

# Cours : Chapitre 5

## 1 Masse molaire et quantité de matière

- La **mole** (symbole mol) est l'unité de **quantité de matière**, notée  $n$ . Une mole contient exactement  $N_A = 6,022\,140\,76 \times 10^{23}$  entités élémentaires.  $N_A$  est appelé **nombre d'Avogadro**.

- La **masse molaire atomique**, notée  $M$ , est la masse d'une mole d'un atome. Elle s'exprime en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

La masse molaire atomique peut être calculée à partir de la masse  $m$  d'un atome :

$$M = N_A \times m$$

Mais cette valeur est également donnée dans le tableau périodique des éléments chimiques.

- La **masse molaire moléculaire**, notée  $M$ , est la masse d'une mole de molécules identiques. Elle s'exprime en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

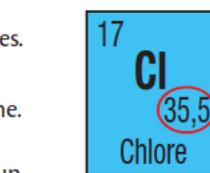
La masse molaire moléculaire se calcule en faisant la somme des masses molaires atomiques de tous les atomes composant la molécule.

- La masse molaire  $M$ , la quantité de matière  $n$  et la masse  $m$  d'une entité chimique sont liées par la relation :

Unités

$$n = \frac{m}{M}$$

$n$ s'exprime en moles (mol)
$m$ en g
$M$ en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$



▲ La masse molaire atomique de l'élément chlore est  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

$$\begin{aligned} M(\text{CO}_2) &= M(\text{C}) + 2 \times M(\text{O}) \\ &= 12,0 + 2 \times 16,0 = 44,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

▲ Masse molaire moléculaire du dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$

## 2 Concentration molaire et massique d'une solution

- Un **solvant** est un liquide permettant de dissoudre et de diluer des espèces chimiques. L'espèce chimique dissoute dans le solvant est le **soluté**. L'ensemble {soluté + solvant} s'appelle la **solution**.
- La **concentration massique en soluté**, notée  $C_m$ , est la masse  $m$  de soluté dissout dans un volume  $V$  de solution :

Unités

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

$m$ s'exprime en g
$V$ en L
$C_m$ en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$



- La **concentration molaire** en soluté, notée  $C$ , est la quantité de matière  $n$  de soluté dissout dans un volume  $V$  de solution :

Unités

$$C = \frac{n}{V}$$

$n$ s'exprime en mol
$V$ en L
$C$ en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

▲ Dans ce café soluble, l'eau est le solvant et la poudre de café est le soluté.

- La concentration massique  $C_m$  et la concentration molaire  $C$  en soluté sont liées par la relation :

Unités

$$C = \frac{C_m}{M}$$

$C_m$ s'exprime en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$
$M$ en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$
$C$ en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

### 3 Préparation d'une solution de concentration donnée

- Par dissolution d'un solide

Il faut verser une masse  $m$  de soluté dans une fiole jaugée de volume  $V$ .

La concentration molaire en soluté  $C$  du soluté de masse  $m$  dissout dans un volume  $V$  est donnée par la relation :

$$C = \frac{m}{M \times V}$$

<b>Unités</b>	$m$ s'exprime en g $V$ en L $M$ en g·mol <sup>-1</sup> $C$ en mol·L <sup>-1</sup>
---------------	--



- Par dilution

Il faut prélever un volume  $V_{\text{mère}}$  d'une solution mère de concentration molaire en soluté  $C_{\text{mère}}$ , avec une pipette jaugée, que l'on verse dans une fiole jaugée de volume  $V_{\text{fille}}$  afin d'obtenir une solution fille de concentration molaire en soluté  $C_{\text{fille}}$ .

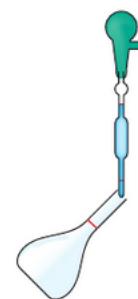
Lors de la dilution la quantité de soluté est conservée, donc :

$$C_{\text{mère}} \times V_{\text{mère}} = C_{\text{fille}} \times V_{\text{fille}}$$

C'est-à-dire :

$$C_{\text{fille}} = \frac{C_{\text{mère}} \times V_{\text{mère}}}{V_{\text{fille}}}$$

où les concentrations molaires en soluté s'expriment en mol·L<sup>-1</sup> et les volumes en L.



▲ On verse la solution mère dans une fiole jaugée avec une pipette.

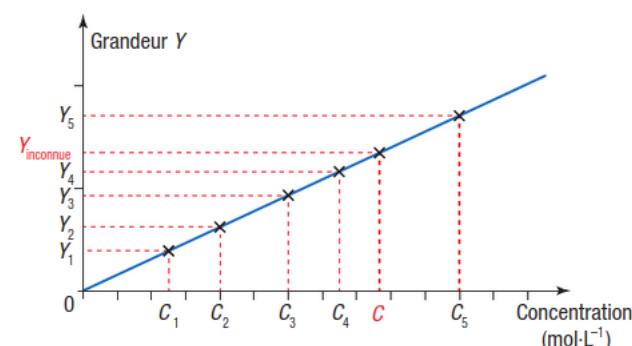
### 4 Dosage par étalonnage

- Un **dosage** est l'opération qui permet de déterminer la concentration  $C$  inconnue d'une espèce chimique dissoute dans une solution.
- Le **dosage par étalonnage** repose sur l'utilisation de solutions étalons qui contiennent l'espèce chimique à doser à différentes concentrations connues et telle que la concentration de l'espèce chimique à doser dépend d'une grandeur physique, notée  $Y$ , qu'il est possible de mesurer. Cette grandeur physique peut être l'absorbance d'une solution, son indice de réfraction, sa masse volumique etc.

Lors de la réalisation d'un dosage par étalonnage, il faut tracer la grandeur physique  $Y$  en fonction de la concentration  $C$  des solutions étalons.

On obtient une courbe d'étalonnage, souvent une droite passant par l'origine.

Après avoir mesuré la grandeur  $Y_{\text{inconnue}}$  pour la solution de concentration inconnue, on place la valeur de  $Y_{\text{inconnue}}$  sur le graphique et on détermine graphiquement la valeur  $C$  inconnue.



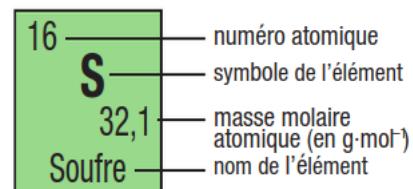
# Activité 1 : Masse Molaire

## Masse molaire d'une espèce chimique

### Doc. 1 Extrait de la classification périodique des éléments

1	2		13	14	15	16	17	18
1 <b>H</b> 1,0 Hydrogène								2 <b>He</b> 4,0 Hélium
3 <b>Li</b> 6,9 Lithium	4 <b>Be</b> 9,0 Béryllium		5 <b>B</b> 10,8 Bore	6 <b>C</b> 12,0 Carbone	7 <b>N</b> 14,0 Azote	8 <b>O</b> 16,0 Oxygène	9 <b>F</b> 19,0 Fluor	10 <b>Ne</b> 20,2 Néon
11 <b>Na</b> 23,0 Sodium	12 <b>Mg</b> 24,3 Magnésium		13 <b>Al</b> 27,0 Aluminium	14 <b>Si</b> 28,1 Silicium	15 <b>P</b> 31,0 Phosphore	16 <b>S</b> 32,1 Soufre	17 <b>Cl</b> 35,5 Chlore	18 <b>Ar</b> 39,9 Argon

(Voir la classification complète en page de garde.)



### Doc. 2 Le nombre d'Avogadro

La **mole**, symbole mol, est l'unité de quantité de matière du système international.

Une mole contient exactement :

$6,022\,140\,76 \times 10^{23}$  entités élémentaires.

Ce nombre est appelé « **nombre d'Avogadro** » et noté :

$$N_A = 6,022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

### Doc. 3 Masse de quelques atomes

Ci-dessous la masse de quelques atomes.

Atome	H	O	C
Masse (kg)	$1,6737 \times 10^{-27}$	$2,6567 \times 10^{-26}$	$1,9944 \times 10^{-26}$

### Doc. 4 Masse molaire moléculaire

Ci-dessous la masse molaire moléculaire de quelques molécules simples.

Molécule	dihydrogène	diazote	dioxygène	eau	Chlorure d'hydrogène
Formule	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	HCl
Masse molaire (g·mol <sup>-1</sup> )	2,0	28,0	32,0	18,0	36,5

### Questions

- 1 Doc. 1 À quoi correspond le numéro atomique d'un élément chimique ?
- 2 Doc. 2 et 3 Calculer la masse d'une mole d'atomes de carbone, exprimée en grammes.
- 3 Doc. 1 À quelle grandeur de l'extrait de la classification périodique la masse d'une mole d'atomes de carbone correspond-t-elle ?
- 4 Doc. 4 Comment calcule-t-on la masse molaire d'une molécule ?
- 5 Calculer la masse molaire moléculaire du glucose C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>.

Compétences

S'approprier

Réaliser

Analyser

S'approprier

Valider

# Activité 2 : Dissolution

## Préparation d'une solution par dissolution

### Doc. 1 Le sulfate de cuivre

Le sulfate de cuivre pentahydraté, de formule  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  est utilisé pour la fabrication de la bouillie bordelaise (fongicide et bactéricide en agriculture), le traitement anti-algues des eaux de piscine et comme apport d'oligo-élément aussi bien pour les animaux et que les végétaux.



### Doc. 2 Préparation d'une solution de concentration donnée

On souhaite préparer  $V = 100,0 \text{ mL}$  une solution de sulfate de cuivre de concentration massique en soluté  $C_m = 25,0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  à partir de sulfate de cuivre pentahydraté solide  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

#### 1<sup>re</sup> étape

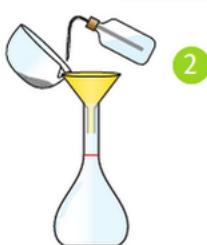
Peser  $m = 2,50 \text{ g}$  de sulfate de cuivre pentahydraté.

Avec une spatule, prélever la quantité de solide et la mettre dans un creuset posé sur une balance qui a été tarée préalablement.



#### 2<sup>e</sup> étape

Verser l'échantillon dans une fiole jaugée de  $100,0 \text{ mL}$  en utilisant un entonnoir à solide.



#### Rappel de 2<sup>de</sup>

$$\text{concentration massique (g}\cdot\text{L}^{-1}) = \frac{\text{masse g}}{\text{Volume (L)}}$$

#### Vidéo d'expérience

Protocole de dissolution



[lenaini.fr/pc336-1102](http://lenaini.fr/pc336-1102)

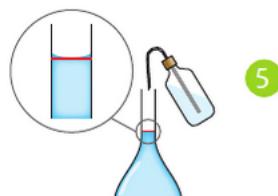
#### 3<sup>e</sup> étape

Rincer le creuset et l'entonnoir avec de l'eau distillée puis compléter la fiole jaugée au  $\frac{3}{4}$  avec de l'eau distillée.



#### 4<sup>e</sup> étape

Agiter la solution jusqu'à dissolution du solide.



#### 5<sup>e</sup> étape

Ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Il faut que le bas du ménisque soit au niveau du trait de jauge. Mélanger à nouveau la solution pour l'homogénéiser. Notre solution est prête !!!

### Compétences

S'approprier

Analyser

Analyser

Raisonner

Raisonner

Raisonner

### Questions

- 1 Que signifie « une balance qui a été tarée préalablement » ?
- 2 Justifier le choix de peser  $m = 2,50 \text{ g}$  de sulfate de cuivre pentahydraté.
- 3 Pourquoi note-t-on la masse pesée avec 3 chiffres significatifs ?
- 4 Pourquoi doit-on rincer la coupelle de pesée et l'entonnoir ?
- 5 Pourquoi agite-t-on la solution lorsque la fiole est au  $\frac{3}{4}$  remplie ?
- 6 Pourquoi faut-il mélanger la solution après avoir ajusté le niveau de la solution au ménisque ?

# Activité 3 : Préparation d'une solution par dilution

## Doc. 1 Protocole de dilution

La solution de concentration connue est appelée **solution mère**, alors que la solution obtenue par dilution est appelée **solution fille**.

On utilise comme solution mère une solution de sulfate de cuivre de concentration massique préparée au préalable (voir activité 1 page précédente), de concentration massique  $C_{m,\text{mère}} = 25,0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

### 1<sup>re</sup> étape

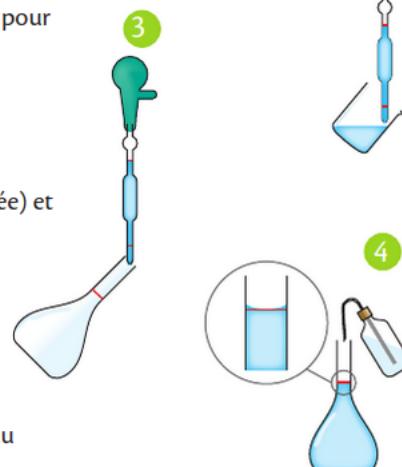
Verser une certaine quantité de solution mère dans un bêcher.

Conditionner la pipette jaugée de volume  $V = 10,00 \text{ mL}$  avec la solution mère puis prélever la solution mère en aspirant avec une propipette au-delà du trait de jauge supérieur.



### 2<sup>e</sup> étape

Appuyer la pipette contre la paroi du bêcher incliné à 45° et laisser couler le liquide pour ajuster le bas du ménisque au trait de juge supérieur.



### 3<sup>e</sup> étape

Appuyer la pipette contre la paroi de la fiole jaugée de volume  $V = 250,0 \text{ mL}$  (inclinée) et laisser couler le liquide pour ajuster le bas du ménisque au trait de juge inférieur.

### 4<sup>e</sup> étape

Remplir la fiole jaugée avec de l'eau distillée au ¾.

Agiter la solution.

Ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de juge. Il faut que le bas du ménisque soit au niveau du trait de juge.

Mélanger à nouveau la solution pour l'homogénéiser.

## Doc. 2 Conservation de la quantité de soluté lors d'une dilution

Lors d'une dilution, la masse du soluté contenu dans la solution mère prélevée est égale à la masse de soluté présente dans la solution fille :

$$m_{\text{mère}} = m_{\text{fille}}$$

cela revient à écrire :

$$C_{m,\text{mère}} \times V_{\text{mère}} = C_{m,\text{fille}} \times V_{\text{fille}}$$

où :  $C_{m,\text{mère}}$  et  $C_{m,\text{fille}}$  sont des concentrations massiques exprimées en  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ;

$V_{\text{mère}}$  et  $V_{\text{fille}}$  sont des volumes exprimés en litre (L).

### Questions

- Compétences
  - Analyser
  - Analyser
  - Raisonnez
  - Raisonnez
  - Valider

- 1 Doc. 1 Pourquoi doit-on conditionner la pipette jaugée ?
- 2 Doc. 1 Pourquoi sort-on la pipette jaugée du liquide lorsqu'on ajuste le bas du ménisque au trait de juge supérieur ?
- 3 Doc. 1 Pourquoi incline-t-on la fiole jaugée ?
- 4 Doc. 1 et 2 Calculer la concentration massique en soluté  $C_{m,\text{fille}}$  de la solution diluée.
- 5 Doc. 2 Est-il toujours nécessaire d'exprimer le volume en litres ? Justifier la réponse.
- 6 Quel volume de solution mère faudrait-il prélever si on avait utilisé une fiole jaugée de  $V = 200,0 \text{ mL}$  pour préparer la même solution fille ? Quelle pipette jaugée faudrait-il utiliser ?

# Activité 4

## Détermination de la concentration d'une solution

### Doc. 1 Dosage et concentration d'une solution

Une solution de permanganate de potassium est une solution colorée grâce à la présence des ions permanganate  $MnO_4^-$ .

Pour déterminer la valeur inconnue de la concentration massique en soluté  $C_{m,inconnue}$  d'une solution de permanganate de potassium ( $K^+_{(aq)} + MnO_4^-_{(aq)}$ ), on peut la comparer à des solutions de concentrations connues. Pour cela, on procède en trois étapes :

- on prépare une **échelle de teintes**, c'est-à-dire une collection de solutions étalons dont on connaît les concentrations précisément ;
- on mesure ensuite une grandeur physique qui ne dépend que de la concentration. Dans le cas de solutions colorées, on mesure leur **absorbance**. L'absorbance  $A$  d'une solution mesure la capacité de cette solution à absorber la lumière qui la traverse. Cette absorbance est mesurée avec un spectrophotomètre. L'absorbance dépend de plusieurs facteurs : de la nature du soluté, de l'épaisseur de la solution, de la concentration en soluté de la solution et de la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière qui traverse cette solution.
- on compare l'absorbance de la solution de concentration inconnue afin de déterminer sa concentration massique.



### Doc. 2 Préparation d'une échelle de teinte

À partir d'une solution mère de permanganate de potassium de concentration massique en soluté  $C_{m,mère} = 0,080 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , préparer les solutions diluées suivantes (voir activité 2).

Concentration massique en soluté solution fille	Volume de solution mère à prélever	Volume de la solution fille obtenue
$C_{m,1} = 0,040 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	$V_{mère,1} = 10,00 \text{ mL}$	
$C_{m,2} = 0,016 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$		$V_{fille,2} = 50,00 \text{ mL}$
$C_{m,3} = 0,0080 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	$V_{mère,3} = 10,00 \text{ mL}$	
$C_{m,4} = 0,0040 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$	$V_{mère,4} = 5,00 \text{ mL}$	
$C_{m,5} = 0,0020 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$		$V_{fille,5} = 200,00 \text{ mL}$

### Doc. 3 Mesure de l'absorbance

Avec un spectrophotomètre, mesurer l'absorbance des 6 solutions précédentes puis l'absorbance de la solution de concentration massique inconnue à une longueur d'onde  $\lambda = 525 \text{ nm}$ . Puis tracer sur papier millimétré la courbe  $A = f(C_m)$ .

Concentration massique des solutions ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	0,080	0,040	0,016	0,0080	0,0040	0,0020	$C_{m,inconnue}$
Absorbance							

#### Questions

- Raisonner
- 1 Doc. 3 Lorsqu'on étudie la variation de l'absorbance d'une solution en fonction de la concentration du soluté, quels sont les autres facteurs qui ne doivent pas varier ?
  - 2 Doc. 2 Calculer les volumes des solutions mères et filles manquantes.
  - 3 Doc. 3 Quel type de courbe obtient-on lorsqu'on trace  $A = f(C_m)$  ?
  - 4 Doc. 3 D'après la courbe, que peut-on dire de  $A$  en fonction de  $C_m$  ?
  - 5 Doc. 3 Déterminer graphiquement la concentration massique  $C_{m,inconnue}$ .
- Analyser
- Raisonner
- Raisonner
- Raisonner

# Exercices : Chapitre 5

## 6 Énoncé

On prépare une solution de diiode  $I_2$  en dissolvant une masse  $m = 5,08$  g de cette espèce chimique dans  $V = 250,0$  mL d'une solution aqueuse d'iodure de potassium.

1. Calculer la quantité de matière  $n$  correspondant à la masse  $m$  de diiode.
2. Calculer la concentration molaire  $C$  en diiode dans la solution obtenue.
3. On prépare, à partir de la solution précédente, un volume  $V' = 100,0$  mL d'une solution diluée de concentration en diiode  $C' = 4,00 \times 10^{-3}$  mol·L $^{-1}$ . Quel volume de solution faut-il prélever ? Détaillez votre raisonnement.
4. Quelle verrerie utilise-t-on pour réaliser cette dilution ?

Donnée

Masse molaire atomique de l'élément iodé :  $M(I) = 126,9$  g·mol $^{-1}$

## Concentration et masse molaire

### 7 Masse molaire atomique

Déterminer la masse molaire atomique, exprimée en g·mol $^{-1}$ , des atomes suivants :

Atome	Azote	Néon	Soufre
Masse atomique (kg)	$2,3259 \times 10^{-26}$	$3,3509 \times 10^{-26}$	$5,3245 \times 10^{-26}$

Donnée

Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,022\,140\,76 \times 10^{23}$  mol $^{-1}$

### 8 Masse molaire de l'élément chlore

Dans la nature l'élément chlore possède deux isotopes.

Isotope	$^{35}\text{Cl}$	$^{37}\text{Cl}$
Abondance (%)	75,77	24,23
Masse atomique (kg)	$5,8067 \times 10^{-26}$	$6,1383 \times 10^{-26}$

1. Calculer la masse molaire atomique de chaque isotope de l'élément chlore.
2. En déduire la masse molaire atomique de l'élément chlore à l'état naturel.

Donnée

Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,022\,140\,76 \times 10^{23}$  mol $^{-1}$

### 9 Masse d'un atome



Déterminer la masse d'un atome de titane.

Donnée

Masse molaire atomique du titane :  $M = 47,867$  g·mol $^{-1}$

### 10 Masse molaire moléculaire

Calculer les masses molaires moléculaires des espèces chimiques suivantes :

- dioxygène  $O_2$
- ammoniac  $\text{NH}_3$
- éthanol  $C_2H_5O$
- acide lactique  $C_3H_6O_3$
- dichlorométhane  $CH_2Cl_2$
- alanine  $C_3H_7NO_2$

Données

Masses molaires atomiques : voir le tableau périodique des éléments en page de garde du manuel.

## 11 Formule d'une molécule

L'oxyde de fer III est un des constituants de la rouille. Il est composé d'atomes de fer Fe et d'oxygène O. Déterminer la formule brute de l'oxyde de fer III.

Donnée

Masse molaire de l'oxyde de fer III :  $M = 159,6$  g·mol $^{-1}$

## 12 Formule chimique d'un glucide

On peut écrire la formule chimique d'une catégorie de glucides sous la forme  $C_xH_{2x}O_x$ . Sa masse molaire est  $M = 150$  g·mol $^{-1}$ . Déterminer sa formule brute.

## 13 Quantité de matière

1. Quelle est la quantité de matière  $n$  correspondant à  $m = 20,15$  g de diiode  $I_2$  ?

2. Quelle est la masse  $m$  correspondante à la quantité  $n = 0,100$  mol de saccharose  $C_{12}H_{22}O_{11}$  ?

## 14 Concentration massique

1. On dissout  $m = 2,50$  g de caféine  $C_8H_{10}N O_2$  dans  $V = 250,00$  mL d'eau. Quelle est la concentration massique  $C_m$  de la solution ?

2. La concentration massique  $C_m$  d'une solution de glucose  $C_6H_{12}O_6$  est  $C_m = 15$  g·L $^{-1}$ . Quelle est la masse de glucose dans un volume  $V = 500,00$  mL ?

## 15 Concentration molaire

1. Calculer la concentration molaire  $C$  lorsqu'on dissout  $n = 0,45$  mol d'acide éthanoïque  $C_2H_4O_2$  dans  $V = 50,00$  mL d'eau ?

2. Quelle est la quantité de matière  $n$  de peroxyde d'hydrogène  $H_2O_2$  dans un volume  $V = 200,0$  mL de solution à une concentration  $C = 0,30$  mol·L $^{-1}$  ?

## 16 Quantité de matière et concentrations

Compléter le tableau suivant :

Nom de la solution	Diiode	Glucose	Peroxyde d'hydrogène	Ibuprofène
Formule du soluté	$I_2$	$C_6H_{12}O_6$	$H_2O_2$	$C_9H_9NO_2$
Masse molaire (g·mol $^{-1}$ )				
Volume de la solution	200 mL	50 cL		0,20 L
Masse (g)	0,060			
Quantité de matière (mol)		0,75	4,0	
Concentration molaire (mol·L $^{-1}$ )			2,0	
Concentration massique (g·L $^{-1}$ )				2,5

## Préparation de solutions

### 17 Par dissolution

1. Quelle est la concentration molaire  $C$  d'une solution de  $V = 500,0$  mL préparée avec un échantillon de diiode  $I_2$  de masse  $m = 2,54$  g.

2. Dans quelle verrerie prépare-t-on cette solution ?

### 18 Incertitude lors d'une dissolution

On souhaite préparer une solution de glucose  $C_6H_{12}O_6$  avec précision. Pour cela on pèse  $m = (5,40 \pm 0,04)$  g avec une balance de précision au 1/100<sup>e</sup> de gramme.

Cette dissolution est réalisée dans une fiole jaugée  $V = (200,0 \pm 0,2)$  mL à 20°C.

Quelle est la concentration molaire  $C$  de la solution de glucose préparée ?

Donnée

L'incertitude-type sur la valeur de la concentration  $C$  est donnée par la relation :

$$u(C) = C \times \sqrt{\left(\frac{u(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{u(V)}{V}\right)^2}$$

**19 Dilution**

Au laboratoire, une technicienne doit préparer 500,0 mL d'une solution de peroxyde d'hydrogène  $H_2O_2$  de concentration molaire  $C' = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Elle dispose d'une solution de concentration molaire  $C = 0,50 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

1. Quel volume de solution de concentration  $C$  doit-elle prélever ?
2. Quelle verrerie va-t-elle utiliser ?
3. Décrire succinctement le protocole opératoire.

**20 Dissolution - dilution**

Lors d'un TP un élève doit préparer, à partir d'un solide de formule brute  $C_{33}H_{34}N_2Na_2O_5S_3$ , un volume  $V = 250,0 \text{ mL}$  d'une solution de bleu brillant (colorant alimentaire E133) de concentration molaire en soluté  $c = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .



1. Montrer que la masse molaire moléculaire du bleu brillant est :  $M = 792,3 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
2. Calculer la quantité  $n$  de bleu brillant nécessaire à la préparation de cette solution.
3. En déduire la masse  $m$  utilisée.
4. Quelle verrerie faut-il utiliser pour réaliser cette dissolution ?

5. Maintenant l'élève doit préparer  $V=100,0 \text{ mL}$  d'une solution diluée 10 fois par rapport à la solution précédente. Quel volume de solution mère va-t-il prélever ?
6. Dans quel verrerie va-t-il verser ce volume ?
7. Quelle est la quantité  $n_1$  de bleu brillant dans la solution diluée ?

**21 Incertitude-type de répétabilité**

L'erreur de répétabilité lors de l'utilisation d'une pipette jaugée dépend uniquement de la personne qui manipule. Pour déterminer son erreur de répétabilité, un manipulateur a réalisé 10 prélèvements d'eau avec la pipette jaugée, puis pesé la masse  $m$  de chacun des prélèvements. Les résultats de ces mesures sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Mesure n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Masse (g)	10,02	9,99	10,03	10,00	9,95	9,96	10,01	10,00	10,04	9,98

1. Fort de votre expérience, quelles sont les sources d'erreurs lorsqu'on manipule une pipette jaugée ?
2. Calculer la valeur moyenne  $\bar{m}$  des 10 pesées.
3. Calculer l'incertitude type  $u(m)$  associée à cette moyenne.
4. En déduire l'incertitude type de répétabilité  $u_{\text{rep}}(V)$  pour l'utilisation d'une pipette jaugée de 10 mL.

**Donnée**

Masse volumique de l'eau :  $\rho = 1,00 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$

**22 Incertitude lors d'une dilution**

Un élève dispose d'une solution de vitamine C à une concentration molaire  $C_1 = (0,500 \pm 0,002) \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Il souhaite préparer ( $V_2 = 250,0 \pm 0,3$ ) mL une solution diluée de vitamine C de concentration  $C_2 = 0,02 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Il dispose des pipettes jaugées suivantes :

$$V = (5,00 \pm 0,04) \text{ mL} ; V = (10,00 \pm 0,09) \text{ mL} ;$$

$$V = (20,0 \pm 0,1) \text{ mL} ; V = (25,0 \pm 0,2) \text{ mL}.$$

1. Quelle pipette jaugée doit-il choisir ?

2. Quelle est l'incertitude-type sur la valeur de la concentration  $C_2$  ?

3. Présenter la valeur de la concentration sous la forme  $C_2 = (\dots \pm \dots) \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

**Donnée**

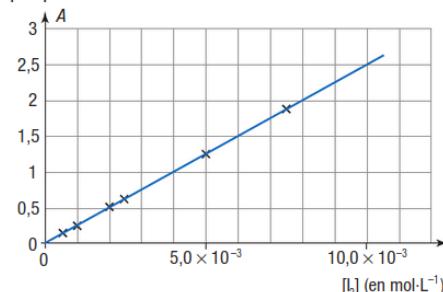
L'incertitude-type sur la valeur de la concentration  $C_2$  est donnée par la relation :

$$u(C_2) = C_2 \times \sqrt{\left(\frac{u(C_1)}{C_1}\right)^2 + \left(\frac{u(V_1)}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{u(V_2)}{V_2}\right)^2}$$

**23 Dosage du diiode par étalonnage**

Le Lugol est un antiseptique. Il contient du diiode  $I_2$ . L'objectif est de déterminer la masse de  $I_2$  dans 100 mL de solution de Lugol.

On mesure l'absorbance  $A$  de six solutions aqueuses de diiode de concentrations molaires en soluté différentes. Les résultats de l'expérience permettent de tracer le graphique suivant :



La solution de Lugol a été diluée 10 fois. On mesure l'absorbance de la solution diluée :  $A = 1,00$ .

1. Déterminer la concentration molaire  $C_d$  en diiode de la solution diluée.
2. En déduire la concentration molaire  $C$  en diiode de la solution de Lugol.
3. Calculer la masse  $m$  de diiode  $I_2$  dans un volume de 100 mL de solution de Lugol.

## Applications technologiques



### 24 Dosage par étalonnage d'un colorant



Le sirop de menthe contient un mélange de deux colorants alimentaires : le bleu patenté et le jaune tartrazine. Le colorant bleu patenté est un additif alimentaire connu sous la dénomination E131. La dose journalière admissible (DJA) de ce colorant est 2,5 mg par kilogramme de masse corporelle et par jour. On cherche à déterminer le volume de sirop qu'il faudrait boire pour atteindre la DJA.



A l'aide d'un spectrophotomètre, on mesure l'absorbance  $A$  de différentes solutions diluées contenant du bleu patenté à une longueur d'onde  $\lambda = 630 \text{ nm}$ .

$C_m (\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	10,0	5,0	2,0	1,0	0,50
$A$	1,20	0,58	0,23	0,12	0,07

On prépare  $V = 200,0 \text{ mL}$  d'une solution  $S_1$  de sirop de menthe avec  $V = 20,0 \text{ mL}$  de sirop. L'absorbance de cette solution est  $A = 0,31$ . On suppose que seul le bleu patenté absorbe à cette longueur d'onde.

- Pourquoi utilise-t-on un mélange de colorants jaune et bleu pour le sirop de menthe ?
- Tracer précisément  $A$  en fonction de  $C_m$ .
- En déduire la concentration massique  $C_{m,\text{sirop}}$  de E131 dans la solution  $S_1$ .
- Quelle est la masse  $m_{\text{E131}}$  contenue dans  $V = 200 \text{ mL}$  de solution  $S_1$  ?
- Un adolescent de masse corporelle dépasse-t-il la DJA si il boit 200 mL de solution  $S_1$  ? Combien de litre de solution  $S_1$  faudrait-il qu'il boive pour atteindre cette limite ?

### 25 Dosage du glucose par réfractométrie

On souhaite déterminer la teneur en sucre d'un jus de pomme artisanal. Pour cela, on procède à un dosage par réfractométrie en utilisant des solutions étalons de saccharose.

Le réfractomètre donne un résultat en degré Brix ( $^{\circ}\text{Brix}$ ). Le degré Brix indique la masse de saccharose  $C_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  (en grammes) contenue dans 100 g de solution à  $20^\circ\text{C}$ .

Après avoir réalisé les solutions étalons, on a mesuré le degré Brix des solutions. Les résultats de ces mesures sont résumés dans le tableau ci-dessous.

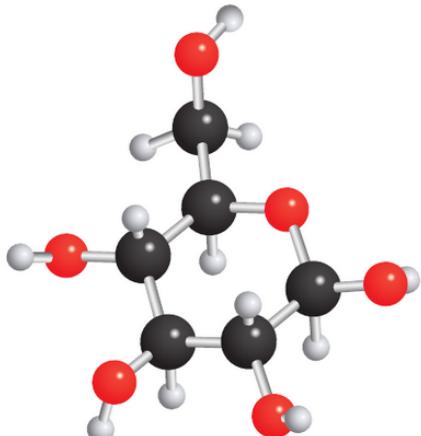
$C_m (\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	0	80	100	120	140	160	180
Masse de saccharose ( $^{\circ}\text{Brix}$ )	0	10	11,9	13,8	15,7	17,4	19,2

Le degré Brix du jus de pomme artisanal vaut 12,1.

- Décrire succinctement le phénomène de réfraction.
- Comment nomme-t-on ce type de dosage ?
- Proposer un protocole expérimental afin de préparer  $V = 100,0 \text{ mL}$  de la solution étalon de concentration massique en soluté  $C_m = 80 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .
- Tracer la courbe  $M_{\text{Saccharose}} = f(C_m)$ . ( $M_{\text{Saccharose}}$  s'exprime en  $^{\circ}\text{Brix}$ .)
- Déduire du graphique la concentration massique en saccharose  $C_{m,\text{jus}}$  du jus de pomme artisanal.

**26 Solution pour perfusion****BAC**

Une solution isotonique de glucose permet la réhydratation d'un patient tout en lui apportant du glucose, source d'énergie pour les cellules. Cette solution est administrée par intraveineuse.



Les atomes de carbone sont représentés par des sphères noires, l'oxygène par des sphères rouges et l'hydrogène par des sphères blanches.

▲ Doc. 1 Modèle moléculaire du glucose.

**Glucose 5%****Solution isotonique**

Formule :

Glucose anhydre 50 g

Eau p.p.i. q.s.p 1000 mL

Glucose 278 mmol/L

▲ Doc. 2 Étiquette d'une solution isotonique de glucose

La masse volumique  $\rho$  d'une solution est le rapport entre la masse  $m$  de la solution et son volume  $V$ :  $\rho = \frac{m}{V}$

où  $m$  s'exprime en kg ;  $V$  en  $\text{m}^3$  et  $\rho$  en  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

La masse peut également s'exprimer en g, le volume en mL et donc la masse volumique en  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

Attention : il ne faut pas confondre la masse volumique d'une solution et la concentration massique en soluté.

▲ Doc. 3 Masse volumique

On détermine la masse volumique de différentes solutions étalons de concentrations massiques en glucose connues.

$C_m$ ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	0	20	40	60	80	100
$\rho$ ( $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )	1	1,005	1,010	1,017	1,024	1,030

On détermine expérimentalement la masse volumique de la solution isotonique de glucose :

$$\rho = 1,015 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$$

▲ Doc. 4 Solutions étalons

1. Quelle est la formule brute du glucose ?
2. Donner la formule semi-développée du glucose.
3. Quel groupe fonctionnel reconnaît-on dans la molécule de glucose ?
4. D'après l'étiquette, quelle est la concentration massique  $C_m$  en glucose de la solution ?
5. Vérifier que la concentration molaire  $C$  en glucose est bien celle indiquée par l'étiquette.
6. Proposer un protocole expérimental pour préparer par dilution  $V_2 = 50,00 \text{ mL}$  d'une solution de concentration massique en glucose  $C_{m,2} = 20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  à partir d'une solution de concentration massique en glucose  $C_{m,1} = 100 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .
7. Comment peut-on déterminer expérimentalement la masse volumique d'une solution ?
8. À partir des données du document 4, déterminer la concentration massique en glucose  $C_{m,\text{iso}}$  de la solution isotonique. Détaillez votre raisonnement.