déterminer le volume V du ou des objets en cuivre dont la pesée a donné une masse m . La masse volumique s'en déduit par la formule :

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

Incertitude de mesure :

Si la balance donne une mesure assez précise de la masse (de plusieurs centaines de grammes pour une précision de 0,1 dg) en revanche l'éprouvette donne une incertitude de mesure plus importante. Si son rayon est r et l'incertitude de lecture h alors cette incertitude ΔV est :

$$\Delta V = \pi r^2 h$$

Avec une éprouvette de 10 mm de rayon et une incertitude de lecture de 1 mm, cela donne :

$$\Delta V = \pi \times 10^2 \times 1 \approx 314 \text{ mm}^3 \approx 0,3 \text{ cm}^3 = 0,3 \text{ mL}$$

En revanche, avec une éprouvette de rayon 25 mm et toujours une erreur de lecture de 1 mm, cela donne :

$$\Delta V = \pi \times 25^2 \times 1 \approx 1962 \text{ mm}^3 \approx 2 \text{ cm}^3 = 2 \text{ mL}$$

ce qui est important pour une variation de volume de l'ordre de la dizaine de millilitres.

Exemple de mesure entachée d'erreur faite en labo :

Masse de cuivre pesée = 108,1 g

Variation de volume lue par le groupe d'élève ayant fait la mesure = 15 mL

Calcul de masse volumique :

$$\rho = \frac{108,1}{15} = 7,2 \text{ g/mL}$$

Cette valeur présente un fort écart avec celle du tableau précédent (8,96). L'explication vient de l'éprouvette utilisée (forte section de 25 mm de rayon). Pour une erreur de lecture de 1 mm, l'erreur sur le volume est de 2 mL. En refaisant les calculs avec la valeur de 13 mL, on obtient :

$$\rho = \frac{108,1}{13} = 8,3 \text{ g/mL}$$

ce qui est déjà bien plus proche. Et avec une erreur de lecture de 1,5 mm, on trouverait une erreur de volume de 3 mL et en faisant les calculs avec 12 mL on obtient 9,0 g/mL

On voit donc, d'une part, qu'il faut s'appliquer à faire une lecture soigneuse de la variation de hauteur d'eau dans l'éprouvette et d'autre part, choisir une éprouvette de section la plus faible possible au risque sinon d'obtenir une valeur très fautive de la masse volumique