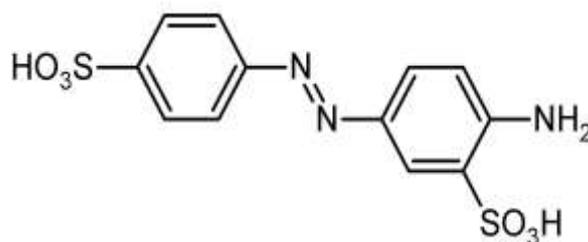


Extrait des épreuves communes 2016

Exercice I Le jaune solide et tableau d'avancement

Le jaune solide E105 est un colorant alimentaire de formule brute $C_{12}H_{11}N_3O_6S_2$ et de masse molaire $M = 357 \text{ g.mol}^{-1}$, interdit en France. Sur sa fiche signalétique on peut lire :

- Colorant azoïque dangereux et hautement allergène. Lésions intestinales à hautes doses.
- Colorant artificiel pétrochimique de la famille azoïque ; ces composés sont d'autant plus faciles à utiliser qu'ils sont bon marché, facile à produire et à incorporer.



Le jaune solide est obtenu par la réaction entre le 4-Aminoazobenzène $C_{12}H_{11}N_3$ et l'acide sulfurique H_2SO_4 d'après l'équation inscrite dans le tableau d'avancement donné en annexe page 5. On s'intéresse à la réaction entre $n_1 = 5,00 \text{ mol}$ d'acide sulfurique et $n_2 = 2,00 \text{ mol}$ de 4-Aminoazobenzène.

1. Compléter le tableau d'avancement ci-dessous :

Tableau d'avancement

	$2 H_2SO_4$	+	$C_{12}H_{11}N_3$	\rightarrow	$C_{12}H_{11}N_3O_6S_2$	+	$2H_2O$
État initial							
État intermédiaire							
État final							

2. Déterminer par une méthode adaptée la nature du réactif limitant et montrer que l'avancement maximal x_{\max} vaut 2,00 mol.

3. Exprimer puis calculer la masse m de jaune solide ainsi formé.

Exercice II Détection de fausse monnaie

Afin de détecter la fabrication de fausse monnaie, il est possible d'analyser chimiquement la composition d'une pièce de monnaie et déterminer son pourcentage en cuivre.

Document 1 : la pièce de 2 euros

Une pièce de 2 euros possède une masse $m = 8,50 \text{ g}$. Elle contient du nickel Ni (25 % en masse) et du cuivre Cu (75 % en masse).

Document 2 : préparation d'une solution à partir de la pièce de deux euros

L'acide nitrique est un oxydant puissant capable d'oxyder des métaux tels que le cuivre Cu. Dans un bécher, on place une pièce de 2 euros et on ajoute de l'acide nitrique afin de faire complètement disparaître la pièce. On observe au cours de cette transformation l'apparition d'une teinte bleue foncée dans la solution révélant la présence d'ion cuivre (II) Cu^{2+} . La quantité d'ion Cu^{2+} en solution est alors égale à la quantité de cuivre Cu contenue dans la pièce.

On verse le contenu du bécher dans une fiole jaugée de 2,0 L et on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée en homogénéisant le mélange afin de réaliser la solution S.

Données : Masse molaire : $M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$;

Afin de réaliser une échelle de teintes, on prépare par dissolution de sulfate de cuivre solide CuSO_4 (s) un volume $V_0 = 100 \text{ mL}$ d'une solution « mère » S_0 de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$) de concentration molaire $c_0 = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

La solution S_0 permet de préparer par dilution une échelle de teintes constituée des cinq solutions « fille » de volume $V = 25,0 \text{ mL}$ chacune. On mesure l'absorbance A à la longueur d'onde $\lambda = 810 \text{ nm}$. À cette longueur d'onde seul l'ion Cu^{2+} est responsable du phénomène d'absorption lumineuse.

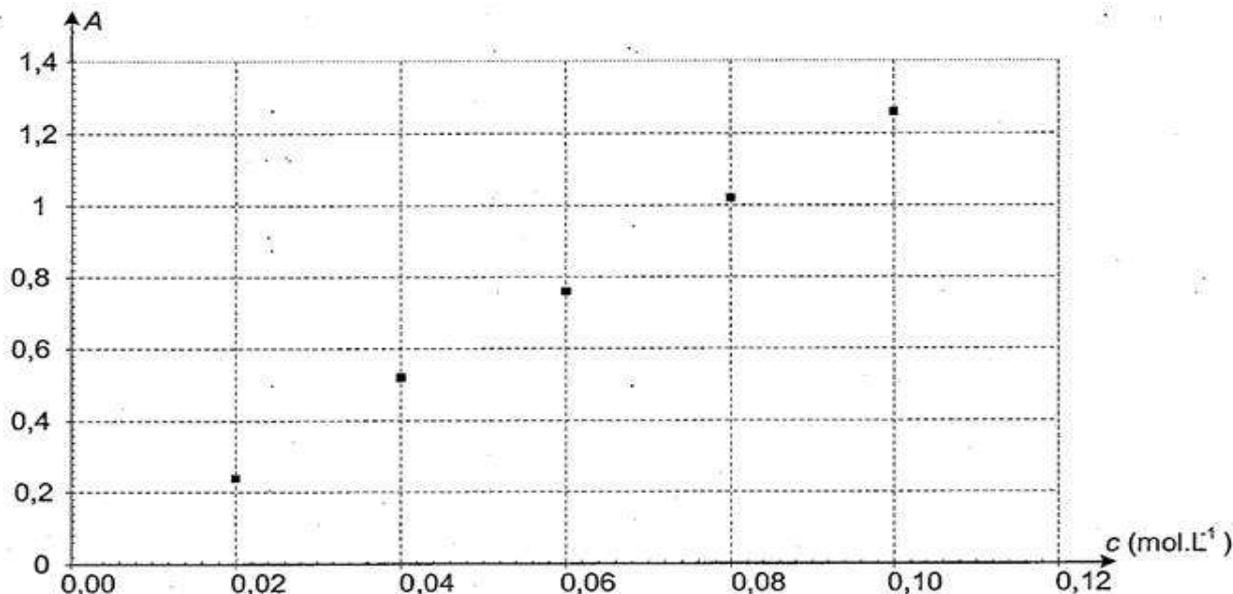
Solution	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4
Concentration $C(\text{Cu}^{2+})$ (mol.L^{-1})	$1,00 \times 10^{-1}$	$8,00 \times 10^{-2}$	$6,00 \times 10^{-2}$	$4,00 \times 10^{-2}$	$2,00 \times 10^{-2}$
A	1,26	1,02	0,76	0,52	0,24

1) Exprimer puis calculer la masse m de sulfate de cuivre CuSO_4 à peser pour préparer la solution S_0 par dissolution.

2) Calculer le volume, noté $V_{\text{mère}}$ de solution « mère » S_0 à prélever pour préparer la solution « fille » S_3 de concentration c_3 . Justifier.

3) Dresser la liste du matériel nécessaire pour réaliser cette dilution.

4) Les valeurs du tableau ont été reportées sur le graphique ci-dessous. La loi de Beer-Lambert est-elle vérifiée ? Justifier.



5) L'absorbance d'un échantillon de la solution S , mesurée dans les mêmes conditions que précédemment à la longueur d'onde $\lambda = 810 \text{ nm}$, vaut $A_s = 0,55$. En déduire la concentration molaire c_s de la solution S , en justifiant graphiquement.

6) L'exploitation de l'expérience montre que la quantité de matière de cuivre contenue dans la pièce est égale à $9,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

a. Montrer que ce résultat est en accord avec la réponse à la question 5).

b. Indiquer, en justifiant votre réponse, si la pièce étudiée est une fausse pièce ou une vraie pièce.

Correction

Exercice I

1)	$2 \text{H}_2\text{SO}_4$	+	$\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}_3$	\rightarrow	$\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}_6\text{S}_2$	+	$2\text{H}_2\text{O}$
Etat initial	n_1		n_2		0		0
Etat intermédiaire	$n_1 - 2 \times x$		$n_2 - x$		x		$2 \times x$
Etat final	$n_1 - 2 \times x_{\max}$		$n_2 - x_{\max}$		x_{\max}		$2 \times x_{\max}$

2) Si l'acide sulfurique H_2SO_4 est le réactif limitant, alors sa quantité de matière est nulle à l'état finale de la transformation : $n_1 - 2 \times x_{\max} = 0$ soit $x_{\max} = n_1 / 2 = 2,50$ mol.

Si le 4-Aminoazobenzène $\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}_3$ est le réactif limitant, alors sa quantité de matière est nulle à l'état finale de la transformation : $n_2 - x_{\max} = 0$ soit $x_{\max} = n_2 = 2,00$ mol.

Le réactif limitant est celui qui disparaît en premier, c'est-à-dire celui qui correspond à la valeur la plus faible de x_{\max} donc $x_{\max} = 2,00$ mol et le réactif limitant est le 4-Aminoazobenzène $\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}_3$.

3) $m(\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}_6\text{S}_2) = n_f(\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}_6\text{S}_2) \times M = x_{\max} \times M = 2,00 \times 357 = 7,14 \cdot 10^2$ g

Exercice II

1) $m(\text{CuSO}_4) = c_0 \times V_0 \times M(\text{CuSO}_4) = 1,00 \times 10^{-1} \times 0,100 \times 160 = 1,60$ g.

2) Au cours d'une dilution, la quantité de matière se conserve.

Donnée : $c_3 = 6,00 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹

$V_{\text{mère}} \times c_0 = c_3 \times V \Leftrightarrow V_{\text{mère}} = c_3 \times V / c_0 = (4,00 \cdot 10^{-2} \times 25,0) / 1,00 \times 10^{-1} = 1,00 \cdot 10^1$ mL.

3) Pour réaliser cette dilution, il faut une fiole jaugée de 25,0 mL, une pipette jaugée de 10 mL, une propipette et une pissette d'eau distillée.

4) Les points sont alignés entre eux et avec l'origine. On peut tracer une droite passant par l'origine et dire que les grandeurs, l'absorbance A et la concentration c, sont proportionnelles. La loi de Beer-Lambert est donc bien vérifiée.

5) Par lecture graphique (le tracé doit être apparent), on obtient $c_s = 4,4 \cdot 10^2$ mol.L⁻¹.

6) a. $n_f(\text{Cu}) = c_s \times V = 4,4 \cdot 10^2 \times 2,0 = 8,8 \cdot 10^2$ mol

Ce résultat est trop proche de $9,0 \times 10^2$ mol donc en accord avec la valeur de quantité de matière annoncée par l'énoncé.

b. On déduit des questions précédentes la masse de cuivre présente dans la pièce :

$m(\text{Cu}) = n_s \times M(\text{Cu}) = 9,0 \times 10^{-2} \times 63,5 = 5,7$ g.

On compare la valeur obtenue à celle d'une vraie pièce en tenant compte du pourcentage de cuivre (75 %) : $m'(\text{Cu}) = 75\% m = 8,50 \times 75/100 = 6,3$ g.

La quantité de cuivre contenue dans la pièce est inférieure à celle légale, cette pièce est donc fautive.