

# Chapitre 1 : Composition chimique d'un système

## Exercices

### QCM

Pour le QCM, une seule réponse est possible.

#### 1. La masse molaire

1. Quelle est la bonne relation entre les masses molaires de l'ion calcium  $\text{Ca}^{2+}$  et de l'atome de calcium  $\text{Ca}$  ?  
**B.**  $M(\text{Ca}^{2+}) = M(\text{Ca})$ . La masse molaire d'une espèce ionique est égale à la masse molaire de l'atome ou de la molécule correspondante.
2. La valeur de la masse molaire de la molécule de fructose  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  se calcule avec la formule :  
**C.**  $M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 6M(\text{C}) + 12M(\text{H}) + 6M(\text{O})$ .
3. L'unité de la masse molaire est :  
**B.** L'unité de la masse molaire est le  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

#### 2. Quantité de matière et masse

1. L'expression permettant le calcul d'une masse à partir de la quantité de matière est :  
**B.**  $m = n \cdot M$
2. La masse volumique utilisée pour le calcul d'une quantité de matière doit être exprimée en :  
**C.**  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ .
3. La quantité de matière d'un corps pur liquide se calcule à l'aide de la relation :  
**A.**  $n = \frac{\rho \cdot V}{M}$

#### 3. Quantité de matière d'un gaz

1. À pression atmosphérique, une mole de dioxygène gazeux crée un volume de gaz  $V_1$  à  $T_1 = 100^\circ\text{C}$  et  $V_2$  à  $T_2 = 25^\circ\text{C}$ , tels que :  
**C.**  $V_1 > V_2$ , plus la température augmente, plus un gaz occupe un plus grand volume à cause de l'agitation moléculaire.
2. La quantité de matière d'un gaz se calcule à partir de l'expression :  
**B.**  $n = \frac{V}{V_m}$
3. La masse molaire du dihydrogène est de  $2,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  et celle du dioxygène de  $32,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . À  $20^\circ\text{C}$  et  $1,0 \text{ bar}$  de pression, pour une quantité  $n = 3,0 \text{ mol}$ , les volumes de ces deux gaz vérifient :  
**C.**  $V(\text{O}_2) = V(\text{H}_2)$ , car à conditions de température et de pression identiques et à quantités de matière égales, tous les gaz occupent le même volume.

#### 4. Jeopardy Propositions de questions :

- a. Dans quelle unité s'exprime le volume molaire  $V_m$  ?
- b. À quoi correspond la masse molaire de l'eau ?

## Pour s'échauffer

### 5. Masse molaire

◆ La masse molaire du platine est :  $M(\text{Pt}) = 195,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

La masse molaire de l'argent est :  $M(\text{Ag}) = 107,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

La masse molaire de l'or est :  $M(\text{Au}) = 197,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

### 6. Masse molaire

◆ La masse molaire du diiode est :

$$M(\text{I}_2) = 2M(\text{I}) = 2 \times 126,9 = 253,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La masse molaire de l'ammoniac est :

$$M(\text{NH}_3) = M(\text{N}) + 3M(\text{H}) = 14,0 + 3 \times 1,0 = 17,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La masse molaire de l'acide sulfurique est :

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2M(\text{H}) + M(\text{S}) + 4M(\text{O}) = 2 \times 1,0 + 32,1 + 4 \times 16,0 = 98,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

### 7. Masse molaire

1. La masse molaire de l'ion  $\text{Cu}^{2+}$  est :  $M(\text{Cu}^{2+}) = M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

La masse molaire de l'ion  $\text{Ag}^+$  est :  $M(\text{Ag}^+) = M(\text{Ag}) = 107,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

La masse molaire de l'ion  $\text{Cr}^{3+}$  est :  $M(\text{Cr}^{3+}) = M(\text{Cr}) = 52,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

La masse molaire de l'ion  $\text{Fe}^{3+}$  est :  $M(\text{Fe}^{3+}) = M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

La masse molaire de l'ion  $\text{NH}_4^+$  est :  $M(\text{NH}_4^+) = M(\text{N}) + 4M(\text{H}) = 14,0 + 4 \times 1,0 = 18,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

2. La masse molaire de l'ion  $\text{Cl}^-$  est :  $M(\text{Cl}^-) = M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

La masse molaire de l'ion  $\text{S}^{2-}$  est :  $M(\text{S}^{2-}) = M(\text{S}) = 32,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

La masse molaire de l'ion  $\text{NO}_3^-$  est :

$$M(\text{NO}_3^-) = M(\text{N}) + 3M(\text{O}) = 14,0 + 3 \times 16,0 = 62,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La masse molaire de l'ion  $\text{MnO}_4^-$  est :

$$M(\text{MnO}_4^-) = M(\text{Mn}) + 4M(\text{O}) = 54,9 + 4 \times 16,0 = 118,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

### 8. Quantité de matière

◆ La quantité de fer est :

$$n(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} = \frac{25}{55,8} = 0,45 \text{ mol}$$

### 9. Masse d'un échantillon

◆ La masse de plomb est :

$$m(\text{Pb}) = M(\text{Pb}) \cdot n(\text{Pb}) = 207,2 \times 0,052 = 11 \text{ g}.$$

### 10. Quantité de matière

◆ La quantité d'éthanol liquide est :

$$n_{\text{ethanol}} = \frac{m_{\text{ethanol}}}{M_{\text{ethanol}}} = \frac{\rho_{\text{ethanol}} \cdot V_{\text{ethanol}}}{M_{\text{ethanol}}} = \frac{790 \times 15 \times 10^{-3}}{46} = 0,26 \text{ mol}$$

### 11. Quantité de matière

◆ La quantité de méthane gazeux est :

$$n_{\text{methane}} = \frac{V_{\text{methane}}}{V_m} = \frac{40}{22,4} = 1,8 \text{ mol}$$

### 12. Volume d'un échantillon

◆ Le volume de dioxyde carbone gazeux est :

$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V(\text{CO}_2) = 4,7 \times 10^{-2} \times 22,4 = 1,1 \text{ L}.$$

## Pour commencer

### 13. Quelques monomères du plastique

→ APP : Extraire l'information utile sur supports variés

◆ La masse molaire du chlorure de vinyle est :

$$M(\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}) = 2M(\text{C}) + 3M(\text{H}) + M(\text{Cl}) = 2 \times 12,0 + 3 \times 1,0 + 35,5 = 62,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

La masse molaire du bisphénol A est :

$$M(\text{C}_{15}\text{H}_{16}\text{O}_2) = 15M(\text{C}) + 16M(\text{H}) + 2M(\text{O}) = 15 \times 12,0 + 16 \times 1,0 + 2 \times 16,0 = 228,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

### 14. Polluants atmosphériques

→ APP : Extraire l'information utile sur supports variés

◆ La masse molaire du formaldéhyde est :

$$M(\text{CH}_3\text{O}) = M(\text{C}) + 3M(\text{H}) + M(\text{O}) = 12,0 + 3 \times 1,0 + 16,0 = 31,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

La masse molaire de l'ozone est :

$$M(\text{O}_3) = 3M(\text{O}) = 3 \times 16,0 = 48,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

La masse molaire du dioxyde de soufre est :

$$M(\text{SO}_2) = M(\text{S}) + 2M(\text{O}) = 32,1 + 2 \times 16,0 = 64,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

### 15. Le plasma sanguin

→ APP : Extraire l'information utile sur supports variés

◆ La masse molaire de  $\text{K}^+$  est :

$$M(\text{K}^+) = M(\text{K}) = 39,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

La masse molaire de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  est :

$$M(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = 2M(\text{H}) + M(\text{P}) + 4M(\text{O}) = 2 \times 1,0 + 31,0 + 4 \times 16,0 = 97,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

La masse molaire  $\text{HCO}_3^-$  est :

$$M(\text{HCO}_3^-) = M(\text{H}) + M(\text{C}) + 3M(\text{O}) = 1,0 + 12,0 + 3 \times 16,0 = 62,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

### 16. Juste un morceau de sucre

→ RAI/MOD : La quantité de matière

1. La masse molaire du saccharose est :

$$M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12M(\text{C}) + 22M(\text{H}) + 11M(\text{O}) = 12 \times 12,0 + 22 \times 1,0 + 11 \times 16,0 = 342,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

2. La quantité de matière de saccharose dans le morceau de sucre est :

$$n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = \frac{m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})}{M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})} = \frac{3}{342} = 9 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

### 17. Bonus écologique

→ VAL : Analyser un résultat numérique : analyse comparative

1. La quantité de matière de  $\text{CO}_2$  émise est :

$$n(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m} = \frac{6,05 \times 10^3}{24,0} = 2,52 \times 10^2 \text{ mol}$$

2. Le véhicule ne bénéficie pas du bonus écologique car  $n(\text{CO}_2) > 4,55 \times 10^1 \text{ mol}$ .

## 18. Mouvement à quartz

→ RAI/ANA : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

1. La masse molaire de la silice est :

$$M(\text{SiO}_2) = M(\text{Si}) + 2M(\text{O}) = 28,1 + 2 \times 16,0 = 60,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

2. La masse moyenne d'un cristal de quartz est :

$$m(\text{SiO}_2) = M(\text{SiO}_2) \cdot n(\text{SiO}_2) = 60,1 \times 3,33 \times 10^{-6} = 2,00 \times 10^{-4} \text{ g}.$$

## 19. Dureté d'une eau

→ RAI/MOD : La quantité de matière

→ MATH : Calcul littéral (résoudre une équation)

1. La quantité de matière en ions calcium est :

$$n(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca})} = \frac{84 \times 10^{-3}}{40,1} = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

La quantité de matière en ions magnésium est :

$$n(\text{Mg}^{2+}) = \frac{m(\text{Mg}^{2+})}{M(\text{Mg})} = \frac{24 \times 10^{-3}}{24,3} = 9,9 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

2.  $n(\text{Ca}^{2+}) = 2,1 \times 10^{-3} \text{ mol} = 21 \times 10^{-4} \text{ mol}$ , ce qui correspond à 21 °TH.

D'où la dureté totale D de cette eau :  $D = 21 + 9,9 = 30,9$  °TH.

3. L'eau de ce puits est considérée comme une eau dure, d'après la plage de dureté fournie dans l'énoncé.

## Différenciation

Savoir-faire : calculer une quantité de matière à partir du volume d'un gaz

**Dans ces trois exercices le choix a été fait de déterminer une masse de gaz, le même savoir-faire est donc mobilisé. Selon le découpage des questions, l'élève est plus ou moins guidé dans cette démarche à suivre.**

## 20. Le protoxyde d'azote et la cuisine

→ RAI/MOD : La quantité de matière

**Objectif :** dans ce premier exercice, l'élève est complètement accompagné dans sa démarche, les connaissances de cours à mobiliser étant explicitement demandées dès la première question.

1. La relation liant le volume, le volume molaire et la quantité de matière est :  $V_m = \frac{V}{n}$

2. La quantité de gaz dans la cartouche est :

$$n(\text{N}_2\text{O}) = \frac{V(\text{N}_2\text{O})}{V_m} = \frac{0,30}{1,62} = 0,10 \text{ mol}$$

3. La masse molaire du protoxyde d'azote est :

$$M(\text{N}_2\text{O}) = 2M(\text{N}) + M(\text{O}) = 2 \times 14,0 + 16,0 = 44,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

4. La masse de gaz dans la cartouche est :

$m(\text{N}_2\text{O}) = M(\text{N}_2\text{O}) \cdot n(\text{N}_2\text{O}) = 44,0 \times 0,19 = 8,4 \text{ g.}$   
(8,2 g si l'on ne tient pas compte de la valeur arrondie intermédiaire pour  $n(\text{N}_2\text{O})$ ).

## 21. Le protoxyde d'azote et le tuning

→ RAI/MOD : La quantité de matière

**Objectif :** l'exercice incite à passer par l'étape intermédiaire du calcul de la quantité de matière, nécessaire à la détermination de la masse de la bouteille.

1. La quantité de gaz dans la cartouche est :

$$n(\text{N}_2\text{O}) = \frac{V(\text{N}_2\text{O})}{V_m} = \frac{37}{1,62} = 22,8 \text{ mol}$$

2. La masse de gaz dans la cartouche est :

$$m(\text{N}_2\text{O}) = M(\text{N}_2\text{O}) \cdot n(\text{N}_2\text{O}) = 44,0 \times 22,8 = 1,00 \text{ kg.}$$

## 22. Le protoxyde d'azote et la chirurgie

→ RAI/MOD : La quantité de matière

**Objectif :** aucune question intermédiaire n'étant donnée, l'exercice exige que l'élève fasse preuve d'organisation et d'initiative pour arriver au résultat.

La masse de gaz dans la cartouche est :

$$m(\text{N}_2\text{O}) = M(\text{N}_2\text{O}) \cdot n(\text{N}_2\text{O}) = M(\text{N}_2\text{O}) \cdot \frac{V(\text{N}_2\text{O})}{V_m} = 44,0 \times \frac{442}{1,62} = 12,0 \text{ kg}$$

## Pour s'entraîner

### 23. Mise en application

→ RAI/MOD : La quantité de matière

→ VAL : Analyse un résultat numérique : valeur/unité/chiffres significatifs/analyse comparative

1. La masse d'ion magnésium dans un verre de lait est :

$$m(\text{Mg}^{2+}) = 250 \times \frac{12,0}{100} = 30,0 \text{ mg.}$$

La masse de cholestérol dans un verre de lait est :

$$m(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = 250 \times \frac{5,87}{100} = 14,7 \text{ mg.}$$

2. La masse molaire de l'ion magnésium est :  $M(\text{Mg}^{2+}) = M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

La masse molaire du cholestérol est :

$$M(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = 27M(\text{C}) + 46M(\text{H}) + M(\text{O}) = 27 \times 12,0 + 46 \times 1,0 + 16,0 = 386,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

3. La quantité d'ion magnésium dans un verre de lait est :

$$n(\text{Mg}^{2+}) = \frac{m(\text{Mg}^{2+})}{M(\text{Mg})} = \frac{30,0 \times 10^{-3}}{24,3} = 1,23 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

La quantité de cholestérol dans un verre de lait est :

$$n(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}) = \frac{m(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O})}{M(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O})} = \frac{14,7 \times 10^{-3}}{386,0} = 3,81 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\frac{n(\text{Mg}^{2+})}{n(\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O})} = \frac{1,23 \times 10^{-3}}{3,81 \times 10^{-5}} = 32,3$$

L'ion magnésium est environ 32 fois plus abondant que le cholestérol dans un verre de lait.

## 24. Autour de l'or

→ RAI/ANA : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

1. La masse d'or d'une alliance de 18 carats est :

$$m_{\text{or}} = M_{\text{or}} \cdot n_{\text{or}} = 197,0 \times 1,83 \times 10^{-2} = 3,61 \text{ g.}$$

2. Le nombre d'alliances  $N$  qui pourraient être fabriquées avec la même masse d'or que la statue est :

1 alliance	3,61 g
$N$ alliances	128 g

$$N = \frac{128 \times 1}{3,61} = 35 \text{ alliances}$$

## 25. Aspartame et soda

→ REA : Agir de façon responsable : respecter les règles de sécurité

1. La masse molaire de l'aspartame est :

$$M_{\text{aspartame}} = 14M(\text{C}) + 18M(\text{H}) + 5M(\text{O}) + 2M(\text{N}) = 14 \times 12,0 + 18 \times 1,0 + 5 \times 16,0 + 2 \times 14,0 \\ = 294,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

La quantité d'aspartame contenue dans 1,0 L de soda est :

$$n_{\text{aspartame}} = \frac{m_{\text{aspartame}}}{M_{\text{aspartame}}} = \frac{500 \times 10^{-3}}{294,0} = 1,70 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

2. La masse maximale d'aspartame ingérable quotidiennement par cet adolescent est :

$$m_{\text{max}} = 40 \times 55 = 2,2 \text{ g/jour}$$

Le volume maximal de soda ingérable est :

1,0 L	0,500 g
$V_{\text{max}}$	2,2 g

$$V_{\text{max}} = \frac{2,2 \times 1}{0,500} = 4,4 \text{ L}$$

## 26. QCM comparatif

→ RAI/ANA : Utiliser des observations/des mesures/des documents pour répondre à une problématique

1. La masse molaire de la créatinine est :

$$M(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}) = 4M(\text{C}) + 7M(\text{H}) + 3M(\text{N}) + M(\text{O}) = 4 \times 12,0 + 7 \times 1,0 + 3 \times 14,0 + 16,0 = 113,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La masse de créatinine dans le second prélèvement est :

$$m_2(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}) = M(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}) \cdot n_2(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}) = 113,0 \times 4,42 \times 10^{-5} = 4,99 \times 10^{-3} \text{ g} = 4,99 \text{ mg.}$$

Or  $m_1(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}) = 8,5 \text{ mg}$  donc  $m_1(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}) > m_2(\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O})$ .

La bonne réponse est la réponse c.

2. La quantité du gaz 2 est :

$$n(\text{gaz 2}) = \frac{V(\text{gaz 2})}{V_m} = \frac{3,0}{24,0} = 0,13 \text{ mol}$$

Or  $n(\text{gaz 1}) = 0,1 \text{ mol}$ , donc  $n(\text{gaz 1}) < n(\text{gaz 2})$ .

La bonne réponse est la réponse **a**.

## 27. Savon de Marseille

→ VAL : Traiter/exploiter/modéliser numériquement un ensemble de mesures.

1. La quantité de matière d'une tonne d'huile (soit  $1,0 \times 10^6 \text{ g}$  en prenant deux chiffres significatifs) est :

$$n_{\text{huile}} = \frac{m_{\text{huile}}}{M_{\text{huile}}} = \frac{1,0 \times 10^6}{884,0} = 1,1 \times 10^3 \text{ mol}$$

2. La quantité de savon obtenue est :

$$n_{\text{savon}} = 2,1 \times n_{\text{huile}} = 2,1 \times 1,1 \times 10^3 = 2,3 \times 10^3 \text{ mol}.$$

3. La masse molaire du savon est :

$$M(\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2\text{Na}) = 18M(\text{C}) + 33M(\text{H}) + 2M(\text{O}) + M(\text{Na}) = 18 \times 12,0 + 33 \times 1,0 + 2 \times 16,0 + 23,0 \\ = 304,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La masse de savon produite est :

$$m_{\text{savon}} = M_{\text{savon}} \cdot n_{\text{savon}} = 304,0 \times 2,3 \times 10^3 = 7,0 \times 10^5 \text{ g} = 7,0 \times 10^2 \text{ kg}.$$

4. Le nombre de cubes de savons ainsi formés est :

1 cube de savon	600 g
$N$ cubes de savon	$7,0 \times 10^5 \text{ g}$

$$N = \frac{1 \times 7,0 \times 10^5}{600} = 1,2 \times 10^3 \text{ cubes de savon}$$

## 28. Comprendre les attendus Détartrage d'une bouilloire

→ RAI/MOD : La quantité de matière

→ MATH : Calcul littéral (résoudre une équation)

1. La quantité de dioxyde de carbone gazeux dégagé est :

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m_{\text{perdue}}}{M(\text{CO}_2)} = \frac{m_2 - m_1}{M(\text{C}) + 2M(\text{O})} = \frac{496,1 - 491,3}{12,0 + 2 \times 16,0} = 0,109 \text{ mol}$$

2. Le volume de dioxyde de carbone libéré est :

$$V(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot V_m = 0,109 \times 24 = 2,6 \text{ L}.$$

3. La masse molaire du calcaire est :

$$M(\text{CaCO}_3) = M(\text{Ca}) + M(\text{C}) + 3M(\text{O}) = 40,1 + 12,0 + 3 \times 16,0 = 100,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La quantité de calcaire ayant réagi est :

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2) = 0,109 \text{ mol}.$$

La masse de calcaire présente initialement dans la bouillotte était :

$$m(\text{CaCO}_3) = M(\text{CaCO}_3) \cdot n(\text{CaCO}_3) = 100,1 \times 0,109 = 10,9 \text{ g}.$$

## 29. La vitamine C

→ RAI/ANA : Construire un raisonnement, communiquer sur les étapes

1. La masse molaire de la vitamine C est :

$$M(C_6H_8O_6) = 6M(C) + 8M(H) + 6M(O) = 6 \times 12,0 + 8 \times 1,0 + 6 \times 16,0 = 176,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La masse quotidienne de vitamine C à ingérer est :

$$m(C_6H_8O_6) = M(C_6H_8O_6) \cdot n(C_6H_8O_6) = 176,0 \times 6,25 \times 10^{-4} = 0,110 \text{ g} = 110 \text{ mg}.$$

2. Un jus d'orange fraîchement pressé contient 125 mg de vitamine C alors qu'une brique industrielle contient 65 mg de vitamine C. Donc pour couvrir les apports quotidien en vitamine C (110 mg), il vaut mieux boire un jus d'orange fraîchement pressé.

$$\frac{m_{\text{vitamine C, brique}}}{m(C_6H_8O_6)} = \frac{65}{110} = 0,59 = 59 \%$$

3. L'indication du fabricant est correcte, une brique de jus d'orange apporte plus de la moitié des apports nécessaires en vitamine C.

### 30. Composition de l'eau d'une station d'épuration

→ VAL : Exploiter numériquement des mesures

1. La masse des différents constituants de l'échantillon est :

Composé	Cu	Zn	Ni	Cr	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
$n_{\text{composé}}$ (mmol)	0,252	0,107	0,306	0,423	1,31
$M_{\text{composé}}$ (g·mol <sup>-1</sup> )	63,5	65,4	58,7	52,0	96,1
$m_{\text{composé}}$ (mg)	16,0	7,00	18,0	22,0	126
$m_{\text{max}}$ (mg)	0,100	15,0	15,0	15,0	150

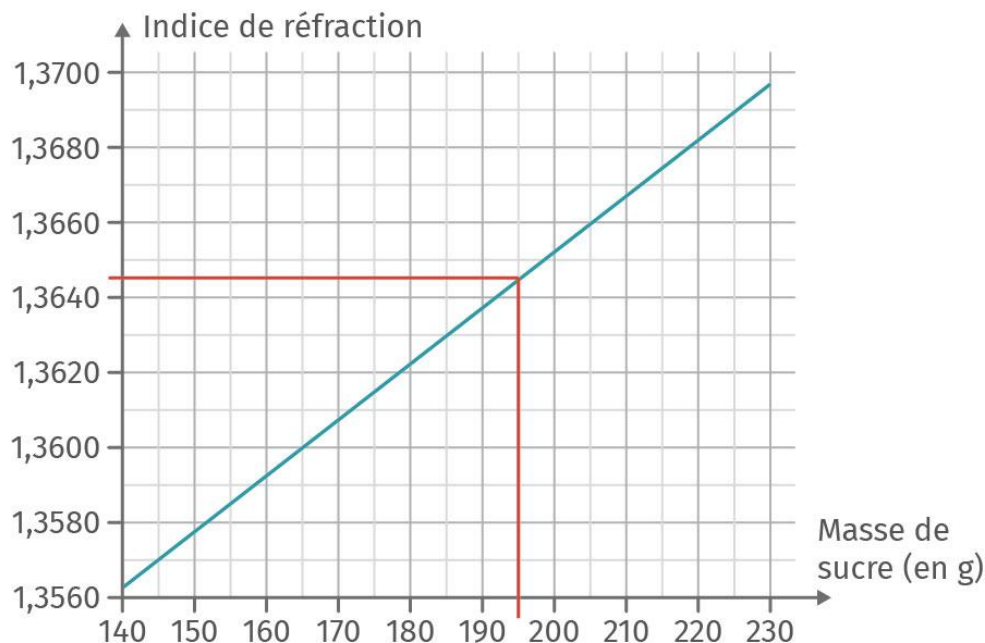
2. Cet incident de vanne peut avoir des conséquences, les rejets en cuivre, nickel et chrome dépassent les masses rejetées maximales autorisées.

### 31. Le début des vendanges

→ RAI/ANA : Utiliser des mesures pour répondre à une problématique

1.





Par lecture graphique, on trouve :  $m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 195 \text{ g}$ .

2. La masse molaire du saccharose est :

$$M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12M(\text{C}) + 22M(\text{H}) + 11M(\text{O}) = 12 \times 12,0 + 22 \times 1,0 + 11 \times 16,0 = 342,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La quantité de saccharose correspondante est :

$$n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = \frac{m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})}{M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})} = \frac{195}{342,0} = 0,570 \text{ mol}$$

3. La quantité satisfaisante de saccharose justifiant le début des récoltes est de

$$n_{\min} = 0,585 \text{ mol pour 1L de jus de raisin.}$$

Or  $n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 0,570 \text{ mol}$ , le viticulteur devrait attendre une maturation plus avancée des raisins avant de commencer sa récolte.

### 32. Copie d'élève à commenter

1. La masse d'un litre de vinaigre est :

$$m = \rho \cdot V = 1\,010 \text{ g.}$$

Comme le vinaigre contient 8 % d'acide en masse, on a :

$$m_{\text{acide}} = \frac{8 \times 1\,010}{100} = 80,8 \text{ g (unité manquante).}$$

2. La masse molaire de l'acide acétique est :

$$M(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) = 2M(\text{C}) + 4M(\text{H}) + 2M(\text{O}) = 2 \times 12,0 + 4 \times 1,0 + 2 \times 16,0 = 60,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

(expression littérale fausse)

3. La quantité d'acide acétique est :

$$n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2) = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)}{M(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)} = \frac{80,8}{60,0} = 1,35 \text{ mol}$$

(expression littérale et résultats manquants)

Pour aller plus loin

### 33. Le radium caractérisé par Marie Curie

→ VAL : Identifier et évaluer les sources d'erreur

1. La masse molaire du chlorure d'argent AgCl est :

$$M(\text{AgCl}) = M(\text{Ag}) + M(\text{Cl}) = 107,9 + 35,5 = 143,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La quantité de chlorure d'argent AgCl obtenue est :

$$n(\text{AgCl}) = \frac{m(\text{AgCl})}{M(\text{AgCl})} = \frac{0,106\,54}{143,4} = 7,430 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

2. La quantité de  $\text{RaCl}_2$  ayant réagi est :

$$n(\text{RaCl}_2) = \frac{m(\text{AgCl})}{2} = \frac{7,430 \times 10^{-4}}{2} = 3,715 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

3. La masse molaire de  $\text{RaCl}_2$  est :

$$M(\text{RaCl}_2) = \frac{m(\text{RaCl}_2)}{n(\text{RaCl}_2)} = \frac{0,109\,25}{3,715 \times 10^{-4}} = 294,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

La masse molaire du radium Ra est :

$$M(\text{RaCl}_2) = M(\text{Ra}) + 2M(\text{Cl}) \Leftrightarrow M(\text{Ra}) = M(\text{RaCl}_2) - 2M(\text{Cl}) = 294,1 - 2 \times 35,5 = 223,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

4. La masse molaire du radium est  $M_{\text{th}}(\text{Ra}) = 226,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . L'écart entre les 2 mesures est :

$$\frac{M_{\text{th}}(\text{Ra}) - M(\text{Ra})}{M_{\text{th}}(\text{Ra})} = \frac{226,0 - 223,1}{226,0} = 1,29 \%$$

La différence provient de la précision des mesures et des incertitudes expérimentales.

### 34. Mesure expérimentale du volume molaire

→ RAI/ANA : Utiliser une analyse dimensionnelle

1. Protocole :

- remplir un cristalliseur avec de l'eau ;
- remplir à ras bord une éprouvette d'eau et la retourner dans le cristalliseur ;
- placer 100 mL d'une solution acide chlorhydrique dans un récipient ;
- introduire 5,0 à 7,0 cm de magnésium ;
- boucher le récipient à l'aide d'un tube de dégagement et placer la sortie du tube au niveau de l'entrée de l'éprouvette graduée.

On peut mesurer le volume du gaz formé par déplacement d'eau.

2. Réalisation du protocole.

3. La quantité initiale d'acide est :

$$n_{\text{acide}} = 0,50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 100 \times 10^{-3} \text{ L} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

4. Pour 7 cm de ruban de magnésium, la masse de magnésium est :

$$m(\text{Mg}) = 7,0 \times 10^{-2} \times 1,0 = 7,0 \times 10^{-2} \text{ g}.$$

La quantité de magnésium introduite est :

$$n(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})} = \frac{7,0 \times 10^{-2}}{24,3} = 2,9 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

5. La quantité de dihydrogène gazeux formé est :

$$n(\text{H}_2) = n(\text{Mg}) = 2,9 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

6. Le volume molaire se calcule par la relation :  $V_m = \frac{V(\text{H}_2)}{n(\text{H}_2)}$ ; le résultat dépend de la mesure effectuée sur le volume de  $\text{H}_2$ .

### 35. Expérience de Lavoisier

→ RAI/ANA : Associer les unités de mesure à leurs grandeurs correspondantes

1. Le volume d'air diminue car le dioxygène gazeux réagit avec le mercure selon la transformation chimique suivante :  $2 \text{Hg(s)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{HgO(s)}$ .

2. Le volume de dioxygène gazeux  $\text{O}_2(\text{g})$  ayant réagi est :

$$V(\text{O}_2) = 50 - 43 = 7 \text{ pouces cubiques} = 7 \times 19,8 = 138,6 \text{ mL.}$$

La quantité de dioxygène gazeux  $\text{O}_2(\text{g})$  ayant réagi est :

$$n(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_m} = \frac{138,6 \times 10^{-3}}{24,0} = 5,78 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

3. La quantité d'oxyde de mercure  $\text{HgO(s)}$  formé est :

$$n(\text{HgO}) = 2n(\text{O}_2) = 11,6 \times 10^{-3} \text{ mol.}$$

La masse molaire de l'oxyde de mercure  $\text{HgO(s)}$  formé est :

$$M(\text{HgO}) = M(\text{Hg}) + M(\text{O}) = 200,6 + 16,0 = 216,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La masse d'oxyde de mercure  $\text{HgO(s)}$  formé est :

$$m(\text{HgO}) = M(\text{HgO}) \cdot n(\text{HgO}) = 216,6 \times 11,6 \times 10^{-3} = 2,51 \text{ g.}$$

4. La masse expérimentale d'oxyde de mercure  $\text{HgO(s)}$  est :

$$m_{\text{exp}}(\text{HgO}) = 46 \text{ grains} = 46 \times 53,3 \times 10^{-3} = 2,45 \text{ g}$$

$$\text{soit un écart relatif de : } \frac{m(\text{HgO}) - m_{\text{exp}}(\text{HgO})}{m(\text{HgO})} = \frac{2,51 - 2,45}{2,51} = 2,4 \%$$

### 36. L'araignée tisserande d'eau

→ RAI/ANA : Faire le lien entre les modèles microscopiques et les grandeurs macroscopiques

◆ La masse molaire de l'eau est :

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2M(\text{H}) + M(\text{O}) = 2 \times 1,0 + 16,0 = 18,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

La quantité d'eau dans une goutte est :

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{\rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{goutte}}}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1\,000 \times 0,05 \times 10^{-3}}{18,0} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Le nombre de molécules d'eau dans la goutte est :

$$N_{\text{eau}} = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot N_A = 3 \times 10^{-3} \times 6,02 \times 10^{23} = 2 \times 10^{21} \text{ molécules}$$

La longueur  $L$  des molécules alignées serait donc :

$$L = N_{\text{eau}} \cdot d_{\text{eau}} = 2 \times 10^{21} \times 0,34 \times 10^{-9} = 6 \times 10^{11} \text{ m} = 6 \times 10^8 \text{ km (soit 600 millions de km).}$$

## Problèmes à résoudre

### 37. Le verre de Cléopâtre

→ RAI/ANA : Construire un chemin de résolution

◆ La quantité d'eau dans le verre de Cléopâtre est :

$$n_{\text{Cleopatre}} = \frac{\rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{Cleopatre}}}{M_{\text{eau}}} = \frac{1\,000 \times 25 \times 10^{-2}}{18,0} = 14 \text{ mol}$$

La quantité totale d'eau sur Terre est :

$$n_{\text{eau}} = \frac{\rho_{\text{eau}} \cdot V_{\text{total}}}{M_{\text{eau}}} = \frac{1\,000 \times 1,4 \times 10^9 \times 10^{12}}{18,0} = 7,8 \times 10^{22} \text{ mol}$$

La proportion de molécules du verre de Cléopâtre dans le volume d'eau :

$$\frac{n_{\text{Cleopatre}}}{n_{\text{eau}}} = \frac{14}{7,8 \times 10^{22}} = 1,8 \times 10^{-22}$$

La quantité de molécules d'eau présente dans le verre du lycéen est :

$$n_{\text{lycéen}} = 1,8 \times 10^{-22} \times 14 = 2,5 \times 10^{-21} \text{ mol}$$

Le nombre de molécules d'eau issue du verre de Cléopâtre statistiquement présentes dans le verre du lycéen est :

$$N = n_{\text{lycéen}} \cdot N_A = 2,5 \times 10^{-21} \times 6,02 \times 10^{23} = 1,5 \times 10^3 \text{ molécules (soit 1 500 molécules).}$$

*Remarque :* cette démarche peut s'appliquer à n'importe quel autre contexte historique, mais il doit cependant être suffisamment ancien pour que les molécules initialement présentes dans le verre aient pu se mélanger de manière uniforme aux autres molécules d'eau de l'hydrosphère, et ce processus peut prendre plusieurs siècles.

### 38. Anneau unique

→ RAI/ANA : Construire un raisonnement

◆ Pour déterminer la masse volumique de l'électrum, il faut calculer le volume de l'anneau. Pour cela, il faut calculer le nombre d'atomes d'or et d'argent.

*Remarque :* on fait ici l'hypothèse que le volume en or est égal au volume des atomes d'or qui composent le métal, et de même pour l'argent. On néglige donc le volume interstitiel résiduel entre les atomes dans l'alliage, la masse volumique finale obtenue sera donc une masse volumique maximale, la réalité étant inférieure à cette valeur.

$$n(\text{Au}) = \frac{m(\text{Au})}{M(\text{Au})}$$

La quantité d'or dans l'anneau est :

Le nombre d'atomes d'or est :

$$N(\text{Au}) = n(\text{Au}) \cdot N_A = \frac{m(\text{Au})}{M(\text{Au})} \cdot N_A = \frac{2,8}{197,0} \times 6,02 \times 10^{23} \\ = 8,6 \times 10^{21} \text{ atomes}$$

Le volume d'or dans l'anneau est :

$$V(\text{Au}) = N(\text{Au}) \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r(\text{Au})^3 = 8,6 \times 10^{21} \times \frac{4}{3} \times \pi \times (135 \times 10^{-12})^3 = 8,8 \times 10^{-8} \text{ m}^3.$$

$$n(\text{Ag}) = \frac{m(\text{Ag})}{M(\text{Ag})}$$

La quantité d'argent dans l'anneau est :

Le nombre d'atomes d'argent est :

$$N(\text{Ag}) = n(\text{Ag}) \cdot N_A = \frac{m(\text{Ag})}{M(\text{Ag})} \cdot N_A = \frac{1,5}{107,9} \times 6,02 \times 10^{23} \\ = 8,4 \times 10^{21} \text{ atomes}$$

Le volume d'argent dans l'anneau est :

$$V(\text{Ag}) = N(\text{Ag}) \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r(\text{Ag})^3 = 8,4 \times 10^{21} \times \frac{4}{3} \times \pi \times (160 \times 10^{-12})^3 = 1,4 \times 10^{-7} \text{ m}^3.$$

Le volume total de l'anneau est :

$$V_{\text{anneau}} = V(\text{Au}) + V(\text{Ag}) = 8,8 \times 10^{-8} + 1,4 \times 10^{-7} = 2,3 \times 10^{-7} \text{ m}^3 = 2,3 \times 10^{-4} \text{ L} = 0,23 \text{ mL}.$$

La masse volumique (*maximale*) de l'électrum est :

$$\rho_{\text{electrum}} = \frac{m_{\text{anneau}}}{V_{\text{anneau}}} = \frac{4,3}{0,23} = 18,6 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} = 18,6 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

## Retour sur l'ouverture du chapitre

### 39. Décollage de la fusée Ariane 5

→ RAI/MOD : La quantité de matière

→ RAI/ANA : Associer les unités de mesures aux grandeurs correspondantes

◆ La quantité de dioxygène est :

$$n(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2)} = \frac{132,5 \times 10^6}{32,0} = 4,14 \times 10^6 \text{ mol}$$

La quantité de dihydrogène est :

$$n(\text{H}_2) = \frac{m(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)} = \frac{26 \times 10^6}{2,0} = 1,3 \times 10^7 \text{ mol}$$

La fusée ne décolle pas avec les mêmes quantités des deux gaz. On peut ajouter qu'elle part avec du dihydrogène en excès car ces deux gaz ne sont pas non plus dans des proportions stœchiométriques ( $n(\text{H}_2) > 2n(\text{O}_2)$ )