

Circonstances de l'évènement :

Madame Prophastane est signalée disparue depuis plusieurs jours. On a trouvé chez le principal suspect Monsieur Pacoule cette paire de chaussures remplies de sable. Madame Prophastane habite en bord de mer, alors que Mr Pacoule habite au bord d'un lac situé à 20 km de la disparue. Il a été récolté du sable au bord du lac (sable 1) et du sable au bord de la mer (sable 2).

Objectif

L'objectif est de déterminer si le sable que contiennent les chaussures du suspect provient ou non de l'un de ces deux endroits.

I°) Éléments de connaissance (10 min) :

A lire attentivement (le professeur peut apporter toutes les explications complémentaires nécessaires).

- La **densité** d'un solide ou d'un liquide est le quotient de la masse m d'un certain volume V de ce corps sur la masse m_{eau} du même volume d'eau, donc :

$$d = \frac{m}{m_{\text{eau}}} \Leftrightarrow d = \frac{m/V}{m_{\text{eau}}/V} \Leftrightarrow d = \frac{\mu}{\mu_{\text{eau}}}$$

avec μ = masse volumique du corps

μ_{eau} = masse volumique de l'eau = 1000 g.L⁻¹.

- Le sable est formé de silice et de plusieurs constituants dont les principaux sont le **calcaire** et l'**argile**. Le calcaire est du carbonate de calcium CaCO₃(s). En milieu acide, le carbonate de calcium dégage du dioxyde de carbone CO₂(g).
- D'après le chimiste Lavoisier (1743-1794) : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ». On peut traduire cette affirmation par ceci : « Au cours d'une transformation chimique, **la masse se conserve** ». Autrement dit, la masse des réactifs est égale à la masse des produits lors d'une transformation chimique

II°) Démarches d'investigation :

Suivant votre numéro de pailleasse, vous êtes chargés d'étudier l'un des sables du tableau ci-dessous :

N° de pailleasse	1	2	3
sable	1	2	Suspect (Mr Pacoule)
densité			
$m_i - m_f$ (g)			
[Cl ⁻] (mol.L ⁻¹)			

1°) Détermination de la densité du sable 1, du sable 2 ou du sable qui est dans les chaussures :

Réfléchir au protocole (explications des manipulations, produits nécessaires, matériel, quantités).

Indiquer comment le résultat de votre (ou vos) manipulation(s) peut permettre de répondre à l'objectif exposé ci-dessus.

Appeler le professeur pour lui exposer oralement le protocole et le faire valider ou non.

Réaliser le protocole. Marquer au tableau la valeur de la densité trouvée.

- 1) Rédiger votre protocole (explications, schémas, calculs à rédiger pendant le temps d'attente du début de la partie III qu'il faut tout de suite mettre en œuvre)
- 2) Mise en commun : peut-on déjà répondre à l'objectif ?

2°) Action d'un acide sur le calcaire contenu dans le sable :

- Dans un bécher de 100 mL, peser exactement 10,0 g de sable.
- Prélever 20,0 mL de solution d'acide chlorhydrique à la pipette jaugée. Les verser dans un bécher de 50 mL.
- Placer sur le plateau de la balance les deux béchers et la baguette en verre. Relever la valeur de la masse initiale totale m_i indiquée : $m_i = \dots\dots\dots$
- Verser la solution d'acide chlorhydrique sur le sable.

- Agiter avec la baguette en verre jusqu'à la fin de l'effervescence.
 - Placer à nouveau sur le plateau les deux béchers dont l'un est vide, sans oublier la baguette en verre.
 - Relever la valeur de la masse finale m_f indiquée : $m_f = \dots\dots\dots$
- 1) Calculer la différence $m_i - m_f$ et l'inscrire au tableau.
 - 2) A quoi correspond la différence de masse entre m_i et m_f ?
 - 3) Expliquer pourquoi le calcul de cette différence permet de donner un renseignement sur l'un des constituants du sable étudié.
 - 4) Mise en commun : peut-on maintenant répondre à l'objectif ?

3°) Mesure de la concentration molaire en ions chlorure Cl^- présents dans un échantillon de sable :

a°) Extraction des ions chlorure :

- Dans un bécher de 250 mL, verser 100 mL d'eau déminéralisée mesurés à l'éprouvette graduée.
- Peser 20,0 g de votre sable dans un bécher de 100 mL. Les verser dans l'eau. Y placer un barreau aimanté et mettre sous agitation magnétique pendant 20 minutes (rédiger le protocole opératoire de la partie I pendant ce temps).
- Préparer un dispositif de filtration.

Appeler le professeur pour la vérification du dispositif de filtration.

- Filtrer le mélange.
- Prélever 20,0 mL de filtrat à la pipette jaugée. Les verser dans un erlenmeyer de 100 mL.

b°) Dosage par la méthode de Mohr :

C'est un dosage par précipitation : il consiste à faire réagir les ions chlorure $\text{Cl}^-(\text{aq})$ avec les ions argent $\text{Ag}^+(\text{aq})$ en présence d'ions chromate $\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$. Dans la méthode de Mohr, une solution de nitrate d'argent de concentration connue est ajoutée, à la burette, à un volume connu de la solution contenant des ions $\text{Cl}^-(\text{aq})$ dont la concentration est inconnue. L'ajout à cette solution de quelques gouttes de chromate de sodium permet de repérer, par formation d'un précipité rouge brique, la fin de la réaction entre les ions $\text{Ag}^+(\text{aq})$ et $\text{Cl}^-(\text{aq})$.

- Prélaver et remplir la burette avec la solution de nitrate d'argent.
- Ajouter dans l'erlenmeyer (contenant les 20,0 mL du filtrat précédent), 1 mL de solution de chromate de sodium. Le mettre sous agitation magnétique.
- Verser progressivement la solution de nitrate d'argent jusqu'au virage.
Noter le volume versé : $V = \dots\dots\dots$
- Remplir à nouveau la burette avec la solution de nitrate d'argent.
- Préparer un deuxième erlenmeyer avec 20,0 mL de solution de référence contenant des ions chlorure tels que $[\text{Cl}^-]_0 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
- Ajouter dans l'erlenmeyer 1 mL de solution de chromate de sodium. Le mettre sous agitation magnétique.
- Verser progressivement la solution de nitrate d'argent jusqu'au virage.
Noter le volume versé : $V_0 = \dots\dots\dots$

- 1) Sachant que les concentrations molaires en ions chlorure sont proportionnels aux volumes de nitrate d'argent versés jusqu'aux virages, calculer la concentration molaire en ions chlorure $[\text{Cl}^-]$ dans la solution issue du sable. Inscrive sa valeur au tableau.
- 2) D'où viennent les ions chlorure ?
- 3) Mise en commun : a-t-on résolu l'énigme ? (Mr Pacoule es- il un suspect viable ?). Expliquer pourquoi.