

Composition

Avant d'aborder le chapitre EN AUTONOMIE

LES ACQUIS INDISPENSABLES

■ Une **mole**, l'unité de quantité de matière, contient exactement $6,02214076 \times 10^{23}$ entités

élémentaires (molécules, atomes, ions, etc.).

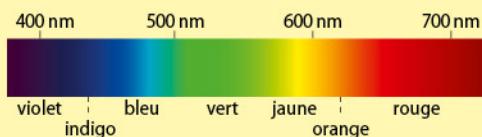
■ Une **solution** est caractérisée par sa concentration en masse de soluté (espèce dissoute), définie ainsi :

$$\text{concentration en masse de soluté (en g} \cdot \text{L}^{-1}\text{)} = c_m = \frac{m}{V}$$

masse de soluté (en g) volume de la solution (en L)

■ Lors d'une **dilution**, la concentration diminue, mais la masse de soluté est conservée.

■ La **dispersion de la lumière blanche** produit un spectre continu caractérisé par des longueurs d'onde allant de **380 à 780 nm** :



POUR VÉRIFIER LES ACQUIS

Pour chaque situation, rédiger une réponse qui explique en quelques lignes le raisonnement. → Vérifiez vos réponses en flashant la page ou sur le site lycee.editions-bordas.fr

SITUATION 1

Dans les marais salants du Sud de la France, un mètre cube d'eau de mer permet de récupérer 39 kg de sel.



Quelle est (en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) la concentration en sel de la mer Méditerranée ?

SITUATION 2

Pour préparer une boisson à la grenadine, un fabricant de sirop préconise de mélanger un volume de sirop pour sept volumes d'eau.

Quelle sera la concentration en sucre de la boisson ?

On donne la concentration en sucre du sirop : $c_m = 849 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

SITUATION 3

Un arc-en-ciel apparaît dans certaines conditions météorologiques.

Quelle propriété de la lumière est à l'origine de ce phénomène ?



d'un système chimique



Quelle grandeur peut quantifier la couleur des solutions ?

► EXERCICE 42

NOTIONS ET CONTENUS

- ▶ Masse molaire d'une espèce. Volume molaire d'un gaz. Concentration en quantité de matière.
- ▶ Calcul de quantité de matière.
- ▶ Couleur d'une solution : absorbance, spectre d'absorption.

CAPACITÉS EXPÉRIMENTALES

- ▶ Mesurer le volume molaire d'un gaz ➔ ACTIVITÉ 1
- ▶ Prévoir la couleur d'une espèce en solution en utilisant un spectrophotomètre ➔ ACTIVITÉ 3
- ▶ Réaliser une gamme étalon et déterminer la concentration d'un soluté par des mesures d'absorbance ➔ ACTIVITÉ 4

1. ACTIVITÉ DE DÉCOUVERTE

TP

COMPÉTENCES :

(APP) Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée

(COM) Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente

Volume molaire des gaz

Quelle grandeur permet de déterminer facilement la quantité de matière d'un gaz dans un volume donné ?

DOC 1 Travaux d'Avogadro et constante d'Avogadro

Étudier le comportement de chaque atome ou molécule dans un système est pratiquement impossible. Il est donc nécessaire de généraliser l'étude à un grand nombre d'entités. Dans le but d'établir un lien entre échelles microscopique et macroscopique, le physicien et chimiste italien Amedeo Avogadro entreprit au début du xix^e siècle une série d'expériences. Constatant que les gaz se compressent tous de la même façon à température et pression

identiques, il en déduisit qu'il existe forcément le même « vide » entre les molécules, et donc le même nombre de molécules dans un volume donné. Plus tard, les scientifiques ont défini qu'un ensemble de $6,02 \times 10^{23}$ entités chimiques correspondrait à une mole de matière. Pour rendre hommage aux travaux d'Avogadro, la communauté scientifique a donné le nom de « constante d'Avogadro » à ce nombre, qui est noté N_A .

DOC 2 Masse des atomes

Atome		Masse (en g)
nom	symbole	
hydrogène	H	$1,661 \times 10^{-24}$
carbone	C	$1,993 \times 10^{-23}$
oxygène	O	$2,658 \times 10^{-23}$

DOC 4 Volume molaire

Le volume molaire d'un gaz est le volume occupé par une mole de ce gaz, c'est-à-dire par $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ molécules.

EXPLOITATION ET ANALYSE

1 Élaborer un protocole permettant de mesurer la masse de gaz contenu dans chacune des bouteilles.

2 Calculer la masse d'une molécule de chacun des gaz étudiés.

3 En déduire le nombre de molécules contenues dans chacune des bouteilles.

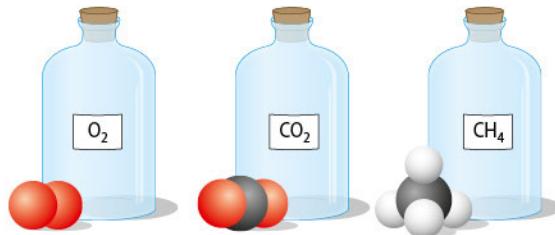
SYNTHÈSE

4 Les résultats précédents sont-ils en accord avec les hypothèses émises par Avogadro ? Justifier.

5 Quel est le volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience ? De quels paramètres physiques dépend-il ? Justifier.

DOC 3 Échantillons de 2,0 L de gaz

On mesure en laboratoire la masse de trois échantillons constitués de 2,0 L de gaz.



Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Molécule	nom	dioxygène	dioxyde de carbone	méthane
	formule brute	O ₂	CO ₂	CH ₄
Masse de gaz (en g)		2,63	3,60	1,31

Les masses des échantillons ont été mesurées avec une balance au centième.

GESTE EXPÉRIMENTAL

► Une pompe à vide permet de vider totalement une bouteille rigide du gaz qu'elle contient.



Je réussis si...

► Je ne mesure que la masse du gaz contenu dans la bouteille.

► Je sais que la masse d'une molécule est égale à la somme des masses des atomes qui la constituent.

► Je sais exploiter la définition du volume molaire.

2. TÂCHE COMPLEXE

COMPÉTENCES :

(APP) Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée
(AN/RAI) Proposer une stratégie de résolution

Notion de quantité

LE PROBLÈME À RÉSOUVRE

On dispose de trois échantillons de dix-huit grammes chacun : de plomb A, d'eau B et de polystyrène C.

À première vue, lequel de ces trois échantillons contient un nombre d'entités chimiques bien supérieur aux autres ? Pourquoi cette première impression est-elle trompeuse ?

COUP DE POUCE ▶ p. 423



DOC 1 Formules chimiques

Le plomb est un **corps pur simple** : il est constitué d'**atomes** de plomb, de symbole Pb.

L'eau et le polystyrène sont des **corps purs composés**.

L'eau est composée de **molécules** de formule brute H₂O.

Le polystyrène est composé d'un très grand nombre de **molécules** de styrène de formule brute C₈H₈. La formule brute du polystyrène dépend du nombre de molécules de styrène n. Elle s'écrit (C₈H₈)_n. Dans cet exemple, on considère que n = 2 000 et donc que la formule du polystyrène s'écrit C₁₆₀₀₀H₁₆₀₀₀.

DOC 3 Masses molaires

La masse molaire d'une **espèce chimique** correspond à la masse d'une mole d'entités de cette espèce chimique, soit la masse de $6,02214076 \times 10^{23}$ entités élémentaires. Elle s'exprime en g · mol⁻¹ (gramme par mole).

Les **masses molaires atomiques** sont indiquées dans le tableau périodique (en rabat VI de couverture), dont voici un extrait :

Atome	nom	hydrogène	carbone	oxygène	plomb
symbole	H	C	O	Pb	
Masse molaire (en g · mol ⁻¹)	1,0	12,0	16,0	207,2	

Les **masses molaires moléculaires** sont calculées par addition des masses molaires atomiques des atomes constitutifs d'une molécule.

DOC 2 Masses volumiques

La masse volumique d'une espèce chimique est donnée par la relation suivante :

$$\text{masse volumique} \rightarrow \rho = \frac{m}{V} \quad \begin{matrix} \leftarrow \text{masse (en kg)} \\ \leftarrow \text{volume (en m}^3\text{)} \end{matrix}$$

Voici les masses volumiques des espèces chimiques présentées dans la situation-problème :

Espèce chimique	plomb	eau	polystyrène
Masse volumique (en kg · m ⁻³)	11 300	1 000	18

VOCABULAIRE

- ▶ **Corps pur** : substance constituée d'une seule espèce chimique.
- ▶ **Entité chimique** : une entité chimique peut être un atome, une molécule, un ion, etc.
- ▶ **Espèce chimique** : une espèce chimique est une collection d'un nombre très élevé d'une entité chimique (atome, molécule, ion).

Je réussis si...

- ▶ Je sais calculer la quantité de matière contenue dans un échantillon de masse connue.
- ▶ Je sais qu'une mole contient toujours le même nombre d'entités.

3. DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

TP

COMPÉTENCE :

(AN/RAT) Proposer une stratégie de résolution

Couleur d'une solution

Les solutions sont souvent colorées. Comment peut-on déterminer par une méthode scientifique la couleur d'un mélange de deux colorants en solution : le jaune de tartrazine et le bleu patente ?

DOC 1 Du matériel utile



- Un spectrophotomètre.
- Deux cuves de spectrophotométrie contenant les deux colorants à étudier.

DÉMARCHE EXPERTE

Élaborer un protocole expérimental permettant de déterminer la couleur du mélange des deux colorants.

DÉMARCHE AVANCÉE

1. Réaliser le spectre d'absorption de chacun des deux colorants ([FICHE PRATIQUE p. 380](#)) ([doc. 1 et 2](#)).
2. a. Repérer sur les spectres les longueurs d'onde absorbées et transmises.
b. Utiliser l'étoile chromatique ([doc. 4](#)) pour retrouver la couleur des deux colorants.
c. En déduire la couleur de leur mélange.

DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

1. En étudiant le spectre du β-carotène ([doc. 3](#)) :
a. Repérer les longueurs d'ondes absorbées et transmises par ce colorant.
b. Utiliser l'étoile chromatique ([doc. 4](#)) pour retrouver la couleur du β-carotène.
2. Réaliser le spectre d'absorption des deux colorants ([FICHE PRATIQUE p. 380](#)) ([doc. 2](#)).
3. a. Appliquer la démarche mise en œuvre à la question 1 pour retrouver leur couleur.
b. En déduire la couleur qu'aurait le mélange des deux colorants.

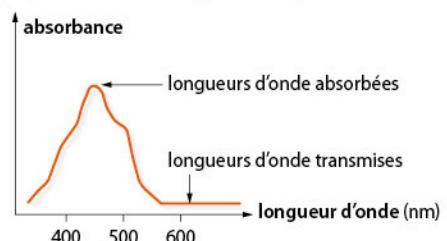
DOC 2 Spectrophotométrie UV-visible

À l'aide d'un **spectrophotomètre**, on mesure l'**absorbance** d'une solution. Cette grandeur est utilisée pour déterminer la capacité de la solution à absorber des radiations lumineuses présentes dans le spectre de la lumière blanche. Pour chaque radiation lumineuse (longueur d'onde), on obtient un résultat d'absorbance de la solution. On peut alors tracer le **spectre d'absorption** de la solution, qui est le graphique représentant son absorbance en fonction des longueurs d'onde.

VOCABULAIRE

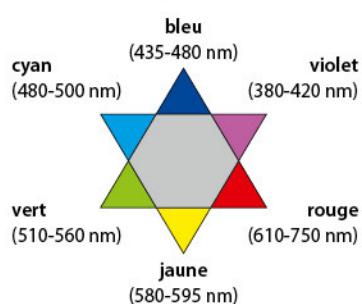
Lumière blanche : lumière visible par l'Homme, dont les radiations ont des longueurs d'onde comprises entre 380 et 780 nm. Elle « donne » aux objets leur couleur.

DOC 3 Spectre d'absorption du β-carotène



Une solution de β-carotène est orange.

DOC 4 Étoile chromatique



Je réussis si...

- Je sais utiliser le spectrophotomètre.
- J'établis le lien entre longueurs d'onde transmises et couleur de la solution.
- **DÉMARCHE EXPERTE** Je décris le protocole expérimental avec du texte et des schémas.

4. ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE

TP

COMPÉTENCES :

(APP) Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée

(AN/RAI) Élaborer un protocole

Dosage par spectrophotométrie

Comment déterminer la concentration d'une espèce chimique colorée à partir de la manière dont elle absorbe la lumière ?

DOC 1 Colorant bleu

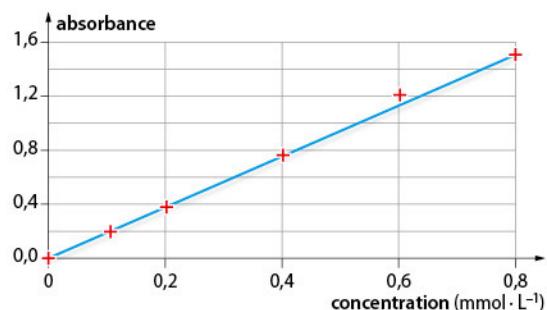
Ces bonbons doivent leur couleur à la présence d'un colorant alimentaire : le bleu patenté V (E131).



Afin d'étudier ce colorant, on prépare une solution aqueuse par dissolution à chaud de deux bonbons dans une fiole jaugée de 100,0 mL.

DOC 3 Loi de Beer-Lambert

Un spectrophotomètre mesure l'absorbance d'une solution (FICHE PRATIQUE p. 380). Celle-ci est proportionnelle à la concentration en espèce colorée. Cette loi, dite de Beer-Lambert, n'est valide que pour des concentrations inférieures à 10 mmol · L⁻¹.



Afin d'améliorer la précision des mesures le spectrophotomètre doit être réglé à la longueur d'onde pour laquelle l'absorbance de la solution est maximale.

EXPLOITATION ET ANALYSE

1 À quelle longueur d'onde doit être réglé le spectrophotomètre afin de réaliser les mesures d'absorbance des solutions de bleu patenté ?

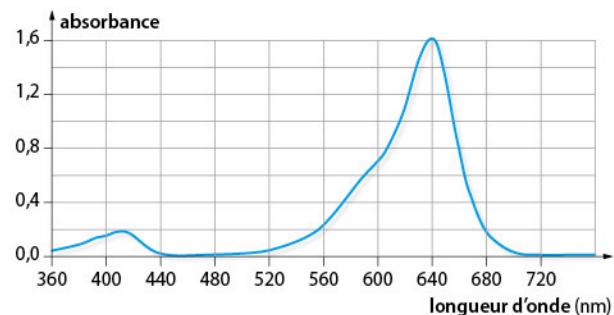
2 a. Réaliser une échelle de teinte par dilution de la solution-mère en s'aidant du tableau suivant :

Solution-fille	Volume de S _{mère} versé (en mL)	Volume de S _{fille} (en mL)	Concentration de la solution-fille (en mol · L ⁻¹)
S ₁	10	50	
S ₂	20	50	
S ₃	30	50	
S ₄	40	50	

b. Compléter le tableau. La loi de Beer-Lambert est-elle valide pour ces concentrations ? Justifier.

DOC 2 Spectre d'absorption du colorant

Avec un spectrophotomètre, on a réalisé le spectre d'absorption d'une solution-mère S_{mère} de bleu patenté de concentration c_{mère} = 3,44 × 10⁻⁵ mol · L⁻¹.

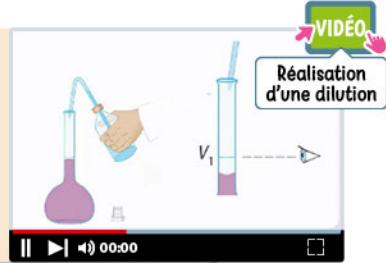


DONNÉES

- Masse molaire du colorant : M = 583 g · mol⁻¹.
- Dose journalière admissible de bleu patenté : DJA = 2,5 mg · kg⁻¹.

GESTE EXPÉRIMENTAL

Une dilution est réalisée dans une fiole jaugée. De l'eau distillée est ajoutée à un volume de solution-mère prélevé avec une pipette jaugée.



3 Élaborer un protocole expérimental permettant de déterminer la concentration de la solution obtenue par dissolution à chaud des bonbons, puis le mettre en œuvre.

SYNTHÈSE

4 Quelle quantité de bonbons pouvez-vous manger chaque jour sur le seul critère de la quantité de bleu patenté absorbée ?

Je réussis si...

- Je sais réaliser une courbe d'étalonnage, puis l'utiliser pour déterminer une concentration inconnue.
- Je calcule la masse de colorant que je peux absorber, puis la masse de colorant contenue dans un bonbon bleu.



1 Comptage d'entités chimiques

► Masse molaire d'une espèce à l'état solide

La **masse molaire M** d'une espèce chimique est la masse d'une mole d'entités chimiques de cette espèce (FIG. 1) :

$$M = N_A \cdot m$$

masse molaire (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

masse de l'entité (en g)

constante d'Avogadro (en mol^{-1})

1 mole contient $6,02214076 \times 10^{23}$ entités chimiques. C'est le nombre d'Avogadro, valeur de la **constante d'Avogadro** $N_A = 6,02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

EXEMPLE La masse d'un atome d'oxygène étant $m = 2,66 \times 10^{-23} \text{ g}$, la masse molaire de l'oxygène est :

$$M_O = N_A \cdot m = 6,02 \times 10^{23} \times 2,66 \times 10^{-23} = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Afin de ne pas revenir systématiquement à l'échelle microscopique, et donc de conduire des calculs tels que celui ci-dessus, les masses molaires atomiques figurent dans le tableau périodique (FIG. 2).

La masse molaire d'une espèce chimique est égale à la **somme des masses molaires atomiques** des éléments qui la composent.

EXEMPLE La masse molaire moléculaire du dioxyde de carbone CO_2 vaut : $M(\text{CO}_2) = M_C + 2 M_O = 12,0 + 2 \times 16,0 = 44,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Pour les ions, la masse des électrons étant négligeable devant celles des noyaux (FIG. 3), le calcul de leur masse molaire est réalisé comme s'il s'agissait de molécules.

► Volume molaire d'une espèce à l'état gazeux

Le **volume molaire V_m** d'une espèce à l'état gazeux est le volume occupé par une mole de gaz dans les conditions de température et de pression de la mesure (FIG. 4).

APPROFONDISSEMENT SCIENTIFIQUE

Dans les gaz réels, les molécules interagissent plus ou moins entre elles suivant leur nature. À basse pression, les molécules sont suffisamment éloignées pour ne pas interagir. Dans ce cas, on peut considérer que les gaz sont parfaits. La loi d'Avogadro spécifie que tous les gaz parfaits ont le même volume molaire à pression et température données.

VOCABULAIRE

► **Entité chimique** : une entité chimique peut être un atome, une molécule, un ion, etc.

► **Espèce chimique** : collection d'un nombre très élevé d'une entité chimique.

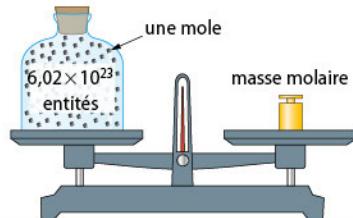


FIG. 1 La masse molaire est la masse de $6,02 \times 10^{23}$ entités, c'est-à-dire d'une mole.

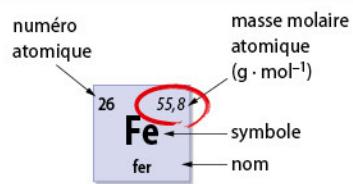


FIG. 2 Les masses molaires atomiques figurent dans le tableau périodique.

Particule atomique	Masse (en kg)
électron	$9,109 \times 10^{-31}$
proton	$1,673 \times 10^{-27}$
neutron	$1,673 \times 10^{-27}$

FIG. 3 Les électrons ont une masse environ 2 000 fois inférieure à celle des protons et des neutrons.

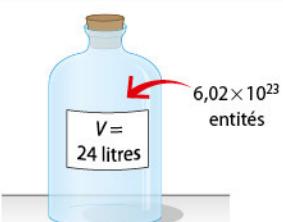


FIG. 4 Le volume molaire des gaz à 20 °C et sous pression atmosphérique est $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.



On détermine alors la **quantité de matière n** contenue dans cet échantillon à l'aide de la **masse molaire M** de l'espèce dont elle est constituée :

$$\text{quantité de matière (en mol)} \rightarrow n = \frac{m}{M} \leftarrow \begin{array}{l} \text{masse (en g)} \\ \text{masse molaire (en g} \cdot \text{mol}^{-1}\end{array}$$

EXEMPLE

La quantité de matière contenue dans un échantillon de 36 g d'eau est :

$$n = \frac{m}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m}{2 M_{\text{H}} + M_{\text{O}}} = \frac{36,0}{(2 \times 1,0) + 16,0} = 2,0 \text{ mol.}$$

► À partir du volume d'un échantillon

Lorsque l'échantillon étudié est à l'**état gazeux**, on mesure son **volume V** , et il faut tenir compte des conditions de température et de pression (FIG. 5).

On détermine alors la **quantité de matière n** contenue dans cet échantillon à l'aide du **volume molaire V_m** de l'espèce dont elle est constituée :

$$\text{quantité de matière (en mol)} \rightarrow n = \frac{V}{V_m} \leftarrow \begin{array}{l} \text{volume (en L)} \\ \text{volume molaire} \\ (\text{en L} \cdot \text{mol}^{-1})\end{array}$$

EXEMPLE À 20 °C et sous pression atmosphérique, la quantité de matière contenue dans 100,0 L de gaz est : $n = \frac{100,0}{24,1} = 4,1 \text{ mol.}$

► À partir de la concentration d'une espèce en solution

En **solution aqueuse**, on utilise la **concentration en quantité de matière** du soluté, qui est la quantité de matière de soluté dissoute dans un litre de solution.

On peut alors trouver la **quantité de matière n** dissoute dans une solution :

$$\text{quantité de matière (en mol)} \rightarrow n = c \cdot V \leftarrow \begin{array}{l} \text{concentration (en mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{)} \\ \text{volume de la solution} \\ (\text{en L})\end{array}$$

La **concentration en masse** quant à elle est la masse de soluté contenue dans un litre de solution.

3 Caractérisation des solutions

► Spectrophotométrie UV-visible

Le **spectre de la lumière blanche** (visible par l'Homme) est continu (sans interruption). Les radiations de la lumière blanche ont des **longueurs d'onde λ** comprises **entre environ 380 et 780 nm** (FIG. 6).

À l'aide d'un **spectrophotomètre**, on détermine pour chaque radiation lumineuse l'**absorbance** de la solution, c'est-à-dire sa capacité à absorber cette radiation (FIG. 7).

On obtient un graphique appelé « **spectre d'absorption** ». Il représente l'**absorbance A** de la solution en fonction de la **longueur d'onde λ** (FIG. 7).

Température (en °C)	Pression atmosphérique (en atm)	Volume molaire (en L · mol⁻¹)
0	1	22,4
20	1	24,1

FIG. 5 Valeurs du volume molaire dans différentes conditions de température et de pression.

VOCABULAIRE

Solution aqueuse : solution dont le solvant est l'eau.

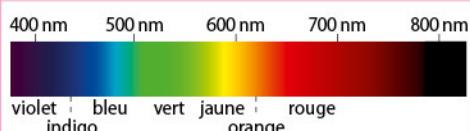


FIG. 6 Spectre de la lumière blanche.

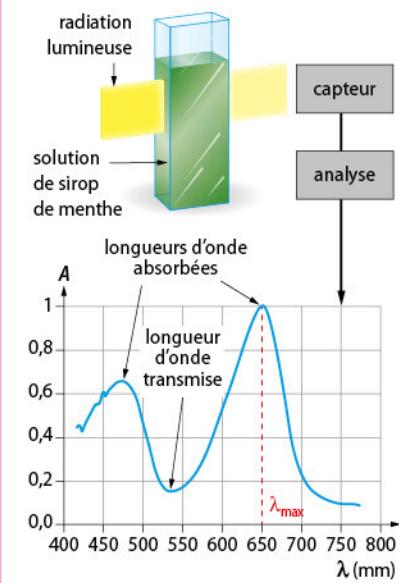


FIG. 7 Principe de la spectrophotométrie UV-visible appliquée à l'étude d'une solution de sirop de menthe.



► Couleur d'une espèce en solution

Une solution qui n'absorbe aucune radiation dans le visible est **transparente**. Une solution qui absorbe une partie des radiations visibles apparaît **colorée**.

L'étoile chromatique associe aux radiations transmises une couleur. Elle permet donc, combinée au spectre d'absorption d'une solution, d'identifier sa couleur (FIG. 8).

EXEMPLE

Une solution de sirop de menthe absorbe presque toutes les radiations du visible. Elle transmet seulement celles se situant autour de 530 nm (FIG. 7). Sa couleur est donc verte (FIG. 8).

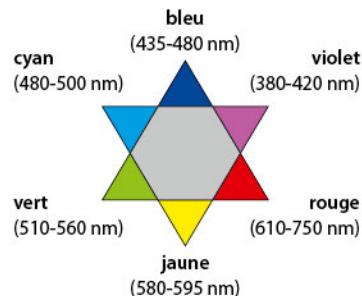


FIG. 8 Étoile chromatique.

► Loi de Beer-Lambert

L'absorbance d'une solution dépend de nombreux paramètres : la nature de la solution, la longueur d'onde, l'épaisseur de solution traversée par la lumière, la température et la concentration de la solution.

Ces paramètres se retrouvent dans k , un coefficient de proportionnalité intervenant dans la détermination de l'absorbance.

La **loi de Beer-Lambert** établit une proportionnalité entre l'absorbance et la concentration en quantité de matière d'une solution :

$$\text{absorbance (sans unité)} \longrightarrow A = k \cdot c \longleftarrow \begin{array}{l} \text{coefficient de proportionnalité} \\ (\text{en } L \cdot mol^{-1}) \end{array}$$

POUR VISUALISER



Une vidéo sur le spectre d'absorption et la couleur perçue d'une solution.

► Dosage par étalonnage

Doser une espèce en solution consiste à déterminer expérimentalement sa **concentration c** .

À partir d'une **solution-mère** de concentration $c_{\text{mère}}$ connue, on prépare par dilution (FICHE PRATIQUE ➔ p. 379) des **solutions-filles** de concentrations c connues. Ces solutions mère et filles constituent la **gamme étalon**.

On mesure ensuite l'**absorbance** des solutions de la gamme étalon. À l'aide des résultats obtenus, on trace une **courbe d'étalonnage** : $A = f(c)$ (FIG. 9).

Pour déterminer une **concentration inconnue**, on mesure l'absorbance de la solution à doser. Grâce à la **courbe d'étalonnage**, on détermine alors la concentration en quantité de matière de l'espèce chimique dissoute (FIG. 9).

Afin d'augmenter la précision des mesures du spectrophotomètre, il est important de commencer par établir le spectre d'absorption de la solution étudiée, puis de se placer à la **longueur d'onde du maximum d'absorption** λ_{max} pour effectuer les mesures d'absorbance de la gamme étalon.

EXEMPLE

Dans le cas du sirop de menthe : $\lambda_{\text{max}} = 650 \text{ nm}$ (FIG. 7).

Il faut aussi tenir compte des limites de l'appareil de mesure : le spectrophotomètre mesure uniquement l'absorbance de solutions relativement diluées. Leur concentration doit être inférieure ou égale à $10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$. Enfin, il est nécessaire de faire coïncider les concentrations de la gamme étalon avec celle de la solution inconnue (FICHE PRATIQUE ➔ p. 381).

UN PONT VERS LES MATHS

Proportionnalité entre deux grandeurs

Deux grandeurs A et c sont proportionnelles lorsqu'il existe un coefficient k tel que $A = k \cdot c$.

La représentation graphique de A en fonction de c est alors une droite qui passe par l'origine, de coefficient directeur k .

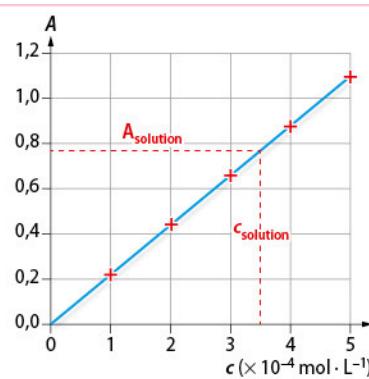


FIG. 9 Courbe d'étalonnage et détermination de la concentration inconnue.

1 Comptage d'entités chimiques

La **masse molaire M** d'une espèce chimique est la masse d'une mole d'entités de cette espèce :

$$M = N_A \cdot m$$

masse molaire (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

constante d'Avogadro (en mol^{-1})

masse de l'entité (en g)

avec $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

On peut aussi calculer la masse molaire d'une espèce chimique en faisant la somme des **masses molaires atomiques** des éléments qui la composent, données dans le tableau périodique.

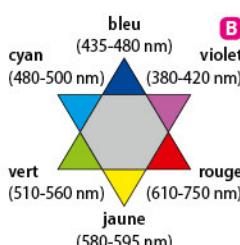
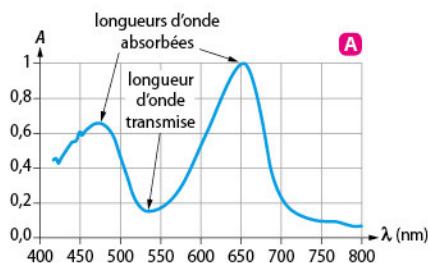
Exemple : $M(\text{CO}_2) = M_{\text{C}} + 2 M_{\text{O}}$

Le **volume molaire V_m** (en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$) d'une espèce à l'état gazeux est le volume occupé par une mole d'entités à température et pression données.

3 Caractérisation des solutions

La **absorbance** mesure la capacité d'une solution à absorber la lumière.

La couleur d'une solution est déterminée à partir de son **spectre d'absorption** $A = f(\lambda)$ A et de l'étoile chromatique B. La solution prend la couleur correspondant aux longueurs d'ondes transmises.



La **loi de Beer-Lambert** établit une proportionnalité entre l'absorbance d'une solution et sa concentration en quantité de matière :

$$A = k \cdot c$$

absorbance (sans unité)

coefficient de proportionnalité (en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$)

concentration (en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)

2 Calcul des quantités de matière

À partir de la masse d'un échantillon :

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

masse de l'échantillon (en g)

masse molaire (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

quantité de matière (en mol)

À partir du volume d'un échantillon :

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

volume de l'échantillon (en L)

volume molaire (en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$)

quantité de matière (en mol)

À partir de la concentration en quantité de matière d'une espèce en solution, qui est la quantité de matière de soluté dissoute dans un litre de solution :

$$n = c \cdot V$$

concentration (en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)

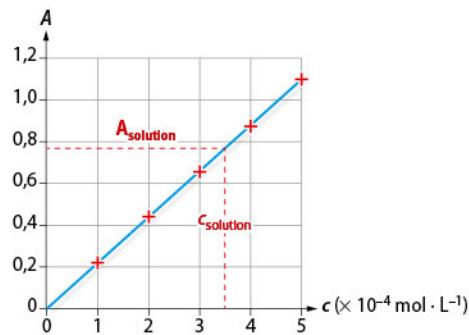
volume de la solution (en L)

quantité de matière (en mol)

Les mesures doivent être effectuées à la longueur d'onde du maximum d'absorption.

Un **dosage par étalonnage** permet de déterminer la concentration d'une solution inconnue.

- Préparer une **gamme étalon** par dilution.
- Tracer la courbe d'étalonnage $A = f(c)$.
- Mesurer l'absorbance de la solution à doser, et en déduire sa concentration en quantité de matière en utilisant la **courbe d'étalonnage**.



Le spectrophotomètre mesure uniquement l'absorbance des solutions relativement diluées.

Vérifier l'essentiel EN AUTONOMIE

Pour chaque question, choisir la ou les bonnes réponses. ➔ SOLUTIONS EN PAGE 423



DONNÉES

- ▶ Masses molaires atomiques : $M_C = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_H = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- ▶ Volume molaire des gaz dans les conditions de l'exercice : $V_m = 25 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

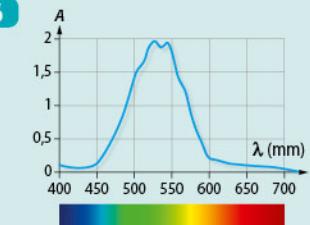
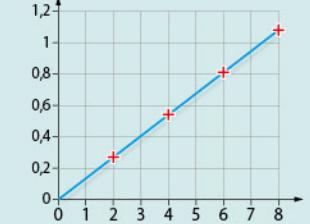
1 Comptage d'entités chimiques

	A	B	C
1 La masse molaire d'une espèce :	est la masse de $6,02 \times 10^{23}$ entités de l'espèce.	dépend du nombre d'entités de l'espèce.	est la masse d'une mole d'entités de l'espèce.
2 La masse molaire du méthane CH_4 :	vaut $16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.	dépend de l'état physique du méthane.	dépend de la température.
3 Le volume molaire d'un gaz dépend :	de la température.	de la pression.	de la nature du gaz.

2 Calcul des quantités de matière

	A	B	C
4 La quantité de matière contenue dans 32 g de méthane, de formule CH_4 , est :	2 mol.	0,5 mol.	512 mol.
5 100 mol de gaz occupent un volume de :	2 500 L.	0,25 L.	10 L.

3 Caractérisation des solutions

	A	B	C
6 	verte.	un mélange de rouge et de bleu.	jaune.
La couleur de cette solution est :			
7 	la loi de Beer-Lambert est vérifiée.	l'absorbance est proportionnelle à la concentration en quantité de matière.	l'absorbance dépend de la longueur d'onde.
Ce graphe indique que :			

Acquérir les notions

1 Comptage d'entités chimiques

Notions du programme

Massé molaire d'une espèce

→ EXERCICES 8 à 13

Volume molaire d'un gaz

→ EXERCICE 14

Ce qu'on attend de moi

- Connaître la signification de la constante d'Avogadro, et savoir utiliser sa valeur $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ dans des calculs.
- Déterminer une masse molaire à partir de la masse des entités et à partir des masses molaires atomiques.

- Définir le volume molaire d'un gaz.

DONNÉES

- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.
- Le tableau périodique avec les masses molaires atomiques se trouve en rabat de couverture.

8 Masse molaire atomique du carbone

La masse d'un atome de carbone est $m_c = 1,99 \times 10^{-23} \text{ g}$.

- Indiquer le nombre d'atomes contenu dans une mole d'atomes de carbone.
- Calculer la masse molaire d'un atome de carbone.
- Quel document permet de retrouver la valeur de cette masse sans effectuer de calcul ?

9 Masse molaire d'une molécule

Le propane, de formule brute C_3H_8 , est présent dans des bouteilles de gaz.

- Déterminer la quantité de matière de chaque atome présent dans une mole de propane.
- Calculer, à partir des résultats obtenus à la question 1, la masse molaire d'une molécule de propane.

10 Utilisation du tableau périodique

Compléter le tableau suivant :

Entité chimique	Formule brute	Massé molaire (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)
méthane	CH_4	
ion fluorure	F^-	
éthanol	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	
ammoniac	NH_3	

11 Masses molaires atomiques

Compléter le tableau suivant :

Entité chimique	Massé (en g)	Massé molaire (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)
proton	$1,67 \times 10^{-24}$	
atome de sodium		23,0
molécule d'eau	$2,99 \times 10^{-23}$	
bille		$1,20 \times 10^{24}$
ion magnésium	$4,04 \times 10^{-23}$	

12 À partir de la constitution d'un atome

Le symbole du noyau de l'atome de chlore est ${}^{18}\text{O}$.

Donnée : masses d'un nucléon $m_{\text{nucléon}} = 1,67 \times 10^{-24} \text{ g}$ et d'un électron $m_{\text{électron}} = 9,1 \times 10^{-31} \text{ g}$.

- Pourquoi peut-on négliger la masse des électrons ?
- Calculer la masse approchée d'un atome d'oxygène.
- À l'aide du résultat obtenu à la question 2, calculer la masse molaire de l'oxygène.

13 Isotopes du chlore

L'élément chlore Cl à l'état naturel est formé de deux isotopes. Les isotopes sont des atomes possédant le même nombre de protons, mais des nombres de neutrons différents. Le chlore Cl se présente naturellement sous forme du mélange d'isotopes suivant :

Atome	Proportion	Massé atomique (en g)
${}^{35}\text{Cl}$	3/4	$5,814 \times 10^{-23}$
${}^{37}\text{Cl}$	1/4	$6,146 \times 10^{-23}$

- Calculer le nombre de chacun des isotopes contenus dans une mole de l'élément chlore.
- Calculer la masse de chacun des isotopes contenue dans une mole de l'élément chlore.
- À l'aide des résultats obtenus à la question 2, calculer la masse molaire de l'élément chlore.

14 Ballons de foire

Les ballons vendus dans les foires sont gonflés à l'hélium, un gaz de masse molaire inférieure à celle de l'air.

Donnée : la pression diminue avec l'altitude.

- Pourquoi ces ballons finissent-ils par éclater en s'élevant dans le ciel ?
- Pourquoi explosent-ils au soleil ?



2 Calcul des quantités de matière

Notions du programme

Masse molaire, volume molaire, concentration en quantité de matière

► EXERCICES 15 à 21

Ce qu'on attend de moi

- Déterminer la quantité de matière d'une espèce dans un échantillon, un mélange ou une solution.

DONNÉES

- Les masses molaires atomiques sont en rabat VI de couverture.

15 Le sucre

Le sucre de table est le saccharose de formule brute $C_{12}H_{22}O_{11}$. Le saccharose est synthétisé par des plantes comme la canne à sucre ou la betterave sucrière.

- Calculer la masse molaire d'une molécule de saccharose.
- À l'aide du résultat obtenu à la question 1, calculer la masse d'un échantillon de 10 mol de sucre.

16 Vitamine C

Un comprimé de vitamine C contient une masse $m = 500$ mg de vitamine C, de formule brute $C_6H_8O_6$.

- Calculer la masse molaire d'une molécule de vitamine C.
- À l'aide du résultat obtenu à la question 1, calculer la quantité de matière de vitamine C contenue dans ce comprimé.

17 Quantité de matière et masse molaire

Compléter le tableau suivant :

Entité chimique	carbone	ion sulfate	acide nitrique
Formule brute	C	SO_4^{2-}	HNO_3
Masse molaire (en $g \cdot mol^{-1}$)			
Masse de l'échantillon (en g)	10,0		200
Quantité de matière de l'échantillon (en mol)		$5,0 \times 10^{-3}$	

18 Bouteille de plongée

CALCUL MENTAL

Une bouteille de plongée de 12 L est gonflée sous une pression de 200 bars. Elle permet d'obtenir 2 400 L d'air à pression atmosphérique.

Donnée : $V_m = 24 L \cdot mol^{-1}$ à pression atmosphérique.

- Calculer la quantité de matière d'air contenue dans la bouteille.
- Quel est le volume molaire de l'air contenu dans la bouteille ?
- Pourquoi cette valeur n'est-elle pas la même que celle donnée ci-dessus ?



19 Volume molaire et quantité de matière

Compléter le tableau suivant :

Échantillon	1	2	3
Volume molaire (en $L \cdot mol^{-1}$)	24	22,4	
Volume de l'échantillon (en L)	1,5		5 000
Quantité de matière (en mol)		2,23	58,8

20 Fabrication d'une solution



On prépare au laboratoire une solution de sulfate de cuivre en introduisant $2,50 \times 10^{-3}$ mol de sulfate de cuivre dans une fiole jaugée de 50,00 mL, et de tolérance indiquée par le constructeur $t = 0,06$ mL.

- Quelle est la concentration en sulfate de cuivre de la solution ?
- Proposer un intervalle du volume de solution ainsi préparée dans la fiole jaugée.
- En déduire le meilleur estimateur de la mesure effectuée et l'incertitude-type associée.

21 Concentrations et quantités de matière

Compléter le tableau suivant :

Solution	1	2	3
Concentration (en $mol \cdot L^{-1}$)		0,010	$5,00 \times 10^{-3}$
Volume (en L)	0,50		0,750
Quantité de matière de soluté (en mol)	2,5	0,020	

3 Caractérisation des solutions

Notions du programme

Ce qu'on attend de moi

Absorbance, spectres d'absorption

► EXERCICES 22 et 23

- Prévoir la couleur d'une solution à partir de son spectre UV-visible.

Loi de Beer-Lambert, dosage par étalonnage

► EXERCICES 24 à 26

- Connaitre la loi de Beer-Lambert.
- Réaliser une gamme étalon.
- Déterminer expérimentalement la concentration d'une espèce colorée.

DONNÉES

- L'étoile chromatique se trouve en rabat V de couverture.

22 Eau de Dakin

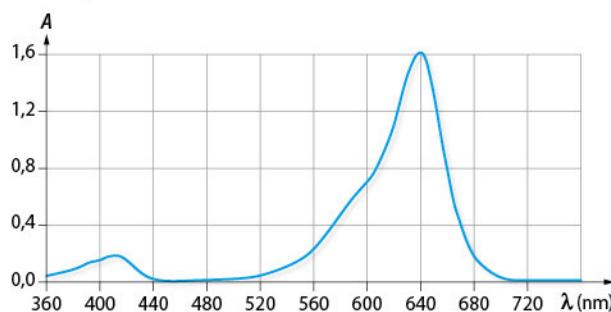
L'eau de Dakin est utilisée comme désinfectant. Sa couleur rose est due à la présence des ions permanganate. Ce rose provient d'une addition sur la rétine de l'œil de violet et de rouge.

- Quelles sont les couleurs transmises et absorbées par cette solution ?
- À quelles longueurs d'ondes correspondent ces couleurs ?
- Dessiner l'allure du spectre d'absorption de l'eau de Dakin.



23 Traceur sanguin

Le bleu patenté est une solution colorante injectable utilisée pour un repérage vasculaire afin de mieux visualiser certains vaisseaux sanguins du corps lors de radios. Le spectre d'absorption de la solution est donné ci-dessous :



- Quelles sont les longueurs d'ondes absorbées et transmises ?
- À quelles couleurs correspondent ces longueurs d'ondes ?
- Quelle est la couleur de cette solution ? Justifier.

24 Préparation d'un dosage

On cherche à réaliser une gamme étalon à partir d'une solution-mère de concentration $c_m = 34 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On réalise pour cela une série de dilutions.

- Quel est le protocole pour réaliser une dilution ?
- Quelle grandeur se conserve lors d'une dilution ?
- Compléter le tableau suivant :

Solution-fille	1	2	3	4
Volume solution-mère prélevé $V_{\text{mère}}$ (en mL)	10	20	30	40
Volume solution-fille V_{fille} (en mL)	50	50	50	50
Concentration solution-fille c_{fille} (en $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)				

25 Loi de Beer-Lambert

Le jaune de trätzine (E102) est un colorant de synthèse utilisé dans l'industrie alimentaire.

Un spectrophotomètre a permis de mesurer l'absorbance de solutions de différentes concentrations.



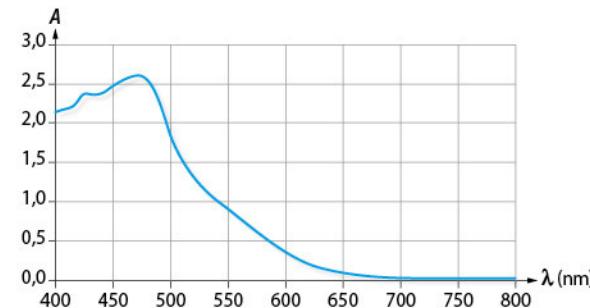
Ces mesures sont regroupées dans le tableau ci-après :

Solution	1	2	3	4	5	6
Concentration c (en $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	10,0	15,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Absorbance A	0,26	0,39	0,51	0,81	1,05	1,30

- Tracer le graphe $A = f(c)$.
- Quelle est la particularité de la courbe obtenue ?
- Citer la loi ainsi vérifiée.
- On mesure l'absorbance d'une solution de jaune de trätzine de concentration inconnue. On trouve $A_s = 0,92$. Quelle est la concentration c_s de cette solution ?

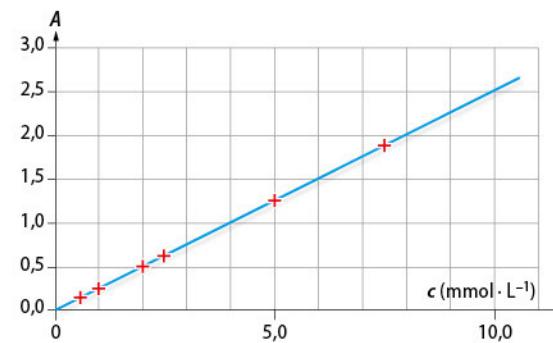
26 Dosage par étalonnage

Le lugol, médicament utilisé pour le traitement de problèmes à la thyroïde, est composé d'une solution de diiode I_2 , dont le solvant est l'eau. On réalise le spectre d'absorption du lugol :



- À quelle longueur d'onde faut-il régler le spectrophotomètre pour mesurer l'absorbance de solutions de lugol ? Pourquoi ?

On réalise ensuite une gamme étalon par dilution de la solution-mère. Puis, on effectue la mesure de l'absorbance de ces solutions-filles. On trace alors le graphe $A = f(c)$:



- Décrire le graphe obtenu. Conclure.
- On mesure l'absorbance de la solution commerciale de lugol diluée 10 fois. On trouve $A = 1,0$. Déterminer graphiquement la concentration de cette solution diluée.
- À l'aide du résultat obtenu à la question 1, calculer la concentration de la solution commerciale.

Exercice résolu EN AUTONOMIE

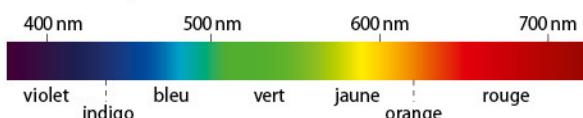


27 La couleur des feuilles des arbres

Les feuilles des arbres contiennent de la chlorophylle. Ce pigment est responsable de leur couleur.

On enregistre, grâce à un spectrophotomètre, le spectre d'absorption d'une solution de chlorophylle.

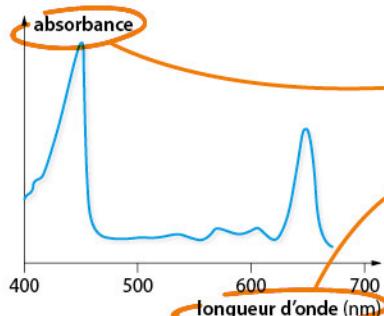
Donnée : le spectre du visible :



1. Déterminer les longueurs d'onde transmises et absorbées par la solution.

2. En déduire les couleurs du pigment de chlorophylle.

Comparer ce résultat à celui attendu.



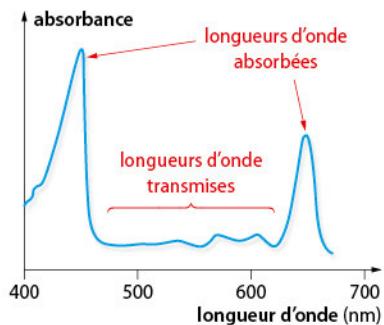
LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- Le spectre d'absorption donne l'**absorbance** de la solution en fonction de la longueur d'onde.
- Le spectre du visible permet d'établir le lien entre **longueur d'onde** et **couleur d'une radiation**.

EXEMPLE DE RÉDACTION

1. Les longueurs d'onde sont absorbées de **400 nm à 460 nm**, puis elles sont transmises de **460 nm à 625 nm**, et enfin, elles sont absorbées de **625 nm à 675 nm**.

2. Le pigment donne sa couleur à la solution aqueuse. La solution a la couleur des longueurs d'onde transmises. Le spectre du visible permet de repérer que le vert et le jaune sont transmis. Ces deux couleurs sont bien celles que peuvent présenter les feuilles des arbres.



LES QUESTIONS À LA LOUPE

- Déterminer** : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- En déduire** : intégrer le résultat précédent pour répondre.
- Comparer** : mettre en regard deux résultats pour en identifier les différences ou les similitudes.

QUELQUES CONSEILS

- Sur le spectre, les ordonnées représentent l'absorption. Les maxima du graphe correspondent à des **longueurs d'onde absorbées**.

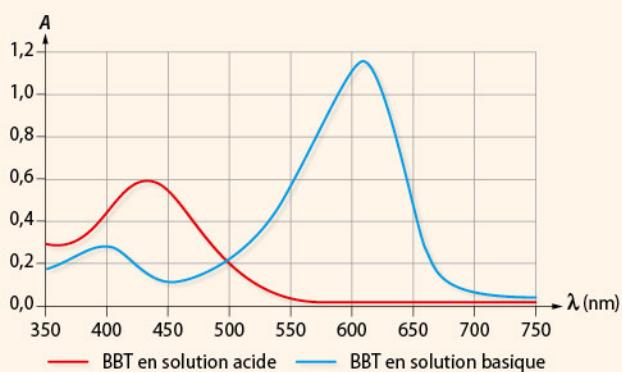
EXERCICE SIMILAIRE

28 Couleurs d'un indicateur coloré

Le bleu de bromothymol (BBT) est un indicateur coloré utilisé pour déterminer si des solutions sont acides ou basiques. Il prend une couleur différente suivant les propriétés de la solution dans laquelle il est introduit.

Les spectres d'absorbance ci-contre sont ceux du BBT en solutions acide et basique.

Donnée : le spectre du visible :



1. Déterminer les longueurs d'onde absorbées et transmises pour chacune des solutions.

2. En déduire la couleur de cet indicateur coloré suivant la nature de la solution.

Exercice résolu EN AUTONOMIE

29 Un café serré

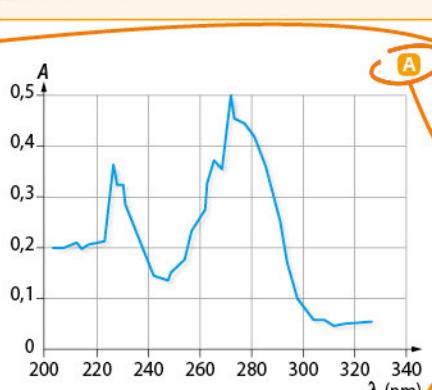
On dose par étalonnage la caféine contenue dans un expresso.

Le spectre d'absorption de la caféine A est enregistré avec un spectrophotomètre. On trace le graphe $A = f(c)$ B grâce à une gamme étalon.

Enfin, on mesure l'absorbance d'un expresso dilué 10 fois. On trouve $A = 0,54$.

1. Expliquer la manière dont il faut régler le spectrophotomètre pour mesurer les absorbances.

2. Déterminer la concentration en quantité de matière en caféine de cet expresso.

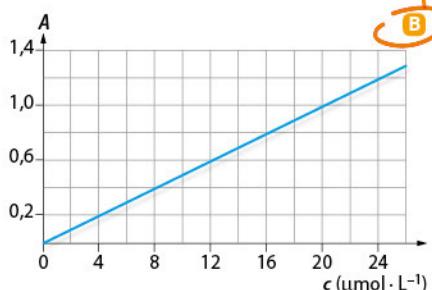


LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

► **Doser** consiste à déterminer la concentration d'une espèce précise présente dans un mélange.

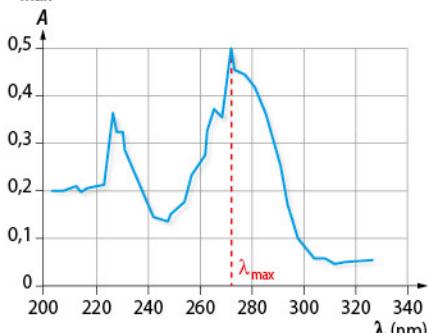
► Le spectre d'absorption indique entre autres la **longueur d'onde maximale** d'absorption d'une espèce en solution.

► La **courbe d'étalonnage**, qui est le graphe $A = f(C)$, renseigne sur la concentration d'une solution grâce à des données sur son absorbance.



EXEMPLE DE RÉDACTION

1. Il faut se placer à la longueur d'onde du maximum d'absorption pour optimiser la précision des mesures. Ici, on trouve $\lambda_{\text{max}} = 272 \text{ nm}$.



2. La courbe d'étalonnage permet, par lecture graphique, de déterminer la concentration en quantité de matière de la solution diluée : $c_{\text{solution diluée}} = 10,8 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

L'expresso est 10 fois plus concentré : $c_{\text{expresso}} = 10 \times c_{\text{solution diluée}} = 10 \times 10,8 = 108 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

LES QUESTIONS À LA LOUPE

► **Expliquer** : donner une justification à une observation ou une affirmation.

► **Déterminer** : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.

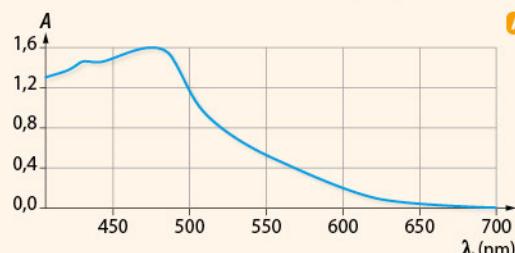
QUELQUES CONSEILS

1. Sur le graphique A, il faut repérer la position du maximum d'absorption.

EXERCICE SIMILAIRE

30 Dosage d'une solution antiseptique de teinture d'iode

Un flacon de 100 mL de solution antiseptique de teinture d'iode contient du diiode I_2 . On trace une courbe d'étalonnage à partir des résultats trouvés grâce à une gamme étalon de solution de diiode. L'absorbance de la solution antiseptique diluée 200 fois est $A = 0,55$.

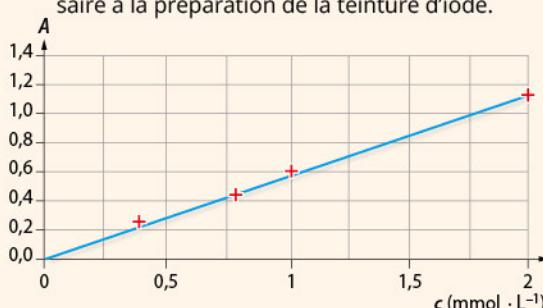


A Spectre d'absorption de la solution antiseptique

B Courbe d'étalonnage d'une solution de diiode

1. Déterminer la longueur d'onde à laquelle les mesures doivent être effectuées.

2. En déduire la quantité de matière nécessaire à la préparation de la teinture d'iode.



Croiser les notions

DONNÉES

- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.
- Le tableau périodique avec les masses molaires atomiques se trouve en rabat VI de couverture.
- L'étoile chromatique se trouve en rabat V de couverture.

31 Lingot d'or

Pour être reconnu sur le marché international de l'or, un lingot doit répondre aux critères dits de « good delivery » (bonne livraison), qui sont définis par une association internationale de professionnels des métaux précieux. Un des critères de bonne livraison concerne les dimensions des lingots, qui doivent être de $115 \times 50 \times 10 \text{ mm}$.

Donnée : masse volumique de l'or $\rho = 19,3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

- Calculer la quantité de matière minimale contenue dans un lingot répondant aux critères de « good delivery ».
- En déduire le nombre d'atomes d'or contenu dans un tel lingot.

32 Le bore DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES

Les propriétés de substances contenant l'élément chimique bore B sont connues depuis des milliers d'années. Dans l'Égypte ancienne, le procédé de momification dépendait d'un minerai contenant des traces de cet élément chimique. Le bore possède essentiellement deux isotopes.

Donnée : masse d'un nucléon : $m_{\text{nucléon}} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

Isotopes	% dans un échantillon
${}^10_5\text{B}$	20
${}^11_5\text{B}$	80

VOCABULAIRE

► Les **isotopes** sont des atomes possédant le même numéro atomique (même nombre de protons), mais des masses atomiques différentes (nombres différents de neutrons). La plupart des éléments se présentent naturellement sous forme d'un mélange d'**isotopes**.

DÉMARCHE AVANCÉE

Calculer la masse molaire atomique d'un atome de bore.

DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

- Calculer la masse d'un atome de chacun des isotopes.
- Calculer le nombre d'entités de chacun des isotopes contenus dans une mole.
- Calculer, à partir des résultats obtenus aux questions 1 et 2, la masse molaire atomique du bore.

33 Acide chlorhydrique



CALCUL MENTAL

L'acide chlorhydrique est l'acide le plus utilisé en laboratoire. Il est fabriqué par dissolution de chlorure d'hydrogène gazeux HCl dans de l'eau.

Une enseignante souhaite préparer pour une séance de TP 2,00 L de solution de cet acide de concentration $c = 0,100 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Donnée : volume molaire V_m des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m = 25,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ (sans incertitude).

- Quel volume de chlorure d'hydrogène faut-il utiliser pour préparer cette solution ?
- Proposer un intervalle du volume de solution ainsi préparée dans la fiole jaugée.
- En déduire le meilleur estimateur de la mesure effectuée et l'incertitude-type associée.

34 Un désinfectant

L'eau oxygénée est une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène, de formule brute H_2O_2 . En médecine, elle sert de désinfectant.

Sa concentration est souvent indiquée en volume : une solution à x volumes correspond au dégagement de x litres de O_2 par la décomposition d'un litre de solution.

La décomposition de deux molécules de peroxyde d'hydrogène aboutit à la formation d'une molécule de dioxygène et de deux molécules d'eau.

On étudie une bouteille de 250 mL à 10 volumes.

Donnée : volume molaire V_m des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m = 22,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

- Quelle est la quantité de matière de O_2 libérée par la décomposition d'un litre d'eau oxygénée ?
- Quelle est la quantité de matière de peroxyde d'hydrogène contenue dans cette bouteille ?
- Déterminer la concentration en quantité de matière de la solution.
- Quelle masse de peroxyde d'hydrogène faut-il diluer pour préparer 250 mL d'une telle solution ?

JE VÉRIFIE QUE J'AI...

- tenu compte du volume de la bouteille ;
- bien utilisé la relation entre $n(\text{O}_2)$ et $n(\text{H}_2\text{O}_2)$.



35 Bouillie bordelaise

La bouillie bordelaise est un mélange d'eau, de sulfate de cuivre de formule CuSO_4 , et de chaux.

La bouillie bleu verdâtre obtenue est pulvérisée sur les feuilles de vigne afin de les protéger. Une préparation de bouillie bordelaise est supposée contenir 20 % en masse de métal cuivre.

Donnée : masse volumique de la bouillie $\rho = 1,5 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.

- Calculer la masse de cuivre contenue dans un litre de bouillie bordelaise.
- En déduire la quantité de matière de sulfate de cuivre contenue dans un litre.
- Quelle est la concentration en masse de sulfate de cuivre de la bouillie bordelaise ?

36 Blood glucose level

The blood glucose level is an indicator of a number of pathologies, as shown in the table below:

Pathology	Blood glucose level
hypoglycaemia	less than $70 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$
normal	$70\text{-}100 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$
prediabetes	$100\text{-}126 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$
diabetes	over $126 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$

A blood test conducted on a patient shows that his glucose level is $1,2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Data: glucose molecular formula is $C_6H_{12}O_6$; the body of a person contains about $6,0 \text{ L}$ of blood.

- Does this person suffer from diabetes or hypoglycemia? Justify your answer.
- What is the total mass of glucose circulating in his blood stream?
- Theoretically, how many grams of glucose should this person eat to reach a normal glucose level?

37 Boisson hydratante DÉMARCHE DIFFÉRENCIÉES

Le GES 45® est un mélange de substances permettant la fabrication d'une solution réhydratante par dissolution d'un sachet dans 200 mL d'eau.

La composition moyenne d'un sachet de GES 45 est indiquée dans le tableau suivant :

Composition	glucose	saccharose	ion sodium
Formule	$C_6H_{12}O_6$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	Na^+
Quantité de matière (en mmol)	21,8	11,6	9,6

On veut reconstituer 100 mL d'une solution similaire au GES 45. Pour cela, on dispose de glucose solide et de deux solutions :

- S_1 est une solution de saccharose. Sa concentration en quantité de matière est : $c_1 = 1,16 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- S_2 est une solution de chlorure de sodium. Sa concentration est : $c_2 = 4,80 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

DÉMARCHE EXPÉRTE

Proposer une recette permettant de reconstituer 100 mL de boisson. Préciser les quantités utilisées pour chaque ingrédient et détailler les manipulations effectuées.

DÉMARCHE AVANCÉE

- Déterminer toutes les quantités de matière nécessaires pour reconstituer 100 mL de solution.
- Quelle masse de glucose doit-on prélever ?
- Calculer les volumes de solution S_1 et S_2 à prélever.
- Proposer un protocole expérimental pour préparer la boisson. Préciser la verrerie utilisée.

38 Un acide aminé

La tyrosine $C_9H_{11}NO_3$ est présente dans de nombreux aliments, comme la banane.

Elle peut être consommée en complément alimentaire sous forme de gélules pour lutter contre le stress et l'anxiété.

L'étiquette d'un flacon indique que chaque gélule contient 500 mg de tyrosine. On désire vérifier cette information en effectuant un dosage spectrophotométrique.

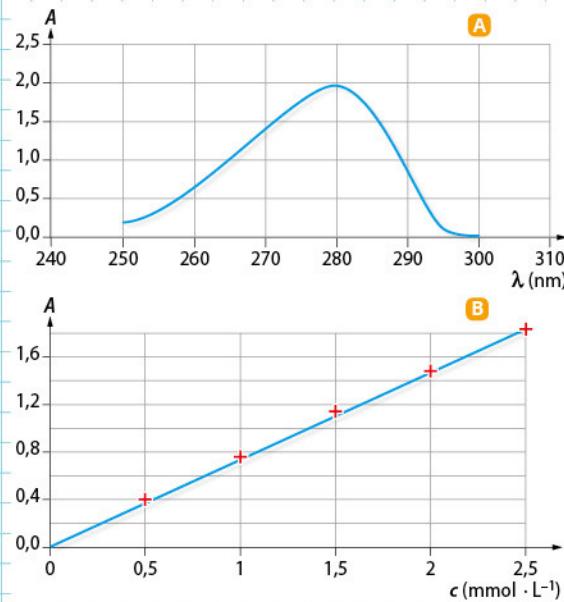


Protocole expérimental suivi

- Dissolution totale d'une gélule de tyrosine dans $2,00 \text{ L}$ d'eau.
- La solution obtenue est notée S .
- Réalisation d'une gamme étalon à partir d'une solution-mère S_0 .
- Les concentrations des quatre solutions filles sont les suivantes :

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4
c (en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	$2,0 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-4}$

- Mesure de l'absorbance de chaque solution et traçage de la courbe d'étalonnage.
- Mesure de l'absorbance de la solution S .
- Le spectre d'absorption de la solution-mère A et la courbe d'étalonnage B sont données ci-dessous :



La mesure de l'absorbance de la solution S est $A = 1,0$.

- La solution de tyrosine est-elle colorée ?
- Proposer un protocole expérimental pour confectionner 100 mL de solution S_4 à partir de la solution S_3 en précisant la verrerie utilisée.
- Quelle précaution faut-il prendre pour tracer la courbe d'étalonnage ?
- Quelle est la quantité de matière de tyrosine contenue dans une gélule ?
- Le résultat est-il conforme avec la mention de l'étiquette ? Pourquoi ?

EXERCICES

NIVEAU 1

NIVEAU 2

NIVEAU 3

NIVEAU 4

39 Du cuivre dans la monnaie

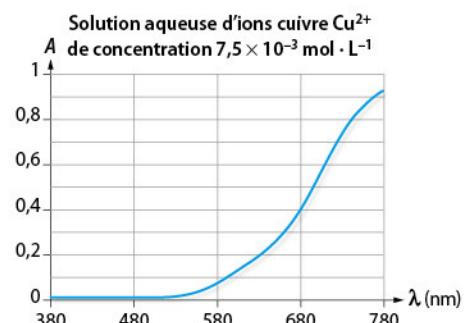
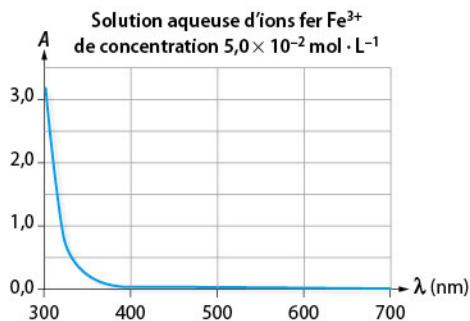
Une pièce de 5 centimes d'euro est composée d'acier (mélange de fer et de carbone) et recouverte de cuivre. La masse totale de la pièce est de 3,93 g.



On cherche par une méthode spectrophotométrique à déterminer sa teneur en cuivre. La pièce est dissoute dans de l'acide, dans une fiole jaugée de 100 mL. L'absorbance de la solution obtenue mesurée à 800 nm est $A = 0,575$. Les seules espèces en solution absorbant dans le visible sont les ions cuivre Cu^{2+} et les ions fer Fe^{3+} . On réalise par ailleurs une gamme étalon de solutions contenant des ions cuivre, dont on mesure l'absorbance à 800 nm :

c (en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	0	$3,95 \times 10^{-3}$	$7,97 \times 10^{-3}$	$1,63 \times 10^{-2}$	$3,25 \times 10^{-2}$	$4,74 \times 10^{-2}$
A	0	0,055	0,121	0,231	0,452	0,649

Les spectres d'absorption des solutions de Cu^{2+} et Fe^{3+} sont :

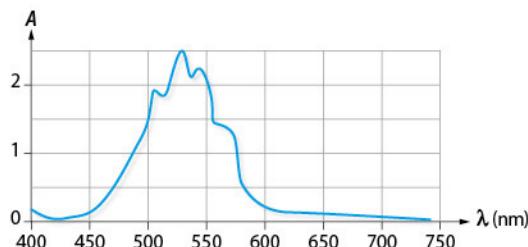


1. a. Quelle est la couleur d'une solution d'ions fer Fe^{3+} ?
- b. Quelle est la couleur d'une solution d'ions cuivre Cu^{2+} ?
- c. Pourquoi choisit-on de travailler à 800 nm ?
2. Montrer que la loi de Beer-Lambert est vérifiée pour la solution d'ions cuivre.
3. Déterminer la masse de cuivre contenue dans la pièce.
4. En déduire son pourcentage massique de cuivre.

40 Un bain pour les poissons

Pour lutter contre les mycoses qui lèsent la peau des poissons, les aquariophiles préconisent de leur donner un bain pendant 30 minutes dans une solution préparée par dissolution de 1,00 g de permanganate de potassium KMnO_4 dans 100 L d'eau.

On se propose de vérifier la qualité d'un de ces bains par une méthode spectrophotométrique. On établit le spectre d'absorption du permanganate de potassium :



On mesure ensuite l'absorbance de différentes solutions de permanganate de potassium :

c (en $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	2,0	4,0	6,0	8,0	10
A	0,044	0,088	0,131	0,179	0,221

Enfin, l'absorbance du bain est mesurée : $A = 0,140$.

1. a. De quelle couleur est la solution de permanganate de potassium ? Justifier.
- b. À quelle longueur d'onde doit-on régler le spectrophotomètre pour effectuer les mesures d'absorbance ?
2. Déterminer graphiquement la concentration du bain.
3. Le bain est-il conforme aux préconisations ? Détalier la démarche suivie pour répondre à cette question.

À L'ORAL

41 Principe de la spectrophotométrie UV-visible

Préparer un exposé oral permettant d'expliquer l'animation suivante :

ANIMATION

Étapes sur l'axe des temps successives afin de la pleine dans la spectrophotométrie

Spectrophotométrie

Au cours de cet exposé de quelques minutes, utiliser les mots clés suivants :

- capteurs ;
- lumière incidente ;
- spectre de la lumière blanche ;
- dispersion et sélection des radiations ;
- solution de référence, solvant ;
- spectre d'absorbance de la solution.

L'exposé devra pouvoir être réalisé sans note écrite.

42 RETOUR SUR LA PAGE D'OUVERTURE

Les solutions sont souvent transparentes, mais elles peuvent aussi prendre de multiples couleurs.

Préparer un exposé oral pour expliquer quelle grandeur peut quantifier la couleur des solutions.



Acquérir des compétences

43 Les sucres du miel

RÉSOLUTION DE PROBLÈME

AN/RAI Proposer une stratégie de résolution

La production de miel est souvent l'objet de fraudes qui dénaturent cet aliment, notamment par ajout de sucre. Quelle méthode de contrôle mettre en place ?

DOC 1 Les sucres du miel

Le miel est une substance sucrée fabriquée par les abeilles à partir du nectar des fleurs. Composé à plus de 80 % de glucides, il constitue un aliment riche en énergie. On y retrouve des sucres simples, dont le fructose et le glucose.



DOC 3 Un contrôle qualité

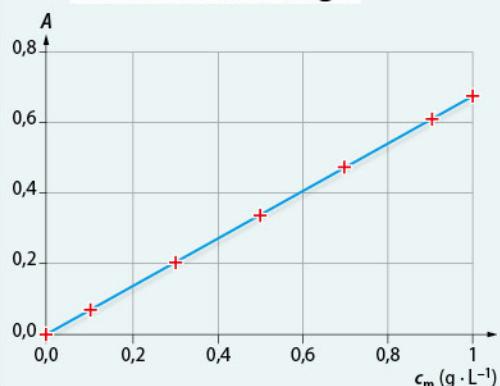
Suite à un contrôle de douane, du miel est envoyé dans un laboratoire d'analyse. Ce dernier utilise le DNS, une molécule qui réagit avec les sucres et les transforme en une substance de couleur rouge.

Un prélèvement de 0,60 g de miel soupçonné d'être frelaté est introduit dans 50 mL d'eau, puis la solution est diluée 10 fois. L'absorbance de la solution ainsi obtenue est mesurée : $A = 0,40$.

DOC 2 Norme internationale

La norme internationale relative au commerce du miel spécifie que sa teneur en sucre doit être au minimum de 45 g pour 100 g de miel.

DOC 4 Courbe d'étalonnage de la substance rouge



ANALYSE

- Quelle est la concentration en masse de sucre de la solution préparée à partir du miel contrôlé ?
- Quelle masse de sucre est contenue dans le prélèvement ?

SYNTHÈSE

Le miel contrôlé est-il commercialisable au regard de la norme internationale ?

44 Homéopathie

TÂCHE COMPLEXE

APP Rechercher l'information en lien avec la problématique

VAL Comparer à une valeur de référence

Le concept d'homéopathie repose sur l'idée qu'une substance qui provoque un symptôme peut être utilisée pour traiter ce même symptôme en cas de maladie.



DOC 1 Principes de base

Des plantes sont mises à macérer dans un solvant pour obtenir une teinture mère. La concentration de la teinture mère en principe actif peut être de $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Cette teinture mère est ensuite diluée plusieurs fois.

Donnée : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

LE PROBLÈME À RÉSOUTRE

Déterminer le nombre de molécules de principe actif contenu dans 10 mL de solution « 9 CH ».

DOC 2 Méthode de dilution

Une solution dite « 1 CH » est réalisée en diluant 1 goutte de teinture mère dans 99 gouttes de solvant. Puis, une goutte de « 1 CH » est diluée dans 99 gouttes de solvant pour obtenir la solution « 2 CH ». Le protocole est répété à l'identique, parfois jusqu'à des solutions « 30 CH ».

VOCABULAIRE

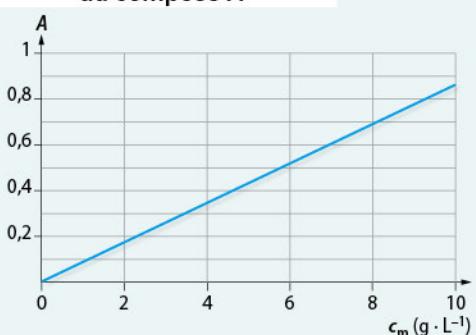
► **Principe actif** : substance qui possède des propriétés thérapeutiques.

45 Crème solaire DÉMARCHES DIFFÉRENCIÉES**VAL** Comparer à une valeur de référence

L'atmosphère filtre la majeure partie des rayonnements émis par le Soleil. Les UVA, de longueurs d'onde comprises entre 315 nm et 400 nm, atteignent la surface terrestre. Ils sont dangereux pour la peau et les yeux.

DOC 1 Composition d'une crème solaire

Le filtre solaire contient du butylméthoxydibenzoylméthane (composé A). Sa formulation est à 3 % : le pourcentage en masse en principe actif est de 3,0 g de composé A pour 100 g de produit.

DOC 3 Courbe d'étalonnage du composé A**VOCABULAIRE**

► **Principe actif** : substance qui possède des propriétés thérapeutiques.

DÉMARCHE EXPÉRTE

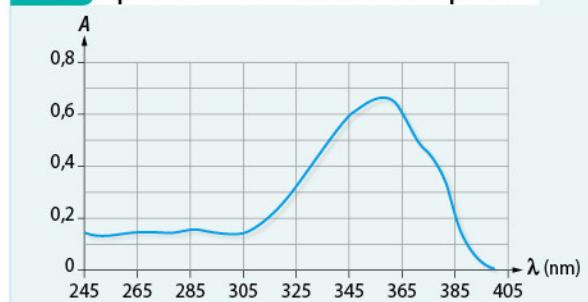
- Montrer que la crème étudiée est adaptée pour protéger du rayonnement solaire.
- La crème contenue dans un tube ouvert un été est-elle encore efficace pour protéger du rayonnement solaire l'été suivant ?

DOC 2 Absorbance au cours du temps

On ouvre au temps 0 un tube de la crème solaire dont la composition est fournie dans le document 1. On mesure l'absorbance au cours du temps de son principe actif :

Temps écoulé depuis l'ouverture (en mois)	0	3	6	9	12	15
Absorbance	0,52	0,52	0,51	0,43	0,35	0,25

On considérera que la crème reste efficace tant que le pourcentage en masse du principe actif est supérieur à 2,5 %.

DOC 4 Spectre d'absorbance du composé A**DÉMARCHE AVANCÉE**

- Cette crème solaire absorbe-t-elle les UVA ? Justifier.
- Protège-t-elle du rayonnement solaire ? Pourquoi ?
- Quelle est l'absorbance de la crème au seuil d'efficacité ?
- Au bout de combien de temps cette limite est-elle atteinte ?
- La crème contenue dans un tube ouvert un été est-elle encore efficace pour protéger du rayonnement solaire l'été suivant ?

46 Quel est ce bleu ? DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE**AN/RAT** Concevoir un protocole

On souhaite connaître la nature du colorant alimentaire contenu dans les glaçages bleus de cupcakes.

DOC 1 Cupcakes

Le colorant présent dans les glaçages bleus de ces cupcakes est soluble dans l'eau.

**ECE****DOC 2** Colorants alimentaires

On dispose d'échantillons de quelques colorants classiquement utilisés dans l'industrie alimentaire.

Colorant	bleu brillant	indigo-tine	bleu patenté V
Code	E133	E132	E131

- Proposer un protocole expérimental pour déterminer la nature du colorant contenu dans les glaçages bleus.
- Conclure si possible après avoir mis en œuvre ce protocole.

DES PISTES POUR L'ORAL TERMINAL

Un projet sur les techniques d'analyse médicale appliquées à la médecine du sport permet de réinvestir des notions diverses de physique (nucléaire, ondes, etc.) et de chimie, mais aussi de statistiques ou de sciences de la vie.

UNE SITUATION À L'ORIGINE DE MON PROJET

Des scandales liés à la pratique du dopage éclatent souvent autour des courses cyclistes. Les équipes médicales sportives et les instances antidopage en partenariat avec des laboratoires de contrôle s'affrontent autour des technologies employées.

DES DOCUMENTS POUR M'AIDER À L'ORIENTER

Spectrométrie de masse

La spectrométrie de masse est une technique d'analyse qui permet de déceler la présence de certaines molécules à partir de leur masse molaire. Elle est utilisée lors des contrôles antidopage réalisés par des agences nationales de lutte contre le dopage.

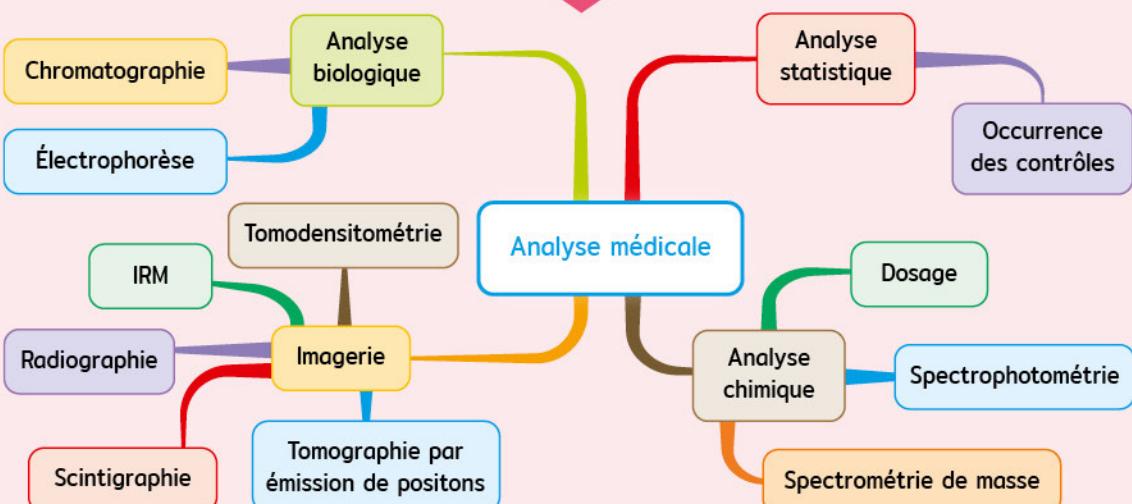


Analyse de sang et spectrophotométrie

La spectrophotométrie est une technique d'analyse utilisée pour doser certaines substances en solution dans les liquides biologiques, comme l'hémoglobine présente dans le sang par exemple.



DES PISTES DE RECHERCHE À EXPLORER



Le vocabulaire scientifique à utiliser

- dosage
- spectrophotométrie
- imagerie médicale

- molécules
- concentrations