Spécialité : L'eau de Dakin

Bac S 2004 Métropole (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Calculer la masse de permanganate de potassium solide $\mathrm{KMnO_4}$ à peser pour préparer la solution mère S_0 par dissolution.

Données utiles $V_0 = 500$ mL ; $c_0 = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $M(\mathrm{K}) = 39{,}0$; $M(\mathrm{Mn}) = 55{,}0$; $M(\mathrm{O}) = 16{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

Masse molaire : $M(\mathrm{KMnO_4}) = 39{,}0 + 55{,}0 + 4 \times 16{,}0 = 158{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$.

Quantité de matière à dissoudre : $n_0 = c_0\,V_0$, donc $m_0 = n_0\,M = c_0\,V_0\,M$.

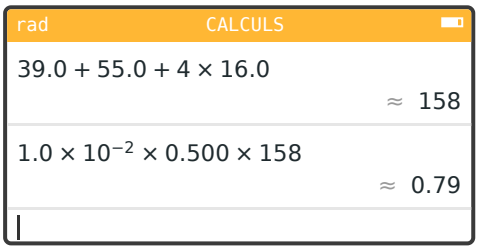
$$m_0 = 1{,}0 \times 10^{-2} \times 0{,}500 \times 158{,}0$$

$\boxed{m_0 = 0{,}79\ \mathrm{g}}$

PIÈGE
Laisser V_0 en millilitres : la concentration est en $\mathrm{mol \cdot L^{-1}}$, il faut écrire $V_0 = 0{,}500$ L.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement, comme c_0, la donnée la moins précise du calcul.

À LA CALCULATRICE



1.2.1 Tracer la courbe $A = f(c)$ sur papier millimétré, puis déterminer la relation numérique entre A et c.

Données utiles tableau des cinq solutions S_1 à S_5 (concentration c et absorbance A à 530 nm)

Les cinq points sont alignés sur une droite qui passe par l'origine : A est proportionnelle à c, soit $A = k\,c$.

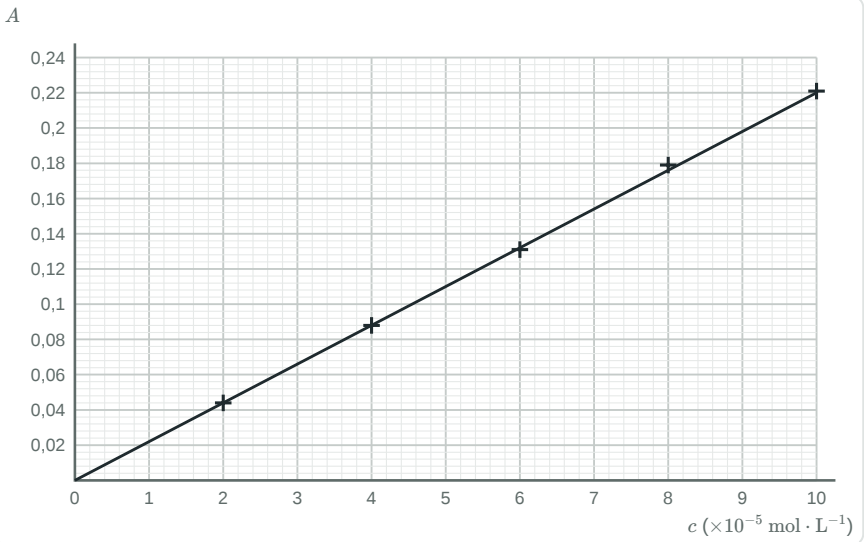
Coefficient directeur, calculé entre l'origine et le point de la droite d'abscisse $4{,}0 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$:

$$k = \frac{0{,}088 - 0}{4{,}0 \times 10^{-5} - 0} = 2{,}2 \times 10^{3}\ \mathrm{L \cdot mol^{-1}}$$

$\boxed{A = 2{,}2 \times 10^{3} \times c,\ \text{avec } c \text{ en } \mathrm{mol \cdot L^{-1}}}$

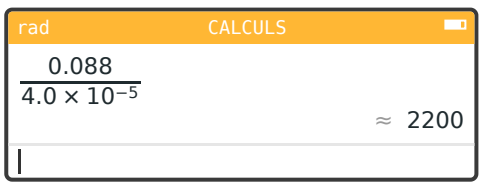
PIÈGE
Avec l'échelle imposée, l'axe des abscisses mesure 20 cm et celui des ordonnées plus de 22 cm : placer la feuille en hauteur et graduer avant de placer les points.

MÉTHODE
Tracer la droite à la règle, au plus près de tous les points et par l'origine, puis lire le coefficient directeur sur un point de la droite tracée, pas forcément sur un point du tableau.



1.2.1 · Courbe d'étalonnage A = f(c) à 530 nm

À LA CALCULATRICE



1.2.2 À partir du spectre d'absorption (figure 1), expliquer comment on a choisi la longueur d'onde de l'étude.

Sur le spectre, l'absorbance de la solution de permanganate de potassium est la plus grande au voisinage de 530 nm.

On règle le spectrophotomètre sur $\lambda = 530$ nm, longueur d'onde du maximum d'absorption de l'espèce dosée.

COMPRENDRE
Au maximum d'absorption, les absorbances mesurées sont les plus grandes possibles : l'incertitude relative sur A est la plus faible et les mesures sont plus précises.

1.2.3 Le spectre a-t-il été réalisé avec une solution plus concentrée ou moins concentrée que celles du tableau ? Justifier sans calcul.

Données utiles figure 1 : $A \approx 2{,}5$ à 530 nm ; tableau : $A \leqslant 0{,}221$ à 530 nm

À 530 nm, l'absorbance lue sur le spectre vaut environ 2,5 : elle est très supérieure à toutes celles du tableau, dont la plus grande est 0,221.

D'après la loi de Beer-Lambert, à une longueur d'onde donnée, l'absorbance est proportionnelle à la concentration.

Le spectre a été réalisé avec une solution **plus concentrée** que celles du tableau.

PIÈGE
Comparer des absorbances lues à des longueurs d'onde différentes : la comparaison n'a de sens qu'à 530 nm, et avec la même cuve.

1.3.1 En déduire la concentration molaire c_{exp} en permanganate de potassium apporté de l'eau de Dakin.

Données utiles $A = 0{,}14$ à 530 nm ; $A = 2{,}2 \times 10^3 \times c$ (1.2.1)

Seul le permanganate de potassium absorbe à 530 nm, donc la relation d'étalonnage s'applique à l'eau de Dakin :

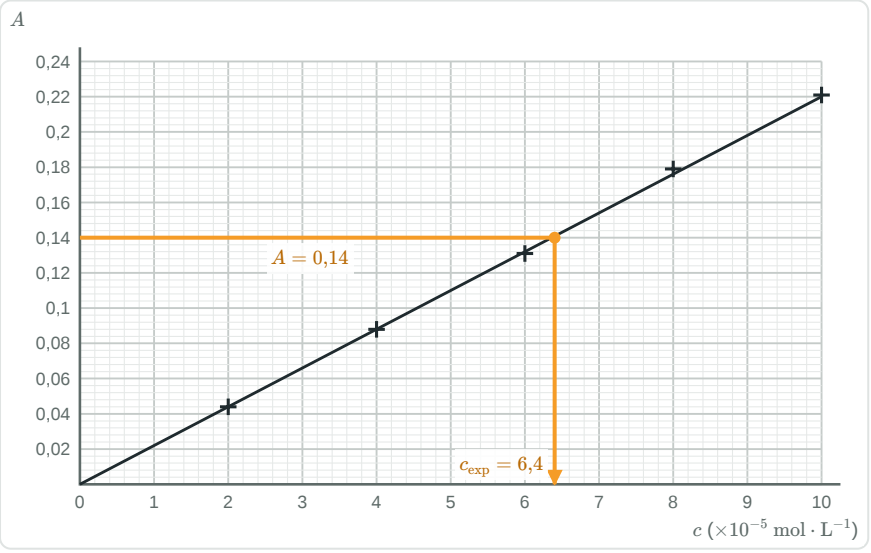
$$c_{exp} = \frac{A}{k} = \frac{0{,}14}{2{,}2 \times 10^3}$$

$c_{exp} = 6{,}4 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

COMPRENDRE
La valeur trouvée est comprise entre celles de S_5 et S_1 : elle se situe dans le domaine étalonné, la lecture est légitime.

MÉTHODE
On peut aussi lire directement sur le graphique : horizontale à $A = 0{,}14$ jusqu'à la droite, puis verticale jusqu'à l'axe des abscisses.

À LA CALCULATRICE



1.3.1 · Lecture de la concentration de l'eau de Dakin

1.3.2 À partir de l'étiquette, calculer la concentration molaire c en permanganate de potassium apporté et la comparer au résultat expérimental (écart relatif en pourcentage).

Données utiles étiquette : $m = 0{,}0010$ g pour $V = 100$ mL ; $M(KMnO_4) = 158{,}0\ g \cdot mol^{-1}$ (1.1) ; c_{exp} (1.3.1)

$$c = \frac{n}{V} = \frac{m}{M\,V} = \frac{0{,}0010}{158{,}0 \times 0{,}100} = 6{,}3 \times 10^{-5}\ mol \cdot L^{-1}$$

Écart relatif, calculé avec les valeurs non arrondies :

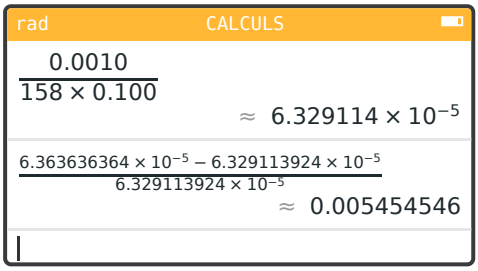
$$\left|\frac{c - c_{exp}}{c}\right| = \frac{\left|6{,}33 \times 10^{-5} - 6{,}36 \times 10^{-5}\right|}{6{,}33 \times 10^{-5}} \approx 0{,}005$$

$c = 6{,}3 \times 10^{-5}\ mol \cdot L^{-1}$; écart relatif d'environ 0,5 % : la mesure est en accord avec l'étiquette.

PIÈGE
Calculer l'écart avec les valeurs arrondies 6,3 et 6,4 donne 1,6 %, trois fois trop. Garder les valeurs de la calculatrice et n'arrondir qu'à la fin.

COMPRENDRE
Les deux concentrations ne sont connues qu'à deux chiffres significatifs : un écart inférieur à 2 % signifie simplement qu'elles sont égales à la précision des mesures.

À LA CALCULATRICE



2.1 Écrire, dans le cas de la réaction (1), la demi-équation associée à chacun des couples Cl_2 / Cl^- et ClO^- / Cl_2.

Dans la réaction (1), l'ion chlorure est le réducteur du couple Cl_2 / Cl^- ; il est oxydé :

$$2\,Cl^-\,(aq) = Cl_2\,(g) + 2\,e^-$$

L'ion hypochlorite est l'oxydant du couple ClO^- / Cl_2 ; il est réduit :

$$2\,ClO^-\,(aq) + 4\,H^+\,(aq) + 2\,e^- = Cl_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l)$$

$2\,Cl^- = Cl_2 + 2\,e^-$ et $2\,ClO^- + 4\,H^+ + 2\,e^- = Cl_2 + 2\,H_2O$

COMPRENDRE
La somme des deux demi-équations, divisée par deux, redonne bien l'équation (1) : c'est le moyen de vérifier le sens d'écriture et les coefficients.

MÉTHODE
Équilibrer dans l'ordre : l'élément chlore, l'oxygène avec H_2O, l'hydrogène avec H^+, puis les charges avec les électrons.

2.2.1 Justifier l'utilisation de l'eau salée pour la récupération du dichlore.

Données utiles solubilité du dichlore à 20 °C : $8\ g \cdot L^{-1}$ dans l'eau ; très peu soluble dans l'eau salée

Dans l'eau pure, le dichlore est assez soluble ($8\ g \cdot L^{-1}$) : une partie du gaz formé se dissoudrait dans la cuve et le volume recueilli serait trop faible.

Le dichlore étant très peu soluble dans l'eau salée, presque tout le gaz dégagé est recueilli et mesuré.

COMPRENDRE
La masse attendue n'est que de 0,5 g : avec une cuve d'eau pure, la totalité du dichlore pourrait se dissoudre.

2.2.2 Calculer la masse de dichlore recueilli et la comparer à l'indication de l'étiquette (écart relatif en pourcentage).

Données utiles volume de dichlore recueilli $V_{Cl_2} = 170$ mL ; $V_M = 24{,}0\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{Cl}) = 35{,}5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; étiquette : $m = 0{,}500$ g

Quantité de dichlore : $n = \dfrac{V_{Cl_2}}{V_M}$, avec $M(Cl_2) = 2 \times 35{,}5 = 71{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$m_{\text{exp}} = n\,M(Cl_2) = \frac{V_{Cl_2}}{V_M}\,M(Cl_2) = \frac{0{,}170}{24{,}0} \times 71{,}0 = 0{,}503\ \text{g}$$

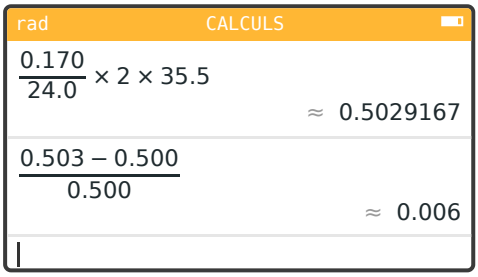
$$\left|\frac{m - m_{\text{exp}}}{m}\right| = \frac{|0{,}500 - 0{,}503|}{0{,}500} = 0{,}006$$

$m_{\text{exp}} = 0{,}503$ g ; écart relatif de 0,6 % : la masse de chlore actif est conforme à l'étiquette.

PIÈGE
Prendre $35{,}5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ pour le dichlore : la molécule Cl_2 contient deux atomes. Le sujet note aussi V le volume de gaz : ne pas le confondre avec les 100 mL de solution.

COMPRENDRE
Les 100 mL traités sont exactement le volume de référence de l'étiquette : la masse trouvée se compare directement à 0,500 g, sans conversion.

À LA CALCULATRICE



3 Donner une raison justifiant la nécessité de maintenir basique l'eau de Dakin.

L'eau de Dakin contient à la fois des ions hypochlorite ClO^- et des ions chlorure Cl^-. En milieu acide, ils réagissent selon l'équation (1), qui consomme des ions H^+ et produit du dichlore.

En milieu basique, la réaction (1) n'a pas lieu : pas de dégagement de dichlore, gaz toxique, et le principe actif ClO^- est conservé.

COMPRENDRE
Les ions H^+ sont un réactif de (1). Tant qu'ils sont en quantité négligeable, la transformation ne se produit pas : c'est aussi pourquoi on ne mélange jamais eau de Javel et produit acide.