Spécialité : Dosage du glucose libre d'un jus de fruit

Bac S 2004 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Quelle est la quantité de matière n_D de diiode initialement introduite dans la fiole ?

Données utiles $[I_2] = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; volume versé $V_D = 20{,}0\ \text{cm}^3 = 20{,}0 \times 10^{-3}\ \text{L}$

Le diiode est apporté par les $20{,}0\ \text{cm}^3$ de solution versés dans la fiole :

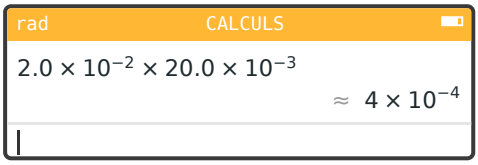
$$n_D = [I_2] \times V_D = 2{,}0 \times 10^{-2} \times 20{,}0 \times 10^{-3}$$

$n_D = 4{,}0 \times 10^{-4}\ \text{mol}$

PIÈGE
Prendre 50 mL, le volume de la fiole, au lieu des $20{,}0\ \text{cm}^3$ de solution de diiode réellement versés. Penser aussi à convertir : $1\ \text{cm}^3 = 1\ \text{mL} = 10^{-3}$ L.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la concentration, qui est la donnée la moins précise. Diluer ensuite jusqu'au trait de jauge ne change pas la quantité de diiode présente.

À LA CALCULATRICE



2.1 Écrire la demi-équation électronique du couple formé par $I_2\,(aq)$ et $I^-\,(aq)$.

Le couple s'écrit $I_2\,(aq)/I^-\,(aq)$: le diiode en est l'oxydant, il capte des électrons.

$I_2\,(aq) + 2\,e^- = 2\,I^-\,(aq)$

MÉTHODE
Équilibrer d'abord l'élément iode (coefficient 2 devant I^-), puis les charges avec des électrons : 0 à gauche, $2-$ à droite, donc deux électrons du côté du diiode.

2.2 Identifier l'oxydant et le réducteur du couple formé par $RCOH\,(aq)$ et $RCOO^-\,(aq)$.

Dans la réaction, le diiode capte des électrons : il est réduit. Ces électrons sont cédés par le glucose $RCOH$, qui est donc oxydé en ion gluconate.

Une espèce qui cède des électrons est un réducteur ; l'espèce qu'elle forme est son oxydant conjugué.

$RCOH\,(aq)$ est le réducteur, $RCOO^-\,(aq)$ est l'oxydant : couple $RCOO^-\,(aq)/RCOH\,(aq)$.

COMPRENDRE
Une réaction d'oxydoréduction fait toujours réagir l'oxydant d'un couple avec le réducteur d'un autre couple. Le diiode étant l'oxydant, le glucose ne peut être que le réducteur.

2.3 Au bout d'une demi-heure la solution n'évolue plus et reste partiellement colorée. Quel est le réactif limitant ?

Le diiode est la seule espèce colorée. La solution est encore colorée à l'état final : il reste du diiode, qui est donc en excès. Les ions hydroxyde sont eux aussi en excès, d'après l'énoncé.

La réaction étant totale, elle s'est arrêtée parce que le troisième réactif a été entièrement consommé.

Le réactif limitant est le glucose $RCOH$.

PIÈGE
Répondre sans justifier. Il faut écarter les deux autres réactifs : le diiode grâce à la couleur qui persiste, les ions hydroxyde grâce à l'excès annoncé dans le protocole.

2.4 (2.4.1) Compléter le tableau n°1 de l'annexe 4, descriptif de la réaction.

Données utiles $n_D = 4{,}0 \times 10^{-4}$ mol (Q1)

Voir le tableau complété. Pour un avancement x, il disparaît x mol de diiode et x mol de glucose ; il se forme x mol d'ions gluconate et $2x$ mol d'ions iodure.

Le glucose est le réactif limitant (Q2.3) : $n_G - x_{max} = 0$.

État final : $n_D - x_{max}$ mol de $\mathrm{I_2}$; 0 mol de RCOH ; x_{max} mol de $\mathrm{RCOO^-}$; $2x_{max}$ mol de $\mathrm{I^-}$, avec $x_{max} = n_G$.

MÉTHODE
Chaque case s'obtient avec le nombre stœchiométrique de l'espèce : quantité initiale moins (coefficient × x) pour un réactif, plus (coefficient × x) pour un produit.

État (mol)	Avanc.	I_2(aq)	+ 3 HO^-	+ RCOH	= $RCOO^-$	+ 2 H_2O	+ 2 I^-
initial	0	$n_D = 4{,}0 \times 10^{-4}$	excès	n_G	0	solvant	0
intermédiaire	x	$n_D - x$	excès	$n_G - x$	x	solvant	2x
final	x_{max}	$n_D - x_{max} = n_R$	excès	$n_G - x_{max} = 0$	x_{max}	solvant	$2x_{max}$

2.4 · Tableau n°1 de l'annexe 4 complété (ajouts en orange)

2.4.2 En déduire que $n_G = n_D - n_R$, où n_R est la quantité de diiode n'ayant pas réagi.

D'après la dernière ligne du tableau, le diiode restant à l'état final est $n_R = n_D - x_{max}$.

Le glucose est limitant : $n_G - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = n_G$.

Donc $n_R = n_D - n_G$, d'où :

$$n_G = n_D - n_R$$

COMPRENDRE
C'est un dosage indirect : on introduit un excès connu de diiode, puis on mesure ce qu'il en reste. La différence correspond au diiode consommé, donc au glucose, puisqu'ils réagissent mole à mole.

3.1 À quelle catégorie appartient la courbe $A = f([\mathrm{I_2}])$?

La courbe est une droite qui passe par l'origine : elle représente une fonction linéaire. L'absorbance est proportionnelle à la concentration en diiode, $A = k \times [\mathrm{I_2}]$.

C'est une droite d'étalonnage, de type fonction linéaire (loi de Beer-Lambert).

COMPRENDRE
Cette droite est tracée avec des solutions de concentrations connues. Elle sert ensuite à trouver une concentration inconnue à partir d'une simple mesure d'absorbance : c'est le principe du dosage par étalonnage.

3.2 L'absorbance du mélange vaut 1,5. Déterminer graphiquement la concentration en diiode restant, puis la quantité de matière n_R de diiode restant.

Données utiles $A = 1{,}5$; volume de la fiole $V = 50\ \mathrm{mL} = 50 \times 10^{-3}$ L

Sur la droite d'étalonnage, le point d'ordonnée $A = 1{,}5$ a pour abscisse :

$$[\mathrm{I_2}]_R = 3{,}0\ \mathrm{mmol \cdot L^{-1}} = 3{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

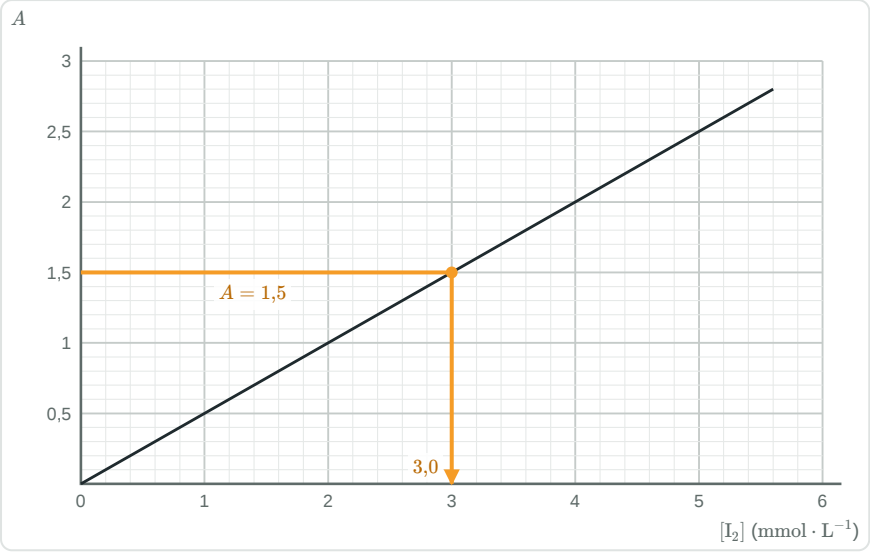
Le mélange occupe les 50 mL de la fiole :

$$n_R = [\mathrm{I_2}]_R \times V = 3{,}0 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}$$

$[\mathrm{I_2}]_R = 3{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ et $n_R = 1{,}5 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol}$

PIÈGE
L'axe horizontal est gradué en $\mathrm{mmol \cdot L^{-1}}$: oublier le facteur 10^{-3} fausse toute la suite. Ici le volume est bien celui de la fiole, 50 mL, et non $20{,}0\ \mathrm{cm^3}$.

MÉTHODE
Lecture sur une droite d'étalonnage : tracer l'horizontale partant de la valeur de A jusqu'à la droite, puis descendre à la verticale et lire la concentration sur l'axe des abscisses. Laisser les traits apparents sur l'annexe.



3.2 · Courbe d'étalonnage de l'annexe 4, avec la lecture pour A = 1,5

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$3.0 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}$

$\approx 1.5 \times 10^{-4}$

3.3 En utilisant la relation de la question 2.4.2, en déduire la quantité de glucose n_G introduite initialement.

Données utiles $n_D = 4{,}0 \times 10^{-4}$ mol (Q1) ; $n_R = 1{,}5 \times 10^{-4}$ mol (Q3.2)

$$n_G = n_D - n_R = 4{,}0 \times 10^{-4} - 1{,}5 \times 10^{-4}$$

$\boxed{n_G = 2{,}5 \times 10^{-4} \text{ mol}}$

COMPRENDRE

Cette quantité est celle contenue dans le prélèvement de $2{,}0\ \text{cm}^3$ de jus versé dans la fiole, et non dans 50 mL de jus.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$4.0 \times 10^{-4} - 1.5 \times 10^{-4}$

$\approx 2.5 \times 10^{-4}$

4 Calculer la quantité de glucose n'_G et la masse m_G de glucose présentes dans un litre de jus de fruit.

Données utiles $n_G = 2{,}5 \times 10^{-4}$ mol (Q3.3) dans $V_J = 2{,}0\ \text{cm}^3$ de jus ; $M_G = 180\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

La quantité de glucose est proportionnelle au volume de jus, et $1\ \text{L} = 1000\ \text{cm}^3$:

$$n'_G = n_G \times \frac{1000}{V_J} = 2{,}5 \times 10^{-4} \times \frac{1000}{2{,}0} = 0{,}125\ \text{mol} \approx 0{,}13\ \text{mol}$$

Masse correspondante, calculée avec la valeur non arrondie :

$$m_G = n'_G \times M_G = 0{,}125 \times 180 = 22{,}5\ \text{g}$$

$\boxed{n'_G \approx 0{,}13\ \text{mol} \text{ et } m_G \approx 23\ \text{g} \text{ de glucose dans un litre de jus.}}$

PIÈGE

Rapporter n_G aux 50 mL de la fiole : le glucose vient uniquement des $2{,}0\ \text{cm}^3$ de jus prélevés. Le facteur correct est $1000 \div 2{,}0 = 500$, et non 20.

COMPRENDRE

Environ 23 g par litre, soit l'équivalent de quatre morceaux de sucre : l'ordre de grandeur est plausible pour le seul glucose libre d'un jus de fruit.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{2.5 \times 10^{-4} \times 1000}{2.0}$

≈ 0.125

0.125×180

≈ 22.5