

# Synthèse en images

Quantité de matière

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

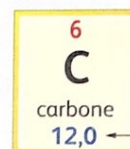


Masse  $m$

Carotène pur  $C_{40}H_{56}$

Masse molaire :

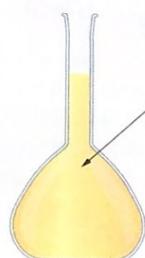
$$M = 40 \times M(C) + 56 \times M(H)$$



$M(C)$  en  $g \cdot mol^{-1}$

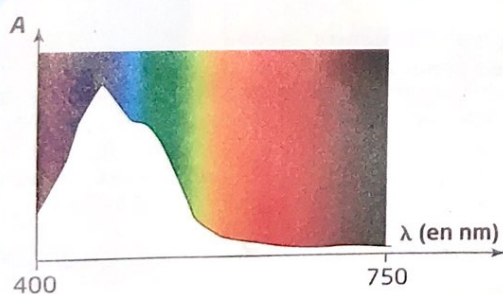
$$n = c \times V$$

$$n = \frac{c_m}{M} \times V$$



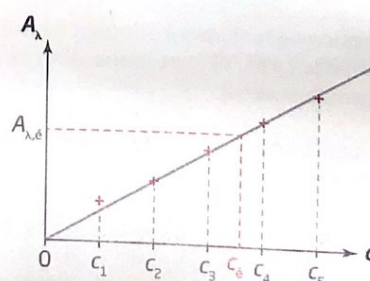
Solution aqueuse de carotène

- Concentration en quantité de carotène  $c$
- Volume de la solution  $V$
- Concentration en masse  $c_m$



Spectre d'absorption

Rayonnements peu absorbés :  
ROUGE - JAUNE  
Leur superposition conduit à la perception  
orangée de la solution



Dosage par étalonnage

Loi de Beer-Lambert

$$A_{\lambda} = \epsilon_{\lambda, \text{espèce}} \times \ell \times c$$





Si vous ne trouvez pas la bonne réponse, reportez-vous au § de la **synthèse des activités** correspondant pour vous aider.

Recopier en complétant avec un ou plusieurs mots.

- 1 La masse molaire d'une espèce se déduit de la ..... et des masses molaires des ..... qui la composent. ▶ §1
- 2 Le tableau ..... fournit la masse ..... des éléments chimiques. ▶ §1
- 3 Le volume d'un échantillon d'une espèce chimique est ..... à la quantité de matière qu'il contient. ▶ §1
- 4 Pour déterminer la quantité de ..... d'une espèce dans un mélange, il faut connaître le volume occupé par l'espèce et son ..... ▶ §2
- 5 Le spectre UV-visible d'une solution représente l'..... en fonction de la longueur d'onde. ▶ §3
- 6 Un dosage par ..... permet de déterminer la concentration d'un soluté à partir d'une ..... de teintes. ▶ §3

Indiquer la réponse exacte.

- 7 La masse molaire du dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  s'exprime par :  
 a.  $M(\text{CO}_2) = M(\text{C}) + M(\text{O})^2$ .  
 b.  $M(\text{CO}_2) = M(\text{C}) + M(\text{O})$ .  
 c.  $M(\text{CO}_2) = M(\text{C}) + 2 \times M(\text{O})$ . ▶ §1

- 8 La quantité de matière contenue dans un échantillon d'hélium ( $M_{\text{He}} = 4,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) de masse  $m = 8,0 \text{ g}$  est :  
 a.  $n = 2,0 \text{ mol}$ .  
 b.  $n = 0,50 \text{ mol}$ .  
 c.  $n = 32 \text{ mol}$ . ▶ §1
- 9 L'unité usuelle du volume molaire est :  
 a.  $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ .  
 b.  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .  
 c.  $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ . ▶ §1
- 10 La quantité de matière contenue dans un échantillon d'hélium de volume  $V = 2,4 \text{ L}$  ( $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) est :  
 a.  $n = 1,0 \text{ mol}$ .  
 b.  $n = 0,10 \text{ mol}$ .  
 c.  $n = 10 \text{ mol}$ . ▶ §1
- 11 L'unité usuelle de la concentration en quantité de matière est :  
 a.  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .  
 b.  $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ .  
 c.  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . ▶ §2
- 12 La concentration en quantité de saccharose d'une solution de volume  $V = 200 \text{ mL}$  contenant une quantité  $n = 0,50 \text{ mol}$  de saccharose est :  
 a.  $c = 2,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .  
 b.  $c = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .  
 c.  $c = 0,40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . ▶ §2

Corrigés p. 468



## Contrôle Technique!

### 13 Calculer une concentration en quantité de matière

#### EXERCICE RÉSOLU

Exprimer puis calculer la concentration en quantité d'aspirine (de masse molaire  $M = 180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) d'une solution de volume  $V = 500 \text{ mL}$  obtenue par dissolution dans l'eau d'un échantillon de masse  $m = 0,84 \text{ g}$  de solide.

#### SOLUTION

$$c = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{M \times V}$$

$$\text{A.N. : } c = \frac{0,84 \text{ g}}{180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0,500 \text{ L}} = 9,3 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 9,3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

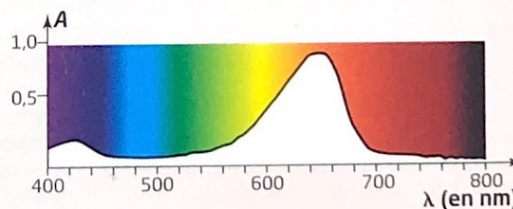
#### APPLICATION • Sur le modèle de l'exercice résolu

Exprimer puis calculer la concentration en quantité de paracétamol (de masse molaire  $M = 151 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) d'une solution de volume  $V = 100 \text{ mL}$  obtenue par dissolution dans l'eau d'un échantillon de masse  $m = 0,080 \text{ g}$  de solide.

### 14 Analyser un spectre

#### EXERCICE RÉSOLU

Le spectre d'absorption UV-visible d'une solution de colorant E133 est donné ci-dessous. Déterminer la longueur d'onde  $\lambda_m$  du maximum d'absorbance. En déduire la couleur de ce colorant.



#### SOLUTION

L'abscisse du maximum d'absorbance correspond à  $\lambda_m = 650 \text{ nm}$ , associée à un rayonnement rouge. La couleur complémentaire du rouge est le cyan, une solution de ce colorant est donc de couleur cyan.

#### APPLICATION • Sur le modèle de l'exercice résolu

Déterminer la couleur d'une solution dont le maximum d'absorbance se situe à la longueur d'onde  $\lambda_m = 500 \text{ nm}$ .



# Exercices

## APPLIQUER

### Grandeurs molaires

► § 1 de la synthèse des activités

#### EXERCICES RAPIDES

- 15** **ORAL** Réaliser un support visuel permettant de présenter oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe les grandeurs masse molaire et volume molaire, en mettant en relief leurs similitudes et leurs différences.
- 16** Calculer la masse molaire du saccharose (le sucre) de formule brute  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .
- 17** Calculer la masse molaire de l'ion phosphate  $PO_4^{3-}$ .
- 18** **Calculer le volume molaire**  
Un ballon de baudruche contient une quantité  $n = 100$  mmol d'hélium. Le gaz occupe un volume  $V_0 = 2,4$  L au moment de son lancer et  $V_1 = 5,6$  L au moment où le ballon explose après s'être élevé dans l'atmosphère.  
Calculer le volume molaire de l'hélium dans ces deux situations.

### 19 Relier masse et masse molaire

- Un amalgame dentaire contient un échantillon de mercure de masse  $m = 500$  mg, soit une quantité de matière  $n = 2,5$  mmol.
- Déterminer la masse molaire du mercure.
  - Comparer la valeur calculée avec la valeur fournie par le tableau périodique [→ **Rabat**].

### Calculer une quantité de matière

► § 2 de la synthèse des activités

#### EXERCICES RAPIDES

- 20** **ORAL** Réaliser un support visuel permettant de présenter oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe les étapes du raisonnement pour déterminer la quantité de matière contenue dans un échantillon de masse  $m = 3,0$  g de créatinine  $C_4H_7N_3O$ .
- 21** Le volume d'un dirigeable rempli de dihydrogène est de deux cent mille mètres cubes. Dans les conditions de vol en altitude (300 m), le volume molaire est  $V_m = 24,8$  L · mol<sup>-1</sup>. Calculer la quantité de dihydrogène que contient le dirigeable.
- 22** Calculer la quantité d'éthanol contenu dans une solution de volume  $V = 0,50$  L et de concentration en quantité d'éthanol  $c = 50$  mmol · L<sup>-1</sup>.
- 23** **Prélever une quantité de matière**  
Déterminer le volume d'eau iodée, de concentration en quantité de diiode  $c = 1,0$  mmol · L<sup>-1</sup>, qui doit être mesuré afin de prélever une quantité  $n = 0,20$  mol de diiode.

### 24 Utiliser le volume molaire

Une bouteille de plongée pleine, de volume  $V = 20,0$  L, contient une quantité  $n = 144$  mol d'air comprimé à la pression  $p = 176$  bar et à la température  $\theta = 20^\circ\text{C}$ .

- Exprimer puis calculer le volume molaire de l'air dans ces conditions de température et de pression.
- Sachant qu'à la même température et à pression atmosphérique, le volume molaire de l'air est  $V_m = 24,4$  L · mol<sup>-1</sup>, déterminer le volume occupé par l'air lorsqu'il s'échappe à l'extérieur.

#### S'AUTOÉVALUER

### 25 Analyser une étiquette

Analyse (mg/L)			
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	: 0,8	Hydrogénocarbonate (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	: 3,6
Sodium (Na <sup>+</sup> )	: 6,7	Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	: 2,0
Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )	: 1,0	Chlorure (Cl <sup>-</sup> )	: 14
Potassium (K <sup>+</sup> )	: 0,2	Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	: 1,6

Extrait sec à 180°C : 40 mg/L - pH : 5

- Calculer la concentration en quantité de chaque espèce ionique présente dans cette eau minérale.
- En déduire la quantité de chaque espèce ionique dans une bouteille pleine d'eau minérale de volume  $V = 1,5$  L.
- Identifier, parmi l'ion magnésium et l'ion sulfate, lequel est le plus abondant dans cette bouteille.

#### INDICATEURS DE RÉUSSITE

##### RÉALISER

- Les relations entre  $c$ ,  $n$  et  $V$  puis entre  $c_m$ ,  $m$  et  $V$  et enfin entre  $n$ ,  $m$  et  $M$  sont rappelées afin de déterminer la relation entre  $c$  et  $c_m$ .
- Les calculs sont menés en faisant attention aux unités et aux chiffres significatifs.

##### ANALYSER-RAISONNER

L'abondance d'une espèce est interprétée par la comparaison des quantités de matière.

### 26 Préparer une solution

Exprimer puis calculer la masse  $m$  de glucose qu'il faut dissoudre afin de préparer une solution de volume  $V = 250,0$  mL et de concentration en quantité de glucose  $c = 20$  mmol · L<sup>-1</sup>.  
Donnée : formule brute du glucose  $C_6H_{12}O_6$ .

### 27 Diluer une solution

On dispose d'une solution  $S_1$  de concentration en quantité d'éthanol  $c_1 = 2,0$  mol · L<sup>-1</sup>. On souhaite préparer une solution  $S_2$  de volume  $V_2 = 100$  mL et de concentration en quantité d'éthanol  $c_2 = 0,50$  mol · L<sup>-1</sup>.

- Exprimer puis calculer le volume de la solution  $S_1$  qu'il faut prélever.
- Décrire le mode opératoire pour la préparation de la solution  $S_2$ .



## Spectrophotométrie UV-visible

► § 3 de la synthèse des activités

## EXERCICES RAPIDES

**28** **ORAL** Réaliser un support visuel permettant de présenter oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe le principe d'un dosage par étalonnage utilisant un spectrophotomètre.

**29** Déterminer la concentration en quantité d'ion cuivre (II) d'une solution placée dans une cuve de largeur 1,0 cm et dont l'absorbance est  $A_{700} = 0,63$ , sachant que le coefficient d'absorption molaire de l'ion cuivre (II) est  $\epsilon_{700} = 12 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ .

**30** Utiliser un spectrophotomètre

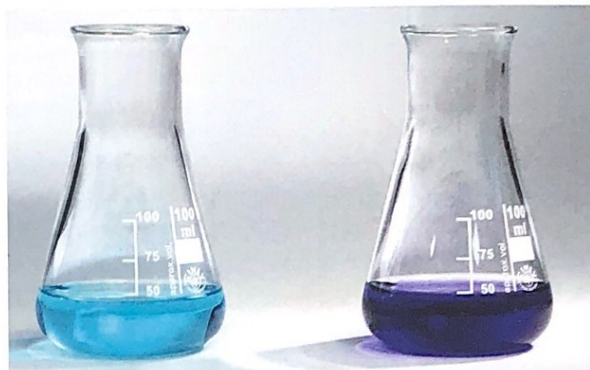
La mesure de l'absorbance  $A_{400,i}$  de plusieurs solutions étalons de dichromate de potassium ( $2\text{K}^+, \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) de concentration en quantité de matière  $c_i$  a conduit aux résultats rassemblés ci-dessous.

Solution	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$
$c_i$ (en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
$A_{400,i}$	1,46	1,17	0,89	0,58	0,30

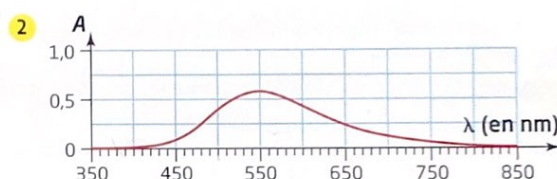
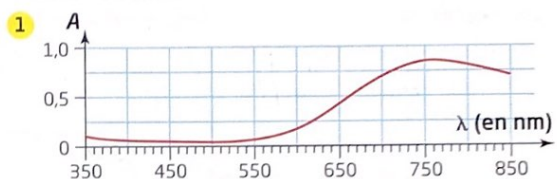
- Tracer le nuage de points expérimentaux en plaçant l'absorbance en ordonnée et la concentration en quantité en abscisse.
- Tracer la droite d'étalonnage représentant  $A_{400}$  en fonction de  $c$ .
- Une solution de dichromate de potassium de concentration en quantité de matière  $c'$  inconnue possède, dans les mêmes conditions de mesure, une absorbance  $A'_{400}$  égale à 1,04. En déduire la concentration en quantité  $c'$  de dichromate de potassium.

**31** Identifier une solution d'après sa couleur

Les solutions ci-dessous sont deux solutions d'éthanoate de cuivre (II), l'une dans l'eau, l'autre dans l'eau en présence d'éthylènediamine.



On donne ci-dessous les spectres d'absorption UV-visible de ces deux solutions.



Attribuer chaque spectre à la solution à laquelle il correspond.

## QCM pour faire le point

Pour chaque question, indiquer la ou les réponse(s) exacte(s).

**32** Des échantillons de diazote et de dioxygène, pris dans les mêmes conditions de température et de pression, et de même masse :

- contiennent le même nombre d'entités.
- contiennent la même quantité de matière.
- ont la même masse molaire.

**33** Une dosette de sérum physiologique de volume  $V = 5,0 \text{ mL}$  porte l'information suivante : « solution de chlorure de sodium à 0,90 % en masse ».

Donnée : masse volumique du sérum physiologique,  $\rho = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ .

- La dosette contient 0,045 mL de chlorure de sodium.
- La dosette contient 45 mg de chlorure de sodium.
- La concentration en quantité de chlorure de sodium est égale à  $0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

**34** L'absorbance maximale  $A_{\text{max}} = 0,90$  d'une solution colorée est obtenue pour la longueur d'onde  $\lambda_m = 680 \text{ nm}$ . Cette solution :

- est rouge.
- est cyan.
- absorbe le rouge.

**35** La solution de l'exercice précédent est diluée d'un facteur deux :

- $\lambda_m$  est divisée par deux.
- $\lambda_m$  est multipliée par deux.
- $A_{\text{max}}$  est divisée par deux.

Corrigés p. 468

## 36 Nettoyage d'une pièce métallique

## ÉNONCÉ

Traiter des pièces métalliques avec de l'acide chlorhydrique permet de les décaper. Pour illustrer cette technique, de la poudre de fer de masse  $m_{\text{Fe}} = 5,58 \text{ g}$  est introduite dans une solution d'acide chlorhydrique de concentration en quantité d'ion  $\text{H}^+(\text{aq})$   $c = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Il se forme l'ion  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  et du dihydrogène gazeux. La masse du système diminue de  $0,20 \text{ g}$ .

1. Écrire l'équation de réaction modélisant cette transformation.
2. Exprimer puis calculer la quantité de fer introduite.
3. Exprimer puis calculer le volume minimal  $V_{\text{min}}$  de la solution d'acide chlorhydrique à utiliser pour consommer tout le fer solide.
4. Déterminer la quantité de matière du gaz formé, puis le volume de gaz qui se dégage dans les conditions de l'expérience (volume molaire  $V_m = 24,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ ).

## UNE SOLUTION

1. Selon l'énoncé, les réactifs sont  $\text{Fe}(\text{s})$  et  $\text{H}^+(\text{aq})$ ; les produits sont  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  et  $\text{H}_2(\text{g})$ . L'équation de réaction s'écrit :  $\text{Fe}(\text{s}) + 2 \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ .

2. L'expression qui relie masse et quantité de matière est :  $n_{\text{Fe}} = \frac{m_{\text{Fe}}}{M_{\text{Fe}}}$  avec  $M_{\text{Fe}}$  la masse molaire de l'élément fer; d'après le tableau périodique,  $M_{\text{Fe}} = 55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

$$\text{A.N. : } n_{\text{Fe}} = \frac{5,58 \text{ g}}{55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,100 \text{ mol.}$$

3. Le fer doit être le réactif limitant, donc  $\frac{n_{\text{H}^+}}{n_{\text{Fe}}} > \frac{2}{1}$ .

La quantité minimale d'ion  $\text{H}^+$  à introduire est donc telle que  $\frac{n_{\text{H}^+, \text{min}}}{n_{\text{Fe}}} = \frac{2}{1}$ , c'est-à-dire  $n_{\text{H}^+, \text{min}} = 2 \times n_{\text{Fe}}$ .

L'expression qui relie la quantité de matière à la concentration en quantité de matière est :  $c_{\text{H}^+} = \frac{n_{\text{H}^+}}{V}$  soit  $V = \frac{n_{\text{H}^+}}{c_{\text{H}^+}}$ . Ainsi  $V_{\text{min}} = \frac{n_{\text{H}^+, \text{min}}}{c} = \frac{2 \times n_{\text{Fe}}}{c}$ .

$$\text{A.N. : } V_{\text{min}} = \frac{2 \times 0,100 \text{ mol}}{1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,20 \text{ L.}$$

4. L'expression qui relie la quantité de matière au volume molaire se déduit de :

$n_{\text{H}_2} = \frac{m_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2}}$  avec  $M_{\text{H}_2}$  la masse molaire du dihydrogène; d'après le tableau périodique,  $M_{\text{H}_2} = 2 \times 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

$$\text{A.N. : } n_{\text{H}_2} = \frac{0,20 \text{ g}}{2 \times 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,10 \text{ mol.}$$

$$V_{\text{H}_2} = n_{\text{H}_2} \times V_m$$

$$\text{A.N. : } V_{\text{H}_2} = 0,10 \text{ mol} \times 24,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 2,4 \text{ L.}$$



## RÉALISER

Écrire les unités dans les étapes intermédiaires peut être utile mais ce n'est pas du tout obligatoire. L'unité est en revanche indispensable dans l'écriture finale du résultat.

## ANALYSER-RAISONNER

Le volume minimal d'acide chlorhydrique est le plus petit volume à utiliser tel que le fer soit le réactif limitant.

## S'APPROPRIER

Il faut identifier que l'origine de la diminution de la masse correspond au dégagement du gaz formé, donc au dihydrogène.

## ANALYSER-RAISONNER

Pour relier la masse donnée dans l'énoncé et le volume attendu, il y a deux étapes de raisonnement faisant intervenir la quantité de matière.

## APPLICATION

## Sur le modèle de l'exercice résolu

## 37 Appareil de Kipp

L'appareil de Kipp contenant un échantillon de zinc  $\text{Zn}$  de masse  $m = 1,0 \text{ g}$  permet de produire aisément du dihydrogène gazeux grâce à la réaction du zinc solide avec une solution d'acide chlorhydrique de concentration en quantité d'ion  $\text{H}^+(\text{aq})$   $c = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

L'ion  $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$  se forme aussi lors de cette transformation.

1. Écrire l'équation de réaction modélisant cette transformation.
2. Exprimer puis calculer la quantité de zinc initialement présent dans la bouteille.
3. Exprimer puis calculer le volume minimal  $V_{\text{min}}$  de la solution d'acide chlorhydrique à utiliser pour consommer tout le zinc solide.





## 38 Doser la salive

## ÉNONCÉ

L'absorbance des solutions  $S_i$  d'une gamme étalon contenant l'ion thiocyanatofer (III)  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$  est donnée dans le tableau ci-dessous. Les mesures ont été effectuées à la longueur d'onde  $\lambda = 490 \text{ nm}$  dans une cuve de largeur  $\ell = 1,00 \text{ cm}$ .

$c$ (en $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	0,40	0,60	1,2	1,6	2,0
$A_{490,i}$	0,12	0,34	0,46	0,62	0,80

Un échantillon de salive humaine de volume  $V = 250 \mu\text{L}$  est ajouté dans une solution d'ion fer(III) afin d'obtenir une solution  $S$  de volume  $V' = 10,0 \text{ mL}$ . Dans ces conditions, la totalité de l'ion thiocyanate  $\text{SCN}^-$  contenu dans la salive réagit avec l'ion fer (III) pour former l'ion  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ . La solution  $S$  a une absorbance  $A'_{490} = 0,65$ .

- Déterminer la valeur du coefficient d'absorption molaire  $\epsilon_{490}$  de l'ion thiocyanatofer (III). S'aider éventuellement d'un tableur-grapheur.
- Déterminer de deux façons différentes la concentration en quantité  $c'$  d'ion thiocyanatofer (III) de la solution  $S$ , puis la concentration en quantité  $c_{\text{salive}}$  d'ion thiocyanate dans la salive.

## UNE SOLUTION

- Les points expérimentaux sont au voisinage d'une droite passant par l'origine : il y a proportionnalité entre  $c$  et  $A$ ; ainsi cette espèce suit la loi de Beer-Lambert :  $A_{490} = \epsilon_{490} \times \ell \times c$ . Le coefficient directeur de la droite est donc

$$a = \epsilon_{490} \times \ell, \text{ soit } \epsilon_{490} = \frac{a}{\ell}.$$

La modélisation donne  $a = 0,39 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

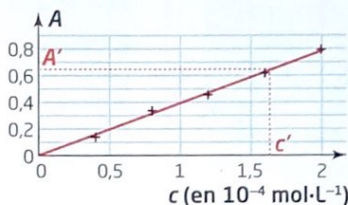
$$\text{A.N. : } \epsilon_{490} = \frac{a}{\ell} = \frac{0,39 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}}{1,00 \text{ cm}} = 3,9 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}.$$

- La concentration en quantité inconnue  $c'$  peut être déterminée par lecture graphique : l'antécédent (par la droite) de l'absorbance  $A'_{490} = 0,65$  est :  $c' = 1,65 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . On peut également utiliser le coefficient d'absorption molaire et la loi de Beer-Lambert :

$$c' = \frac{A'_{490}}{\epsilon_{490} \times \ell} = \frac{0,65}{3,9 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \times 1,00 \text{ cm}} = 1,65 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

La solution  $S$  a été obtenue par dilution de la salive :

$$c_{\text{salive}} = \frac{V' \times c'}{V_{\text{salive}}} = \frac{10,0 \text{ mL} \times 1,65 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{250 \mu\text{L}} = \frac{10,0 \times 10^3 \mu\text{L} \times 1,65 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{250 \mu\text{L}} = 6,6 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$



La teneur en ion thiocyanate dans la salive renseigne sur l'exposition d'une personne au tabagisme.

## RÉALISER

- Ne pas oublier de placer l'origine du graphique, les grandeurs portées sur les axes ainsi que leur unité.
- La détermination du coefficient directeur  $a$  de la droite peut se faire soit avec les fonctionnalités d'un tableur-grapheur, soit en choisissant deux points de la droite  $A(x_A; y_A)$  et  $B(x_B; y_B)$  : 
$$a = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}.$$

## ANALYSER-RAISONNER

Le coefficient directeur est le quotient d'une valeur en ordonnée par une valeur en abscisse. Il a donc l'unité de l'ordonnée (ici sans unité, représentée par 1) divisée par l'unité de l'abscisse (ici  $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

## RÉALISER

Écrire les unités dans les étapes intermédiaires peut être utile mais ce n'est pas du tout obligatoire. L'unité est en revanche indispensable dans l'écriture finale du résultat.

## S'APPROPRIER

Il faut identifier la solution mère, ici la salive et la solution fille, ici appelée  $S$ .

## APPLICATION

Sur le modèle de l'exercice résolu

## 39 Un antiseptique coloré

L'absorbance des solutions  $S_i$  d'une gamme étalon de cinq solutions aqueuses de l'ion permanganate est donnée ci-dessous ( $\ell = 1,0 \text{ cm}$ ;  $\lambda = 530 \text{ nm}$ ).

$A_{530,i}$	0,221	0,176	0,131	0,088	0,044
$c$ (en $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	100	80	60	40	20

Une solution diluée de Dakin dans laquelle la seule espèce colorée est l'ion permanganate a une absorbance  $A'_{530} = 0,14$  dans les mêmes conditions.

Calculer la concentration en quantité d'ion permanganate  $c'$  de la solution diluée de Dakin.





# Exercices

## S'ENTRAINER

### 40 Retour sur l'ouverture de chapitre

ANALYSER-RAISONNER

Afin de teindre de la laine, on utilise un colorant pour préparer cinq bains (ou solutions) différents. Pour obtenir une couleur donnée, la laine est trempée dans l'un des bains pendant 3 h.



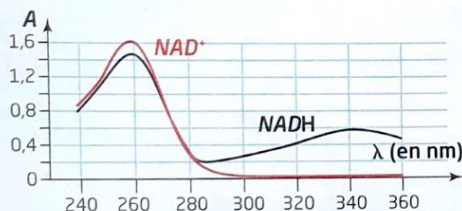
Quatre des cinq bains de teinture ont été préparés avec précision : la masse de colorant et le volume de solution sont connus précisément. Le 5<sup>e</sup> bain a été préparé sans précaution et la masse de colorant introduit est inconnue.

Proposer une expérience permettant de déterminer la masse de colorant contenu dans le 5<sup>e</sup> bain.

### 41 In english please

ANALYSER-RAISONNER RÉALISER

The biomolecule nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) has a typical absorption maximum at 340 nm, but only when protonated (NADH). The very high difference in the absorption between the form NAD<sup>+</sup> (red curve) and the form NADH (black curve) at this peak makes it a highly useful tool in analytical, enzyme kinetic and medical diagnostic measurements.



a. Déterminer la longueur d'onde  $\lambda_m$  du maximum d'absorbance de la forme NADH au-delà de 280 nm. Préciser si la forme NAD<sup>+</sup> absorbe le rayonnement ayant cette longueur d'onde.

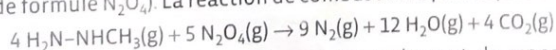
b. Indiquer à quel domaine du spectre des ondes électromagnétiques ce rayonnement correspond.

c. Un processus biochimique transforme NADH en NAD<sup>+</sup>. Déterminer, en justifiant, la longueur d'onde du rayonnement le plus adapté à l'étude de cette transformation.

### 42 Propulsion d'Ariane 5

ANALYSER-RAISONNER RÉALISER

L'étage à propergols stockables (EPS) est l'étage supérieur d'Ariane 5. Son rôle est d'ajuster la satellisation des charges utiles selon l'orbite visée et d'assurer leur orientation et leur séparation. Il comporte quatre réservoirs en aluminium contenant le combustible (monométhylhydrazine ou MMH de formule  $H_2N-NHCH_3$ ) et le comburant (peroxyde d'azote de formule  $N_2O_4$ ). La réaction de combustion a pour équation :



La fusée embarque une réserve de carburant de masse  $m_{tot} = 11,2$  tonnes composé de 28,6 % de MMH et 71,4 % de peroxyde d'azote.

a. Exprimer puis calculer la quantité de matière introduite de chacun des réactifs.

b. En déduire si un réactif est limitant et si oui l'identifier.

### 43 Doser par étalonnage

ANALYSER-RAISONNER RÉALISER

Pour doser l'ion cuivre (II)  $Cu^{2+}$  contenu dans une solution de concentration en quantité de matière  $c_0$  inconnue, une gamme d'étalon est réalisée en diluant une solution mère d'ion  $Cu^{2+}$  de concentration en quantité  $c = 1,0 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ . L'absorbance de chaque solution est mesurée à la longueur d'onde  $\lambda = 655 \text{ nm}$ . La largeur de la cuve utilisée est  $\ell = 1,0 \text{ cm}$ . Les résultats des mesures sont rassemblés dans le tableau suivant.

Solution	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$
Dilution*	1/5 <sup>e</sup>	1/10 <sup>e</sup>	1/20 <sup>e</sup>	1/50 <sup>e</sup>	1/100 <sup>e</sup>
$A_{655}$	0,601	0,302	0,151	0,060	0,031

\* « 1/x<sup>e</sup> » signifie que le quotient de la concentration de la solution fille par la concentration de la solution mère est égal à 1/x.

a. Utiliser un tableur-grapheur pour déterminer la concentration en quantité d'ion  $Cu^{2+}$  de chaque solution, puis tracer le nuage de points expérimentaux en plaçant en abscisse la concentration en quantité et en ordonnée l'absorbance  $A_{655}$ .

b. Utiliser les fonctionnalités du tableur-grapheur pour tracer la droite passant au plus près des points expérimentaux et déterminer le coefficient directeur de la droite d'étalonnage.

c. La solution de concentration en quantité de matière  $c_0$  a pour absorbance  $A_{655} = 0,256$ . En déduire la valeur de  $c_0$  par une méthode graphique, puis par une méthode calculatoire.

### 44 Métallurgie du fer

ANALYSER-RAISONNER RÉALISER

Les hauts fourneaux permettent de produire du fer à partir du minerai (essentiellement constitué d'oxyde de fer  $Fe_2O_3$ ) et du monoxyde de carbone CO, obtenu par combustion du coke (dérivé du charbon). Une installation moderne peut fournir plusieurs milliers de tonnes de fer (fonte) par jour.



a. Écrire l'équation de réaction entre CO et  $Fe_2O_3$ , sachant qu'il se forme du fer Fe et du dioxyde de carbone.

b. Un échantillon de minerai de fer de masse  $m = 2,5$  tonnes est introduit dans le haut fourneau. Exprimer puis calculer la quantité de matière correspondante.

c. Dans les conditions d'exploitation (pression atmosphérique et température égale à 600 °C), le volume molaire des gaz est  $V_m = 72 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Calculer le volume de monoxyde de carbone consommé par cette transformation.

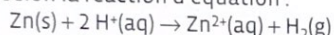


### 45 • Pluies acides et gouttières en zinc

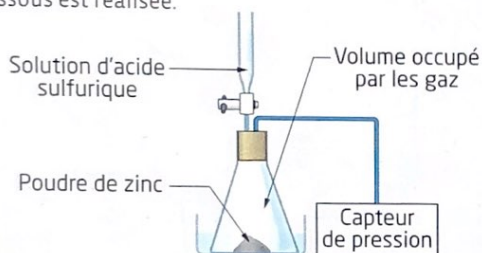
S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER RÉALISER

Les eaux de pluie sont naturellement acides en raison du dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère et qui se dissout en partie dans l'eau.

Par ailleurs, la combustion des matières fossiles (charbon, pétrole, gaz) produit du dioxyde de soufre et des oxydes d'azote qui réagissent avec l'eau présente dans l'air pour former de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique. Ces acides renforcent le caractère acide des eaux de pluie. Très souvent, les pluies s'écoulant des toits sont recueillies par des gouttières métalliques constituées de zinc. Or ce métal réagit en milieu acide selon la réaction d'équation :



Pour étudier cette transformation, l'expérience schématisée ci-dessous est réalisée.



Un échantillon de poudre de zinc de masse  $m = 500 \text{ mg}$  est ajouté à une solution d'acide sulfurique de volume  $V = 75,0 \text{ mL}$  et de concentration en quantité d'ion hydrogène  $c = 0,400 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

La pression mesurée dans l'état initial par le capteur est  $p_i = 1020 \text{ hPa}$  (hectopascals).

À la fin de la transformation chimique, la pression est  $p_f = 1757 \text{ hPa}$ .

La température  $\theta = 25,0^\circ \text{C}$  et le volume  $V_{\text{gaz}} = 257 \text{ mL}$  occupé par les gaz sont supposés constants.

Donnée : volume molaire des gaz à  $25^\circ \text{C}$

Pression (en hPa)	$V_m$ (en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ )
1020	$V_{m,i} = 24,3 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$
1757	$V_{m,f} = 14,1 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

a. Identifier le réactif limitant.

b. Déterminer la quantité de dihydrogène formé. Commenter le résultat.

### DIFFÉRENCIATION

■ Aides à la fin du manuel.

### 46 • Limite de la loi de Beer-Lambert

Fichier numérique

S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

Pour effectuer le dosage par étalonnage d'une solution d'ion  $\text{Cu}^{2+}$  permettant de fabriquer une solution phytosanitaire de bouillie bordelaise, le technicien d'un laboratoire prépare une gamme étalon, puis mesure l'absorbance des solutions

obtenues à  $\lambda = 737 \text{ nm}$  avec un spectrophotomètre de grande sensibilité (c'est-à-dire dont l'absorbance est fiable jusqu'à une valeur de 6) :

Solution $S_i$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$
$c_i$ (en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	0,040	0,080	0,12	0,16	0,20
$A_{737,i}$	0,394	0,780	1,167	1,563	1,916

Solution $S_i$	$S_6$	$S_7$	$S_8$	$S_9$	$S_{10}$	$S_{11}$
$c_i$ (en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44
$A_{737,i}$	2,305	2,661	2,963	3,221	3,450	3,585

a. Tracer le nuage de points expérimentaux permettant de vérifier la loi de Beer-Lambert.

b. Déterminer les solutions de cette gamme utilisables pour déterminer le coefficient d'absorption molaire de l'ion  $\text{Cu}^{2+}$  dans ces conditions.

c. On souhaite utiliser cette gamme étalon pour doser une solution de bouillie bordelaise dont la concentration en quantité de matière est environ égale à  $0,50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Proposer un protocole expérimental.

### 47 • Un changement de couleur

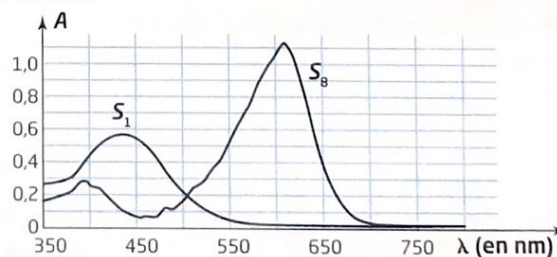
S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER RÉALISER

Le bleu de bromothymol (BBT) est un indicateur coloré de pH : il est constitué d'un mélange de deux espèces chimiques dont les solutions aqueuses sont colorées. La proportion de chacune des espèces dans la solution de BBT dépend du pH de celle-ci : on note  $A_c$  l'espèce majoritaire lorsque la solution est acide et  $B_a$  l'espèce majoritaire lorsque la solution est basique.

Des solutions de même concentration en quantité ( $c_{\text{tot}} = c_{A_c} + c_{B_a} = 27 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) de BBT mais de pH différent sont préparées ; les valeurs de pH et les absorbances (cuve  $\ell = 1,0 \text{ cm}$ ,  $\lambda = 620 \text{ nm}$ ) de ces solutions sont données ci-dessous.

Solution	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$	$S_8$
pH	4,8	5,8	6,7	7,0	7,3	7,8	8,7	11
A	0,000	0,004	0,260	0,420	0,630	0,890	1,090	1,094

Les spectres d'absorption des solutions  $S_1$  et  $S_8$  sont représentés ci-dessous.



a. Déterminer la couleur d'une solution de l'espèce  $A_c$  seule ( $S_1$ ) puis de l'espèce  $B_a$  seule ( $S_8$ ).

b. Justifier la nécessité de travailler à la longueur d'onde  $\lambda = 620 \text{ nm}$  pour déterminer la concentration en quantité de  $B_a$  dans les solutions.

c. Calculer le coefficient d'absorption molaire  $\epsilon_{B_a,620}$  de l'espèce  $B_a$  à  $620 \text{ nm}$ .

d. Calculer la concentration en quantité  $c_{B_a}$  de  $B_a$ , dans les solutions  $S_1$  à  $S_8$ .



# Exercices

## S'ENTRAINER

- En déduire  $c_{Ac}$  pour l'ensemble des solutions.
- Représenter graphiquement, sur un même graphique,  $c_{Ac}$  et  $c_{Ba}$  en fonction du pH.
- Que peut-on dire de la couleur de la solution à pH = 7,0 ?
- Proposer une explication du mode de fonctionnement d'un indicateur coloré de pH.

### 48 • Dosage par étalonnage

ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

Fichier numérique

Au XIX<sup>e</sup> siècle, le médecin français Jean Lugol met au point une solution d'iode qui porte aujourd'hui son nom. Cette solution est utilisée pour des traitements de la thyroïde, comme marqueur lors d'endoscopies ou comme antiseptique par exemple.

Une solution de Lugol® contient un échantillon de diiode  $I_2$  de masse  $m_1 = 1$  g et un échantillon d'iodure de potassium KI de masse  $m_2 = 2$  g dans une solution aqueuse de volume  $V = 100$  mL. On souhaite vérifier cette composition.

À partir d'une solution  $S_0$  de concentration en quantité de diiode  $c_0 = 5,00 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ , sept solutions étalons de concentration en quantité  $c_i$  de diiode sont préparées.

L'absorbance  $A_{480,i}$  de chaque solution étalon à la longueur d'onde  $\lambda = 480$  nm, qui correspond au maximum d'absorption de la solution dans le visible, est mesurée avec un spectrophotomètre de tolérance  $\delta = 0,003$ . Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Solution $S_i$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$
$c_i$ (en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	0,250	0,500	1,00	1,25	2,00	2,50	4,00
$A_i$	0,1217	0,2413	0,4807	0,6036	0,9587	1,203	1,921

L'absorbance d'une solution de Lugol® diluée d'un facteur 20 est également mesurée dans les mêmes conditions expérimentales  $A_{480,\text{Lugol}} = 0,9177$ .

- Prévoir la couleur d'une solution aqueuse de diiode.
- Rédiger un protocole pour préparer la solution  $S_3$  à partir de la solution mère  $S_0$ .
- Déterminer l'incertitude-type sur la mesure de l'absorbance. En déduire les valeurs de l'absorbance avec un nombre adapté de chiffres significatifs.
- Tracer le nuage de points représentant l'absorbance  $A_{480}$  en fonction de la concentration en quantité de diiode  $c$ .
- Calculer la masse de diiode présente dans 100 mL de solution de Lugol®.
- Comparer cette valeur calculée à la masse de diiode indiquée dans la notice de la solution commerciale, sachant que l'incertitude-type sur la masse de diiode dans cette expérience est évaluée à  $u(m_{I_2}) = 0,05$  g.
- Cette détermination ne serait pas possible si les ions iodure et potassium absorbaient des rayonnements visibles. Expliquer.



### 49 • Antiseptique local

ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

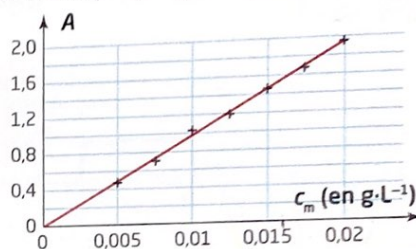
La solution photographiée ci-contre contient un antiseptique local léger à visée asséchante. Elle est utilisée dans le traitement d'appoint des lésions cutanées susceptibles de s'infecter.

La solution pharmaceutique, de masse volumique  $\rho = 1,02 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ , contient 2,0 %, en masse d'éosine. L'éosine a pour formule brute :  $C_{20}H_6O_9N_2Br_2Na_2$ .

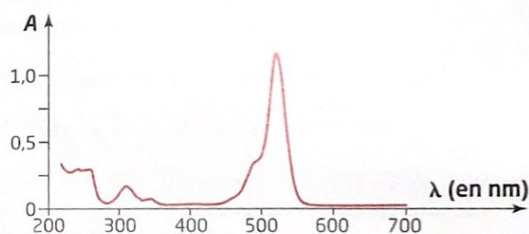


#### DOC. 1 Courbe d'étalonnage

Cette courbe est réalisée à partir d'une solution mère de concentration en masse  $c_0 = 0,500 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  d'éosine.



#### DOC. 2 Spectre d'absorption d'une solution d'éosine



Une dosette de 2,00 mL d'éosine pharmaceutique est vidée dans une fiole jaugée de 1,00 L complétée jusqu'au trait de jauge par de l'eau distillée. Un prélèvement de volume  $V = 10,0$  mL de la solution obtenue est réalisé à la pipette jaugée et introduit dans une fiole jaugée de 25,0 mL complétée avec de l'eau distillée pour obtenir la solution  $S_0$ . Chaque binôme d'élèves d'une classe mesure l'absorbance de la solution  $S_0$ ; les résultats obtenus sont donnés ci-dessous.

Binôme	1	2	3	4	5
Absorbance mesurée	1,571	1,506	1,540	1,506	1,571

Binôme	6	7	8	9
Absorbance mesurée	1,541	1,571	1,523	1,517

- Déterminer la couleur d'une solution aqueuse d'éosine.
- La gamme étalon permet-elle d'exploiter les résultats expérimentaux ?
- Déterminer la valeur moyenne  $\bar{A}$  de l'absorbance de la solution d'éosine  $S_0$  ainsi que son incertitude-type.
- En déduire le pourcentage massique d'éosine dans la dosette pharmaceutique.